



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

OFFRE DE FORMATION INGENIEUR D'ETAT

Génie électronique industrielle

Mise à jour 2025-2026

Établissement	Faculté / Institut	Département

Domaine	Filière	Spécialité
Sciences et Technologies	Électronique	Génie électronique industrielle



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

اللجنة البيداغوجية الوطنية
لميدان العلوم و التكنولوجيا
Comité Pédagogique
National du Domaine
Sciences et Technologies



عرض تكوين مهندس

القسم	الكلية/ المعهد	المؤسسة

التخصص	الفرع	الميدان
		علوم وتكنولوجيا

Fiches d'organisation semestrielles des enseignements de la spécialité

Semestre	Unité d'enseignement	Intitulés des matières	code	Crédits	Coefficients	Volume Horaire Hebdomadaire			VHS	Mode d'évaluation	
						Cours	TD	TP		Contrôle continu	Examen final
1	UE Fondamentale Code : UEF 1.1.1 Crédits : 10 Coefficients : 5	Analyse 1	IST.1.1	6	3	1h30	3h00		67h30	40%	60%
		Algèbre 1	IST.1.2	4	2	1h30	1h30		45h00	40%	60%
	UE Fondamentale Code : UEF 1.1.2 Crédits : 14 Coefficients : 8	Éléments de chimie (Structure de la matière)	IST.1.3	7	4	1h30	3h00	1h30	90h00	40% (20% TD + 20%TP)	60%
		Éléments de Mécanique (Physique 1)	IST.1.4	7	4	1h30	3h00	1h30	90h00	40% (20% TD + 20%TP)	60%
	UE Méthodologique Code : UEM 1.1 Crédits : 4 Coefficients : 4	Probabilités et statistiques	IST.1.5	2	2	1h30	1h30		45h00	40%	60%
		Structure des ordinateurs et applications	IST.1.6	2	2			3h00	45h00	100%	
	UE Transversale Code : UET 1.1 Crédits : 2 Coefficients : 2	Dimension Éthique et déontologie (les fondements)	IST.1.7	1	1	1h30			22h30		100%
		Langue étrangère 1 (français ou anglais)	IST.1.8	1	1		1h30		22h30	100%	
Volume Horaire Total				30	19	9h00	13h30	6h00	427h30		

Semestre	Unité d'enseignement	Intitulés des matières	code	Crédits	Coefficients	Volume Horaire Hebdomadaire			VHS	Mode d'évaluation	
						Cours	TD	TP		Contrôle continu	Examen final
2	UE Fondamentale Code : UEF 1.2.1 Crédits : 10 Coefficients : 5	Analyse 2	IST.2.1	6	3	1h30	3h00		67h30	40%	60%
		Algèbre 2	IST.2.2	4	2	1h30	1h30		45h00	40%	60%
	UE Fondamentale Code : UEF 1.2.2 Crédits : 14 Coefficients : 8	Électricité et Magnétisme (physique 2)	IST.2.3	7	4	1h30	3h00	1h30	90h00	40% (20% TD + 20%TP)	60%
		Thermodynamique	IST.2.4	7	4	1h30	3h00	1h30	90h00	40% (20% TD + 20%TP)	60%
	UE Méthodologique Code : UEM 1.2 Crédits : 4 Coefficients : 4	Dessin technique	IST.2.5	2	2			3h00	45h00	100%	
		Programmation (informatique 2)	IST.2.6	2	2			3h00	45h00	100%	
	UE Transversale Code : UET 1.2 Crédits : 1 Coefficients : 1	Langue étrangère 2 (Anglais)	IST.2.7	1	1			1h30	22h30	100%	
	UE Découverte Code : UED 1.2 Crédits : 1 Coefficients : 1	Les métiers de l'ingénieur	IST.2.8	1	1	1h30			22h30		100%
Volume Horaire Total				30	19	7h30	12h00	9h00	427h30		

Semestre 3 :

Unités d'Enseignement	Intitulés des modules	Code	Crédits	Coefficients	Volume horaire Hebdomadaire			Volume Horaire Semestriel (15 semaines)	Mode d'évaluation	
					Cours	TD	TP		Contrôle continu	Examen final
UE Fondamentale Code : UEF 2.1.1 Crédits : 11 Coefficients : 6	Analyse 3	IST 3.1	6	3	1h30	3h00		67h30	40%	60%
	Analyse numérique 1	IST 3.2	5	3	1h30	1h30	1h30	67h30	40% (20% TD + 20% TP)	60%
UE Fondamentale Code : UEF 2.1.2 Crédits : 14 Coefficients : 8	Ondes et vibrations	IST 3.3	5	3	1h30	1h30	1h30	67h30	40% (20% TD + 20% TP)	60%
	Mécanique des fluides	IST 3.4	5	3	1h30	1h30	1h30	67h30	40% (20% TD + 20% TP)	60%
	Mécanique rationnelle	IST 3.5	4	2	1h30	1h30		45h00	40%	60%
UE Méthodologique Code : UEM 2.1 Crédits : 3 Coefficients : 3	Informatique 3 (Matlab)	IST 3.6	2	2	1h30		1h30	45h00	40%	60%
	Dessin Assisté par Ordinateur	IST 3.7	1	1			1h30	22h30	100%	
UE Transversale Code : UET 2.1 Crédits : 2 Coefficients : 2	Anglais technique	IST 3.8	2	2		3h00		45h00	100%	
Volume Horaire Total du semestre 3			30	19	9h00	12h00	7h30	427h30		

Semestre 4 :

Unités d'Enseignement	Intitulés des modules	Code	Crédits	Coefficients	Volume horaire Hebdomadaire			Volume Horaire Semestriel (15 semaines)	Mode d'évaluation	
					Cours	TD	TP		Contrôle continu	Examen final
UE Fondamentale Code : UEF 2.2.1 Crédits : 10 Coefficients : 6	Analyse numérique 2	IST 4.1	5	3	1h30	1h30	1h30	67h30	40% (20% TD + 20% TP)	60%
	Résistance des matériaux	IST 4.2	5	3	1h30	1h30	1h30	67h30	40% (20% TD + 20% TP)	60%
UE Fondamentale Code : UEF 2.2.2 Crédits : 12 Coefficients : 6	Electronique fondamentale	IST 4.3	4	2	1h30	1h30		45h00	40%	60%
	Electricité fondamentale	IST 4.4	4	2	1h30	1h30		45h00	40%	60%
	Théorie du signal	IST 4.5	4	2	1h30	1h30		45h00	40%	60%
UE Méthodologique Code : UEM 2.2 Crédits : 7 Coefficients : 6	Mesure et métrologie	IST 4.6	3	2	1h30		1h30	45h00	40%	60%
	Informatique 4	IST 4.7	2	2	1h30		1h30	45h00	40%	60%
	Conception Assistée par Ordinateur	IST 4.8	2	2			3h00	45h00	100%	
UE Transversale Code : UET 2.2 Crédits : 1 Coefficients : 1	Techniques d'expression, d'information et de communication	IST 4.9	1	1		1h30		22h00	100%	
Volume Horaire Total du semestre 4			30	19	10h30	9h00	9h00	427h30		

Semestre 5 : Semestre communs entre toutes les spécialités de la filière électronique

Unité d'enseignement	Intitulés des matières	Code	Crédits	Coefficients	Volume Horaire Hebdomadaire			VHS	Mode d'évaluation	
					Cours	TD	TP		Contrôle continu	Examen final
UE Fondamentale Code : UEF 3.1.1 Crédits : 11 Coefficients : 7	Fonctions Electronique	ELNI 5.1	6	4	3h00	1h30	1h30	90h00	40% (20% TD + 20% TP)	60%
	Electronique numérique	ELNI 5.2	5	3	1h30	1h30	1h30	67h30	40% (20% TD + 20% TP)	60%
UE Fondamentale Code : UEF 3.1.2 Crédits : 10 Coefficients : 6	Traitement du signal	ELNI 5.3	5	3	1h30	1h30	1h30	67h30	40% (20% TD + 20% TP)	60%
	Réseaux informatiques	ELNI 5.4	5	3	1h30	1h30	1h30	67h30	40% (20% TD + 20% TP)	60%
UE Méthodologique Code : UEM 3.1.1 Crédits : 7 Coefficients : 4	Programmation Python	ELNI 5.5	3	2			3h00	45h00	100%	
	Télécommunications fondamentales	ELNI 5.6	2	1	1h30			22h30		100%
	Travaux Avant-projet	ELNI 5.7	2	1			1h30	22h30	100%	
UE Transversale Code : UET 3.1.1 Crédits : 2 Coefficients : 2	Anglais technique	ELNI 5.8	1	1	-	1h30	-	22h30	100%	
	Propagation d'ondes et Antennes	ELNI 5.9	1	1	1h30			22h30		100%
Volume Horaire Total du semestre 5			30	19	10h30	7h30	10h30	427h30		

Semestre 6 : Semestre communs entre toutes les spécialités de la filière électronique

Unité d'enseignement	Intitulés des matières	Code	Crédits	Coefficients	Volume Horaire Hebdomadaire			VHS	Mode d'évaluation	
					Cours	TD	TP		Contrôle continu	Examen final
UE Fondamentale Code : UEF 3.2.1 Crédits : 12 Coefficients : 7	Systèmes à Microprocesseurs	ELNI 6.1	6	3	1h30	1h30	1h30	67h30	40% (20% TD + 20% TP)	60%
	Capteurs et actionneurs industriels	ELNI 6.2	6	4	1h30	1h30	3h00	90h00	40% (20% TD + 20% TP)	60%
UE Fondamentale Code : UEF 3.2.2 Crédits : 10 Coefficients : 6	Asservissements continus et Régulation	ELNI 6.3	5	3	1h30	1h30	1h30	67h30	40% (20% TD + 20% TP)	60%
	Traitement de Signal Numérique	ELNI 6.4	5	3	1h30	1h30	1h30	67h30	40% (20% TD + 20% TP)	60%
UE Méthodologique Code : UEM : 3.2.1 Crédits : 6 Coefficients : 4	Électronique de Puissance	ELNI 6.5	3	2	1h30	1h30	1h30	67h30	40% (20% TD + 20% TP)	60%
	CAO Électronique et prototypage 2 (Proteus / EAGLE / Creo / CircuitStudio)	ELNI 6.6	2	1			1h30	22h30	100%	
	Stage en entreprise 1	ELNI 6.7	1	1	Volume horaire hors quota (en moyenne 100 heures) Tutorat : 1h30 TP hebdomadaire				100%	
UE Transversale Code : UET 3.2.1 Crédits : 2 Coefficients : 2	Entrepreneuriat et start-up	ELNI 6.8	1	1	1h30			22h30		100%
	Industrialisation	ELNI 6.9	1	1	1h30			22h30		100%
Volume Horaire Total du semestre 6			30	19	10h30	7h30	10h30	427h30		

Semestre 7 : Génie électronique industrielle

Unité d'enseignement	Intitulés des matières	Code	Crédits	Coefficients	Volume Horaire Hebdomadaire			VHS	Mode d'évaluation	
					Cours	TD	TP		Contrôle continu	Examen final
UE Fondamentale Code : UEF 4.1.1 Crédits : 11 Coefficients : 6	Microcontrôleurs RISC (ARM et MIPS)	ELNI 7.1	6	3	3h00	1h30	1h30	90h00	40% (20% TD + 20% TP)	60%
	Asservissement Echantillonné	ELNI 7.2	5	3	1h30	1h30	1h30	67h30	40% (20% TD + 20% TP)	60%
UE Fondamentale Code : UEF 4.1.2 Crédits : 10 Coefficients : 6	Supervision des systèmes industriels	ELNI 7.3	5	3	1h30	1h30	1h30	67h30	40% (20% TD + 20% TP)	60%
	Electronique Radiofréquence	ELNI 7.4	5	3	1h30	1h30	1h30	67h30	40% (20% TD + 20% TP)	60%
UE Méthodologique Code : UEM : 4.1.1 Crédits : 7 Coefficients : 5	Programmation Avancée en Python	ELNI 7.5	2	2	1h30		1h30	45h00	40%	60%
	Fiabilité, Maintenance et Diagnostic des Systèmes Électroniques Industriels	ELNI 7.6	3	2	1h30		1h30	45h00	40%	60%
	Projet Personnel Professionnel	ELNI 7.7	2	1	Volumee horaire horaire hors quota Tutorat : 1h30 TP hebdomadaire				100%	
UE Transversale Code : UET 4.1.1 Crédits : 2 Coefficients : 2	Compatibilité Electromagnétique	ELNI 7.8	1	1	1h30			22h30		100%
	Ingénierie Biomédicale	ELN 7.9	1	1	1h30			22h30		100%
Volume Horaire Total du semestre 7			30	19	13h30	6h00	9h00	427h30		

Semestre 8 : Génie électronique industrielle

Unité d'enseignement	Intitulés des matières	Code	Crédits	Coefficients	Volume Horaire Hebdomadaire			VHS	Mode d'évaluation	
					Cours	TD	TP		Contrôle continu	Examen final
UE Fondamentale Code : UEF 4.2.1 Crédits : 11 Coefficients : 6	Automates programmable industriels	ELNI 8.1	6	3	3h00	1h30	1h30	90h00	40% (20% TD + 20% TP)	60%
	Processeurs des signaux numériques (DSP)	ELNI 8.2	5	3	1h30	1h30	1h30	67h30	40% (20% TD + 20% TP)	60%
UE Fondamentale Code : UEF 4.2.2 Crédits : 10 Coefficients : 6	Electronique numérique avancée : FPGA et VHDL	ELNI 8.3	5	3	1h30	1h30	1h30	67h30	40% (20% TD + 20% TP)	60%
	Communication numériques-fondements et techniques	ELNI 8.4	5	3	1h30	1h30	1h30	67h30	40% (20% TD + 20% TP)	60%
UE Méthodologique Code : UEM 4.2.1 Crédits : 6 Coefficients : 4	Conception des systèmes embarqués	ELNI 8.5	3	2	1h30		1h30	67h30	40%	60%
	Introduction au Traitement d'Images	ELNI 8.6	2	1	1h30		1h30	45h00	40%	60%
	Stage en entreprise 2	ELNI 8.7	1	1	Volumee horaire horaire hors quota (en moyenne 100 heures) Tutorat : 1h30 TP hebdomadaire				100%	
UE Transversale Code : UET 4.2.1 Crédits : 3 Coefficients : 3	Eléments de l'IA appliquée	ELNI 8.8	2	2	1h30		1h30	45h00	40%	60%
	Respect des normes et règles d'éthique et d'intégrité	ELNI 8.9	1	1	1h30			22h30		100%
Volume Horaire Total du semestre 8			30	19	13h30	7h30	9h00	450h00		

Semestre 9 : Génie électronique industrielle

Unité d'enseignement	Intitulés des matières	Code	Crédits	Coefficients	Volume Horaire Hebdomadaire			VHS	Mode d'évaluation	
					Cours	TD	TP		Contrôle continu	Examen final
UE Fondamentale Code : UEF 5.1.1 Crédits : 10 Coefficients : 6	Intelligence Artificielle Embarquée	ELNI 9.1	5	3	1h30	1h30	1h30	67h30	40% (20% TD + 20% TP)	60%
	Régulateurs Industriels	ELNI 9.2	5	3	1h30	1h30	1h30	67h30	40% (20% TD + 20% TP)	60%
UE Fondamentale Code : UEF 5.1.2 Crédits : 10 Coefficients : 6	Systèmes temps réel.	ELNI 9.3	5	3	1h30	1h30	1h30	67h30	40% (20% TD + 20% TP)	60%
	Robotique Industrielle	ELNI 9.4	5	3	1h30	1h30	1h30	67h30	40% (20% TD + 20% TP)	60%
UE Méthodologique Code : UEM 5.1.1 Crédits : 7 Coefficients : 4	Réseaux de Communication Industriels	ELNI 9.5	4	2	1h30		1h30	45h00	40%	60%
	Systèmes de Vision Artificielle	ELNI 9.6	3	2	1h30		1h30	45h00	40%	60%
UE Transversale Code : UET 5.1.1 Crédits : 3 Coefficients : 3	Recherche documentaire et Conception de mémoire	ELNI 9.8	1	1	1h30			22h30		100%
	Reverse engineering	ELNI 9.9	2	2	1h30		1h30 atelier	45h00	40%	60%
Volume Horaire Total du semestre 9			30	19	12h00	6h00	10h30	427h30		

Semestre 10: Génie électronique industrielle

Le Projet de Fin d'Études (PFE) doit obligatoirement être en relation avec le secteur industriel ou réalisé au sein d'une entreprise à la suite d'un stage. Il est sanctionné par la rédaction d'un mémoire et une soutenance.

	VHS	Coeff	Crédits
Travail Personnel	287h30	9	18
Stage en entreprise	90h00	6	8
Séminaires	25h00	2	2
Autre (Encadrement)	25h00	2	2
Total Semestre 10	427h30	19	30

Ce tableau est donné à titre indicatif

Évaluation du Projet de Fin de Cycle d'Ingénieur

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

Programmes détaillés des matières du 1^{er} semestre

SEMESTRE	Intitulé de la matière		Coefficient	Crédits	Code
S1	Analyse 1		3	6	IST1.1
VHH	Cours	Travaux dirigés	Travaux Pratiques		
67h30	1h30	3h00	-		

Pré requis :

Notions de base des mathématiques des classes Terminales (ensembles, fonctions, équations, ...).

Objectifs de l'enseignement

Cette première matière d'Analyse I est notamment consacrée à l'homogénéisation des connaissances des étudiants à l'entrée de l'université. Les premiers éléments nouveaux sont enseignés de manière progressive afin de conduire les étudiants vers les mathématiques plus avancées. Les notions abordées dans cette matière sont fondamentales et parmi les plus utilisées dans le domaine des Sciences et Technologies.

Contenu de la matière:**Chapitre 1 : Propriétés de l'ensemble \mathbb{R}**

1. Partie majorée, minorée et bornée.
2. Élément maximum, élément minimum.
3. Borne supérieure, borne inférieure.
4. Valeur absolue, partie entière.

Chapitre 2 : Suites numériques réelles

1. Suites convergentes.
2. Théorèmes de comparaison.
3. Théorème de convergence monotone.
4. Suites extraites.
5. Suites adjacentes.
6. Suites particulières (arithmétiques, géométriques, récurrentes)

Chapitre 3 : Les fonctions réelles à une seule variable

1. Limites et continuité des fonctions
2. Dérivée et différentielle d'une fonction
3. Applications aux fonctions élémentaires (puissance, exponentielle, hyperbolique, trigonométrique et logarithmique)

Chapitre 4 : Développement limité

1. Développement limité
2. Formule de Taylor

3. Développement limité des fonctions **Chapitre 5:**

Intégrales simples

1 Rappels sur l'intégrale de Riemann et sur le calcul de primitives.

Mode d'évaluation :

Interrogation écrite, devoir surveillée, examen final

Références bibliographiques:

- 1- K. Allab, Eléments d'analyse, Fonction d'une variable réelle, 1^{re}& 2^e années d'université, Office des Publications universitaires.
- 2- J. Rivaud, Algèbre : Classes préparatoires et Université Tome 1, Exercices avec solutions, Vuibert.
- 3- N. Faddeev, I. Sominski, Recueil d'exercices d'algèbre supérieure, Edition de Moscou

SEMESTRE	Intitulé de la matière		Coefficient	Crédits	Code
S1	Algèbre 1		2	4	IST1.2
VHH	Cours	Travaux dirigés	Travaux Pratiques		
45h00	1h30	1h30	-		

Pré requis :

Notions de base des mathématiques des classes Terminales (ensembles, fonctions, équations, ...).

Objectifs de l'enseignement

Cette première matière d'Algèbre I est notamment consacrée à l'homogénéisation des connaissances des étudiants à l'entrée de l'université. Les premiers éléments nouveaux sont enseignés de manière progressive afin de conduire les étudiants vers les mathématiques plus avancées. Les notions abordées dans cette matière sont fondamentales et parmi les plus utilisées dans le domaine des Sciences et Technologies.

Contenu de la matière:**Chapitre 1. Les ensembles, les relations et les applications (5 semaines)**

1. Théorie des ensembles.
2. Relation d'ordre, Relations d'équivalence.
3. Application injective, surjective, bijective et fonction réciproque: définition d'une application, image directe, image réciproque, caractéristique d'une application.

Chapitre 2 : Les nombres complexes

1. Définition d'un nombre complexe.
2. Représentation d'un nombre complexe : Représentation algébrique, représentation trigonométrique, représentation géométrique, représentation exponentielle.
3. Racines d'un nombre complexe : racines carrées, résolution de l'équation $az^2 + bz + c = 0$, racines nième d'un nombre complexe.

Chapitre 3 : Espace vectoriel

1. Espace vectoriel, base, dimension (définitions et propriétés élémentaires).
2. Application linéaire, noyau, image, rang.

Mode d'évaluation :

Interrogation écrite, devoir surveillée, examen final

Références bibliographiques:

1. J. Rivaud, Algèbre : Classes préparatoires et Université Tome 1, Exercices avec solutions, Vuibert.
2. N. Faddeev, I. Sominski, Recueil d'exercices d'algèbre supérieure, Edition de Moscou
3. M. Balabne, M. Duflo, M. Frish, D. Guegan, Géométrie – 2^e année du 1^{er} cycle classes préparatoires, Vuibert Université.
4. B. Calvo, J. Doyen, A. Calvo, F. Boshet, Exercices d'algèbre, 1^{er} cycle scientifique préparation aux grandes écoles 2^e année, Armand Colin – Collection U.

SEMESTRE	Intitulé de la matière		Coefficient	Crédits	Code
S1	Eléments de mécanique (Physique I)		4	7	IST.1.4
VHH	Cours	Travaux dirigés	Travaux Pratiques		
90h00	1h30	3h00	1h30		

Prérequis :

Il est recommandé d'avoir bien maîtrisé les sciences physiques et les mathématiques de base dans le cycle secondaire

Objectifs :

L'enseignement de cette matière permet à l'étudiant d'acquérir les notions fondamentales de la mécanique classique liée au point matériel à travers :

- la cinématique
- la dynamique
- et les concepts travail et énergie.

Contenu de la matière : Physique 1 (Mécanique)**Chapitre I : Rappel**

- Analyse dimensionnelle
- Analyse vectorielle

Chapitre II : Cinématique

- Notion de Référentiel
- Etude de mouvements dans l'espace (cas général, circulaire, rectiligne, coordonnées intrinsèques)
- Systèmes de coordonnées (cartésien, polaire, cylindrique, sphérique)
- Mouvement relatif (lois de compositions des vitesses et accélérations)

Chapitre III : Dynamique

- Principe d'inertie, Masse d'inertie et référentiel Galiléen
- Quantité de mouvement – Principe de conservation de la quantité de mouvement
- Notion de Force,
- Lois de Newton
- Equation différentielle du mouvement
- Différents types de force (gravitation, élastique, visqueuse,...)

Chapitre IV : Mouvement de rotation

- Moment cinétique, Moment d'une Force
- Théorème du moment cinétique et Moment d'inertie
- Applications : torsion, pendule,...

Chapitre V : Travail, puissance, énergie

- Travail et puissance d'une force
- Energie cinétique
- Energie potentielle (gravitationnelle, élastique,...) et états d'équilibres.

- Forces conservatives et non conservatives.
- Conservation de l'énergie.
- Impulsion et chocs (élastique et inélastique)

Travaux Pratiques de physique 1 :

- Mesure et calculs des incertitudes
- Chute libre
- Plan incliné
- Mouvement circulaire
- Pendule simple
- Pendule oscillant
- Frottement solide-solide

Mode d'évaluation:

Interrogation écrite, devoir surveillé, examen final, compte rendu TP,

Références bibliographiques :

- Physique, 1. Mécanique, Harris Benson, éditions de Boeck. —
- Physique, 1. Mécanique, Eugene Hecht, éditions de Boeck.
- Physique Générale, Mécanique et thermodynamique, Douglas Giancoli, éditions de Boeck.

SEMESTRE	Intitulé de la matière		Coefficient	Crédits	Code
S1	Eléments de chimie (Structure de la matière)		4	7	IST.1.3
VHH	Cours	Travaux dirigés	Travaux Pratiques		
90h00	1h30	3h00	1h30		

Pré requis : Néant

Objectifs :

L'enseignement de cette matière permet à l'étudiant l'acquisition des formalismes de base en chimie notamment au sein de la matière décrivant l'atome et la liaison chimique, les éléments chimiques et le tableau périodique avec la quantification énergétique. Rendre les étudiants plus aptes à résoudre des problèmes de chimie

Contenu de la matière

Chapitre 1 : Notions fondamentales

Etats et caractéristiques macroscopiques des états de la matière, changements d'états de la matière, notions d'atome, molécule, mole et nombre d'Avogadro, unité de masse atomique, masse molaire atomique et moléculaire, volume molaire, Loi pondérale : Conservation de la masse (Lavoisier), réaction chimique, Aspect qualitatif de la matière, Aspect quantitatif de la matière.

Chapitre 2 : Principaux constituants de la matière

Introduction : Expérience de Faraday : relation entre la matière et l'électricité, Mise en évidence des constituants de la matière et donc de l'atome et, quelques propriétés physiques (masse et charge), Modèle planétaire de Rutherford, Présentation et caractéristiques de l'atome (Symbole, numéro atomique Z, numéro de masse A, nombre de proton, neutrons et électron), Isotopie et abondance relative des différents isotopes, Séparation des isotopes et détermination de la masse atomique et de la masse moyenne d'un atome : Spectrométrie de masse : spectrographe de Bainbridge, Energie de liaison et de cohésion des noyaux, Stabilité des noyaux.

Chapitre 3 : Structure électronique de l'atome

Dualité onde-corpuscule, Interaction entre la lumière et la matière, Modèle atomique de Bohr : atome d'hydrogène, L'atome d'hydrogène en mécanique ondulatoire, Atomes poly électroniques en mécanique ondulatoire.

Chapitre 4 : Classification périodique des éléments

Classification périodique de D. Mendeleiev, Classification périodique moderne, Evolution et périodicité des propriétés physico-chimiques des éléments, Calcul des rayons (atomique et

ionique), les énergies d'ionisation successives, affinité électronique et l'électronégativité (échelle de Mulliken) par les règles de Slater.

Chapitre 5 : Liaisons chimiques

La liaison covalente dans la théorie de Lewis, La Liaison covalente polarisée, moment dipolaire et caractère ionique partielle de la liaison, Géométrie des molécules : théorie de Gillespie ou VSEPR, La liaison chimique dans le modèle quantique.

Chapitre 6: Radioactivité – Réactions nucléaires

Radioactivité naturelle (rayonnements α , β et γ), Radioactivité artificielle et les réactions nucléaires, Cinétique de la désintégration radioactive, Applications de la radioactivité.

Mode d'évaluation:

Interrogation écrite, devoir surveillé, examen final, compte rendu TP,

Références bibliographiques

1. Ouahes, Devallez, Chimie Générale, OPU.
2. S.S. Zumdhal & coll., Chimie Générale, De Boeck Université.
3. Y. Jean, Structure électronique des molécules : 1 de l'atome aux molécules simples, 3^e édition, Dunod, 2003.
4. F. Vassaux, La chimie en IUT et BTS.
5. A. Casalot & A. Duruphy, Chimie inorganique cours 2^{ème} cycle, Hachette.
6. P. Arnaud, Cours de Chimie Physique, Ed. Dunod.
7. M. Guymont, Structure de la matière, Belin Coll., 2003.
8. G. Devore, Chimie générale : T1, étude des structures, Coll. Vuibert, 1980.

Travaux Pratiques « Structure de la matière »

TP N° 1 : TP préliminaire : Sécurité au laboratoire de chimie et description du matériel et de la verrerie.

TP N° 2 : Changement d'état de l'eau : Passage de l'état liquide à l'état solide et de l'état liquide à l'état vapeur.

TP N° 3 : Détermination de la quantité de matière.

TP N° 4 : Détermination de la masse moléculaire.

TP N° 5 : Calcul d'incertitudes - Détermination du rayon ionique

TP N° 6 : Détermination des volumes molaires partiels dans une solution binaire.

TP N° 7 : Analyse qualitative des Cations (1^{er}, 2^{ème}, 3^{ème} et 4^{ème} groupe).

TP N° 8 : Analyse qualitative des Anions.

TP N° 9 : Identification des ions métalliques par la méthode de la flamme

TP N°10 : Séparation et recristallisation de l'acide benzoïque.

TP N°11 : Construction et étude de quelques structures compactes.

TP N°12 : Étude des structures ioniques

SEMESTRE	Intitulé de la matière		Coefficient	Crédits	Code
S1	Probabilités et statistiques		2	2	IST1.5
VHH	Cours	Travaux dirigés	Travaux Pratiques		
45h00	1h30	1h30	-		

Pré requis :

Aucun

Objectifs:

- Elaborer l'étude complète d'un caractère aléatoire.
 - Mettre en évidence un lien éventuel entre deux caractères aléatoires —
- Initiation au calcul élémentaire de probabilités.

Contenu de la matière :**I- Probabilités**

1. Rappels (analyse combinatoire, permutation)
2. Variables aléatoires
3. Lois de probabilités discrètes et continues usuelles

II- Statistiques*1. Statistique descriptive*

- 1.1 Statistique descriptive à une dimension
- 1.2 Statistique descriptive à deux dimensions

2. Estimation

- 2.1 Echantillonnage, théorèmes fondamentaux et principe
- 2.2 Estimation ponctuelle
- 2.3 Estimation par intervalle
- 2.4 Estimation ponctuelle et par intervalle d'une moyenne
- 2.5 Estimation ponctuelle et par intervalle d'une variance
- 2.6 Estimation ponctuelle et par intervalle d'une proportion
- 2.7 Marge d'erreur et taille d'échantillon requise

3. Tests statistiques (un seul échantillon) 3.1

Principe des tests d'hypothèses 3.2 Comparaison d'une moyenne à une valeur donnée

- 3.3 Comparaison d'une variance à une valeur donnée
- 3.4 Comparaison d'une proportion à une valeur donnée
- 3.5 Seuil descriptif du test
- 3.6 Risques et courbe d'efficacité
- 3.7 Test d'ajustement – Test du Khi-Deux

4. Tests statistiques (plusieurs échantillons)

- 4.1 Principe des tests

- 4.2 Comparaison de deux variances
- 4.3 Comparaison de deux moyennes
- 4.4 Autres tests sur les moyennes
- 4.5 Comparaison de deux proportions
- 4.6 Test d'indépendance – Test du Khi-Deux
- 4.7 Tests d'homogénéité de plusieurs populations – Test du Khi-Deux

Mode d'évaluation:

Interrogation écrite, devoir surveillé, examen final,

Références bibliographiques:

- A.HAMON, Statistique descriptive : exercices corrigés, P U R, 2008
 - A REBBOUH, Statistique descriptive et calculs de probabilités, HOUMA, 2009
- A OUKACHA, Statistique descriptive et calcul de probabilités, 2010
- D J MERCIER, Cahiers de mathématiques du supérieur, vol 1, 2010
- SERIE S CHAUM, Théorie et applications de la statistique, 1991

SEMESTRE	Intitulé de la matière		Coefficient	Crédits	Code
S1	Structure des ordinateurs et applications		2	2	IST1.6
VHH	Cours	Travaux dirigés	Travaux Pratiques		
45h00	-	-	3h00		

Pré requis :Aucun

Objectifs:

- Avoir un aperçu sur l'architecture d'un ordinateur.
- Maîtriser la pratique des quatre opérations en base 2, 8 et 16.
- Connaître les propriétés des principaux codages des entiers, entiers relatifs et des nombres à virgules.
- Connaître les aspects théoriques et pratiques de l'analyse, de la synthèse et de la matérialisation de circuits logiques qu'on trouve dans les ordinateurs.
- Élaborer une analyse adéquate, de spécifier ce qui est en donnée, ce qui est en résultat.
- Définir un algorithme permettant de résoudre le problème

Contenu de la matière :

Représentation et codification des nombres

- Systèmes numérations : décimale, binaire, octal et hexadécimal.
- Conversions décimal-binaire et binaire-décimale.
- Arithmétique binaire.

Algèbre de Boole

- Expression booléenne.
- Tables de vérité.
- Les portes logiques.
- Circuit logique versus expression booléenne.
- Évaluation de la sortie d'un circuit logique.
- Simplification des expressions booléennes.

Introduction à l'algorithmique

- Algorithme et action primitive.
- Structure d'un algorithme.
- Les types standards et opérations appropriées.
- Opérations de base en algorithmique : affectation, lecture, écriture.
- Les structures de contrôle et les différents types de boucles.
- Modularité d'un algorithme : procédures et fonctions.
- Les structures de données (tableaux et enregistrements).
- Les fichiers

Mode d'évaluation:

Interrogation écrite, devoir surveillé, examen final,

Références bibliographiques:

- ZANELLA, P. and Ligier, Y. (1989). Architecture et technologie des ordinateurs. DUNOD informatique. DUNOD.
- BAJARD, J. (2004). Calcul et arithmétique des ordinateurs. Traité IC2 Information - Commande - Communication : Informatique et systèmes d'information. Hermes Science Publications.
- TOCCI, R. (1992). Circuits numériques : théorie et applications. DUNOD.
- BELAID, M. (2004). Architecture des ordinateurs : cours et exercices corrigés. Les Manuels de l'étudiant. Les Pages Bleues Internationales.
- WACK, B. (2013). Informatique pour tous en classes préparatoires aux grandes écoles. Eyrolles.
- GAUDEL, M., Soria, M., and Froidevaux, C. (1987). Types de données et algorithmes. Number vol. 1 in Collection didactique. Institut national de recherche en informatique et en automatique.
- CORMEN, T., LEISERSON, C., RIVEST, R., and CAZIN, X. (1994). Introduction à l'algorithmique. Science informatique. Dunod.
- CORMEN, T. (2013). Algorithmes : Notions de base. Informatique. Editions DUNOD.

SEMESTRE	Intitulé de la matière	Coefficient	crédits	Code
01	Dimension éthique et déontologique (les fondements)	01	01	IST 1.7
VHS	Cours	Travaux dirigés	Travaux Pratiques	
22h30	1h30	-	-	

Pré requis : Néant

Objectifs :

Ce cours a pour objectif principal de faciliter l'immersion d'un individu dans la vie étudiante et sa transition en adulte responsable. Il permet de développer la sensibilisation des étudiants aux principes éthiques. Les initier aux règles qui régissent la vie à l'université (leurs droits et obligations vis-à-vis de la communauté universitaire) et dans le monde du travail, de sensibiliser au respect et à la valorisation de la propriété intellectuelle et leur expliquer les risques des maux moraux telle que la corruption et à la manière de les combattre.

Contenu de la matière :

I. Notions Fondamentales – ةيساسأماهافم (2 semaines)

Définitions :

1. Morale :
2. Ethique :
3. Déontologie « Théorie de Devoir »:
4. Le droit :
5. Distinction entre les différentes notions
 - A. Distinction entre éthique et Morale
 - B. Distinction entre éthique et déontologie

II. Les Référentiels – تايعرملا Les

références philosophiques La

référence religieuse

L'évolution des civilisations La

référence institutionnelle

III. La Franchise Universitaire – يعماجلا مرحلا Le

Concept des franchises universitaires

Textes réglementaires

Redevances des franchises universitaires Acteurs

du campus universitaire

IV. Les Valeurs Universitaires – ةيعماجالاميقلا Les Valeurs Sociales

Les Valeurs Communautaires

Valeurs Professionnelles

Valeurs Professionnelles

V. Droits et Devoirs

Les Droits de l'étudiant
 Les devoirs de l'étudiant
 Droits des enseignants
 Obligations du professeur-chercheur
 Obligations du personnel administratif et technique

VI. Les Relations Universitaires

Définition du concept de relations universitaires
 Relations étudiants-enseignants
 Relation étudiants – étudiants
 Relation étudiants - Personnel
 Relation Etudiants – Membres associatifs

VII. Les Pratiques

Les bonnes pratiques Pour l'enseignant Les
 bonnes pratiques Pour l'étudiant

Mode d'évaluation : Contrôle continu, examen final.

Références bibliographiques :

1. Recueil des cours d'éthique et déontologie des universités algériennes.
2. BARBERI (J.-F.), 'Morale et droit des sociétés', *Les Petites Affiches*, n° 68, 7 juin 1995.
3. J. Russ, *La pensée éthique contemporaine*, Paris, puf, *Que sais-je ?*, 1995.
4. LEGAULT, G. A., *Professionalisme et délibération éthique*, Québec, Presses de l'Université du Québec, 2003.
5. SIROUX, D., 'Déontologie', dans M. Canto-Sperber (dir.), *Dictionnaire d'éthique et de philosophie morale*, Paris, Quadriga, 2004.
6. Prairat, E. (2009). Les métiers de l'enseignement à l'heure de la déontologie. *Education et Sociétés*, 23.

<https://elearning.univ-annaba.dz/pluginfile.php/39773/modresource/content/1/Cours%20Ethique%20et%20la%20d%C3%A9ontologie.pdf>

SEMESTRE	Intitulé de la matière		Coefficient	Crédits	Code
S1	Langue étrangère 1 (Français ou anglais)		1	1	IST 1.8
VHH	Cours	Travaux dirigés	Travaux Pratiques		
22h30	-	1h30	-		

Pré requis :

Anglais enseigné en secondaire, Français de base

Objectifs :

In addition to general language teaching, the teachers in charge of this subject will apply themselves to developing, in the learner, skills in technical language.

This technical English course focuses on the assimilation of the elements of speech, which are essential components of sentence formation. Their mastery will allow the learner to be able to use these components to communicate both in writing and orally.

The main objectives are:

- Be able to communicate in writing and orally in a professional setting, regardless of the learner's entry level
- Guide learners towards a good mastery of different characteristics of the language
- Deepening of grammar, learning of translation techniques, enrichment of written and oral expression, discovery of the culture of Anglo-Saxon countries.
- allow the student to have access to technical documentation, which will allow him to stay informed of the latest technological advances, as generally published in English.

Apporter les savoirs, les savoirs- faire et les savoirs- être tant au niveau de la communication écrite qu'orale.

Amener les étudiants à utiliser une langue précise en la systématisant (grammaire, orthographe, lexique) dans l'ensemble de la vie universitaire, non seulement dans l'enseignement du français, mais aussi dans celui des autres disciplines : sciences humaines, mathématiques, physique etc.

CONTENU DE LA MATIERE d'ANGLAIS Unit**one : Diagrams and description of objects and Devices**

1. Topic one: Diagrams and description of objects
2. Topic two: Diagrams and description of devices

Discovering language
(language outcomes)

a) Grammar

- Present simple
- Pronouns (Personal and possessive)
- Punctuation (full stop – comma)
- Adjectives
- Prepositions of place
- 'To' of purpose

Pronunciation

- Final –s
- Weak and strong forms of 'and'

b) Vocabulary

- Strategies for using a monolingual dictionary
- Strategies for using a bilingual dictionary
- Study of a dictionary entry
- Vocabulary used to express relationship between a whole and its parts or between a set and its members.

□ (including, making up) ≠ (excluding, not being part of)

Language of measurements

- Basic metric units
- Derived metric units
- Compound metric units

Describing shapes and dimensions

Developing skills
(skills and strategies outcomes)

a) Functions:

- Describing component shapes and Features
- Describing the function of a device
- Making statements about diagrams
- Illustrating a text with diagrams
- Expressing measurement
- Expressing purpose

b) Listening & speaking

- Listening to a presentation of a device
- Listening for specific information, general ideas
- Making inferences

- Talking about a given device
- Making a presentation of a device

c) Reading & writing

- Reading
- Reading for specific information, general ideas
- Identifying referents of reference Words
- Guessing the meaning of words through context
- Recognizing types of discourse
- Discussing the organizational pattern of the text
- Making logical links between sentences and paragraphs
- Summarizing
- Writing the description of a device

Unit two : Diagrams and description of processes

1. Topic one: How technology works
2. Topic two: How energy is produced

Discovering language (language outcomes)**a) Grammar – pronunciation**

- Present simple vs. continuous
- Past simple
- Passive voice
- Sequencers (first, next...)
- Relative pronouns
- Short-form relative clauses
- Pronunciation
- Final –ed
- Strong and weak forms of ‘was’ and ‘were’

b) Vocabulary

- Vocabulary related to processes
- Definitions
- Generalizations

Developing skills

(skills and strategies outcomes)

a) Functions:

- Drawing and labeling a diagram of a process, using drawings and terms provided.
- Providing descriptions for processes illustrated by diagrams
- Transformation of directions etc. into descriptions.
- Changing descriptions into sets of directions and statements of results.
- Describing a process (using sequencers) ■

b) Listening & speaking

- Listening to a presentation of a process
- Listening for specific information
- Listening for general ideas
- Recognizing and showing a sequence of events
- Predicting the sequencing of ideas
- Talking about a given process
- Managing through a long conversation by asking for clarifications, giving examples...
- Making an oral summary of a process

c) Reading & writing

- Reading
- Skimming
- Scanning
- Contextual reference
- Rephrasing
- Guessing the meaning of words through context
- Analysis of paragraph organization
- Making logical links between sentences and paragraphs
- Summarizing
- Writing a descriptive paragraph (process)

Teaching Activities and Tasks:

- Text-based activities
- Small and large group discussions
- Exploration of theme

- Pre-review of vocabulary
- Reading Project (Assessment Information Attached)
- Writing Portfolio (Including product and process: assessment information attached)
- Oral presentation
- Quizzes
- Debates
- Other activities as assigned by instructor

Contenus de la matière en Français :Les compétences visées sont résumées en termes d'objectifs dans le tableau ci-dessous:

Objectifs pragmatiques	Objectifs linguistiques
<p>1 . Se présenter</p> <ul style="list-style-type: none"> — Se présenter et présenter quelqu'un, — Demander et donner des renseignements, — Parler de soi (choix, loisirs, goûts, préférences), — Evoquer des perspectives, — Apprendre à utiliser les caractères phonétiques. 	<ul style="list-style-type: none"> — Le lexique relatif à la présentation, — Le présentatif « c'est », — Les adjectifs qualificatifs, — Les verbes être / s'appeler au présent de l'indicatif, — L'interrogation simple, — Les auxiliaires être et avoir au présent, — Le futur simple, — Tutoyer et vouvoyer, — la discrimination /i/ /y/ /u/ etc.
<p>2 . Comprendre un cours à l'oral</p> <ul style="list-style-type: none"> — Prendre des notes, — Hiérarchiser les idées, — Dégager l'essentiel du secondaire, — Dégager ce qui relève du possible ou de l'hypothèse, — S'approprier le langage mathématique. — Comprendre un document audio-visuel 	<ul style="list-style-type: none"> — Les abréviations, — La condition, — Les homonymes: quel que, quelque, — Les signes de ponctuation, — L'égalité, la supériorité, l'infériorité et l'équivalence, — La désignation (soit, on donne, on pose...) — Les chiffres, les symboles et les formules mathématiques, — Identifier les informations d'un enregistrement — Comprendre les points abordés, — Comprendre le raisonnement de l'orateur, — Repérer le thème et les informations principales, — Repérer le lexique spécifique.

<p>3 . Demander et donner des informations / Se documenter</p> <ul style="list-style-type: none"> — Demander des orientations, — Exprimer le besoin de comprendre, — Demander des informations à propos d'un objet, d'une action, — Effectuer une recherche nécessitant le recours à plusieurs outils documentaires, (livres, internet, etc.) et repérer les éléments pertinents, — Chercher et sélectionner des éléments en vue d'informer. 	<ul style="list-style-type: none"> — C'est, il/elle est, — Verbe être avoir au présent — Les adjectifs possessifs, — La phrase interrogative, — Les pronoms interrogatifs.
<p>4 . Comprendre des instructions</p> <ul style="list-style-type: none"> — Comprendre des consignes variées, — Déterminer le sens des principales consignes, — Respecter l'ordre d'une série de consignes, — Nuancer entre consigne, conseil et Ordre. 	<ul style="list-style-type: none"> — Les verbes de consignes, — Le mode infinitif, — Le mode impératif, — La forme négative d'une instruction: interdiction.

Mode d'évaluation:

Interrogation, Devoir surveillé, Examen final

Références bibliographiques:

- Vassivière, Jacques, **Bien écrire pour réussir ses études : orthographe, lexique, syntaxe, 150 règles et rappels, 150 exercices corrigés**, Armand Colin, Paris
 - Grevisse, Maurice, **L'accord du participe passé : règles, exercices et corrigés**, édition revue par Henri Brie,
 - La prononciation du français, cahiers de pédagogie pratique du langage, — Techniques d'expression écrite et orale TEEO
 - Simone EurinBalmet, Martine Henao de Legge, **Pratiques du français scientifique : l'enseignement du français à des fins de communication scientifique**, Hachette
 - Mangiante J-M., Parpette C., 2004, **Le Français sur Objectif Spécifique**, Hachette
 - Jacqueline Tolas, Océane Gewirtz et Catherine Carras, **Réussir ses études d'ingénieur en français**, PUG (Presses Universitaires de Grenoble)
- Supports très variés, allant d'articles et exercices créés pour le cours aux œuvres littéraires et aux manuels d'anglais et de français en fonction du cours choisi.

Programmes détaillés des matières du 2^{ème} semestre

SEMESTRE	Intitulé de la matière		Coefficient	Crédits	Code
S2	Analyse 2		3	6	IST 2.1
VHH	Cours	Travaux dirigés	Travaux Pratiques		
67h30	1h30	3h00	-		

Prérequis :

Il est recommandé de maîtriser les bases fondamentales du calcul d'intégrales et des primitives et des mathématiques enseignées en S1

Objectifs :

De première importance pour un scientifique, cette matière permet à l'étudiant d'acquérir:

- les méthodes de résolution d'équations différentielles nécessaires pour les problèmes rencontrés en ingénierie et en physique
- les méthodes de calcul de dérivabilité et d'intégrales des fonctions à plusieurs variables (surfaces volumes), les différentes formes de développement limité

Contenu de la matière :**Chapitre 1 : Equations différentielles ordinaires****1. Equations différentielles ordinaires du premier ordre**

1.1 Note Historique.

1.2 Modèle physique conduisant à une équation différentielle.

1.3 Définitions générales

1.4 Notions générales sur les équations différentielles du premier ordre.

Solution générale. Solution particulière.

1.5 Equations à variables séparées et séparables.

1.6 Equations homogènes du premier ordre. Définitions et exemples.

Résolution de l'équation homogène.

1.7 Equations se ramenant aux équations homogènes.

Résolution de l'équation linéaire.

1.8 Equation de Bernoulli.

Définition. Résolution de l'équation de Bernoulli.

2. Equations différentielles du second ordre

2.1 Note Historique.

2.2 Equations linéaires homogènes. Définitions et propriétés générales.

2.3 Equations linéaires homogènes du second ordre à coefficients constants

Les racines de l'équation caractéristique sont réelles et distinctes.

Les racines de l'équation caractéristique sont complexes.

L'équation caractéristique admet une racine réelle double.

2.4 Equations différentielles linéaires homogènes d'ordre n à coefficients constants.

Définition. Solution générale. Méthode générale de calcul de n solutions linéairement indépendantes de l'équation homogène.

2.5 Equations linéaires non homogènes du second ordre

Méthode de la variation des constantes arbitraires.

2.6 Equations linéaires non homogènes du second ordre à coefficients constants

Cas où le second membre est de la forme

- Le nombre n'est pas une racine de l'équation caractéristique :
- est une racine simple de l'équation caractéristique :
- est une racine double de l'équation caractéristique

: Cas où le second membre est de la forme

- si n'est pas racine de l'équation caractéristique :
- si est racine de l'équation caractéristique :

Chapitre 2 : Fonctions de plusieurs variables. Notions de limite, continuité, dérivées partielles, différentiabilité

2.1 Note historique

2.2 Domaine de définition.

2.3 Notion de limite.

Introduction. Notion de voisinage. Définition de la limite d'une fonction de deux variables. Ne pas confondre limite suivant une direction et limite.

2.4 Continuité des fonctions de deux variables.

2.5 Dérivées partielles d'ordre un.

Définition des dérivées partielles d'ordre un d'une fonction de 2 variables en un point (x_0, y_0)

La fonction dérivée partielle. Dérivées partielles d'ordre deux. Continuité et existence des dérivées partielles $((\partial f)/(\partial x))$ et $((\partial f)/(\partial y))$

2.6 Fonctions différentiables.

Introduction. Définition des fonctions différentiables. Cas des fonctions d'une variable réelle $f: \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R}$.

Définition des fonctions différentiables. Cas des fonctions de deux variables $f: \mathbb{R}^2 \rightarrow \mathbb{R}$

Relation entre fonction différentiable et existence des dérivées partielles $((\partial f)/(\partial x))$ et $((\partial f)/(\partial y))$. Relation entre différentiabilité et continuité.

2.7 Notion de différentielle d'une fonction de deux variables.

2.8 Dérivées partielles des fonctions composées.

Dérivées partielles des fonctions composées du type 1. Dérivées des fonctions composées du type 2.

2.9 Formule de Taylor des fonctions de 2 variables.

Dérivées partielles d'ordre n, $n > 2$.

2.10 Optimisation différentiable dans \mathbb{R}^2 .

Définitions d'optimum local et global. Conditions nécessaires d'optimalité. Conditions suffisantes d'optimalité.

Chapitre 3

1. Intégrales doubles

1.1 Définition de l'intégrale double

1.2 Exemples

1.3 Propriétés de l'intégrale double

Linéarité,

Conservation de l'ordre,

Additivité.

1.4 Théorème de Fubini dans le cas d'un domaine borné \mathbb{R} .

1.5 Calcul des intégrales doubles

Calcul direct,

Changement de variables dans une intégrale double (Formule de changement de variables).

1.6 Applications : Centre de gravité, Moment d'inertie.

2. Intégrales Triples

2.1 Généralisation de la notion d'intégrales doubles aux intégrales triples.

2.2 Calcul d'une intégrale triple

Calcul direct

Calcul par changement de variables (Formule de changement de variables pour une intégrale triple).

Volume sous le graphe d'une fonction de deux variables.

Calcul de volume de certains corps solides.

2.3 Applications : Centre de gravité, Moment d'inertie.

Mode d'évaluation :

Interrogation écrite, devoir surveillée, examen final

Références bibliographiques:

- [1] **KadaAllab**, Eléments d'Analyse. Office des publications Universitaires. Ben Aknoun. Alger 1984
- [2] **N. Piskounov**, Calcul différentiel et intégral. Editions Mir. Moscou 1978
- [3] **J. Dixmier**, Cours de mathématiques du premier cycle. 1ère année. Gauthiers-Villars. Paris 1976
- [4] **R. Murray Spiegel**. Théorie et applications de l'Analyse. McGraw-Hill, Paris 1973
- [5] **G. Flory**, Topologie, Analyse. Exercices avec solutions. Vuibert. Paris 1978

SEMESTRE	Intitulé de la matière	Coefficient	Crédits	Code
S2	Algèbre 2	2	4	IST 2.2
VHS	Cours	Travaux dirigés	Travaux Pratiques	
45h00	1h30	1h30	-	

Prérequis :

- Algèbre 1

Objectifs :

- Consolider les acquis du 1^{er} semestre.
- Etudier de nouveaux concepts : somme de plusieurs sous-espaces vectoriels, sous-espaces stables, trace.
- Passer du registre géométrique au registre matriciel et inversement.

Contenu de l'enseignement :**Chapitre 1 :** Espaces vectoriels

- Définition (sur \mathbb{R} et \mathbb{C}).
- Sous-espaces vectoriels.
- Somme de sous-espaces.
- Sous-espaces supplémentaires.
- Famille libre. Famille liée. Base (finie).

Chapitre 2 : Applications linéaires

- Définition (opérations).
- Noyau et image.
- Rang d'une application linéaire.
- Théorème du rang.
- Caractérisation de l'injection, de la surjection et de la bijection.

Chapitre 3 : Matrices, matrices associées et déterminants

- Définition (comme tableau de nombres). Matrices particulières.
- Opérations sur les matrices. L'espace vectoriel des matrices.
- Déterminants (définition (ordre 2, 3 et généralisation) et propriétés).
- Matrice inversible.
- Ecriture matricielle d'une application linéaire.
- Correspondance entre les opérations sur les applications linéaires et celles sur les matrices.
- Matrice de changement de bases (matrice de passage).
- Effet d'un changement de base sur la matrice d'une application linéaire.

Chapitre 4 : Systèmes d'équations linéaires —

Définitions et interprétations.

— Systèmes de Cramer (cas général).

Chapitre 5 : Réduction des matrices.

- Valeurs propres.
- Vecteurs propres.
- Polynômes caractéristiques. Théorème de Cayley-Hamilton.
- Caractérisation des matrices diagonalisables.
- Caractérisation des matrices trigonalisables.
- Applications de la réduction.

Références bibliographiques :

- A.KUROSH : Cours d'algèbre supérieure. Edition MIR MOSCOU.
- D.FADEEV et I.SOMINSKY : Recueil d'exercices d'algèbre supérieure. Edition MIR MOSCOU.
- J.RIVAUD : Exercices avec solutions tome 1 VUIBERT.
- J.RIVAUD : Exercices avec solutions tome 2 VUIBERT.
- LEBSIR HABIB : Travaux dirigés d'algèbre générale. Dar el-houda Ain M'LILA.
- Jean-Pierre Escofier : Toute l'algèbre de la licence. Cours et exercices corrigés. Dunod.
- J.Lelong-Ferrand, J.M.Arnaudiès : Cours de mathématiques. Tome 1 Algèbre 3^e édition. Classes préparatoires 1^{er} cycle universitaire. Dunod.
- A.DONEDDU : ALGEBRE ET GEOMETRIE 7 Mathématiques spéciales Premier cycle universitaire. VUIBERT.
- COLLET Valérie : MATHS Toute la deuxième année. ellipses

Modalités d'évaluation :

Interrogation, Devoir surveillé, Examen final

SEMESTRE	Intitulé de la matière		Coefficient	Crédits	Code
S2	Électricité et magnétisme		4	7	IST 2.3
VHH	Cours	Travaux dirigés	Travaux Pratiques		
90h00	1h30	1h30	1h30		

Pré-requis :

- Notions de champ vectoriel et champ scalaire. —
- Notions de calcul vectoriel.
- Charges électriques.

Objectifs:

- Identifier les sources des champs électrique et magnétique.
- Calculer et différencier les champs vectoriel et scalaire.
- Calculer le champ et le potentiel électriques produits par une distribution de charge.
- Calculer le champ magnétique produit par un courant électrique.

Contenu de la matière :**Chapitre 1 : Champ et potentiel électrostatique**

- La charge ponctuelle.
- La force électrique et loi de Coulomb.
- Champ et potentiel électrique (distribution discontinue de charge).
- Dipôle électrique : champ et potentiel électrique.
- Action du champ électrique sur un dipôle (orientation et état d'équilibre).
- Champ et potentiel électrique (distribution continue de charge).
- Théorème de Gauss.

Chapitre 2 : Les Conducteurs

- Propriétés de base.
- Charge induite et phénomènes d'influences
- Pression électrostatique. — Condensateurs, capacité (différents types), énergie emmagasinée.

Chapitre 3 : Courant électrique

- Notions d'intensité et de densité de courant.
- Résistance et loi d'Ohm, loi de Joule.

Chapitre 4 : Magnétostatique

- Introduction.
- Force magnétique et loi de Lorentz.
- Action d'un champ magnétique sur un courant électrique.
- Champ magnétique produit par un courant stationnaire : loi de Biot-Savart.
- Circulation du champ magnétique.

- Rotationnel du champ magnétique et loi d'Ampère.
- Flux du champ magnétique à travers une boucle fermée et induction. — Equations de Maxwell.

Travaux Pratiques de physique 2 :

- Montage d'un circuit électrique et appareils de mesure.
- Utilisation de l'oscilloscope.
- Pont de Wheatstone.
- Charge et décharge d'un condensateur.
- Champ magnétique à l'extérieur d'un conducteur.
- Champ magnétique de bobine simple : loi de Biot et Savart

Références bibliographiques :

- Physique, 2. Electricité et magnétisme, Harris Benson, éditions de Boeck. —
- Physique, 2. Electricité et magnétisme, Eugene Hecht, éditions de Boeck.
- Physique Générale, Electricité et magnétisme, Douglas Giancoli, éditions de Boeck

Modalités d'évaluation :

Interrogation, Devoir Surveillé, compte rendu des travaux pratiques, Examen final.

SEMESTRE	Intitulé de la matière	Coefficient	crédits	Code
02	Thermodynamique	4	7	IST 2.4
VHS	Cours	Travaux dirigés	Travaux Pratiques	
90h00	1h30	3h00	1h30	

Pré requis :

Néant

Objectifs :

Les connaissances acquises permettent de caractériser le comportement des substances liquides, solides et gazeuses et d'évaluer leurs propriétés thermodynamiques pour différentes conditions (température, pression, corps purs simples, mélange idéal et en changement de phase)

Contenu de la matière**Chapitre I : Notions de base en thermodynamique**

- I.1 Rappel mathématique sur les dérivées partielles
- I.2 Propriétés et états d'un système
- I.3 Processus, équilibre et cycle thermodynamique
- I.4 Densité, volume spécifique,
- I.5 Pression, température et énergie

Chapitre II: Propriétés thermodynamiques des substances pures

- II.1 Le gaz parfait
- II.2 Comportement réel des gaz
- II.3 Etats correspondants et écarts résiduels
- II.4 Propriétés des liquides et solides

Chapitre III: Concepts fondamentaux de la thermodynamique

- II.1 Premier principe et applications
- II.2 Entropie et deuxième principe
- II.3 Bilan entropique et irréversibilité
- II.4 Propriétés de l'énergie libre et équilibre thermodynamique
- II.5 Potentiel chimique et fugacité

Chapitre IV: Equilibres des processus physiques

- IV.1 Equilibres de phase d'une substance pure
- IV.2 Propriétés thermodynamiques des transitions de phase
- IV.3 Comportement idéal des mélanges gazeux, liquides et solides
- IV.4 Equilibres de phases d'un composé en mélange idéal
- IV.5 Solubilité idéale et coefficient de partage

References bibliographiques:

Smith, E.B, Basic Chemical Thermodynamics, 2nd ed., Clarendon Press, Oxford, 1977.
 Rossini, F. D., Chemical Thermodynamics, Wiley, New York, 1950. Florence,
 Stanley I.Sandler, Chemical and Engineering Thermodynamics, Wiley, New York, 1977.
 Elliot, J, Lira C.T, Introductory chemical engineering Thermodynamics , Prentice –Hall (1999)
 Lewis G.N., Randal M., Thermodynamics, Mac Graw Hill
 Hougen O.A., Watson K.M., Chemical process principles, Vol II: thermodynamics John
 Wiley and sons

Travaux Pratiques de Thermodynamique :

- TP N° 1 :** Etude de l'équation d'état d'un gaz parfait.
TP N° 2 : Valeur en eau du calorimètre.
TP N° 3 : Chaleur massique : chaleur massique des corps liquides et solides.
TP N° 4 : Etude de la solidification de l'eau pure.
TP N° 5 : Chaleur latente : Chaleur latente de fusion de la glace.
TP N° 6 : Détermination de la chaleur latente de vaporisation.
TP N° 7 : Chaleur de réaction: Détermination de l'énergie libérée par une réaction chimique (HCl/NaOH).
TP N° 8 : Les fonctions thermodynamiques d'un équilibre Acide –Base.
TP N° 9 : Etude de la variation de la pression en fonction de la température à l'équilibre (l-g) pour un système pur : eau.
TP N° 10 : Tension de vapeur d'une solution.
TP N° 11 : Diagramme d'équilibre pour un système binaire.
TP N° 12 : Diagramme d'équilibre pour un système ternaire.

Modalités d'évaluation:

Interrogation, Devoir Surveillé, compte rendu des travaux pratiques, Examen final.

SEMESTRE	Intitulé de la matière		Coefficient	crédits	Code
S2	Dessin technique		2	2	IST 2.5
VHH	Cours	Travaux dirigés	Travaux Pratiques		
45h00	-	-	3h00		

Pré-requis :

— Formes géométriques de base

Objectifs:

— Acquisition des notions de base du dessin —

Connaître la terminologie technique — Lire un plan

A l'issue de ce contenu, il est attendu que l'étudiant soit capable de :

— Reconnaître les différents formats de présentation des dessins et leurs différents éléments

— Lecture d'un plan

— Acquisition des notions de base du dessin

— Connaître la terminologie technique

- Apporter des corrections à un dessin

Contenu de la matière :**Chapitre 01 : Dessin technique (03h00)**

1.1 Introduction générale

1.2 Écritures

1.3 Présentation des dessins

1.4 Traits

1.5 Échelles

Chapitre 02 : Tracés géométriques

(03h00) 2.1 Intersections 2.2

Raccordements

Chapitre 03 : Géométrie descriptive (03h00)

3.1 Projection du point

3.2 Projection d'une droite sur un plan

3.2.1 Droite parallèle au plan

3.2.2 Droite perpendiculaire au plan

3.3 Projection d'une surface sur un plan

3.3.1 Surface parallèle au plan

3.3.2 Surface inclinée par rapport au plan

3.3.3 Surface perpendiculaire au plan

Chapitre 04 : Projections orthogonales (06h00)

- 4.1 Projection des pièces prismatiques 4.2 Projection des pièces cylindriques 4.3 Projection des pièces coniques
4.4 Projection des pièces mixtes

Chapitre 05 : Dessin en perspectives (1h30)

5.1 Perspectives cavalières

5.2 Perspectives isométriques

Chapitre 06 : Cotation (1h30)

- 6.1 Règles générales de cotation 6.2 Applications

Chapitre 07 : Sections et coupes (1h30)

- 7.1 Coupes simples 7.2 Sections sorties
7.3 Sections rabattues

Chapitre 08 : Dessins d'ensembles (1h30)

- 8.1 Définition
8.2 Application
8.3 Dessins de définitions des pièces composantes

Modalités d'évaluation :

Interrogation, Devoir surveillé, Examen final

Références bibliographiques :

- A. Chevalier ; « Guide du dessinateur industriel »; hachette technique; Paris, 2011.
- A. Ricordeau, C. Corbet ; « Dossier de technologie de construction »; Casteilla; Paris, 2001.
- A. Ricordeau; « Géométrie descriptive appliquée au dessin »; Casteilla; Paris, 2009.
- C. Corbet, B. Duron ; « Lire le dessin technique »; Casteilla; Paris, 2005.

SEMESTRE	Intitulé de la matière		Coefficient	crédits	Code
S2	Programmation(informatique 2)		2	2	IST 2.6
VHH	Cours	Travaux dirigés	Travaux Pratiques		
45h00	-	-	3h00		

Pré requis : Informatique 1

Objectifs:

- Planifier et concevoir un programme utilisant des techniques structurées de développement.
- Prévoir, concevoir, créer et employer les fonctions en décomposant un problème en sous-tâches.
- Passer des arguments par référence ou par valeur entre fonctions. Différentes dimensions.
- Écrire des instructions de programmation valides pour déclarer, initialiser, manipuler et passer les pointeurs comme arguments aux fonctions.
- Utiliser et expliquer la relation entre les pointeurs et les valeurs qu'ils indiquent.
- Utiliser et manipuler les structures de données.
- Utiliser les outils du langage C pour l'implantation des solutions algorithmiques.

Contenu de la matière:

Introduction au langage C.
 Les variables et les constantes : déclaration et manipulation
 Les structures de testes IF THEN ELSE
 Les boucles :boucle FOR et boucle WHILE.
 Les procédures et les fonctions.
 Structure d'une procédure / fonction
 Appel d'une procédure / fonction
 Les fonctions récursives (Concept d'algorithme récursif)
 Passage d'algorithme récursif en algorithme itératif.
 Exemples d'algorithmes récursifs et itératifs.
 Les pointeurs et l'allocation dynamique de la mémoire.
 Les structures de données complexes et les fichiers.
 Les listes chaînées : concepts et implémentations.
 Les piles et les files : concepts et implémentations.
 Les fichiers : concepts et implémentations.
 Notion de bibliothèque / module
 Structures composées, tableaux, ensembles

Travaux Pratiques :

- TP 1 :** Montage et démontage d'un ordinateur.
TP 2 : Familiarisation avec l'environnement de développement C.
TP 3 : Manipulation des tableaux et des enregistrements.

TP 4 : Modularité : réalisation d'un TP utilisant des fonctions avec les différents types de passages de paramètres.

TP 5 : Récursivité : réalisation d'un TP utilisant la notion de récursivité.

TP 6 : Les pointeurs et l'allocation dynamique de la mémoire.

TP 7 : Manipulation des listes, des piles, des files et des fichiers : création des outils de manipulation des listes, des piles et des files tels que la création, l'insertion, la suppression.

Mode d'évaluation:

Interrogation écrite, devoir surveillé, examen final, compte rendu TP

Références bibliographiques:

— ZANELLA, P. and Ligier, Y. (1989). Architecture et technologie des ordinateurs. DUNOD informatique. DUNOD.

— BAJARD, J. (2004). Calcul et arithmétique des ordinateurs. Traité IC2 Information - Commande - Communication : Informatique et systèmes d'information. Hermes Science Publications.

— TOCCI, R. (1992). Circuits numériques : théorie et applications. DUNOD.

— BELAID, M. (2004). Architecture des ordinateurs : cours et exercices corrigés. Les Manuels de l'étudiant. Les Pages Bleues Internationales.

— WACK, B. (2013). Informatique pour tous en classes préparatoires aux grandes écoles. Eyrolles.

— GAUDEL, M., Soria, M., and Froidevaux, C. (1987). Types de données et algorithmes. Number vol. 1 in Collection didactique. Institut national de recherche en informatique et en automatique.

— CORMEN, T., LEISERSON, C., RIVEST, R., and CAZIN, X. (1994). Introduction à l'algorithmique. Science informatique. Dunod.

— CORMEN, T. (2013). Algorithmes : Notions de base. Informatique. Editions DUNOD.

SEMESTRE	Intitulé de la matière		Coefficient	Crédits	Code
S2	Les métiers de l'ingénieur		1	1	IST 2.8
VHH	Cours	Travaux dirigés	Travaux Pratiques		
22h30	1h30	-	-		

Pré requis : Néant

Objectifs :

Faire découvrir à l'étudiant, dans une première étape, l'ensemble des filières qui sont couverts par le Domaine des Sciences et Technologies et dans une seconde étape une panoplie des métiers sur lesquels débouchent ces filières. Dans le même contexte, cette matière introduit les nouveaux enjeux du développement durable ainsi que les nouveaux métiers qui peuvent en découler.

Contenu de la matière :

1. Les sciences de l'ingénieur, c'est quoi ?

Le métier d'ingénieur, historique et défis du 21^{ème} siècle, Rechercher un métier/une annonce de recrutement par mot-clé, élaborer une fiche de poste simple (intitulé du poste, entreprise, activités principales, compétences requises (savoirs, savoir-faire, relationnel

2. Filières de l'Electronique, Télécommunications, Génie Biomédical, Electrotechnique, Electromécanique, Optique & Mécanique de précision :

- Définitions, domaines d'application (Domotique, applications embarquées pour l'automobile, Vidéosurveillance, Téléphonie mobile, Fibre optique, Instrumentation scientifique de pointe, Imagerie et Instrumentation médicale, Miroirs géants, Verres de contact, Transport et Distributions de l'énergie électrique, Centrales de production d'électricité, Efficacité énergétique, Maintenance des équipements industriels, Ascenseurs, Eoliennes, ...

- Rôle du spécialiste dans ces domaines.

3. Filières de l'Automatique et du Génie industriel :

- Définitions, domaines d'application (Chaînes automatisées industrielles, Machines outils à Commande Numérique, Robotique, Gestion des stocks, Gestion du trafic des marchandises, la Qualité, - Rôle du spécialiste dans ces domaines.

4. Filières du Génie des Procédés, Hydrocarbures et Industries pétrochimiques :

- Définitions, Industrie pharmaceutique, Industrie agroalimentaire, Industrie du cuir et des textiles, Biotechnologies, Industrie chimique et pétrochimique, Plasturgie, Secteur de l'énergie (pétrole, gaz), ...

- Rôle du spécialiste dans ces domaines.

1. Filières de l'Hygiène et Sécurité Industrielle (HSI) et du Génie minier :

- Définitions et domaines d'application (Sécurité des biens et des personnes, Problèmes environnementaux, Exploration et Exploitation des ressources minières, ...)

- Rôle du spécialiste dans ces domaines.

2. Filières Génie Climatique et Ingénierie des Transports - Définitions, domaines d'application (Climatisation, Immeubles intelligents, Sécurité dans les transports, Gestion du trafic et transports routiers, aériens, navals, ...)

- Rôle du spécialiste dans ces domaines.

3. Filières du Génie Civil, Hydraulique et Travaux publics : (2 semaines)

- Définitions et domaines d'application (Matériaux de construction, Grandes Infrastructures routières et ferroviaires, Ponts, Aéroports, Barrages, Alimentation en eau potable et Assainissement, Ecoulements hydrauliques, Gestion des ressources en eau, Travaux Publics et Aménagement du territoire, Villes intelligentes, ...)

- Rôle du spécialiste dans ces domaines.

4. Filière de l'Aéronautique, du Génie Mécanique, Génie Maritime et Métallurgie :

- Définitions et domaines d'application (Aéronautique, Avionique, Industrie automobile, Ports, Dignes, Production des équipements industriels, Sidérurgie, Transformation des métaux, ...)

- Rôle du spécialiste dans ces domaines.

Travail en groupe : Élaboration de fiches de postes pour des métiers de chaque filière à partir des annonces de recrutement retrouvées sur les sites de demande d'emploi (ex. [http : //www.onisep.fr/Decouvrir-les-metiers](http://www.onisep.fr/Decouvrir-les-metiers), www.indeed.fr, www.pole-emploi.fr) (1 filière / groupe).

Selon les capacités des établissements, préconiser de faire appel aux doctorants et anciens diplômés de l'établissement dans un dispositif de tutorat/mentoring où chaque groupe pourra faire appel à son tuteur/mentor pour élaborer la fiche de poste/ découvrir les différents métiers du ST.

Travail personnel de l'étudiant pour cette matière :

L'enseignant chargé de cette matière peut faire savoir à ses étudiants qu'il peut toujours les évaluer en leur proposant de préparer des fiches de métiers. Demander aux étudiants de visionner chez eux un film de vulgarisation scientifique en relation avec le métier choisi (après leur avoir remis soit le film sur support électronique ou leur avoir indiqué le lien internet vers ce film) et leur demander de remettre ensuite un rapport écrit ou de faire une présentation orale du résumé de ce film, ... etc. La bonification de ces activités est laissée à l'appréciation de l'enseignant et de l'équipe de formation qui sont seuls aptes à définir la meilleure manière de tenir compte de ces travaux personnels dans la note globale de l'examen final.

Mode d'évaluation :

Contrôle continu, Examen final,

Références bibliographiques :

- 1- Quels métiers pour demain ? Éditeur : ONISEP, 2016, Collection : Les Dossiers.
- 2- J. Douënel et I. Sédès, Choisir un métier selon son profil, Editions d'Organisation, Collection : Emploi & carrière, 2010.
- 3- V. Bertereau et E. Ratière, Pour quel métier êtes-vous fait ? Editeur : L'Étudiant, 6e édition, Collection : Métiers, 2015.
- 4- Le grand livre des métiers, Éditeur : L'Étudiant, Collection : Métiers, 2017.

- 5- Les métiers de l'industrie aéronautique et spatiale, Collection: Parcours, Edition: ONISEP, 2017.
- 6- Les métiers de l'électronique et de la robotique, Collection: Parcours, Edition: ONISEP, 2015.
- 7- Les métiers du bâtiment et des travaux publics, Collection: Parcours, Edition : ONISEP, 2016. 9- Les métiers du transport et de la logistique, Collection : Parcours, Edition : ONISEP, 2016.
- 8- Les métiers de l'énergie, Collection : Parcours, Edition : ONISEP, 2016.
- 9- Les métiers de la mécanique, Collection : Parcours, Edition : ONISEP, 2014.
- 10- Les métiers de la chimie, Collection : Parcours, Edition : ONISEP, 2017.
- 11- Les métiers du Web, Collection : Parcours, Edition : ONISEP, 2015.

SEMESTRE	Intitulé de la matière		Coefficient	Crédits	Code
S2	Langue étrangère 2 (Anglais)		1	1	ISGC 2.7
VHH	Cours	Travaux dirigés	Travaux Pratiques		
22h30	-	1h30	-		

Pré requis :
Anglais Technique 1

Objectifs :

- To help students understand basic vocabulary of science and technology.
- To help students use essential vocabulary of science and technology.
- To consolidate/ reinforce grammar rules.
- To write meaningful sentences.
- To write coherent paragraphs.
- To answer written examination questions correctly.
- To read to grasp the general idea of a text.
- To read in order to find the main ideas within a text.
- To listen and comprehend basic functional scientific English.
- To communicate using concepts and terminology taught in classroom

Contenu de la matière :

Unit one : Classifications and generalizations(11H15 mn)	
I. Topic one: Materials in Engineering 2. Topic two: Sources of energy 3. Topic three: Periodic table	
Discovering language (language outcomes) a) Grammar— pronunciation Present simple vs. Continuous vs. perfect Active & passive voice Pronunciation of must, can, should in the passive Weak forms of was and were Pronunciation of final —ed and —ch Compound nouns Adjectives ending in '-ly' Adverbs Affixes (-ic, -ily, -ness) b) Vocabulary Structures used to express classification	Developing skills (skills and strategies outcomes) a) Functions: Classifying items in the form of diagrams Diagrams, levels of generalization Classifying items according to their properties and characteristics b) Listening & speaking ■ Listening to a lecture/talk (Classification) ■ Listening for specific information ■ Listening for general ideas Note taking ■ Speaking from notes ■ Making an oral summary

	<p>c) Reading & writing</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Reading ■ Reading for specific information ■ Reading for general ideas ■ Contextual reference ■ Rephrasing ■ Guessing the meaning of words through context ■ Making logical links between sentences and paragraphs
	<ul style="list-style-type: none"> ■ Summarizing ■ Analyzing and making as synthesis

Unit two : Describing discoveries, inventions and experiments (11H15 mn)

<p>Discovering language (language outcomes)</p> <p>a) Grammar— pronunciation</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Past simple vs. continuous ■ Active & passive voice ■ Pronunciation of must, can, should in the passive ■ Weak forms of was and were ■ Pronunciation of final ed and ch ■ Sequencers (first, next...) ■ Noun modification <p>b) Vocabulary</p> <p>Vocabulary related to discoveries and inventions</p> <p>Expressing cause/effect</p>	<p>Developing skills (skills and strategies outcomes)</p> <p>a) Functions:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Making observations <p>The use of the passive in the description of an experiment</p> <p>b) Listening & speaking</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Listening to a presentation of (an invention, a discovery, an experiment) ■ Listening for specific information ■ Listening for general ideas Recognizing and showing a sequence of events Note taking ■ Speaking from notes <ul style="list-style-type: none"> ■ Talking about a given experiment ■ Making an oral presentation of (a discovery) <p>c) Reading & writing</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Reading ■ Reading for specific information ■ Reading for general ideas ■ Contextual reference ■ Rephrasing ■ Guessing the meaning of words through context ■ Making logical links between sentences
---	---

Teaching Activities and Tasks:

- Text-based activities
- Small and large group discussions
- Exploration of theme
- Lecture and exposition
- Pre-review of vocabulary
- Reading Project (Assessment Information Attached)
- Writing Portfolio (Including product and process: assessment information attached)

- Oral presentation
- Quizzes, Debates, ... Other activities as assigned by instructor

Mode d'évaluation:

Évaluation continue + final exam

Références bibliographiques:

Supports très variés, allant d'articles et exercices créés pour le cours aux œuvres littéraires et aux manuels d'anglais en fonction du cours choisi.

Programmes détaillés des matières du 3^{ème} semestre

SEMESTRE	Intitulé de la matière	Coefficient	crédits	Code
S3	Analyse 3	3	6	IST 3.1
VHS	Cours	Travaux dirigés	Travaux Pratiques	
67h30	1h30	3h00	-	

Prérequis :

Il est recommandé de maîtriser les bases fondamentales du calcul d'intégrales et des primitives des fonctions à plusieurs variables et les mathématiques enseignées en S1 et S2

Objectifs :

De première importance pour un scientifique, cette matière permet à l'étudiant d'acquérir:

- L'utilisation de l'analyse vectorielle dédiée à la description de plusieurs phénomènes physiques et pratiques
- la maîtrise de la transformée de Fourier pour les applications les plus usuelles
- la maîtrise de la transformée de Laplace pour la résolution des équations et des systèmes d'équations différentielles

Contenu de la matière :**Chapitre 1 : Analyse vectorielle**

1. Champs de scalaires et champs de vecteurs
 - Définition d'un champ de scalaires
 - Définition d'un champ de vecteurs
2. Circulation et gradient
 - Définition (Circulation d'un champ de vecteurs)
 - Définition (Gradient d'un champ de scalaires)
 - Définition (Champs de gradients)
3. Divergence et rotationnel
 - Définition (Divergence d'un champ de vecteurs)
 - Définition (Rotationnel d'un champ de vecteurs)
 - Définition (Champs de rotationnels)
 - Définition (Laplacien d'un champ de scalaires)
4. Potentiels scalaires et potentiels vecteurs
5. Intégrale curviligne
6. Calcul de l'intégrale curviligne
7. Formule de Green
8. Conditions pour qu'une intégrale curviligne ne dépende pas du chemin d'intégration
9. Intégrales de surface
10. Calcul des intégrales de surface
11. Formule de Stokes
12. Formules d'Ostrogradsky

Chapitre 2 : Séries numériques et entières**I- Séries numériques**

1. Généralités :
Somme partielle. Convergence, divergence, somme et reste d'une série convergente.
2. Condition nécessaire de convergence.
3. Propriétés des séries numériques convergentes

4. Séries numériques à termes positifs

4.1 Critères de convergences

- Condition nécessaire et suffisante de convergence.

4.2 Critère de comparaison

- Théorème

- Conséquence (Règle d'équivalence)

4.3 Règle de D'Alembert

- Théorème

4.4 Règle de Cauchy

- Théorème

4.5 Critère intégral de Cauchy

- Théorème

5. Séries à termes quelconques

5.1 Séries alternées.

Définition d'une série alternée

Théorème de Leibnitz (Théorème des séries alternées)

5.2 Séries absolument convergentes

Définition d'une série absolument convergente

Théorème : $CVA \Rightarrow CVS$

5.3 Séries semi-convergentes.

Définition d'une série semi-convergente

Exemples

5.4 Critère D'Abel

Théorème (Premier critère d'Abel pour les séries)

II- Séries entières

1. Définition d'une série entière,

Lemme d'ABEL,

Rayon de convergence

Détermination du rayon de convergence,

Règle d'HADAMARD.

2. Propriétés des séries entières.

Linéarité et produit de deux séries entières,

Convergence normale d'une S.E. d'une variable réelle sous tout segment inclus dans l'intervalle ouvert de convergence,

Continuité de la somme sur l'intervalle ouvert de convergence,

Intégration terme à terme d'une S.E. d'une variable réelle sur l'intervalle de convergence,

Dérivation terme à terme d'une S.E. d'une variable réelle sur l'intervalle de convergence.

3. Développement en S.E. au voisinage de zéro d'une fonction d'une variable réelle.

Fonction développable en S.E. sur l'intervalle ouvert de convergence.

Série de Taylor- Maclaurin d'une fonction de classe ∞

Unicité du développement en S.E.

4. Applications.

Etablir les développements en séries entières des fonctions usuelles

Recherche de solution d'une équation différentielle ordinaire du premier et deuxième ordre à coefficients variables sous forme de S.E.

Chapitre 3 : Séries de Fourier

1. Définitions générales
2. Coefficients de Fourier.
3. Fonction développable en série de Fourier.
4. Théorème de Dirichlet
5. Egalité de Parseval.
6. Application : exemples simples de problèmes de Sturm-Liouville.

Chapitre 4 : Transformées de Fourier et de Laplace

1. L'intégrale de Fourier
 2. Forme complexe de l'intégrale de Fourier.
 3. Définitions et premières propriétés
- Définition d'une transformée de Fourier et de son inverse
Dérivée de la transformée de Fourier

Transformée de Laplace

- 1- Définition de la transformée de Laplace
- 2 - Propriétés de la transformée de Laplace
(Unicité, Linéarité, Facteur d'échelle, Dérivation, Intégration, Théorèmes)
- 3 - Transformées de Laplace courantes
- 4 - Résolution d'équations différentielles par transformée de Laplace

Modalités d'évaluation :

Interrogation, Devoir surveillé, Examen final

Références bibliographiques :

1. Med El Amrani, Suites et séries numériques, Ellipses.
2. François Liret ; mathématiques en pratiques, cours et exercices; Dunod. (f.p.v ; Int. Mult. Séries...)
3. Marc Louis, Maths MP-MP, Ellipses. (Int. Doubles)
4. Denis Leger, PSI. Exercices corrigés Maths, Ellipses. (Séries de Fonctions, Entières, Fourier...)
5. Charles-Michel Marle, Philippe Pilibossian, Sylvie Guerre- Delabrière, Ellipse. (Suites, Séries, Intégrales).
6. Fabrice Lembiez Nathan, Tout en un, Exercices de maths.
7. Valerie Collet, Maths toute la deuxième année, 361 exercices, rappels de cours, trucs et astuces, ellipses.
8. A.Monsouri, M.K.Belbarki. Elément d'analyse. Cours et exercices résolus. 1^{er} cycle universitaire. Chiheb. (Intégrales doubles et triples, Séries, Transformations de Fourier et de Laplace, Equations aux dérivées partielles du 2^{ième} ordre).
9. B.DEMIDOVITCH. Recueil d'exercices et de problèmes d'analyse mathématiques. 11^{ième} édition. Ellipses. (Fonctions de plusieurs variables, Séries, Intégrales multiples)

SEMESTRE	Intitulé de la matière	Coefficient	Crédits	Code
S3	Analyse numérique 1	3	5	IST 3.2
VHS	Cours	Travaux dirigés	Travaux Pratiques	
67h30	1h30	1h30	1h30	

Pré-requis :

Une bonne connaissance de l'analyse des fonctions d'une variable réelle et des bases du calcul matriciel.

Objectifs :

- Ce cours constitue une introduction au calcul Scientifique. Son objectif est de :
- Présenter des méthodes numériques de base permettant de résoudre avec un ordinateur des problèmes concrets issus de l'ingénierie.
 - Identifier les difficultés liées à la résolution numérique sur ordinateur d'un problème réel.
 - Savoir développer et mettre en œuvre les méthodes de discrétisation des problèmes continus.
 - Maîtriser et savoir mettre en œuvre les techniques de base de l'analyse numérique matricielle.
 - Savoir mettre en œuvre les techniques de base du calcul numérique.

Contenu de la matière :**Chap. 1 Introduction à l'analyse numérique**

1.1. Sources d'erreurs : erreurs de modélisation, erreurs sur les données, valeur approchée, propagation des erreurs, erreur relative et erreur absolue, arithmétique flottante, norme IEEE-754, erreurs d'arrondis, erreur de troncature, chiffres significatifs exacts, opérations risquées.

1.2. Conditionnement et stabilité : exemple d'instabilités numériques, conditionnement d'un problème.

1.3. Méthodes et algorithmes : méthodes exactes, méthodes approchées, méthodes itératives.

Chap. 2 Résolution d'équations non linéaires

2.1. Fonctions d'une variable réelle : théorèmes de localisation et séparation des racines.

2.2. Méthodes classiques : méthode de dichotomie, Méthode de la sécante, critère d'arrêt.

2.3. Méthodes itératives : méthode de point fixe, méthode de Newton, ordre de convergence, critères d'arrêts.

Chap. 3 Résolution de systèmes linéaires

3.1. Méthodes directes : matrice triangulaire supérieure (ou inférieure), matrices symétriques (définitions et propriétés), méthode d'élimination de Gauss, factorisation LU (Crout, Doolittle), factorisation de Cholesky (matrice symétrique définie positive).

3.2. Vocabulaire d'algèbre numérique : normes vectorielles, normes matricielles, conditionnement d'une matrice (définitions et propriétés), rayon spectrale, exemple de système linéaire mal conditionné.

3.3. Méthodes itératives : méthodes de Jacobi, Gauss-Seidel, relaxation, étude de la convergence des méthodes itératives, critères d'arrêt.

Travaux Pratiques :

- Prise en main de Matlab
- Résolution des équations non-linéaires
- Résolution des systèmes linéaires : Méthodes directes
- Résolution des systèmes linéaires : Méthodes itératives

Références bibliographiques :

- [1] Jean-Pierre Demailly, analyse numérique et équations différentielles, EDP Sciences (2006).
- [2] Alfio Quarteroni, Riccardo Sacco, Fausto Saleri, méthodes numériques : algorithmes, analyse et applications, Springer-Verlag (2007).
- [3] Alfio Quarteroni, Fausto Saleri, Paola Gervasio, calcul scientifique : cours, exercices corrigés et illustrations en matlab et octave, Springer-Verlag (2010).
- [4] Won Young Yang, Wenwu Cao, Tae-Sang Chung, Applied numerical methods using matlab, John Wiley and Sons (2005).
- [5] Jean-Louis Merrien, analyse numérique avec matlab, Dunod (2007).
- [6] André Fortin, analyse numérique pour ingénieurs, Presses internationales Polytechnique (2011).
- [7] William Ford, numerical linear algebra with applications using matlab, Elsevier Inc (2015).
- [8] Cleve B. Moler, numerical computing with matlab, Siam (2004).
- [9] Grégoire Allaire, Sidi Mahmoud Kaber, numerical linear algebra, Springer (2008).
- [10] Luc Jolivet, Rabah Labbas, analyse et analyse numérique : rappel de cours et exercices corrigés, Lavoisier (2005).
- [11] Jacques Rappaz, Marco Picasso, introduction à l'analyse numérique, Presses polytechniques et universitaires romandes (2004).
- [12] Nicholas J. Higham, Accuracy and stability of numerical algorithms, siam (1996).
- [13] John Hubbard, Florence Hubert, calcul scientifique de la théorie à la pratique : illustrations avec maple et matlab, Université de Provence, Marseille (2005).

Modalités d'évaluation :

Interrogation, Devoir surveillé, Travaux pratiques, Examen final

SEMESTRE	Intitulé de la matière	Coefficient	crédits	Code
S3	Ondes et Vibrations	3	5	IST 3.3
VHS	Cours	Travaux dirigés	Travaux Pratiques	
67h30	1h30	1h30	1h30	

Prérequis :

Avoir assimilé les matières traitant de la mécanique du point et les Mathématiques d'analyse de la première année

Objectifs :

L'acquisition de connaissances théoriques et pratiques de tout système de vibration ou d'ondes par :

- la compréhension et la résolution des mouvements vibratoires et les différents types d'oscillations engendrées
- l'étude de la propagation des ondes mécaniques et les mouvements ondulatoires engendrés

SEMESTRE	Intitulé de la matière	Coefficient	crédits	Code
S3	Mécanique des fluides	3	5	IST 3.4
VHS	Cours	Travaux dirigés	Travaux Pratiques	
67h30	1h30	1h30	1h30	

Pré requis :

- Mécanique du point matériel
- Statique d'un corps solide
- Thermodynamique
- Analyse mathématique

Objectifs:

- Fournir des connaissances de base de la statique des fluides
- Apprendre à décrire un fluide en mouvement à l'aide de champs
- Mettre en place les théorèmes de la mécanique des fluides
- Fournir les éléments de base nécessaires à la résolution des problèmes d'écoulement de fluides parfaits et réels
- Savoir appliquer la relation fondamentale de l'hydrostatique (calcul de la pression en un point)
- Apprendre à calculer les forces hydrostatiques appliquées sur une surface
- Savoir appliquer le principe d'Archimède
- Savoir appliquer le théorème de Bernoulli
- Apprendre à manipuler les outils mathématiques de l'analyse vectorielle (différentielle, opérateurs gradient, divergence, rotationnel, laplacien)

Contenu de l'enseignement :**Chapitre I : Statique des fluides**

- 1.1. Définition d'un fluide
- 1.2. Propriétés physiques de fluide :
masse volumique - poids spécifique – densité – viscosité
- 1.3. Classification des fluides
 - 1.3.1 Par compressibilité
 - fluide incompressible
 - fluide compressible
 - 1.3.2. Par effet de viscosité
 - fluide parfait
 - fluide réel (fluide newtonien et non newtonien)
- 1.4. Principes et théorèmes généraux
 - 1.4.1. Notion de pression et échelle de pression:
- Pression atmosphérique ; - Pression relative ; - Pression absolue
 - 1.4.2. Forces de pression en un point d'un fluide
 - 1.4.3. Principe fondamental de la statique des fluides
- 1.5. Poussée hydrostatique
 - 1.5.1. Définition

1.6. Centre poussée hydrostatique

1.6.1. Définition

1.6.2. Cas d'une paroi plane

1.6.3. cas d'une paroi courbée

1.7. Equilibre relatif

1.7.1. Pression dans un fluide soumis à une accélération horizontale

1.7.2. Pression dans un fluide soumis à une rotation uniforme

1.8. Principe d'Archimède

1.8.1. Corps complètement immergé

1.8.2. Corps partiellement immergé

Chapitre II : Cinématique des fluides**2.1. Description du mouvement d'un fluide**

– Description Lagrangienne : trajectoire

– Description Eulérienne : Ligne de courant, tube de courant

2.2. Equation de continuité

2.2.1 Notion de Débit

2.2.2 Elaboration de l'équation de continuité

2.3. Fonction de courant**2.4. Type d'écoulements :**

2.4.1 Ecoulement stationnaire

2.4.2 Ecoulement uniforme

2.4.3 Ecoulement Rotationnel

2.4.4 Ecoulement irrotationnel ou à potentiel de vitesse

Chapitre III : Dynamique des fluides incompressibles parfaits (Cours : 3h00, TD : 3h00)

3.1. Equation d'Euler et Théorème de Bernoulli

3.2. Applications du théorème de Bernoulli:

– Tube de Venturi

– Vidange d'un réservoir

– Tube de Pitot

3.3. Théorème de quantité de mouvement en régime permanent

– Réaction d'un jet

– Jet impactant

Chapitre IV : Dynamique des fluides réels incompressibles (Cours : 6h00, TD : 6h00)

4.1. Viscosité d'un fluide

– Viscosité dynamique

– Viscosité cinématique

4.2. Ecoulement de fluide dans une canalisation (Ecoulement de Poiseuille)

4.3. Régimes d'écoulement - Nombre de Reynolds

4.4. Pertes de charge

4.4.1 Pertes de charge linéaires

4.4.2 Pertes de charge singulières

4.4.3 Diagramme de Moody

4.5. Théorème de Bernoulli généralisé

4.5.1 Avec production d'énergie

4.5.2 Avec pertes de charge

4.6. Notion de couche limite**Travaux Pratiques :****Hydrostatique**

- Poussée hydrostatique

Hydrodynamique

- Déversoirs
- Venturi

Modalités d'évaluation :

Interrogation, Devoir surveillé, Travaux pratiques, Examen final

Références Bibliographiques :[1] Mécanique des fluides 2^e année PC-PC*/PSI-PSI* J.M. BREBEC – Ed HACHETTE

[2] Physique théorique : Mécanique des fluides LANDAU et LIFCHITZ – Ed ELLIPSES

[3] Mécanique des fluides 2^e année PC, PSI : Problèmes corrigés LUMBROSO– Ed DUNOD

[4] Mécanique des fluides appliquée OUZIAUX – Ed DUNOD

[5] Mécanique des fluides et hydraulique : cours et problèmes, RANALD– Ed SCHAUM

[6] Mécanique des fluides Puissance prépas, PC-PSI A. HEINRICH – Ed BREAL

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

*Intitulé : Génie Electronique industrielle**Année universitaire**Etablissement*

S3	Mécanique Rationnelle		2	4	IST 3.5
VHS	Cours	Travaux dirigés	Travaux Pratiques		
45h00	1h30	1h30	-		

Prérequis :

- Mécanique du point
- Analyse Mathématique
- Algèbre

Objectifs :

- Fournir tous les éléments et outils permettant l'étude de la mécanique des corps rigides ou systèmes de corps rigides.
- Apprendre comment poser un problème relevant de la mécanique rationnelle en insistant sur le choix judicieux de repères et de paramètres permettant de traiter un problème donné.

Contenu de la matière :**Chapitre 1 : Rappels mathématiques** (éléments de calcul vectoriel).

1.1. Vecteurs

1.1.1. Propriétés de base

1.2. Produit scalaire

1.3. Produit vectorielle

1.4. Produit Mixte

1.5. Projection des vecteurs

1.5.1. Projection orthogonale d'un vecteur sur un axe

1.5.2. Projection orthogonale d'un vecteur sur un plan

1.2. Torseurs

2.1. Définition :

2.2. Propriétés des torseurs

2.2.1. L'équivalence de deux torseurs :

2.2.2. Torseur nul :

2.2.3. Somme de deux torseurs :

2.2.4. Multiplication d'un torseur par un scalaire :

2.3. Axe central d'un torseur

2.4. Pas du torseur

2.5. Torseur couple

Chapitre 2 : Statique**2.1. Généralités et définitions de base**

2.1.1. Définition et sens physique de la force

2.1.2. Les systèmes de forces

2.1.3. Opérations sur la force (composition, décomposition, projection)

A. Décomposition géométrique d'une force

B. Résultante de deux forces concourantes

2.2. Statique.

2.2.1. Moment d'une force par rapport à un point

- 2.2.2. Moment d'une force par rapport à un axe
- 2.2.3. Théorème de Varignon
- 2.2.4. Condition d'équilibre statique
- 2.2.5. Liaisons, appui et réactions

Chapitre 3 : cinématique du solide rigide.

- 3.1. Rappels sur les quantités cinématiques pour un point matériel.
- 3.2. Cinématique du corps solide
 - 3.2.1. Définitions : (Solide rigide, Vecteur vitesse de rotation)
 - 3.2.2. Champ des vitesses d'un solide en mouvement-Formule de Varignon :
 - 3.2.3. Equiprojectivité du champ de vitesses d'un solide
 - 3.2.4. Torseur cinématique
 - 3.2.5. Champ des accélérations
- 3.3. Les lois de composition des mouvements
 - 3.3.1. Composition des vitesses
 - 3.3.2. Composition des accélérations
 - 3.3.3. Composition des vecteurs rotations
- 3.4. Mouvements fondamentaux
 - 3.4.1. Mouvement de translation :
 - 3.4.2. Mouvement de rotation pur autour d'un axe
 - 3.4.3. Mouvement hélicoïdal (translation + rotation)
 - 3.4.4. Mouvement plan sur plan

Modalités d'évaluation :

Interrogation, Devoir surveillé, Examen final

Références bibliographiques :

- M. Manton, exercices et problèmes de mécanique ; Armand Colin.
- H. Gie, J.P Sarmant, mécanique volume 1, Lavoisier.
- T. Hani, Mécanique Générale, OPU
- J.C. Bone, Mécanique Générale, Dunod Université.
- Annequin et Boutigny, cours de mécanique, Vuibert.
- P. Brousse, Mécanique II, Armand Colin.

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

Intitulé : Génie Electronique industrielle

Année universitaire

Etablissement

3	Informatique 3 (Matlab)	2	2	IST 3.6
VHS	Cours	Travaux dirigés	Travaux Pratiques	
45h00	1h30	-	1H30	

Prérequis :

Informatique 1 et Informatique 2

Objectifs :

- Initier l'apprenant à la programmation sous l'environnement MATLAB / Simulink

Contenu de la matière :

Première Partie

- 1- Qu'est-ce que MATLAB
- 2- Interface Matlab
- 3- Les opérations de base
- 4- Affichage 2D et 3D
- 5- Déclaration de variables, vecteurs et matrices.
- 6- Manipulation matrice.
- 7- Programmation sous condition (if .elseif)
- 8- Les Boucles (for, while)
- 9- Les fonctions (structure d'une fonction simple)

Deuxième partie (Simulink)

- 10- Environnement Simulink
- 11- Boites à outils de base
- 12- Construction d'un diagramme Simulink (système de premier ordre, deuxième ordre)
- 13- Simulation sous Simulink (paramétrage et exportation des données)

Modalités d'évaluation :

Interrogation, Devoir surveillé, Travaux pratiques, Examen final

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

03	Dessin assisté par ordinateur	1	1	IST 3.7
VHS	Cours	Travaux dirigés	Travaux Pratiques	
22h30	-	-	1h30	

Objectifs:

Initiation à l'utilisation des outils de la conception assistée par ordinateur en utilisant deux logiciels (AutoCad et SolidWorks) afin d'optimiser la réalisation d'une pièce, schémas ou d'un assemblage.

Contenu de l'enseignement :**Chapitre 01 : Introduction à la CAO (1,5 h)****1. Partie I : Modélisation 2D/3D à l'aide de l'outil informatique**

- Les logiciels de DAO
- Les logiciels de CAO
- Les logiciels de FAO
- Les logiciels de simulation

2. Partie II : Principe de fonctionnement des modeleurs 3D

- Modélisation polygonale
- Modélisation par courbes (NURBS)
- Modélisation par subdivision de surface
- Modélisation par surfaces implicites
- Modélisation par géométries
- Modélisation volumique

Chapitre 02 : AutoCad(11 h)**Partie I : Dessin 2D**

1. Présentation du logiciel
2. Coordonnées cartésiennes et polaires
3. Dessin de base
 - Utiliser les aides aux dessins : accrochage, grille
 - Annoter et composer les plans
 - Créer un plan 2D
 - Gérer les échelles et l'affichage
 - Créer et gérer des bibliothèques
 - Importer et exporter dans les différents formats
 - Gestion et sauvegarde des mises en page
 - Éditer les plans (imprimante/traceur)
 - Gérer les calques et les blocs
4. Commandes de dessin et de modifications

Partie II : Modélisation 3D

1. Système de coordonnées utilisateur dans l'espace (SCU)

2. Eléments de base et opération booléenne
3. Visualisation et affichage

Chapitre 03 : SOLIDWORKS (10h00)

Partie I : PIECES

1. Introduction
2. Interface utilisateur
3. ESQUISSE
4. FONCTION

Partie II : ASSEMBLAGE

1. Introduction
2. Interface utilisateur
3. Les contraintes

Partie III : MISE EN PLAN

1. Introduction
2. Interface utilisateur
3. fond de plan
4. disposition des vue
5. Annotation.

Références bibliographiques :

- AutoCAD 2009, Olivier Le Frapper, Edition Eni 2009.
- Les secrets du dessinateur AutoCAD, Patrick Diver, Edition Pearson 2010.
- SolidWorks 2012, Thierry CRESPEAU, Edition Eni 2012.

Modalités d'évaluation :

Interrogation, Devoir surveillé, Examen final

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

S3	Anglais Technique		2	2	IST 3.8
VHH	Cours	Travaux dirigés	Travaux Pratiques		
45h00	-	3h00	-		

Pré requis : Langue étrangère 1 et 2

Objectifs :

- To reinforce grammar rules.
- To train students to read and comprehend technical passages.
- To identify and understand technical concepts and vocabulary.
- To take part in discussion on scientific topics.
- To listen to recorded passages and comprehend functional English.
- To communicate using concepts and terminology taught in classroom

Contenu de la Matière :

Unit one : Describing amounts and quantities

<p>Discovering language (language outcomes)</p> <p>a) Grammar— pronunciation Prepositions Phrasal verbs Comparing / contrasting</p> <p>b) Vocabulary Vocabulary related to amounts and quantities Numbers and figures Graphs, charts and diagrams Mathematical symbols used in engineering Greek letters and abbreviations used in engineering</p>	<p>Developing skills (skills and strategies outcomes)</p> <p>a) Functions: Drawing graphs, diagrams and charts Completing a diagram</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Interpretation of diagrams ▪ Transformation of descriptions into diagrams, charts... ▪ Making comparisons based on diagrams ▪ Inductions based on diagrams and tables <p>b) Listening & speaking Listening to a presentation Listening for specific information Listening for general ideas Note taking Speaking from notes Making a speech</p> <p>c) Reading & writing: Reading</p> <ul style="list-style-type: none"> - Reading for specific info <p>Reading for general Rephrasing Responding to a text Reading a graph/report Analyzing and making a synthesis Writin from a flow chart</p>
--	---

Unit two: Instructing and giving advices

1. Topic one: Safety at work
2. Topic two: Instruction manual

<p>Discovering language (language outcomes)</p> <p>a) <u>Grammar— pronunciation</u> The imperative o Modals</p> <p>If-clauses Active / passive form , Pronouncing weak forms of could, should Pronunciation of must, can, should in the passive Weak forms of was and were Pronunciation of final ‘ ed’ and ‘ch’</p> <p>b) <u>Vocabulary</u> Forming nouns by adding suffix —ty to adjectives Forming opposites by adding prefixes dis—, il—, .. Forming adjectives with suffixes —ive and —al Forming new words with prefixes de— and dis— Forming new words with suffixes —ic and —ment</p>	<p>Developing skills(skills and strategies outcomes)</p> <p>a) <u>Functions:</u> Expressing condition with if Expressing warnings with unless Expressing obligation with have and must Expressing obligation, ability and possibility (modals) Instructing & giving advice (imperative) Inductions based on diagrams</p> <p>b) <u>Listening & speaking</u> Asking for and giving advice and warning using should, ought to and had better</p> <p>c) <u>Reading & writing</u> Reading a warning notice, an instruction manual/leaflet Skimming Scanning Identifying and using reference words Writing a warning notice, an instruction manual/leaflet</p>
<p>Teaching Activities and Tasks:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Text-based activities • Small and large group discussions • Exploration of theme • Lecture and exposition • Pre-review of vocabulary • Reading Project (Assessment Information Attached) • Writing Portfolio (Including product and process: assessment information attached) • Oral presentation • Quizzes • Debates • Other activities as assigned by instructor 	

Mode d'évaluation: Evaluation continue + final exam

Références bibliographiques:

Supports très variés, allant d'articles et exercices créés pour le cours aux œuvres littéraires et aux manuels d'anglais en fonction du cours choisi.

Programmes détaillés des matières du 4^{ème} semestre

SEMESTRE	Intitulée de la matière	Coefficient	Code
S4	Analyse numérique 2	4	Anal.Num.2

Intitulé : Génie Electronique industrielle

Année universitaire

Etablissement

VHS	Cours	Travaux dirigés	Travaux Pratiques
67h30	1h30	1h30	1h30

Pré-requis :

- Une bonne connaissance de l'analyse des fonctions d'une variable réelle et des bases du calcul matriciel.

Objectifs :

- Ce cours constitue une introduction au calcul Scientifique. Son objectif est de :
- présenter des méthodes numériques de base permettant de résoudre avec un ordinateur des problèmes concrets issus de l'ingénierie.
 - Identifier les difficultés liées à la résolution numérique sur ordinateur d'un problème réel.
 - Savoir développer et mettre en œuvre les méthodes de discrétisation des problèmes continus.
 - Maîtriser et savoir mettre en œuvre les techniques de base de l'analyse numérique matricielle.
 - Savoir mettre en œuvre les techniques de base du calcul numérique.

Contenu de la matière :**Chap. 1 Interpolation et approximation polynomiale**

- 1.1. Interpolation de Lagrange : existence et unicité du polynôme de Lagrange, Calcul du polynôme de Lagrange, estimation de l'erreur d'approximation.
- 1.2. Interpolation de Newton : table des différences Divisées, Polynôme de Newton, estimation de l'erreur d'approximation.
- 1.3. Interpolation de Hermite : existence et unicité du polynôme d'interpolation de Hermite, estimation de l'erreur d'approximation.
- 1.4. Approximation au sens des moindres carrés : méthode classique des moindres carrés, polynômes orthogonaux, Polynômes trigonométriques, transformée de Fourier rapide.
- 1.5. Fonctions splines.

Chap. 2 Dérivation et intégration numérique

- 2.1. Dérivation numérique : dérivée première, formules à deux points, formules à trois points, dérivées d'ordre supérieur, estimation de l'erreur de dérivation.
- 2.2. Intégration numérique : méthodes de quadrature élémentaires, formules de Newton-Cotes, formules de Gauss, estimation de l'erreur d'intégration.

Chap. 3 Equations différentielles du premier ordre

- 3.1. Méthode d'Euler-Cauchy : estimation de l'erreur de discrétisation, influence des erreurs d'arrondis, méthode d'Euler implicite.
- 3.2. Méthodes de Runge-Kutta : méthode de Runge-Kutta d'ordre 2, Méthode de Runge-Kutta d'ordre 4.

3.3. Systèmes d'équations différentielles ordinaires du premier ordre.

3.4. Problèmes aux conditions aux limites : méthode des différences finies, exemple simple 1D avec conditions de Dirichlet, Neumann et mixtes.

Travaux Pratiques :

- Interpolation et approximation polynômiale
- Dérivation et intégration numérique
- Equations différentielles du premier ordre

Modalités d'évaluation :

Interrogation, Devoir surveillé, Travaux pratiques, Examen final

Références bibliographiques :

- [1] Jean-Pierre Demailly, analyse numérique et équations différentielles, EDP Sciences (2006).
- [2] Alfio Quarteroni, Riccardo Sacco, Fausto Saleri, méthodes numériques : algorithmes, analyse et applications, Springer-Verlag (2007).
- [3] Alfio Quarteroni, Fausto Saleri, Paola Gervasio, calcul scientifique : cours, exercices corrigés et illustrations en matlab et octave, Springer-Verlag (2010).
- [4] Won Young Yang, Wenwu Cao, Tae-Sang Chung, applied numerical methods using matlab, John Wiley and sons (2005).
- [5] Jean-Louis Merrien, analyse numérique avec matlab, Dunod (2007).
- [6] André Fortin, analyse numérique pour ingénieurs, Presses internationales Polytechnique (2011).
- [7] William Ford, numerical linear algebra with applications using matlab, Elsevier Inc (2015).
- [8] Cleve B. Moler, numerical computing with matlab, Siam (2004).
- [9] Grégoire Allaire, Sidi Mahmoud Kaber, numerical linear algebra, Springer (2008).
- [10] Luc Jolivet, Rabah Labbas, analyse et analyse numérique : rappel de cours et exercices corrigés, Lavoisier (2005).
- [11] Jacques Rappaz, Marco Picasso, introduction à l'analyse numérique, Presses polytechniques et universitaires romandes (2004).
- [12] Nicholas J. Higham, accuracy and stability of numerical algorithms, siam (1996).
- [13] John Hubbard, Florence Hubert, calcul scientifique de la théorie à la pratique : illustrations avec maple et matlab, Université de Provence, Marseille (2005).

SEMESTRE

Intitulé de la matière

Coefficient

crédits

Code

S4	Analyse numérique 2	3	5	IST 4.1
VHS	Cours	Travaux dirigés	Travaux Pratiques	
67h30	1h30	1h30	1h30	

Pré-requis :

- Une bonne connaissance de l'analyse des fonctions d'une variable réelle et des bases du calcul matriciel.

Objectifs :

- Ce cours constitue une introduction au calcul Scientifique. Son objectif est de :
- présenter des méthodes numériques de base permettant de résoudre avec un ordinateur des problèmes concrets issus de l'ingénierie.
 - Identifier les difficultés liées à la résolution numérique sur ordinateur d'un problème réel.
 - Savoir développer et mettre en œuvre les méthodes de discrétisation des problèmes continus.
 - Maîtriser et savoir mettre en œuvre les techniques de base de l'analyse numérique matricielle.
 - Savoir mettre en œuvre les techniques de base du calcul numérique.

Contenu de la matière :**Chap. 1 Interpolation et approximation polynomiale**

- 1.6. Interpolation de Lagrange : existence et unicité du polynôme de Lagrange, Calcul du polynôme de Lagrange, estimation de l'erreur d'approximation.
- 1.7. Interpolation de Newton : table des différences Divisées, Polynôme de Newton, estimation de l'erreur d'approximation.
- 1.8. Interpolation de Hermite : existence et unicité du polynôme d'interpolation de Hermite, estimation de l'erreur d'approximation.
- 1.9. Approximation au sens des moindres carrés : méthode classique des moindres carrés, polynômes orthogonaux, Polynômes trigonométriques, transformée de Fourier rapide.
- 1.10. Fonctions splines.

Chap. 2 Dérivation et intégration numérique

- 2.1. Dérivation numérique : dérivée première, formules à deux points, formules à trois points, dérivées d'ordre supérieur, estimation de l'erreur de dérivation.
- 2.2. Intégration numérique : méthodes de quadrature élémentaires, formules de Newton-Cotes, formules de Gauss, estimation de l'erreur d'intégration.

Chap. 3 Equations différentielles du premier ordre

- 3.1. Méthode d'Euler-Cauchy : estimation de l'erreur de discrétisation, influence des

erreurs d'arrondis, méthode d'Euler implicite.

3.2. Méthodes de Runge-Kutta : méthode de Runge-Kutta d'ordre 2, Méthode de Runge-Kutta d'ordre 4.

3.3. Systèmes d'équations différentielles ordinaires du premier ordre.

3.4. Problèmes aux conditions aux limites : méthode des différences finies, exemple simple 1D avec conditions de Dirichlet, Neumann et mixtes.

Travaux Pratiques :

- Interpolation et approximation polynômiale
- Dérivation et intégration numérique
- Equations différentielles du premier ordre

Modalités d'évaluation :

Interrogation, Devoir surveillé, Travaux pratiques, Examen final

Références bibliographiques :

- [1] Jean-Pierre Demailly, analyse numérique et équations différentielles, EDP Sciences (2006).
- [2] AlfioQuarteroni, Riccardo Sacco, Fausto Saleri, méthodes numériques : algorithmes, analyse et applications, Springer-Verlag (2007).
- [3] AlfioQuarteroni, Fausto Saleri, Paola Gervasio, calcul scientifique : cours, exercices corrigés et illustrations en matlab et octave, Springer-Verlag (2010).
- [4] Won Young Yang, Wenwu Cao, Tae-Sang Chung, applied numerical methods using matlab, John Wiley end sons (2005).
- [5] Jean-Louis Merrien, analyse numérique avec matlab, Dunod (2007).
- [6] André Fortin, analyse numérique pour ingénieurs, Presses internationales Polytechnique (2011).
- [7] William Ford, numerical linear algebra with applications using matlab, Elsevier Inc (2015).
- [8] Cleve B. Moler, numerical computing with matlab, Siam (2004).
- [9] Grégoire Allaire, Sidi Mahmoud Kaber, numericallinearalgebra, Springer (2008).
- [10] Luc Jolivet, Rabah Labbas, analyse et analyse numérique : rappel de cours et exercices corrigés, Lavoisier (2005).
- [11] Jacques Rappaz, Marco Picasso, introduction a l'analyse numérique, Presses polytechniques et universitaires romandes (2004).
- [12] Nicholas J. Higham, accuracy and stability of numerical algorithms, siam (1996).
- [13] John Hubbard, Florence Hubert, calcul scientifique de la théorie a la pratique : illustrations avec maple et matlab, Université de Provence, Marseille (2005).

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

4	Electricité générale		2	4	IST 4.2
VHS	Cours	Travaux dirigés	Travaux Pratiques		
45h00	1h30	1h30	-		

Pré-requis :

Notions de base de mathématique et physique.

Objectifs : Objectifs:

- Apprendre les bases de l'électricité

Se familiariser avec les circuits élémentaires utilisés afin d'être capable d'identifier les différents blocs fonctionnels d'un schéma électrique

Contenu de la matière**Chapitre 1. Régime continu et Théorèmes fondamentaux**

Définitions (dipôle, branche, nœud, maille), générateurs de tension et de courant (idéal, réel), relations tension-courant (R, L, C), diviseur de tension, diviseur de courant. Théorèmes fondamentaux : superposition, Thévenin, Norton, Millmann, Kennelly, Equivalence entre Thévenin et Norton, Théorème du transfert maximal de puissance.

Chapitre 2 : Etude des circuits en régime Transitoire

Circuit RC en régimes transitoires (charge et décharge), Circuits RL en régimes transitoires, Circuits RLC en régimes transitoires.

Chapitre 3 : Etude des circuits élémentaires en régime sinusoïdal

Signal électrique, Régime sinusoïdal, Systèmes de phase, Représentation d'un signal sinusoïdal, Diagramme de Fresnel, Dipôles simples soumis à un régime sinusoïdal, Résistance, Bobine, Condensateur, Généralisation de la loi d'Ohm, Impédance et admittance complexes, Impédances et admittances complexes des dipôles élémentaires (R, L, C), Association des impédances, Cas d'un condensateur réel, Cas d'une bobine réelle, Etude d'un circuit RLC série.

Chapitre 4 : Lois fondamentales des circuits électriques en régime alternatif

Dipôle, Circuit électrique, Lois de Kirchhoff, Loi des nœuds (Première loi de Kirchhoff), Loi des mailles (Deuxième loi de Kirchhoff), Méthode des courants des mailles, Théorème de Millman, Théorème de superposition, Théorèmes de Thévenin et de Norton, Théorème de Thévenin, Théorème de Kennelly, Passage du circuit triangle (π) au circuit étoile (T), Passage du circuit étoile (T) au circuit triangle (π).

Chapitre 5 : Puissances électriques en régime sinusoïdal

Energie et puissances, Puissance électrique, Energie électrique, Transformation de l'énergie, Récepteur, Générateur, Conservation de l'énergie et rendement, Puissances en régime sinusoïdal, Puissance instantanée, Puissance instantanée des dipôles élémentaires, Triangle des puissances, Théorème de Boucherot, Mesure des puissances électriques, Mesure de facteur de puissance, Amélioration du facteur de puissance.

Chapitre 6. Quadripôles passifs

Représentation d'un réseau passif par un quadripôle (Z, Y, ABCD). Grandeurs caractérisant le comportement d'un quadripôle dans un montage (impédance d'entrée et de sortie, gain en tension et en courant), application à l'adaptation. Filtres passifs (passe-bas, passe-haut, ...), Courbe de gain, Courbe de phase, Fréquence de coupure, Bande passante.

Modalités d'évaluation :

Interrogation, Devoir surveillé, Travaux pratiques, Examen final

Références bibliographiques

- T. Neffati. Electricité générale. 2008. Editions Dunod,
D. Bohn. . Electricité générale. 2009. Editions SAEP,
Y. Granjon. Electricité générale. 2009. Editions Dunod.
G. Séguier. Electrotechnique Industrielle. Editions Technique et Documentation. 1980.
J. P. Six et Vandeplanque. Exercices et problèmes d'Electrotechnique. Ed. Tech. et Doc. 1980
C. Toussaint. Problèmes résolus d'Electrotechnique. Edition Dunod. 1970.
C. Toussaint. Cours d'Electrotechnique. F-1-2 et 3. Edition Dunod. 1970.
Fouille. Electrotechnique. Tomes 1-2 et3. Editions Dunod. 1976.
Fouillé et C. Naudet. Problèmes d'électricité générale. Editions Dunod, 1972.
Saint-Jean, Electrotechnique et Machines Electriques. Editions Eyrolles. 1980.
M. Bornand, Electronique Tome 1 et 2

SEMESTRE	Intitulé de la matière		Coefficient	Crédits	Code
4	Electronique fondamentale		2	4	IST 4.3
VHS	Cours	Travaux dirigés	Travaux Pratiques		
45h00	1h30	1h30	-		

Prérequis :

Cours de Structure de la matière et d'Electricité et Magnétisme (Physique2).

Objectifs :

Ce cours permet à l'étudiant de connaître les propriétés, les modèles électriques et les caractéristiques des composants électroniques : diodes, transistors bipolaires et amplificateurs opérationnels. Ces composants entrent dans la constitution de nombreux montages électroniques réalisant des fonctions ou opérations très variées.

Contenu de la matière :**CHAP 1 : INTRODUCTION AUX SEMI-CONDUCTEURS**

1. Notions de semi-conducteurs (Conductivité, diffusion, couches d'énergie...)
2. Matériaux semi-conducteurs (Silicium, Germanium,...).
3. Propriété intrinsèque du silicium.
4. Propriété du silicium dopé.
5. Semi-conducteurs N et P.
6. Jonction PN en équilibre

CHAP 2 : LES QUADRIPOLES

1. Représentation d'un réseau passif par un quadripôle.
2. Les grandeurs du modèle équivalent d'un montage quadripôle (impédance d'entrée et de sortie, gain en tension et en courant), application à l'adaptation.
3. Filtrage passifs (passe-bas, passe-haut, ...), Diagramme de Bode, Courbe de gain, Courbe de phase, Fréquence de coupure, Bande passante.

CHAP 2 : LES DIODES

1. Fonctionnement d'une diode.
2. Polarisation directe et inverse d'une diode
3. Caractéristiques courant-tension de la diode
4. Modèles de la diode (Idéale et en petits signaux)
5. Les diodes particulières : Diode Zener, Diode de Schottky, Diode capacitive, Diode à effet tunnel, Diode électroluminescente, Photodiodes, Cellules photoconductrices.
6. Applications de la diode : Écrêtage, Verrouillage, Circuits d'alimentation DC (Redressements mono-alternance et double-alternances, stabilisation par diode Zener, ...), Multiplicateur de tension.

CHAP 3 : LES TRANSISTORS BIPOLAIRES

1. Définition et effet transistor.
2. Régime statique des transistors bipolaires (Réseau de caractéristiques d'un transistor bipolaire NPN, limites d'utilisation d'un transistor (Tensions de claquage, Courant maximum, Puissance maximum))

3. La polarisation d'un transistor NPN (par résistance de base, par pont résistif et résistance d'émetteur)
4. Effet de la polarisation sur le réseau de caractéristiques d'un transistor NPN (droite de charge, point de repos, ...)
5. Le transistor bipolaire en régime dynamique (les paramètres hybrides et le schéma équivalent du transistor NPN)
6. Amplificateurs fondamentaux à transistors Bipolaires : EC, CC, BC (condensateurs de liaisons, condensateurs de découplage, Schéma équivalent, Gain en tension, Gain en décibels, Bande passante, Gain en courant, Impédances d'entrée et de sortie).
6. Le montage push-pull
7. l'amplificateur différentiel simple

CHAP 4 : LES TRANSISTORS A EFFET DE CHAMP

1. Définition d'un transistor à effet de champ à jonction
2. La polarisation des transistors JFET
3. Le schéma équivalent en régime linéaire
4. Les amplificateurs à JFET à source commune
5. Les transistors JFET en commutation

CHAP 5 : AMPLIFICATEURS OPÉRATIONNELS

1. Fonctionnement linéaire d'un amplificateur opérationnel (caractéristiques, schéma équivalent, contre-réaction).
2. Montages de base de l'amplificateur opérationnel en régime linéaire (Inverseur, Non inverseur, Additionneur, Soustracteur, Comparateur, Suiveur, Dérivateur, Intégrateur. Logarithmique, Exponentiel.
3. Les amplificateurs opérationnels en régime non linéaire (Le comparateur, Le trigger de Schmitt, les montages astables et monostables)

Mode d'évaluation : Interrogation écrite, devoir surveillé, examen final

Références bibliographiques:

1. A. Malvino, Principe d'Electronique, 6ème Edition Dunod, 2002.
2. T. Neffati, Introduction à l'électronique Analogique, Dunod, 2008.
3. Y. Granjon, B. Estibals et S. Weber, Electronique : Tout le cours en fiches, Dunod, 2015
4. T. Floyd, Electronique Composants et Systèmes d'Application, 5ème Edition, Dunod, 2000.
5. F. Milsant, Cours d'électronique (et problèmes), Tomes 1, Eyrolles.
6. M. Kaufman, Electronique : Les composants, Tome 1, McGraw-Hill, 1982.
7. P. Horowitz, Traité de l'électronique Analogique et Numérique, Tomes 1 et 2, Publitrone-Elektor, 1996.
8. M. Ouhrouche, Circuits électriques, Presses internationale Polytechnique, 2009.
9. I. Jelinski, Toute l'Electronique en Exercices, Vuibert, 2000.

SEMESTRE	Intitulé de la matière	Coefficient	Crédits	Code
S4	Resistance des matériaux	3	5	IST 4.4
VHS	Cours	Travaux dirigés	Travaux Pratiques	

67h30

1h30

1h30

1h30

Pré requis :

- Mathématiques (Calcul intégral et différentiel)
- Mécanique (les lois de la statique)

Objectifs:

- Assimiler les notions fondamentales de la RDM
- Comprendre l'importance du choix des formes géométriques dans la RDM
- S'imprégner des notions d'efforts internes
- Saisir la relation entre le chargement extérieur et les efforts internes
- Apprendre à tracer les diagrammes des éléments de réduction et les exploiter
- Savoir interpréter les différents diagrammes des sollicitations
- Dimensionner des pièces de construction

Contenu de la matière :**1. HYPOTHESES DE LA RESISTANCE DES MATERIAUX**

- 1.1. But de la résistance des matériaux
- 1.2. Hypothèses générales
- 1.3. Définitions des sollicitations

2. CARACTERISTIQUES GEOMETRIQUES DES SECTIONS PLANES

- 2.1. Caractéristiques en axe quelconque
 - 2.1.1. Moment statique
 - 2.1.2. Centre de gravité
 - 2.1.3. Moment d'Inertie quadratique
 - 2.1.4. Rayon de giration
 - 2.1.5. Produit d'Inertie
 - 2.1.6. Moment d'Inertie polaire
 - 2.1.7. Théorème des axes parallèles
- 2.2. Caractéristiques géométriques des sections planes composées
- 2.3. Caractéristiques Principales
 - 2.3.1. Moment d'inertie par rapport à des axes de direction variable
 - 2.3.2. Axes principaux d'Inertie/ Moments principaux d'inertie

3. NOTIONS DES CONTRAINTES

- 3.1. Vecteur contrainte en un point
- 3.2. Etat plan de contraintes et directions principales : Représentation graphique de MOHR
- 3.3. Axes principaux d'Inertie/ Moments principaux d'inertie

4. LES SOLLICITATIONS SIMPLES

- 4.1. Traction et compression simples
 - 4.1.1. Définition
 - 4.1.2. Relation entre l'effort normal et l'allongement
 - 4.1.3. Loi de Hooke
 - 4.1.4. Condition de résistance
- 4.2. Cisaillement simple
 - 4.2.1. Définitions et hypothèses

- 4.2.2. Condition de résistance
- 4.2.3. Applications
- 4.3. Torsion
 - 4.3.1. Définition et hypothèses
 - 4.3.2. Etude d'une section carrée
 - 4.3.3. Applications (arbre creux et arbre plein)
- 4.4. Flexion plane
 - 4.4.1. Définition et hypothèses
 - 4.4.2. Flexion simple (étude et répartition des contraintes)
 - 4.4.3. Flexion pure (étude et répartition des contraintes)
 - 4.4.4. Flexion déviée (étude et répartition des contraintes)
 - 4.4.5. Contraintes et rayon de giration
- 4.5. Les poutres
 - 4.5.1. Définition et hypothèses
 - 4.5.2. Les éléments de réduction (M,N,T)
 - 4.5.3. Les diagrammes (M,N,T)

Travaux Pratiques RDM

- TP 1 : Essais de Traction
- TP 2 : Essais de Flexion.
- TP 3 : Essais de Torsion

Modalités d'évaluation :

Interrogation, Devoir surveillé, Travaux pratiques, Examen final

Références bibliographiques :

- Traité de résistance de matériau (Massonet)
- Résistance Des Matériaux (Prof Bourahla)

SEMESTRE	Intitulé de la matière		Coefficient	Crédits	Code
4	Théorie du Signal		2	4	IST4.5
VHS	Cours	Travaux dirigés	Travaux Pratiques		

45h00	1h30	1h30	-
-------	------	------	---

Prérequis : Cours Analyse et Algèbre.

Objectifs :

- Acquérir des notions sur la « description mathématique » des signaux.
- Mettre en évidence les principales caractéristiques des signaux (distribution fréquentielle, énergie, etc.) et d'analyser les modifications subies lors de la transmission ou du traitement de ces signaux.

Contenu de la matière :

CHAP 1 : GENERALITES SUR LES SIGNAUX

1. Définition de la notion du signal et transmission de l'information
2. Classification des signaux (morphologique, spectrale, ...etc.),
3. Représentation vectorielle des signaux
4. Notions de puissance et d'énergie. Exemples de signaux de base (impulsion rectangulaire, triangulaire, rampe, échelon unité, signe, Dirac ...etc.)

CHAP 2 : ANALYSE DES SIGNAUX DETERMINISTES A TEMPS CONTINU

1. Signaux périodiques : Décomposition en série de Fourier (Spectre de Fourier des signaux périodiques)
2. Signaux apériodiques à énergie finie : Transformée de Fourier à temps continue (propriétés : Linéarité, Homothétie, Théorème du retard, Dualité temps-fréquence, Théorème de modulation, Intégration et dérivation /au temps), Densité Spectrale d'Energie, Identité de Parseval...).
3. Transformées de Fourier des signaux à énergie infinie.

CHAP 3 : TRANSFORMEE DE LAPLACE

1. Définition de la transformée de Laplace
2. Transformées de Laplace de certains signaux courants (Dirac, échelon unité, ...)
3. Propriétés de la transformée de Laplace
4. La transformée inverse de Laplace
5. Formulation du produit de convolution, propriétés du produit de convolution.
6. Applications aux Systèmes linéaires invariant dans le temps (LIT) (Analyses temporelle et fréquentielle, et propriétés).

CHAP 4 : ECHANTILLONNAGE

1. Echantillonnage idéal : Définition.
2. Théorème d'échantillonnage de Shannon-Nyquist
3. Recouvrement de spectre ou aliasing
4. Reconstruction des signaux échantillonnés

CHAP 5 : SIGNAUX DETERMINISTES A TEMPS DISCRET

1. Définitions et exemples de signaux discrets.
2. Propriétés des signaux discrets (Périodicité, Energie, Puissance moyenne,...).
3. Fonction d'auto-corrélation d'un signal discret (à énergie finie, à puissance moyenne finie, périodique)

4. Fonction d'inter-corrélation de deux signaux discrets (à énergie finie, à puissance moyenne finie)
5. Produit de convolution.

CHAP 6 : TRANSFORMEE DE FOURIER DISCRETE (TFD)

1. Définition et propriétés de la TFD (TFD directe, TFD inverse, linéarité, translation du signal discret, symétrie, convolution circulaire, égalité de Parseval).
2. Comparaison entre la transformée de Fourier et la TFD.
3. Méthode d'analyse (Fenêtres de pondération, Technique du Zéro padding ou remplissage par des zéros, ...).

Mode d'évaluation :

Interrogation écrite, devoir surveillé, examen final.

Références bibliographiques :

1. A. Ouahabi, "Fondements Théoriques du Signal", OPU, 1993.
2. F. de Coulon, "Théorie et traitement des signaux", Edition PPUR. 2013.
3. B. Picinbono, "Théorie des signaux et des systèmes avec problèmes résolus", Edition Bordas, 1989.
4. J. P. Delmas, "Elément de théorie du signal : Les signaux déterministes", Collection pédagogique des télécoms, ELLIPSES, 1995.
5. M. Benidir, "Théorie et Traitement du signal, tome 1 : Représentation des signaux et des systèmes - Cours et exercices corrigés", Dunod, 2004.
6. M. Benidir, "Théorie et Traitement du signal, tome 2 : Méthodes de base pour l'analyse et le traitement du signal - Cours et exercices corrigés", Dunod, 2004.

SEMESTRE	Intitulé de la matière		Coefficient	Crédits	Code
4	Mesure et métrologie		2	3	IST 4.6
VHS	Cours	Travaux dirigés	Travaux Pratiques		
45h00	1h30	-	1h30		

Pré-requis :

Notions de mathématique, notion de physique, circuits électriques

Objectifs :

- Acquérir des notions de base en métrologie
- Connaitre les limites d'une mesure prise expérimentalement
- Evaluer l'incertitude
- Appliquez différentes techniques pour mesurer des grandeurs électriques

Contenu de la matière :**Métrologie :**

- Généralités, normes, métrologie et qualité,
- Catégorie de métrologie : métrologie scientifique, métrologie industrielle, métrologie légale, vocabulaire de la métrologie
- Généralités sur la mesure : unités de mesure, méthodes de mesure, les étalons de mesure, les erreurs de mesure,
- Calculs d'erreurs de mesure : incertitude absolue, incertitude relative, présentation d'un résultat de mesure,

Mesure électrique :

- Méthodes de mesure des grandeurs électriques : méthodes directs, indirects, méthode des ponts, méthode de résonance,
- Mesure des grandeurs électriques : mesure des courants et des tensions,
- Appareils de mesure analogiques,
- Appareils de mesure numériques.
- Mesures chronométriques,

Mode d'évaluation: Interrogation écrite, travaux pratiques, examen final.

Références bibliographiques:

- [1]. Lorenzo Zago, Bases de Métrologie, Haute Ecole d'Ingénierie et de Gestion du Canton de Vaud, 2012.
- [2]. P-A. Paratte, Traité d'électricité, volume XVII, Systèmes de mesure, Presses polytechniques romandes.
- [3]. J. P. Bentley, Principles of measurement systems, Pearson education, 2005.
- [4]. J. Niard et al, Mesures électriques, Nathan, 1981
- [5]. D. Barchesi, Mesure physique et Instrumentation, Ellipses 2003.
- [6]. J.P. Holman, Experimental Methods for Engineers, McGraw-Hill 1994.
- [7]. <https://langloisp.users.greyc.fr/metrologie/cm/index.html>
- [8]. <http://www.doc-etudiant.fr/Sciences/Physique/Cours-Introduction-a-la-Metrologie-Industrielle-8223.html>FM

SEMESTRE	Intitulé de la matière	Coefficient	crédits	Code
4	Informatique 4	2	2	IST 4.7
VHS	Cours	Travaux dirigés	Travaux Pratiques	
45h00	1h30	-		1h30

Prérequis : Informatique 1, Informatique 2

Objectifs :

- Initier l'apprenant à la programmation Python

Contenu de la matière :

Chapitre 1. Installer et utiliser Python

Chapitre 2. Notions de base

2-A. Mode interactif et mode script ,

2-A-1. Calculatrice Python,

2-A-2. L'utilisation des opérateurs: +, -, *, /, //, %, et **,

2-A-3.c Priorité

2-B. Variable et type de donnée :

2-B-1. Initialisation de variable, Modification de variable, Affectation composée

2-B-2. Type de donnée:(. Nombre, Caractère, Chaîne de caractères)

2-B-3. Conversion (fonction str)

2-C. Fonction prédéfinie

2-C-1. Utiliser les fonctions du module math (abs, max, min, pow, round, sin, sqrt, log, exp, acos, etc)

2-C-2. Fonction print

2-C-3. Sortie formatée (utiliser la fonction format)

2-C-4. Fonction input

2-C-5. Importation de fonction

2-D. Code source

2-D-1. Règle de nommage des variables

2-D-2. Commentaire

Chapitre 3. Les structures conditionnelles

(Forme minimale en if, forme if-else, forme complète if- elif- else)

Les limites de la condition simple en if

Les opérateurs de comparaison

Prédicats et booléens

Les mots-clés and, or et not

Chapitre 4. Les boucles

La boucle while

La boucle for

Les boucles imbriquées

Les mots-clés break et continue

Chapitre 5. Les fonctions

La création de fonctions

Valeurs par défaut des paramètres

Signature d'une fonction

L'instruction return

Les modules,

La méthode import

La méthode d'importation : from ... import ...

Les packages

Importer des packages

Créer ses propres packages

Chapitre 6: Les listes et tuples

Création et éditions de listes
 Définition d'une liste, Création de listes
 Insérer des objets dans une liste
 Ajouter un élément à la fin de la liste
 Insérer un élément dans la liste
 Concaténation de listes
 Suppression d'éléments d'une liste
 Le mot-clé del
 La méthode remove
 Le parcours de listes
 La fonction enumerate
 Création de tuples

Chapitre 7 : Les dictionnaires

Création et édition de dictionnaires
 Créer un dictionnaire
 Supprimer des clés d'un dictionnaire
 Les méthodes de parcours
 Parcours des clés
 Parcours des valeurs
 Parcours des clés et valeurs simultanément
 Les dictionnaires et paramètres de fonction

Chapitre 8: Objets et classes

Décrire des objets et des classes, et utiliser des classes pour modéliser des objets
 Définir des classes avec des champs de données et des méthodes.
 Construire un objet à l'aide d'un constructeur qui invoque l'initialiseur pour créer et initialiser les champs de données.

Chapitre 9 : Les fichiers

Chemins relatifs et absolus
 Lecture et écriture dans un fichier
 Ouverture du fichier
 Fermer le fichier
 Lire l'intégralité du fichier
 Écriture dans un fichier
 Écrire d'autres types de données
 Le mot-clé with
 Enregistrer des objets dans des fichiers
 Enregistrer un objet dans un fichier

Mode d'évaluation : Contrôle continu, travaux pratiques, examen final

Références bibliographiques :

- [1] .Allen B. Downey Think Python: How to Think Like a Computer Scientist, O'Reilly Media, 2015;
- [2] .Zed A. Shaw Learn Python 3 the Hard Way: A Very Simple Introduction to the Terrifyingly Beautiful World of Computers and Code, Addison-Wesley Professional,

2017;

- [3] .Barry, P. Head first Python: A brain-friendly guide. " O'Reilly Media, Inc.", 2016;
- [4] .Ramalho, L.. Fluent Python. " O'Reilly Media, Inc.", 2022;
- [5] .Swinnen, G.. Apprendre à programmer avec Python 3. Editions Eyrolles, 2012;
- [6] .Le Goff, V.. Apprenez à programmer en Python. Editions Eyrolles, 2019;
- [7] .Matthes, E. Python crash course: A hands-on, project-based introduction to programming. no starch press, 2019;

SEMESTRE	Intitulé de la matière		Coefficient	Crédits	Code
04	Conception Assistée par Ordinateur		2	2	IST 4.8
VHS	Cours	Travaux dirigés	Travaux Pratiques		
45h	-	-	3h00		

Prérequis :

Intitulé : Génie Electronique industrielle

Année universitaire

Etablissement

- Dessin industriel
- Technologie de construction mécanique
- Conception des systèmes

Objectifs :

Initiation à l'utilisation des outils de la conception assistée par ordinateur en utilisant deux logiciels (AutoCad et SolidWorks) afin d'optimiser la réalisation d'une pièce, schémas ou d'un assemblage

Contenu de la matière :

Chapitre 1 : Introduction à la CAO

- Modélisation 2D/3D à l'aide de l'outil informatique
- Principe de fonctionnement des modeleurs 3D

Chapitre 2 : Autocad

- **Dessin 2D**
 5. Présentation du logiciel
 6. Coordonnées cartésiennes et polaires
 7. Dessin de base
 8. Commandes de dessin et de modifications
- **Modélisation3D**
 4. Système de coordonnées utilisateur dans l'espace (SCU)
 5. Eléments de base et opération booléenne
 6. Visualisation et affichage

Capitre 3 : SOLIDWORKS

- Présentation du logiciel SolidWorks
- Gestion des fichiers (Pièces, assemblage, Mise en plan)
- Création de pièces
 - L'esquisse
 - Fonctions de création des volumes (Bossages)
 - Fonctionnalités avancées
 - Outils d'aide à la création
- Création des assemblages
- Techniques de mise en plan

Modalités d'évaluation :

Interrogation, Travaux pratiques, Examen final

Références bibliographiques :

- AutoCAD 2009, Olivier Le Frapper, Edition Eni 2009.
- Les secrets du dessinateur AutoCAD, Patrick Diver, Edition Pearson 2010.
- SolidWorks 2012, Thierry CRESPEAU, Edition Eni 2012.

SEMESTRE	Intitulé de la matière		Coefficient	Crédits	Code
04	Techniques d'expression, d'information et de communication		01	01	IST 4.9
VHS	Cours	Travaux dirigés	Travaux Pratiques		
22h30		1h30	-		

Pré requis : connaissances préalables

Langues (Arabe ; Français ; Anglais)

Objectifs :

Cet enseignement vise à développer les compétences de l'étudiant, sur le plan personnel ou professionnel, dans le domaine de la communication et des techniques d'expression. Il permet aussi à l'étudiant de connaître les techniques, les outils et les méthodes utilisés pour faciliter les communications.

Contenu de la matière:

Chapitre 1: Rechercher, analyser et organiser l'information

Identifier et utiliser les lieux, outils et ressources documentaires, Comprendre et analyser des documents, Constituer et actualiser une documentation.

Chapitre 2 : Améliorer la capacité d'expression

Prendre en compte la situation de Communication, Produire un message écrit, Communiquer par oral, Produire un message visuel et audiovisuel, Améliorer la capacité de communication en groupe.

Chapitre 3 : Développer l'autonomie, la capacité d'organisation et de communication dans le cadre d'une démarche de projet

Se situer dans une démarche de projet et de communication, Anticiper l'action, Mettre en œuvre un projet : Exposé d'un compte rendu d'un travail pratique (Devoir à domicile).

Chapitre 4 : Les TIC - Définition et Evolution

Définition, Les activités utilisant les TIC, La maîtrise des compétences des TIC, Evolution des TIC, Services de l'information et de la communication

Chapitre 5 : Recherche, utilisation et récupération de l'information.

Les annuaires de recherche (YAHOO, GOOGLE), Les moteurs de recherche, Le langage d'interrogation et de recherche, Récupération et impression d'une page HTML, Récupération d'une image, Téléchargement d'un fichier ou d'un logiciel, Lecture d'un fichier HTML en local, Lecture d'un fichier multimédia enregistré sur le Web.

Chapitre 6 : Droits des TIC

Criminalité informatique, Droit des médias, Droit des communications électroniques, Droit du commerce électronique, Gouvernance d'Internet, ...

Chapitre 7 : Sécurisation des informations sensibles, Protection des données confidentielles et Préservation des nuisances.

Sauvegarde des données importantes, Loi "Informatique et libertés", Dangers d'Internet, Piratage informatique, Protection de la machine, Protection contre les virus, Protection contre Les cybermenaces ou menaces en ligne (Phishing, spam emails, spyware, malware, ransomware, viruses and trojanhorses, man-in-the-middle attacks, etc.), Prévenir la perte de données, Les pourriels ou spams, Les canulars (hoax), La cryptologie, La signature électronique....

Mode d'évaluation: Contrôle continu, examen final

Références bibliographiques (Livres et photocopiés, sites internet, etc.)

1. Jean-Denis Commeignes, 12 méthodes de communications écrites et orale – 4ème édition, Michelle Fayet et Dunod 2013.
2. Denis Baril, Sirey, Techniques de l'expression écrite et orale, 2008.
- 3- Matthieu Dubost, Améliorer son expression écrite et orale toutes les clés, Edition Ellipses 2014.
4. Allegrezza Serge et Dubrocard Anne (edited by). Internet Econometrics. Palgrave Macmillan Ltd, 2011. ISBN-10: 0230362923 ; ISBN-13: 9780230362925

5. Anduiza Eva, Jensen J. Michael et Jorba Laja (edited by). Digital Media and Political Engagement Worldwide. Cambridge University Press - M.U.A, 2012. ISBN-10: 1107668492 ; ISBN-13: 9781107668492
6. Baron G.L., et Bruillard E. L'informatique et ses usagers dans l'éducation. Paris, PUF, 1996. ISBN-10: 2130474926; ISBN-13: 978-2130474920
7. En ligne Chantepie P. et Le Diberder A. Révolution numérique et industries culturelles. Repères. Paris, La Découverte, 2010. ISBN-10: 2707165050; ISBN-13: 978-2707165053
8. Dawn Medlin B. Integrations of Technology Utilization and Social Dynamics in Organizations. Information Science Reference (Isr), 2012. ISBN-10: 1-4666-1948-1; ISBN-13: 978-1-4666-1948-7
9. Devauchelle B. Comment le numérique transforme les lieux de savoirs. FYP Editions, 2012. ISBN-10: 2916571612; ISBN-13: 978-2916571614
10. Greenfield David. «The Addictive Properties of Internet Usage ». In Internet Addiction, 133?153. John Wiley & Sons, Inc., 2007. ISBN: 9780470551165. <http://dx.doi.org/10.1002/9781118013991.ch8>.
11. Kurihara Yutaka et [Al.]. Information technology and economic development. Information Science Reference (Isr), 2007. ISBN 10: 1599045818 ; ISBN 13: 9781599045818
12. Paquelin D. L'appropriation des dispositifs numériques de formation. Du prescrit aux usages. Paris, L'Harmattan, 2009. ISBN-10: 2296085563 ; ISBN-13: 978-2296085565
13. Tansey Stephen D. Business, information technology and society. Routledge Ltd, 2002. ISBN-10: 0415192137 ; ISBN-13: 978-0415192132

Programmes détaillés des matières du 5^{ième} semestre

SEMESTRE	Intitulé de la matière	Coefficient	Crédits	Code
05	Fonctions de l'Electronique	04	06	ELNI 5.1
VHS	Cours	Travaux dirigés	Travaux Pratiques	
90H00	3h00	1h30	1h30	

Objectifs de l'enseignement :

L'objectif de cette matière est d'acquérir les connaissances théoriques de base sur différentes fonctions électroniques nécessaires pour concevoir et mettre en œuvre un système de transmission. Des fonctions aussi diverses que les filtres analogiques, les modulations et démodulations d'amplitude, de fréquence et de phase, les PLL, ... etc. sont traitées.

Connaissances préalables recommandées

Electronique fondamentale

Contenu de la matière :

Le nombre de semaines affichées sont indiquées à titre indicatif. Il est évident que le responsable du cours n'est pas tenu de respecter rigoureusement ce dimensionnement ou bien l'agencement des chapitres.

Chapitre 1 : Amplificateurs de puissance (2 semaines)

Définitions, Droite de charge dynamique, Dynamique du signal de sortie, Rendement, Les amplificateurs de puissance classe A, Les amplificateurs de puissance classe B, Les amplificateurs Push-Pull, Les amplificateurs de puissance classe C

Chapitre 2 : Contre réaction (CR) (2 semaines)

Propriétés de la contre réaction, Classification des montages à CR, CR série-série, CR parallèle-parallèle, CR parallèle-série, CR série-parallèle.

Chapitre 3: Oscillateurs sinusoïdaux (2 semaines)

Introduction, Systèmes bouclés, Conditions d'oscillations, stabilité de fréquence, stabilité d'amplitude, et critères de stabilité. Différents types d'oscillateurs sinusoïdaux : Oscillateurs harmoniques, Oscillateurs RC, Oscillateurs LC et à quartz.

Chapitre 4. Filtres analogiques (2 Semaines)

Définitions (fonction de transfert, filtrage, filtre passif et filtre actif), Principaux gabarits (gabarit d'un filtre passe bas, gabarit d'un filtre passe haut, gabarit d'un filtre passe bande et gabarit d'un filtre coupe bande), Rappels sur les filtres passe bas (passe bas premier ordre, passe bas deuxième ordre), Etude des filtres de Butterworth et de Tchebychev (filtre passe bas de Butterworth, filtre passe bas de Tchebychev), Transformations, Filtres actifs (structure de Sallen-Key d'ordre 2, structure de Rauch d'ordre 2), Méthode de synthèse en cascade

Chapitre 5. La modulation et démodulation d'amplitude (2 Semaines)

Généralités sur les signaux à transmettre (spectre d'un signal, système non linéaire), But de la modulation, Structure d'un système de télécommunication, Modulation analogique, Modulation d'amplitude à double bande latérale avec porteuse (principe, représentation temporelle du signal AM, représentation spectrale du signal AM, puissance d'un signal AM, génération d'un signal

AM), Modulation d'amplitude à double bande latérale à porteuse supprimée (principe, génération d'un signal AM sans porteuse), Modulation d'amplitude à bande latérale unique (principe, génération d'un signal AMBLU par la méthode du déphasage), Démodulation d'amplitude, Démodulation d'un signal modulé en amplitude avec porteuse (démodulation synchrone ou cohérente, démodulation non synchrone ou non cohérente (détecteur d'enveloppe)), Démodulation du signal AM avec porteuse supprimée, Démodulation d'un signal AM à bande latérale unique.

Chapitre 6. Les modulations et démodulations angulaires (FM et PM) (3 Semaines)

Généralités, Modulation de fréquence FM, Expression d'une onde modulée en fréquence, Spectre d'un signal FM (les fonctions de Bessel de première espèce), Bande de fréquence, Puissance dans les signaux FM, Modulateurs de fréquence, Démodulation des signaux FM, Modulation de phase PM, Expression d'une onde modulée en phase, Déviation de phase, Déviation de fréquence, Modulateurs de phase, Occupation spectrale du signal PM, Comparaison entre modulations angulaires (FM et PM).

Chapitre 7. Boucle à verrouillage de phase (PLL) (2 Semaines)

Principe de fonctionnement, gain de boucle, plage de poursuite, plage d'accrochage, fonctionnement dynamique d'une boucle du 1^{er} ordre et du 2^{ème} ordre, applications, synchronisation, application à la modulation et démodulation de fréquence, synthétiseurs de fréquence.

Travaux pratiques :

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

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

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

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

Mode d'évaluation :

Contrôle continu (40%) (20% TD + 20% TP), Examen final (60%)

Références bibliographiques :

- [1] A.P. Malvino, « *Principes d'électronique* », 6 édition ; Sciences-Sup, Dunod.
- [2] P. Rochette, « *Les fondamentaux en Electronique* », Technosup, Ellipses.
- [3] J. Millman, « *Micro-électronique* », Ediscience.
- [4] J. Encinas, « *Système à verrouillage de phase (P.L.L): réalisations et applications* ».
- [5] P. Brémaud, « *Signal et communications: Modulation, codage et théorie de l'information* », Ellipses.
- [6] H. H. Ouslimani, A. Ouslimani, « *Fonctions principales d'électronique* », Casteilla, 2010.
- [7] J. M. Poitevin, « *Electronique : Fonctions principales* », Dunod, 2003.
- [8] G. Baudoin, « *Radiocommunication* », Dunod, 2007.
- [9] Y. Mori, « *Electronique pour le traitement du signal* », vol. 4 ; Lavoisier, 2006.
- [10] F. Milsant, « *Cours d'électronique* » tome 4 ; Eyrolles, 1994.
- [11] F. Biquard, « *Modulation d'amplitude* » Technosup, Ellipses, 1998.

SEMESTRE	Intitulé de la matière		Coefficient	Crédits	Code
05	Electronique numérique		03	05	ELNI 5.2
VHS	Cours	Travaux dirigés		Travaux Pratiques	
67h30	1h30	1h30		1h30	

Objectifs de l'enseignement :

Comprendre les principes fondamentaux de l'électronique numérique, savoir concevoir et analyser des circuits logiques combinatoires et séquentiels simples, être capable de réaliser des circuits numériques de base en utilisant des composants logiques, acquérir les compétences nécessaires pour la conception et l'implémentation de systèmes électroniques numériques dans un contexte industriel

Connaissances préalables recommandées :

Notions de base en électricité et électronique analogique, connaissances en algèbre de Boole et en logique mathématique, familiarité avec les outils de conception assistée par ordinateur (CAO) en électronique.

Contenu de la matière :

Chapitre 1 : Introduction à l'électronique numérique (3 semaines)

- Introduction à l'électronique numérique
- Concepts de base : signaux numériques, niveaux logiques, portes logiques
- Avantages et applications de l'électronique numérique

Chapitre 2 : Algèbre de Boole et opérations logiques (3 semaines)

- Algèbre de Boole et simplification des expressions logiques
- Opérations logiques : ET, OU, NON, XOR
- Théorèmes et propriétés de l'algèbre de Boole
- Méthodes de simplification : algébrique, tables de Karnaugh

Chapitre 3 : Circuits logiques combinatoires (3 semaines)

- Circuits logiques combinatoires
- Conception de circuits à partir d'expressions booléennes
- Multiplexeurs, décodeurs, additionneurs
- Étude de cas : réalisation d'un additionneur 4 bits

Chapitre 4 : Circuits séquentiels (3 semaines)

- Bascules et circuits séquentiels
- Bascules de base : RS, JK, D, T
- Analyse et synthèse de circuits séquentiels synchrones
- Compteurs, registres à décalage, mémoires

Chapitre 5 : Familles logiques et CAO en électronique numérique (3 semaines)

- Familles logiques et caractéristiques des circuits intégrés
 - o Familles logiques : TTL, CMOS, ECL
 - o Paramètres statiques et dynamiques des portes logiques
 - o Notions d'interfaçage et de compatibilité entre familles
- Conception assistée par ordinateur (CAO) en électronique numérique
 - o Utilisation d'un logiciel de simulation (ex : Multisim, Proteus)
 - o Flot de conception : schéma, simulation, implémentation

Travaux pratiques :

Objectifs de l'enseignement :

L'objectif principal de ce TP est d'introduire les étudiants aux concepts fondamentaux et aux techniques de l'électronique numérique en utilisant Proteus pour la conception et la simulation des circuits. À la fin de ce TP, les étudiants seront capables de :

- Comprendre et concevoir des circuits numériques de base.
- Utiliser Proteus pour la simulation et l'analyse de circuits numériques.
- Tester et valider des circuits numériques simples.
- Appliquer les principes de l'électronique numérique dans des applications industrielles.

Connaissances préalables recommandées :

Pour réussir ce TP, les étudiants devraient avoir des connaissances préalables dans les domaines suivants :

- Mathématiques de base (algèbre booléenne).
- Concepts fondamentaux en électronique (composants électroniques de base, lois de l'électricité).
- Introduction aux systèmes numériques (portes logiques, systèmes binaires).
- Compétences en programmation et en utilisation de logiciels de simulation de circuits.

Contenu de la matière :

Le TP couvrira les points suivants :

- **Introduction aux circuits numériques** : Systèmes numériques, représentation binaire, algèbre de Boole.
- **Portes logiques et circuits combinatoires** : AND, OR, NOT, NAND, NOR, XOR, et XNOR ; simplification des fonctions logiques.
- **Circuits séquentiels** : Bascules, compteurs, registres, mémoires.
- **Conception de circuits numériques avec Proteus** : Méthodologie de conception, utilisation des outils de simulation.
- **Applications industrielles** : Utilisation de circuits numériques dans les systèmes de contrôle et de communication.

Travaux pratiques :

Les travaux pratiques seront structurés autour des modules suivants :

- **TP1 : Introduction aux portes logiques avec Proteus**
 - Objectif : Comprendre et utiliser des portes logiques de base.
 - Activités : Montage et simulation de circuits utilisant des portes AND, OR, NOT dans Proteus.
- **TP2 : Circuits combinatoires avec Proteus**
 - Objectif : Concevoir et simplifier des circuits combinatoires.
 - Activités : Utilisation de tables de vérité, simplification de fonctions logiques avec des cartes de Karnaugh et simulation dans Proteus.

- **TP3 : Circuits séquentiels avec Proteus**
 - Objectif : Étudier et implémenter des circuits séquentiels de base.
 - Activités : Conception et simulation de bascules, compteurs et registres dans Proteus.
- **TP4 : Conception de circuits numériques avec Proteus**
 - Objectif : Appliquer une méthodologie de conception de circuits numériques.
 - Activités : Utilisation de Proteus pour concevoir et tester des circuits plus complexes.
- **TP5 : Applications industrielles avec Proteus**
 - Objectif : Étudier des applications réelles de circuits numériques en industrie.
 - Activités : Analyse et conception de circuits pour des systèmes de contrôle et de communication, simulation dans Proteus.

Mode d'évaluation :

Contrôle continu (40%) (20% TD + 20% TP), Examen final (60%)

Références bibliographiques :

- [1] Mouloud Sbai, "Électronique numérique : logique combinatoire et composants numériques", Ellipses Marketing, 2013.
- [2] Thomas H. Cormen, "Algorithmique - 3ème édition", Dunod, 2010.
- [3] Rémy Malgouyres, "Initiation à l'algorithmique et à la programmation en C", Dunod, 2011.
- [4] M. Bellanger, "Traitement numérique du signal : Théorie et pratique", Dunod, 2006.
- [5] "TCH035 - Électronique numérique", ÉTS Montréal, <https://www.etsmtl.ca/etudes/cours/tch035>

Références bibliographiques TP :

Pour approfondir les concepts vus en TP, les étudiants peuvent se référer aux ouvrages suivants :

- [6] "**Digital Design**" par M. Morris Mano et Michael D. Ciletti.
- [7] "**Fundamentals of Digital Logic with VHDL Design**" par Stephen Brown et Zvonko Vranesic.
- [8] "**Digital Electronics: Principles and Applications**" par Roger L. Tokheim.
- [9] "**Digital Logic and Computer Design**" par M. Morris Mano.
- [10] Tutoriels et documentations de Proteus disponibles sur le site officiel de Labcenter Electronics.

SEMESTRE	Intitulé de la matière		Coefficient	Crédits	Code
05	Traitement du signal		03	05	ELNI 5.3
VHS	Cours	Travaux dirigés	Travaux Pratiques		
67h30	1h30	1h30	1h30		

Objectifs de l'enseignement :

À l'issue de ce cours, l'étudiant sera capable de :

1. Maîtriser les concepts fondamentaux de l'analyse des signaux continus
2. Analyser et concevoir des systèmes de filtrage analogique
3. Comprendre et appliquer les techniques d'échantillonnage et de conversion A/N
4. Appliquer les méthodes statistiques au traitement du signal
5. Implémenter des solutions pratiques de traitement du signal
6. Maîtriser les outils mathématiques pour l'analyse des signaux

Connaissances préalables recommandées

Mathématiques ((fonctions, séries, intégrales)), Electronique fondamentale, Probabilités et statistiques, théorie du signal, Programmation scientifique (MATLAB/Python).

Contenu de la matière :

CHAPITRE 1 : RAPPELS SUR FONDAMENTAUX DES SIGNAUX CONTINUS

(1 Semaines)

1. Théorie des signaux : Signaux périodiques et apériodiques, Espace de Hilbert des signaux, Propriétés énergétiques, Égalité de Parseval-Plancherel
2. Analyse de Fourier : Séries de Fourier, Transformée de Fourier continue, Propriétés et théorèmes fondamentaux, Densité spectrale
3. Introduction aux distributions : Distribution de Dirac, Applications aux signaux usuels

CHAPITRE 2 : SYSTÈMES ET FILTRAGE ANALOGIQUE

(4 Semaines)

1. Systèmes linéaires invariants dans le temps (LTI) : Classification des systèmes, Convolution et réponse impulsionnelle, Transformée de Laplace
2. Analyse des filtres analogiques : Réponses temporelle et fréquentielle, Pôles, zéros et stabilité, Diagrammes de Bode et Nyquist
3. Synthèse des filtres : Filtres passifs (RC, RL, RLC), Filtres actifs, Approximations (Butterworth, Chebyshev)

CHAPITRE 3 : ÉCHANTILLONNAGE ET SIGNAUX NUMÉRIQUES (3 Semaines)

1. Théorie de l'échantillonnage : Échantillonnage idéal, Théorème de Shannon-Nyquist, Repliement spectral
2. Reconstruction des signaux : Interpolation de Shannon, Interpolation de Lagrange, Erreurs de reconstruction
3. Conversion analogique/numérique : Quantification, Rapport signal/bruit, Considérations pratiques

4. Transformée de Fourier Discrète (TFD) : définition de la TTFD (Transformée de Fourier à Temps Discret), TFD (Transformée de Fourier Discrète), TFD inverse, Relation entre la transformée de Fourier et la TFD, Fenêtres de pondération, Propriétés de la TFD et convolution circulaire, (Définition et propriétés, Algorithme FFT, Applications pratiques)
5. Systèmes numériques : Équations aux différences, Transformée en Z, Réponse impulsionnelle discrète

CHAPITRE 4 : TRAITEMENT STATISTIQUE DES SIGNAUX (2 Semaines)

1. Bases statistiques : Variables aléatoires, Moments statistiques, Processus gaussiens
2. Analyse des signaux aléatoire : Stationnarité et ergodicité, Fonctions d'auto-corrélation,
3. Analyse spectrale des signaux aléatoires : Densité spectrale de puissance, Théorème de Wiener-Kinchine, Bruit blanc et coloré

CHAPITRE 5 : APPLICATIONS ET TECHNIQUES AVANCÉES (2 Semaines)

2. Applications pratiques : Traitement audio, Télécommunications, Instrumentation
3. Introduction aux ondelettes : Transformée de Fourier à fenêtre, Principes des ondelettes, Applications pratiques (Débruitage, Compression)

Travaux pratiques :

TP1 : Analyse des signaux (3 séances)

- Manipulation des signaux sous MATLAB/Python
- Analyse spectrale de signaux périodiques
- Étude des propriétés énergétiques

TP2: Filtrage analogique (4 séances)

- Étude des filtres passifs (RC, RL, RLC)
- Conception de filtres actifs
- Réalisation d'un filtre de Butterworth

TP3: Échantillonnage et TFD (3 séances)

- Mise en œuvre de l'échantillonnage
- Étude du repliement spectral
- Implémentation de la FFT
- Reconstruction de signaux

TP4 : Analyse statistique (2 séances)

- Génération de signaux aléatoires
- Calcul des paramètres statistiques
- Estimation spectrale

TP5: Mini-projet (2 séances)

- Réalisation d'une application complète
- Analyse et traitement de signaux réels

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

Mode d'évaluation :

Contrôle continu (40%) (20% TD + 20% TP), Examen final (60%)

Références bibliographiques:

- [1] S. Haykin, B. Van Veen, "Signals and Systems", Wiley, 2nd Edition, 2003
- [2] M. Bellanger, "Traitement numérique du signal", Dunod, 9ème édition, 2012
- [3] A.V. Oppenheim, R.W. Schaffer, "Digital Signal Processing", Prentice Hall, 3rd Edition, 2009
- [4] L.B. Jackson, "Digital Filters and Signal Processing", Springer, 5th Edition, 2013
- [5] P.A. Lynn, W. Fuerst, "Introductory Digital Signal Processing with Computer Applications", Wiley, 1998
- [6] M.H. Hayes, "Statistical Digital Signal Processing and Modeling", Wiley, 1996
- [7] S.M. Kay, "Fundamentals of Statistical Signal Processing", Prentice Hall, 1993
- [8] S. Mallat, "A Wavelet Tour of Signal Processing", Academic Press, 3rd Edition, 2008
- [9] R.E. Ziemer, W.H. Tranter, "Principles of Communications", Wiley, 7th Edition, 2014
- [10] B. Boashash, "Time-Frequency Signal Analysis and Processing", Academic Press, 2nd Edition, 2015
- [11] Oppenheim A., "Continuous-Time Signal Processing", Prentice Hall, 2020
- [12] M. Benidir, "Théorie et Traitement du signal, tome 1 : Représentation des signaux et des systèmes - Cours et exercices corrigés", Dunod, 2004.
- [13] M. Benidir, "Théorie et Traitement du signal, tome 2 : Méthodes de base pour l'analyse et le traitement du signal - Cours et exercices corrigés", Dunod, 2004.
- [14] Oppenheim A., "Signals and Systems", Pearson, 2020
- [15] Lathi B.P., "Linear Systems and Signals", Oxford, 2019
- [16] Haykin S., "Adaptive Filter Theory", Pearson, 2020
- [17] Vetterli M., "Wavelets and Subband Coding", Prentice Hall, 2018
- [18] Poor H.V., "Detection and Estimation Theory", Springer, 2017
- [19] Proakis J., "Advanced Digital Signal Processing", McGraw-Hill, 2020
- [20] Schetzen M., "The Volterra and Wiener Theories of Nonlinear Systems", Wiley, 2018
- [21] Franco S., "Design with Operational Amplifiers and Analog Integrated Circuits", McGraw-Hill, 2020

05	Réseaux informatiques		03	05	ELNI 5.4
VHS	Cours	Travaux dirigés	Travaux Pratiques		
67h30	1h30	1h30	1h30		

Objectifs de l'enseignement :

Introduire les étudiants dans le monde des télécommunications en leur inculquant les concepts de bases sur les réseaux informatiques locaux traditionnels et émergents. Maîtriser les contraintes spécifiques des réseaux locaux. Choisir un réseau local et les équipements associés. Dimensionner, installer, configurer, diagnostiquer un réseau local.

Connaissances préalables recommandées

Logique combinatoire et séquentielle.

Contenu de la matière :

Le nombre de semaines affichées sont indiquées à titre indicatif. Il est évident que le responsable du cours n'est pas tenu de respecter rigoureusement ce dimensionnement ou bien l'agencement des chapitres.

Chapitre 1. Notions sur la transmission de données (2 Semaines)

Systèmes de transmission numériques (Introduction, organismes de normalisation, support et canaux de transmission, principe d'une liaison de données), transmission de données (Modes d'exploitation, bande passante, rapidité de modulation, Débit binaire, ...), transmission série et transmission parallèle, transmission synchrone et asynchrone, techniques de transmission, supports et moyens de transmission.

Chapitre 2. Les réseaux locaux (3 Semaines)

Les principaux organismes, modèle IEEE, classification des réseaux, le modèle OSI, les principaux composants d'un réseau, les différentes topologies physiques.

Chapitre 3. Réseau Ethernet (3 Semaines)

Présentation (Adressage et Trame Ethernet), méthode d'accès : CSMA/CD, règles et Lois pour le Réseau Ethernet, les formats des trames Ethernet, les topologies, câbles et connecteurs. Interconnexion, répéteurs, concentrateurs, pont, commutateurs. Notions sur l'évolution des réseaux Ethernet (Fast Ethernet et Gigabit Ethernet ... etc.)

Chapitre 4. Le protocole TCP/IP (5 Semaines)

Présentation du Modèle TCP/IP et comparaison avec OSI. Couche Internet : ARP/RARP, IP et ICMP. Adressage IPv4 : nomenclature, classes d'adresse, masque de sous réseau, sous-réseaux et sur-réseaux, UDP, TCP. Adresse avec classe, Adresse sans classe, segmentation des réseaux, test de connectivité (commandes ping, tracer et pathping, ... etc.). Adresse IPv6, la migration de l'IPv4 vers l'IPv6

Chapitre 5. Les réseaux locaux sans fils (WIFI) (2 Semaines)

Introduction sur les WLAN (Wireless Local Area Network), présentation du WiFi ou 802.11, fonctionnalités de la couche MAC. Méthodes d'accès. Différentes topologies avec et sans infrastructure (ou point d'accès).

Travaux pratiques :

- **TP1** : Réalisation et tests de Câbles RJ45 ou paire torsadée (Croise, droit).
- **TP2** : Mise en œuvre d'un réseau poste à poste entre deux PC (Adressage IP, Partage de dossiers).
- **TP3** : Configuration et mise en œuvre d'un réseau à plusieurs postes avec commutateurs (Adressage IP, tests avec ipconfig, ping, arp, tracert, etc.).
- **TP4** : Réalisation d'un réseau WiFi et configuration d'un point d'accès (Adressage IP statique et dynamique par DHCP, sécurisation du point d'accès, etc.)
- **TP5** : Fonctionnement des protocoles TCP/IP Processus d'Encapsulation par analyse des trames de données (Utilisation de Wireshark).

NB: Les travaux pratiques peuvent être effectués sur un réseau informatique local reel et/ou à l'aide d'un simulateur.

Mode d'évaluation :

Contrôle continu (40%) (20% TD + 20% TP), Examen final (60%)

Références bibliographiques :

- [1] G. Pujolle ; *Les reseaux, 3eme edition ; Eyrolles, 2002.*
- [2] Tanenbaum ; *Reseaux, 4eme edition ; Prentice hall, 2003.*
- [3] R. Parfait ; *Les reseaux de telecommunications ; Hermes science publications, 2002.*
- [4] E. Hollocou ; *Techniques et reseaux de telecommunications ; Armand Colin, 1991.*
- [5] C. Servin ; *Reseaux et telecoms; Dunod, Paris, 2003.*
- [6] D. Dromard et D. Seret ; *Architectures des reseaux ; Editions Pearsont, 2009.*
- [7] P. Polin ; *Les reseaux: principes fondamentaux ; Edition Hermes.*
- [8] D. Comer ; *TCP/IP, architectures, protocoles et applications ; Editions Intereditions.*
- [9] D. Present, S. Lohier ; *Transmissions et Reseaux, cours et exercices corriges ; Dunod.*
- [10] P. Clerc, P. Xavier ; *Principes fondamentaux des Telecommunications ; Ellipses, Paris, 1998.*
- [11] D. Battu ; *Initiation aux Telecoms : Technologies et Applications ; Dunod, Paris, 2002.*

SEMESTRE	Intitulé de la matière		Coefficient	Crédits	Code
05	Programmation Python		02	03	ELNI 5.5
VHS	Cours	Travaux dirigés		Travaux Pratiques	
45h00		-		3h00	

Objectifs de l'enseignement :

L'objectif de ce cours est de fournir une introduction complète à la programmation en Python. Les étudiants apprendront les bases de Python, y compris la syntaxe, les structures de données, les fonctions, la manipulation de fichiers, la gestion des exceptions et la programmation orientée-objet. Le cours comprend des travaux pratiques pour consolider les connaissances acquises et préparer les étudiants à des applications pratiques en programmation.

Connaissances préalables recommandées

Connaissances de base en informatique, familiarité avec les concepts de programmation (variables, boucles, conditions).

Contenu de la matière :

Chapitre 1 : Prise en main de Python

(02 Semaines)

- Programmation Python en ligne de commande
- L'outil IEP (Interactive Editor for Python)
- Installer Python sur votre machine personnelle
- L'interface IDLE (Python GUI) fournie avec Python

Chapitre 2 : Premiers pas en Python

(03 Semaines)

- Faire des calculs avec Python
- Affichage
- Déclaration et initialisation de variables et types
- Chaînes de caractères
- Boucles et conditions
- Récupérer des saisies claviers

Chapitre 3 : Structures de données

(02 Semaines)

- Listes
- Dictionnaire

Chapitre 4 : Fonctions

(03 Semaines)

- Fonctions Python existantes
- Fonction simple sans paramètre
- Fonction avec paramètres
- Valeur par défaut des paramètres
- Affecter une instance de fonction à une variable
- Fonction avec un nombre variable de paramètres
- Passage des paramètres : immuable et non immuable
- Variable locale/variable globale

- Fonction anonyme (lambda function)

Chapitre 5 : Fichiers et gestion des exceptions

(03 Semaines)

- Instanciation du répertoire courant
- Manipulation de fichiers
- Copie de fichiers
- Copier des variables dans un fichier
- Gestion des exceptions

Chapitre 6 : Programmation orientée-objet

(02 Semaines)

- Premier exemple de classe
- Accessibilité
- Objet complexe
- Héritage

Travaux pratiques :

- **TP1** : Exécution de scripts Python en ligne de commande et utilisation d'IEP
- **TP2** : Installation de Python et prise en main de l'interface IDLE
- **TP3** : Exercices de base en Python (calculs, affichage, variables, boucles, conditions)
- **TP4** : Manipulation des structures de données (listes et dictionnaires)
- **TP5** : Création et utilisation de fonctions en Python
- **TP6** : Manipulation de fichiers et gestion des exceptions en Python
- **TP7** : Création et utilisation de classes et objets en Python

Mode d'évaluation :

Contrôle continu (40%), Examen final (60%)

Références Bibliographiques

- [1] E. Matthes, "Python Crash Course," No Starch Press, 2019.
- [2] M. Lutz, "Learning Python," O'Reilly Media, 2013.
- [3] A. Sweigart, "Automate the Boring Stuff with Python," No Starch Press, 2019.
- [4] M. Dawson, "Python Programming for the Absolute Beginner," Cengage Learning, 2010.
- [5] W. McKinney, "Python for Data Analysis," O'Reilly Media, 2017.
- [6] L. Ramalho, "Fluent Python," O'Reilly Media, 2015.
- [7] A.B. Downey, "Think Python," O'Reilly Media, 2015.
- [8] B. Slatkin, "Effective Python," Addison-Wesley Professional, 2015.
- [9] D. Beazley and B.K. Jones, "Python Cookbook," O'Reilly Media, 2013.
- [10] D. Phillips, "Object-Oriented Programming in Python," Packt Publishing, 2010.

SEMESTRE	Intitulé de la matière	Coefficient	Crédits	Code
05	Télécommunications fondamentales	01	02	ELNI 5.6
VHS	Cours	Travaux dirigés	Travaux Pratiques	
22h30	1h30			

Objectifs de l'enseignement :

Le cours vise à donner une vision globale des principes de base des systèmes de télécommunications analogiques et numériques et à en déduire les caractéristiques minimales'

Connaissances préalables recommandées

Mathématiques 3, Ondes et vibrations, Electronique fondamentale 1

Contenu de la matière :

Chapitre 1. Généralités sur les Télécommunications (3 Semaines)

Historique et évolution des télécommunications, Services offerts par les télécommunications, Normes et standards de télécommunications

Chapitre 2. Systèmes de communication (4 Semaines)

Sources et signaux des télécommunications, Schéma de base et principes d'un système de communication, Support de transmission (Lignes de Transmission : ligne bifilaires, câble coaxial, lignes imprimées, Guides d'ondes, Fibres optiques, Espace libre)

Chapitre 3. Techniques de transmission analogiques (4 Semaines)

Rappels mathématiques : Classes de signaux, Exemples de signaux élémentaires, Principe de la transmission analogique, Filtrage, Amplification, Modulation, Mélange.

Chapitre 4. Techniques de transmission numérique (4 Semaines)

Principe de la transmission numérique, Echantillonnage, Quantification, Codage, Canal de transmission.

Mode d'évaluation : Examen final : 100 %.

Références bibliographiques :

- [1] D. Battu, *Initiation aux Telecoms : Technologies et Applications*, Dunod, Paris, 2002.
- [2] P. Clerc, P. Xavier, *Principes fondamentaux des Telecommunications*, Ellipses, Paris, 1998.
- [3] G. Barue, *Telecommunications et Infrastructure*, Ellipses, 2002.
- [4] E. Altman, A. Ferreira et J. Galtier, *Les Reseaux Satellitaires de Telecommunications : Technologie et Services*, Dunod, Paris, 1999.
- [5] P.G Fontolliet, *Systemes de Telecommunications, Traite d'Electricite, Vol. XVIII, PPUR, Lausanne, 1999 (Chapitres 12 & 13).*
- [6] C. Servin, *Reseaux & Telecoms, 2e ed., Dunod, Paris, 2006.*
- [7] G. Baudoin, *Radiocommunications Numeriques TI: Principes, Modelisation et Simulation*, Dunod, Paris, 2007

05	Travaux Avant-projet		01	02	ELNI 5.7
VHS	Cours	Travaux dirigés	Travaux Pratiques		
22H30			1h30		

Objectifs de l'enseignement :

Cette matière concerne la conception de montages électroniques simples : analyse, principe de fonctionnement, calcul des composants et réalisation. Elle permet à l'étudiant de mettre en pratique les connaissances acquises durant sa formation en réalisant des fonctions électroniques analogiques ou numériques sur circuits imprimés.

Connaissances préalables recommandées

Technologie des composants électroniques 1, Mesures électriques et électroniques.

Contenu de la matière :

Le nombre de semaines affichées sont indiquées à titre indicatif. Il est évident que le responsable du cours n'est pas tenu de respecter rigoureusement ce dimensionnement ou bien l'agencement des chapitres.

Chapitre 1. Techniques du dessin en électronique (3 Semaines)

Rappels sur les composants passifs et actifs, principes et propriétés, caractéristiques technologiques, domaines d'utilisation, initiation au dessin en électronique, schéma synoptique, schéma développé, schéma équivalent, dessins d'implantation, plan de câblage, dessin de définition, nomenclatures.

Chapitre 2. Technologie de réalisation de schémas électroniques (3 Semaines)

Grille internationale, maquettes préliminaires, disposition des éléments (éléments actifs, éléments passifs, circuits intégrés, radiateur, transformateurs, éléments de puissance).

Chapitre 3. Technique de câblage des circuits électroniques (3 Semaines)

Câblage imprimé, constituants, propriétés, établissements du dessin du circuit électrique, réalisation du négatif (méthodologie et logiciel), le report sur cuivre par photogravure, la gravure du cuivre, traitement après l'attaque, vérification et usinage du circuit, modification et réparation du circuit, Circuits en cms, approche théorique et exemples.

Chapitre 4. Principes de base de dépannage des circuits électroniques (3 Semaines)

Défaillance des composants, causes des défaillances (contraintes de fonctionnement d'environnement), instruments de mesures, méthodes de test.

Contenu de la partie Travaux Pratiques :

Présentation des composants électroniques, initiation à l'utilisation des appareils de mesure, techniques de soudage, soudage des composants, familiarisation de l'étudiant aux problèmes pratiques, critères de choix des mini-projets, utilisation des logiciels informatiques pour la réalisation de négatifs.

A titre indicatif, ci-dessous une liste non exhaustive de projets qui pourraient être proposés aux étudiants pour réalisation. Bien évidemment, le responsable de cette matière aussi bien que l'étudiant sont libres de proposer la réalisation d'autres montages.

Le travail sur le mini-projet peut être amorcé dès le début du semestre afin de donner à l'étudiant le temps suffisant pour le choix du sujet, la recherche bibliographique, la compréhension du montage électronique, la recherche et le calcul des valeurs des composants et par dessus tout la concrétisation des acquis de cette matière avec des manipulations pratiques.

Ce travail doit être finalement couronné par un compte rendu et une présentation orale ou sur poster devant le responsable de la matière seul ou devant un groupe d'enseignants.

Mini projet n°1 : Etude et réalisation d'une alimentation classique 12 V DC, 5A.

Mini projet n°2 : Etude et réalisation d'un amplificateur audio à circuits intégrés.

Mini projet n°3 : Etude et réalisation d'un temporisateur et générateur de rampe avec NE555.

Mini projet n°4 : Etude et réalisation d'un séquenceur avec circuits logiques.

Mini projet n°5 : Etude et réalisation d'un gradateur à triac.

Mini projet n°6 : Etude et réalisation d'un interrupteur sonore.

Mini projet n°7 : Etude et réalisation d'un testeur de circuits logiques.

Mini projet n°8 : Etude et réalisation d'un traceur de courbe de composant passifs.

Mini projet n°9 : Etude et réalisation d'un amplificateur à plusieurs étages.

Mode d'évaluation :

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

Références bibliographiques:

[1] P. Gueule ; *Circuits imprimés et PC* ; Dunod, 2004.

[2] J. Alary ; *Circuits imprimés en pratique : Méthodes de fabrication de circuits*

[3] *imprimés, détaillées et économiques* ; Dunod, 1999.

[4] P. Dunand ; *Tracés des circuits imprimés, compatibilité électromagnétiques.*

[5] H. Mostefai ; *Le dépannage des circuits électroniques* ; Editions Lamine.

[6] R. Besson ; *Technologie des composants électroniques* ; Editions Radio.

[7] E. Lowenber ; *Electronique : Principes et applications* ; Mc Graw Hill, 1978.

[8] M. Fray ; *Schémas d'électronique : Principes et méthodes* ; Masson & Cie, 1967.

SEMESTRE	Intitulé de la matière	Coefficient	Crédits	Code
05	Anglais technique	01	01	ELNI 5.8

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

Objectifs de l'enseignement

L'objectif principal de ce cours est de développer les compétences linguistiques en anglais des étudiants, nécessaires pour comprendre et utiliser la terminologie technique et les documents professionnels en électronique industrielle. À la fin de ce cours, les étudiants seront capables de :

- Comprendre et utiliser le vocabulaire technique en électronique industrielle.
- Lire et interpréter des manuels, des articles de recherche, des spécifications techniques, et des normes.
- Communiquer efficacement en anglais dans des contextes professionnels, y compris la rédaction de rapports techniques, la participation à des réunions et des présentations.
- Suivre et comprendre les évolutions technologiques et les tendances dans le domaine de l'électronique industrielle via des sources anglophones.

Connaissances préalables recommandées

Pour réussir ce cours, les étudiants devraient avoir des connaissances préalables en :

- Anglais général (niveau intermédiaire).
- Concepts fondamentaux en électronique industrielle.
- Compétences de base en rédaction et en lecture technique.

Contenu de la matière :

Le cours couvrira les points suivants :

- Chapitre 1. Introduction à l'anglais technique** (1 Semaines)
 - Principes de base, différences avec l'anglais général.
- Chapitre 2. Terminologie technique en électronique industrielle** (2 Semaines)
 - Vocabulaire spécifique, acronymes, et abréviations courantes.
- Chapitre 3. Lecture et compréhension de documents techniques** (3 Semaines)
 - Manuels d'utilisation, articles de recherche, fiches techniques, et normes.
- Chapitre 4. Rédaction technique** (3 Semaines)
 - Rédaction de rapports, de spécifications techniques, de procédures, et de courriers électroniques professionnels.
- Chapitre 5. Communication orale** (3 Semaines)
 - Présentations techniques, participation à des réunions, discussions techniques.
- Chapitre 6. Étude de cas et applications pratiques** (3 Semaines)
 - Analyse de documents réels, simulations de situations professionnelles.

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

Travaux Dirigés

Les travaux dirigés seront structurés autour des points suivants :

- **TD1 : Compréhension de documents techniques**
 - Objectif : Améliorer la capacité à lire et comprendre des documents techniques en anglais.
 - Activités : Lecture et analyse de manuels, fiches techniques, et articles.
- **TD2 : Terminologie et vocabulaire technique**
 - Objectif : Maîtriser le vocabulaire technique de l'électronique industrielle.
 - Activités : Exercices de vocabulaire, jeux de rôle, et quiz.
- **TD3 : Rédaction de documents techniques**
 - Objectif : Développer des compétences en rédaction de documents techniques.
 - Activités : Rédaction de rapports techniques, de spécifications, et de courriers électroniques professionnels.
- **TD4 : Présentations et communication orale**
 - Objectif : Améliorer les compétences en communication orale dans un contexte technique.
 - Activités : Présentations techniques, simulations de réunions, et discussions de groupe.
- **TD5 : Étude de cas**
 - Objectif : Appliquer les compétences linguistiques à des situations réelles.
 - Activités : Analyse de cas réels, discussion et présentation des résultats.

Mode d'évaluation :

Contrôle continu 100%

Références bibliographiques :

Pour approfondir les concepts vus en cours, les étudiants peuvent se référer aux ouvrages suivants :

- [1] *"Technical English: Writing, Reading and Speaking"* par Nell Ann Pickett et Ann Appleton Laster.
- [2] *"Cambridge English for Engineering"* par Mark Ibbotson.
- [3] *"English for Electrical and Mechanical Engineering"* par Eric H. Glendinning et Norman Glendinning.
- [4] *"Technical Writing and Professional Communication"* par Thomas N. Huckin et Leslie A. Olsen.
- [5] Articles et tutoriels disponibles sur des sites spécialisés comme IEEE Xplore, TechRepublic, et d'autres sources académiques et professionnelles.

05	Propagation d'ondes et Antennes		01	01	ELNI 5.9
VHS	Cours	Travaux dirigés	Travaux Pratiques		
22h30	1h30				

Objectifs du cours :

- Maîtriser les concepts fondamentaux de la propagation des ondes électromagnétiques
- Comprendre et analyser le fonctionnement des différents types d'antennes
- Acquérir les compétences nécessaires pour dimensionner des systèmes de transmission

Prérequis :

Électromagnétisme fondamental, Calcul vectoriel et analyse complexe, Théorie des circuits électriques, Bases du traitement du signal

Contenu de la matière :

Le nombre de semaines affichées sont indiquées à titre indicatif. Il est évident que le responsable du cours n'est pas tenu de respecter rigoureusement ce dimensionnement ou bien l'agencement des chapitres.

Chapitre 1 : Fondamentaux des ondes électromagnétiques (3 semaines)

- Équation de Maxwell, Équation de propagation, Ondes planes dans le vide, Polarisation des ondes, Vecteur de Poynting, Densité de puissance, Propagation en milieu réel, Réflexion et réfraction, Diffraction et diffusion

Chapitre 2 : Introduction aux antennes (2 semaines)

Définition et principes de base, Paramètres fondamentaux, Diagramme de rayonnement, Directivité et gain, Impédance d'entrée, Adaptation d'impédance et bande passante

Chapitre 3 : Types d'antennes fondamentaux (3 semaines)

Dipôle élémentaire, Dipôle demi-onde, Monopole, Antennes à ouverture, Antennes cornets, Antennes paraboliques, Antennes imprimées, Antennes patch, Méthodes d'alimentation

Chapitre 4 : Réseaux d'antennes (2 semaines)

Principe des réseaux, Facteur de réseau, Réseaux linéaires uniformes, Réseaux planaires, Réseaux phasés, Beamforming

Chapitre 5 : Propagation et bilan de liaison (2 semaines)

Modes de propagation, Propagation troposphérique, Propagation ionosphérique, Équation de Friis, Calcul de bilan de liaison, Marges de liaison

Chapitre 6 : Applications modernes et mesures (2 semaines)

Systèmes MIMO, Antennes intelligentes, Applications 5G, Techniques de mesure d'antennes, Chambre anéchoïque, Caractérisation d'antennes

Mode d'évaluation :

Examen final : 100 %.

Références bibliographiques :

- [1] C. A. Balanis, "Antenna Theory: Analysis and Design", 4th Edition, Wiley, 2016.
- [2] W. L. Stutzman, G. A. Thiele, "Antenna Theory and Design", 3rd Edition, Wiley, 2012.
- [3] S. R. Saunders, A. Aragón-Zavala, "Antennas and Propagation for Wireless Communication Systems", 2nd Edition, Wiley, 2007.
- [4] D. M. Pozar, "Microwave Engineering", 4th Edition, Wiley, 2011.
- [5] Y. Huang, K. Boyle, "Antennas: From Theory to Practice", Wiley, 2008.
- [6] Pozar, D.M., "Microwave Engineering", 4th Edition, Wiley, 2011.
- [7] P. Rosnet, « *Eléments de propagation électromagnétique : Physique fondamentale* », 2002.
- [8] G. Dubost, « *Propagation libre et guidée des ondes électromagnétiques* », Masson, 1995.
- [9] M. Nekab, « *Ondes et phénomènes de propagation* », OPU, 2004.
- [10] Garing, « *Ondes électromagnétiques dans le vide et les milieux conducteurs : Exercices et problèmes corrigés* », 1998.
- [11] R.-C. Houzé, « *Les antennes, Fondamentaux* », Dunod, 2006.
- [12] A. Ducros, « *Les antennes : Théorie et pratique, Emission et réception* », Elektor, 2008.
- [13] R. Aksas, « *Télécommunications : Antennes Théorie et Applications* », Ellipses Marketing ; 2013.
- [14] R-C. Houzé, « *Les antennes, Fondamentaux* », Dunod, 2006.
- [15] O. Picon et al. « *Les Antennes : Théorie, conception et applications* », Dunod, 2009.
- [16] R.Taillet, « *Electromagnétisme* » Editions De Boeck. Collection Mémento Sciences, 2013.

Programmes détaillés des matières du 6^{ième} semestre

SEMESTRE	Intitulé de la matière		Coefficient	Crédits	Code
06	Systèmes à Microprocesseurs		03	06	ELNI 6.1
VHS	Cours	Travaux dirigés	Travaux Pratiques		
67h30	1h30	1h30	1h30		

Objectifs de l'enseignement :

Poursuivre l'étude des circuits séquentiels entamés dans le semestre S4. Enseigner à l'étudiant l'architecture, le fonctionnement et la programmation d'un microprocesseur 8 bits, lui faire enfin acquérir les mécanismes de fonctionnement d'un système à microprocesseur (interfaçage, interruption) ainsi que sa programmation en assembleur.

Connaissances préalables recommandées

Logique combinatoire et séquentielle, Notions de programmation et d'algorithmique.

Contenu de la matière :

Le nombre de semaines affichées sont indiquées à titre indicatif. Il est évident que le responsable du cours n'est pas tenu de respecter rigoureusement ce dimensionnement ou bien l'agencement des chapitres.

Chapitre 1. Les mémoires à semi-conducteurs (2 Semaines)

Rappels sur les registres à décalage. Définition, Unité capacité mémoire (bits, ko, Mo, Go), Accès mémoire séquentiel et aléatoire, Différentes technologies des mémoires (magnétiques, à semi-conducteurs, Electro-optiques), Différents types de mémoires à semi-conducteurs (ROM, EPROM, UVROM, EEPROM, FLASH-EPROM, RAM, SRAM, DRAM), Caractéristiques générales, Organisation interne, Types de l'élément-mémoire (diode, transistor, capacité MOS, ...), Critères de choix d'une mémoire, chronogramme des cycles de lecture/écriture, Temps d'accès, Temps de lecture, d'écriture, ..., Extension de la capacité mémoire (association de boîtiers RAM ou ROM ou autres), Calcul du nombre de boîtiers mémoire, Décodage des adresses, Réalisation d'un plan mémoire.

Chapitre 2. Historique et évolution des ordinateurs (1 Semaine)

Historique, les premiers ordinateurs, Différents types d'ordinateurs (géant, mini, micro), Organisation d'un ordinateur en blocs fonctionnels (unité centrale, mémoire, unité d'entrée, Unité de sortie) et leurs descriptions, Les périphériques d'entrées et de sorties, Les différents bus et leurs fonctions (bus de données, bus d'adresses, bus de contrôle), Vocabulaire de l'ordinateur (bit, mot, octet, programme, Informations binaires (donnée, adresse, instruction), Horloge, Microprocesseur, Architecture d'un système à microprocesseur, Architecture Von Neumann, Architecture Harvard.

Chapitre 3: Etude d'un microprocesseur 8 bits (6 Semaines)

Généralités, Les différentes familles de microprocesseurs 8 bits (Intel 8085, Motorola 6800, MOSTEK 6502, Zilog Z80, ...), Compatibilité entre microprocesseurs, Compatibilité ascendante, Prééminence des microprocesseurs Intel et Motorola, ..., Etude détaillée d'un type de microprocesseur 8 bits, Brochage et signaux externes, architecture interne, Description et registres associés, Codage d'une instruction sur 1, 2 ou 3 octets, Modes d'adressage, Jeu d'instructions,

Familles d'instructions (transfert, logiques, Arithmétiques, Branchements, Gestion de pile et d'E/S), Exemples d'applications pour chaque groupe d'instructions avec des exemples simples, Exemples de programmes en assembleur.

Chapitre 4. Les interfaces d'entrées /sorties (4 Semaines)

Introduction (définition, rôle et nécessité d'une interface d'E/S), Différents types d'interfaces (interface parallèle, interface série, Timer, contrôleur programmable d'interruptions, ...), Descriptions et architectures internes de ces interfaces, Exemples de programmation d'un ou deux circuits d'E/S: adressage des ports d'E/S, configurations.

Chapitre 5. Les interruptions (2 Semaines)

Généralités, Protocoles d'échanges de données (par test d'état du périphérique (polling), par interruption, par accès direct en mémoire), Interruptions masquables et interruptions non masquables, Processus de traitement d'une interruption, Exemples de sous-programmes d'interruption.

Travaux pratiques :

TP1 : Familiarisation avec le kit didactique dédié au microprocesseur 8 bits étudié ou bien avec le simulateur du microprocesseur dédié.

TP2 : Utilisation des instructions de transfert, des instructions arithmétiques et logiques.

TP3 : Utilisation des instructions de branchements et les techniques de boucles de programmation.

TP4 : Ecriture et simulation de programmes en assembleur (Multiplication, division, recherche d'une information dans une liste, tri des informations, ...).

TP5 : Utilisation des instructions de gestion de pile et d'entrées/sorties

TP6 : Programmation en assembleur (et simulation) de circuits d'interface d'E/S (parallèle, série, timer, ...): Clignotant, feux de carrefour, surveillance d'un local, ...

Mode d'évaluation :

Contrôle continu (40%) (20% TD + 20% TP), Examen final (60%)

Références bibliographiques :

[1] J. Letocha, « Introduction aux circuits logiques », 2ed Mc-Graw Hill, 1997.

[2] J. P. Vabre et J. C. Lafont, « Cours et problèmes d'électronique numérique » Ellipses, 1998.

[3] R. Katz, « Contemporary Logic Design », 2nd Ed., Prentice Hall, 2005.

[4] M. Aumiaux, « L'emploi des microprocesseurs » Masson, Paris, 1982.

[5] M. Aumiaux, « Les systèmes à microprocesseurs », Masson, Paris, 1982.

[6] R.L. Tokheim, « Les microprocesseurs, Tomes 1 et 2 » série Schaum, McGraw Hill.

[7] J.C. Buisson, « Concevoir son microprocesseur, structure des systèmes logiques » Ellipses, 2006.

[8] H. Lilen, « Cours fondamental des microprocesseurs » Dunod, 1993.

[9] J.C. Buisson, « Concevoir son microprocesseur : Structure des systèmes logiques » Ellipses, 2006.

[10] F. Anceau & D. Etiemble, « Introduction à l'architecture des ordinateurs », Edition Technique de l'Ingénieur, 2010.

[11] D. Etiemble, « Évolution de l'architecture des ordinateurs », Edition Technique de l'Ingénieur, 2009.

SEMESTRE	Intitulé de la matière		Coefficient	Crédits	Code
06	Capteurs et actionneur industriels		03	05	ELNI 6.2
VHS	Cours	Travaux dirigés		Travaux Pratiques	
90h00	1h30	1h30		3h00	

Objectifs de l'enseignement:

- Maîtriser les principes de fonctionnement des différents types de capteurs et actionneurs
- Comprendre et dimensionner les chaînes d'acquisition et de conditionnement
- Savoir choisir et mettre en œuvre les capteurs et actionneurs adaptés aux besoins
- Acquérir des compétences pratiques en instrumentation et contrôle
- Maîtriser les techniques de commande des actionneurs industriels

Connaissances préalables recommandées

Electronique fondamentale 1 et 2, Mesures électriques et électroniques, Électronique analogique, Électronique numérique, Programmation (C/Python)

Contenu de la matière :

Le nombre de semaines affichées sont indiquées à titre indicatif. Il est évident que le responsable du cours n'est pas tenu de respecter rigoureusement ce dimensionnement ou bien l'agencement des chapitres.

Partie 1 : Capteurs (8 semaines)

Chapitre 1. Les capteurs et chaîne d'acquisition (1 Semaines)

Grandeurs électriques et grandeurs non électriques ; Définitions et généralités sur les capteurs ; Différents types de capteurs (passif, actif, numérique, intelligent, composite) ; Phénomènes physiques utilisés dans les capteurs (Loi d'induction électromagnétique, effet hall, effet thermoélectrique, effet magnéto-résistif, effet photoélectrique, effet piézo-électrique, effet Doppler, ...); Structure globale d'une chaîne de mesure complète: acquisition, traitement, restitution.

Chapitre 2. Quelques caractéristiques métrologiques (1 semaines)

Sensibilité, Linéarité, Courbe d'étalonnage, Résolution, Rapidité, Temps de réponse et bande passante, Limites d'utilisation, étalonnage-étendue de mesure, domaine nominal d'emploi, zone de non détérioration, Erreurs de mesure, critères de choix d'un capteur.

Chapitre 3. Conditionneurs (3 semaines)

Caractéristiques générales des conditionneurs de capteurs passifs ; Montage potentiométrique (mesure des résistances, mesure des impédances complexes, inconvénients du montage potentiométrique); Montage en pont (pont de Wheatstone, les ponts complexes :pont de Sauty, pont de Maxwell) ; les oscillateurs. Adaptation de la source du signal à la chaîne de mesure (adaptation d'impédance, conditionneur du capteur source de tension, conditionneur du capteur source de charge) ; Amplification du signal et réduction de la tension de mode commun (Amplificateur différentiel, taux de réjection en mode commun, amplificateur d'instrumentation, amplificateur d'isolement).

Chapitre 4. Quelques exemples de capteurs (3 semaines)

L'enseignant est libre de choisir l'étude de quelques capteurs parmi la liste ci-dessous : Classification des capteurs, capteurs de température, capteurs de position et de déplacement, capteurs de vitesse et d'accélération, capteurs de pression, capteurs de force et de déformation, capteurs de pression, de niveau et de débit, capteurs optiques.

Partie 2 : Actionneur industriels

Chapitre 5 : Introduction aux Actionneurs Industriels (1 Semaines)

Introduction aux actionneurs industriels : définition, rôle et importance dans les systèmes automatisés. Types d'actionneurs industriels : électriques, hydrauliques, pneumatiques, électromagnétiques, etc. Principaux critères de sélection des actionneurs : puissance, vitesse, précision, fiabilité, coût, etc.

Chapitre 6 : Actionneurs Électriques Actionneurs Hydrauliques et Pneumatiques (4 Semaines)

Fonctionnement des actionneurs électriques : moteurs à courant continu, moteurs pas à pas, servomoteurs, etc. Principes de base de la conversion électromécanique : force magnétique, couple, vitesse, etc. Commande des actionneurs électriques : contrôle en boucle ouverte, contrôle en boucle fermée, techniques de modulation de largeur d'impulsion (PWM), etc.

Fonctionnement des actionneurs hydrauliques : vérins hydrauliques, pompes, valves, etc. Fonctionnement des actionneurs pneumatiques : vérins pneumatiques, compresseurs, distributeurs, etc. Avantages et inconvénients des systèmes hydrauliques et pneumatiques par rapport aux systèmes électriques.

Chapitre 7 : Commande et Contrôle des Actionneurs (2 Semaines)

Techniques de commande des actionneurs industriels : contrôle analogique, contrôle numérique, contrôle proportionnel, contrôle séquentiel, etc. Interfaces de contrôle : capteurs de position, capteurs de force, contrôleurs programmables, etc. Rétroaction et surveillance des actionneurs : techniques de détection des pannes, diagnostic, maintenance préventive, etc.

Objectifs du TP :

L'objectif principal de ce TP est de fournir aux étudiants une compréhension approfondie des principes de fonctionnement, des types et des applications des capteurs et des systèmes d'instrumentation utilisés en électronique industrielle. À la fin de ce TP, les étudiants seront capables de :

- Comprendre les principes de base des capteurs et des systèmes d'instrumentation.
- Sélectionner et utiliser des capteurs pour différentes applications industrielles.
- Concevoir et implémenter des systèmes d'acquisition de données.
- Analyser et interpréter les données obtenues à partir des capteurs.
- Appliquer les concepts de capteurs et d'instrumentation dans des environnements industriels réels.

Connaissances préalables recommandées

Pour réussir ce TP, les étudiants devraient avoir des connaissances préalables dans les domaines suivants :

- Électronique de base (circuits électriques, composants électroniques).
- Physique générale (principes de base des mesures physiques).
- Mathématiques de base (analyse, statistiques).
- Compétences en programmation (pour l'acquisition et le traitement des données).

Contenu de la matière :

Le TP couvrira les points suivants :

- **Introduction aux capteurs et à l'instrumentation** : Types de capteurs, principes de fonctionnement, critères de sélection.
- **Capteurs de position et de déplacement** : Potentiomètres, LVDT, codeurs.
- **Capteurs de force et de pression** : Jauges de contrainte, capteurs de pression piezoélectriques.
- **Capteurs de température** : Thermocouples, RTD, thermistances.
- **Capteurs de flux et de niveau** : Débitmètres, capteurs de niveau.
- **Capteurs optiques** : Photodiodes, capteurs infrarouges, LIDAR.
- **Systèmes d'acquisition de données** : Convertisseurs analogique-numérique (ADC), amplificateurs de signal, filtres.
- **Applications industrielles** : Études de cas sur l'utilisation des capteurs dans les systèmes de contrôle industriel.

Travaux pratiques :

Les travaux pratiques seront structurés autour des modules suivants :

TP Capteurs

TP1 : Caractérisation des capteurs

- Étalonnage d'un capteur de température
- Mesure des caractéristiques statiques et dynamiques
- Traitement des données d'étalonnage

TP2 : Conditionnement du signal

- Mise en œuvre de ponts de Wheatstone
- Amplification différentielle
- Filtrage du bruit

TP3 : Capteurs de température

- Étude comparative (thermocouple, RTD, thermistance)
- Linéarisation
- Interface avec microcontrôleur

TP4 : Capteurs de position

- Capteurs potentiométriques
- Codeurs incrémentaux
- LVDT

TP Actionneur industriels

TP5 : Moteurs DC

- Caractéristiques couple-vitesse
- Commande PWM
- Asservissement en position

TP6 : Moteurs pas à pas

- Modes de commande
- Génération de trajectoires
- Interface de puissance

TP7 : Systèmes pneumatiques

- Vérins pneumatiques
- Distributeurs

- Séquences de commande

TP8 : Projet intégré

- Réalisation d'un système complet
- Choix et mise en œuvre des capteurs/actionneurs
- Programmation du contrôle

Mode d'évaluation :

Contrôle continu (20%), TP (20%), Examen final (60%)

Références bibliographiques :

- [1] A. Migeon, « Applications industrielles des capteurs », Volume 2, Secteur médical, chimie et plasturgie ; Hermès Science Publications, 1997.
- [2] Rohner, P. (2008). *Pneumatic Control for Industrial Automation*. Publisher: CRC Press.
- [3] Hughes, A., & Drury, B. (2015). *Electric Motors and Drives: Fundamentals, Types and Applications*. Publisher: Elsevier.
- [4] Boldea, I., & Nasar, S. A. (2017). *Electric Drives*. CRC Press.
- [5] P. Dassonville, « Les Capteurs : Exercices et problèmes corrigés », Dunod, 2005.
- [6] T. Lang, « Electronique des systèmes de mesure », Masson, 1992.
- [7] G. Asch, « Acquisition de données : du capteur à l'ordinateur », Dunod, 2003.
- [8] F. Cottet, « Traitement des signaux et acquisition de données : Cours et exercices », Dunod, 1999.
- [9] G. Asch et al. « Acquisition de données », 3^e édition, Dunod, 2011.
- [10] F. Boudoin, M. Lavabre, « Capteurs : principales utilisations », Edition Casteilla, 2007
- [11] Georges Asch, "Les capteurs en instrumentation industrielle", 8e édition, Dunod, 2017.
- [12] Pascal Dassonville, "Les capteurs : 50 exercices et problèmes corrigés", Dunod, 2017.
- [13] Bernard Favre-Bulle, "Actionneurs électriques - Principes, modèles, commande", PPUR, 2019.
- [14] William Bolton, "Mechatronics: Electronic Control Systems in Mechanical and Electrical Engineering", 6th Edition, Pearson, 2015.
- [15] Jacob Fraden, "Handbook of Modern Sensors: Physics, Designs, and Applications", 5th Edition, Springer, 2016.

SEMESTRE	Intitulé de la matière		Coefficient	Crédits	Code
06	Asservissements continus et Régulation		03	05	ELNI 6.3
VHS	Cours	Travaux dirigés		Travaux Pratiques	
67h30	1h30	1h30		1h30	

Objectifs de l'enseignement :

Modéliser un système continu linéaire par des équations différentielles puis formuler une fonction de transfert et enfin la représenter par schéma blocs, calculer et visualiser les réponses temporelles et fréquentielles du système d'ordre 1, 2 et d'ordre supérieur, analyser ce système par rapport à certains critères, notamment la stabilité, la réponse transitoire, et l'erreur statique, corriger certains systèmes suivant un cahier de charge en concevant des correcteurs à base d'amplificateurs opérationnels.

Connaissances préalables

- Outils mathématiques : équations différentielles, transformée de Laplace, nombres complexes et algèbre linéaire.
- Bases en capteurs et actionneurs.

Contenu de la matière :

Chapitre 1 : Introduction à l'asservissement

(1 semaine)

Définition, Notion de système, Structure d'un système asservi, Classification des systèmes asservis

Chapitre 2 : Rappels sur la Transformée de Laplace

(1

semaine)

Définition, Propriétés de la transformée de Laplace, Transformée de Laplace inverse

Chapitre 3. Modélisation des systèmes asservis linéaires (2 Semaines)

Modèles mathématiques : Équations différentielles, équations récurrentes système d'équations d'état, réponse impulsionnelle, pôles et zéros, les réponses fréquentielles (modéliser des systèmes électriques, mécaniques (en translation et rotation), thermiques, fluidiques, et des systèmes mixtes, expliquer les propriétés : linéarité, stationnarité (invariance), la causalité, stabilité ; La fonction de transfert, diagrammes fonctionnels et algèbres des diagrammes fonctionnels.

Chapitre 4. Performances des systèmes linéaires (4 Semaines)

Analyse temporelle des systèmes du 1er ordre et du 2em ordre, performances temporelles : temps de montée, temps de réponse, constante du temps, dépassement, le temps de stabilisation, analyse fréquentielle, diagrammes de Bode, de Nyquist et de Black (marges de gain et de phases).

Chapitre 5. La Stabilité (2 Semaines)

Introduction, définition, explication, critère de Routh, Table de Routh, exemples d'évaluation de la stabilité, les cas particuliers, exemples.

Chapitre 6. La Précision d'un système asservi (1 Semaine)

Précision dynamique, précision statique, expression de l'erreur statique, l'erreur en régime permanent, la classe ou le type d'un asservissement (classes 0, 1 et 2), calcul des erreurs correspondant aux entrées canoniques, erreurs de position, de traînage et d'accélération, tableau récapitulatif et conclusions, le dilemme stabilité-précision, rejet des perturbations, tableau récapitulatif et conclusions.

Chapitre 7. Lieux des Racines (2 semaines)

Introduction, méthode de construction du lieu de racines, principe de la méthode (Règles pratiques pour la construction et exploitation du lieu des racines, Exemples), règles de construction du lieu (Conditions des angles et des modules, Le nombre des branches, Axe de symétrie, Points de départ et d'arrivée, Directions asymptotiques, parties de l'axe réel appartenant au lieu, points de branchement, Autres propriétés du lieu des racines), application de la méthode sur quelques exemples (Utilisation du logiciel MATLAB pour le tracé du lieu de racines, application à l'évaluation de la stabilité et à la compensation).

Chapitre 8. Exemples de projet de synthèse (2 semaines)

Synthèse de correcteurs à avance ou retard de phase, synthèse des régulateurs (les actions Proportionnelle, Intégrale et Dérivée), faire apparaître leurs influences sur les réponses et l'amélioration des performances des systèmes.

Travaux pratiques

TP 2 : Concepts de Systèmes

- Déclaration d'un système sous Matlab.
- Réponses indicielles, à une rampe et harmonique.
- Influence des pôles sur la réponse d'un système. Notions de pôles instables et de pôles dominants.

TP 3 : Systèmes du premier ordre et deuxième ordre

- Réponses indicielles, à une rampe et harmonique d'un système du premier ordre.
- Réponses indicielles, à une rampe et harmonique d'un système du deuxième ordre.
- Construction d'un diagramme de Bode à partir des réponses harmoniques (évaluation de l'amplitude et déphasage en fonction de la pulsation).

TP 4 : Correction

- Classe des systèmes.
- Synthèse de correcteurs à partir de spécifications temporelles (dynamique désirée, temps de réponse, ... etc.).

TP 5 : Synthèse des correcteurs dans le domaine fréquentiel

- Calcul des correcteurs dans le domaine fréquentiel basé sur les spécifications de robustesse.

Mode d'évaluation :

Contrôle continu (40%) (20% TD + 20% TP), Examen final (60%)

Références bibliographiques

- [1] Codron, Pascal, and Sandrine Le Ballois. *Automatique : Systèmes linéaires et continus*. Dunod, 1998.
- [2] Granjon, Yves. *Automatique-Systèmes linéaires, non linéaires, temps continu, temps discret, représentation d'état : Cours et exercices corrigés*. Dunod, 2010.
- [3] Sueur, Christophe, Philippe Vanheeghe, and Pierre Borne. *Automatique des systèmes continus : éléments de cours et exercices résolus*. Editions OPHRYS, 1997.
- [4] Borne, Pierre, et al. *Analyse et régulation des processus industriels*. Technip, 1993.
- [5] Boillot, Élisabeth. *Asservissements et régulations continus. Vol. 2*. Editions Technip, 2002.
- [6] K. Ogata, "Automatic Control Engineering", Prentice Hall, fifth edition, 2010.
- [7] B.C. Kuo, "Automatic Control Systems", Prentice Hall, ninth edition, 2009.
- [8] J.M. Allenbach, « Systèmes asservis volume 1 », Ecole d'Ingénieurs de Genève, édition 2005.
- [9] Brizeux, « Introduction a la correction des Systèmes asservis », PSI, 2010.
- [10] Ph. Mullhaupt, « Cours Introduction à la commande des systèmes dynamiques », Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne, 2016.

SEMESTRE	Intitulé de la matière		Coefficient	Crédits	Code
S6	Traitement de Signal Numérique		03	05	ELNI 6.4
VHH	Cours	Travaux dirigés	Travaux Pratiques		
67h30	1h30	1h30	1h30		

Objectifs de l'enseignement

L'objectif de ce cours est de percevoir les outils mathématiques nécessaires pour l'analyse et le filtrage des signaux numériques. Présenter une application typique démontrant l'apport du traitement du signal en électronique industrielle.

Connaissances préalables

Analyse, Probabilités et statistiques, Théorie du Signal, Traitement du Signal.

Contenu de la matière

Chapitre 1 : Filtrage et analyse par FFT-IFFT (2 semaine)

Présentation de la notion de résolution fréquentielle et mettre en évidence sa relation avec la fréquence d'échantillonnage et le nombre d'échantillons du signal discret à traiter. Décrire l'algorithme d'analyse et de filtrage impliquant en même temps la FFT et la IFFT dans les de des filtres : passe-bas, passe-haut, passe-bande et coupe-bande. Exemples illustratifs.

Chapitre 2 : Analyse et filtrage utilisation de la DCT et de la IDCT (2 semaine)

Exposition de la transformée en cosinus discrète (DCT), de la transformée inverse en cosinus discrète (IDCT) et de la notion de résolution fréquentielle, mettre en clair sa relation avec la fréquence d'échantillonnage et le nombre d'échantillons du signal discret à traiter. Description de l'algorithme d'analyse et de filtrage engageant à la fois la DCT et l'IDCT dans le cas des filtres : passe-bas, passe-haut, passe-bande et coupe-bande. Exemples démonstratifs mettant en évidence l'analyse et le filtrage par DCT.

Chapitre 3 : Dévoilement de la transformée en z et sa relation à l'équation aux différences

(3 semaine)

Exposition de la transformée en z ainsi que ses propriétés principales, présenter les méthodes pour la détermination de la transformée en z inverse, présentation de l'équation aux différences, relation entre la fonction de transfert du domaine z et l'équation aux différences. Exemples pratiques.

Chapitre 4 : Filtrage par l'usage des filtres RIF et RII

(4 semaine)

Présentation des fonctions de transfert z des filtres à Réponse Impulsionnelle Finie (RIF) et les filtres à Réponse Impulsionnelle Infinie (RII). Exposition des équations aux différences des filtres RIF et RII. Stabilité et causalité. Méthodes de synthèse du filtre RIF (méthode de fenêtre, échantillonnage de fréquence, pour les quatre types de filtres). Méthodes de synthèse du filtre RII (transformation bilinéaire, passant des filtres analogiques tels que les filtres de Butterworth et de Tchebycheff au filtre numérique RII). Exemples démonstratifs.

Chapitre 5 : Analyse et filtrage par ondelettes (3 semaine)

Présentation de la base de fonctions orthogonales, concepts d'ondelette mère et d'ondelette père, projection d'un signal sur la base d'ondelettes, description de la transformée en ondelettes discrète rapide DWT (algorithme MALLAT), débruitage par l'algorithme de seuillage de DONOHO, présentation de la manière de faire une analyse par transformée en ondelettes continue (CWT). Exemples de travail.

Chapitre 6 : Implication du filtrage numérique dans un schéma de contrôle (1 semaine)

Présentation de la manière d'impliquer l'un des filtres numériques pour améliorer les performances du schéma de contrôle d'un système (par exemple, utilisation d'un filtre numérique dans un schéma de contrôle de vitesse basé sur PID d'un DC -moteur présentant du bruit à la vitesse mesurée).

Contenu de la partie Travaux Pratiques :

Objectifs de l'enseignement :

L'objectif principal de ce TP est de fournir aux étudiants une compréhension pratique et théorique des techniques de traitement de signal, utilisées en électronique industrielle. À la fin de ce TP, les étudiants seront capables de :

- Appliquer les concepts fondamentaux du traitement de signal à des problèmes pratiques.
- Utiliser des outils et des logiciels de traitement de signal pour analyser et manipuler des signaux.
- Comprendre et mettre en œuvre des techniques de filtrage, d'échantillonnage et de transformation de Fourier.
- Interpréter les résultats obtenus à partir de différents traitements de signal.

Connaissances préalables recommandées :

Pour tirer le meilleur parti de ce TP, les étudiants devraient avoir des connaissances préalables dans les domaines suivants :

- Concepts fondamentaux en électronique (circuits électriques, composants électroniques).
- Théorie des signaux et systèmes linéaires.
- Compétences en programmation, particulièrement avec des logiciels comme MATLAB ou Python.

Contenu de la matière :

Le TP couvrira les points suivants :

- **Introduction au traitement de signal** : Notions de base, types de signaux (analogiques et numériques).
- **Échantillonnage et quantification** : Théorème de Nyquist, aliasing, techniques de quantification.
- **Transformée de Fourier** : DFT, FFT, analyse spectrale.
- **Filtrage** : Filtres passe-bas, passe-haut, passe-bande et stop-bande ; conception et implémentation des filtres.
- **Traitement de signaux bruités** : Techniques de réduction de bruit, filtrage adaptatif.
- **Applications industrielles** : Études de cas et applications réelles du traitement de signal en industrie.

Travaux pratiques :

Les travaux pratiques seront structurés autour des modules suivants :

TP1 : Échantillonnage et quantification

- Objectif : Appliquer les concepts d'échantillonnage et observer les effets du sous-échantillonnage.
- Activités : Simulation de signaux échantillonnés, étude de l'aliasing.

TP2 : Transformée de Fourier

- Objectif : Comprendre et appliquer la DFT et la FFT sur des signaux échantillonnés.
- Activités : Analyse spectrale de différents types de signaux.

TP3 : Filtrage

- Objectif : Concevoir et implémenter des filtres numériques.
- Activités : Filtrage de signaux bruités, comparaison des performances de différents filtres.

TP4 : Traitement de signaux bruités

- Objectif : Utiliser des techniques de réduction de bruit.
- Activités : Filtrage adaptatif, application de méthodes de réduction de bruit.

TP5 : Applications industrielles

- Objectif : Étudier des cas réels d'application du traitement de signal en industrie.
- Activités : Analyse et traitement de signaux issus de systèmes industriels.

TP6 : Conception de filtres numériques

- Conception et implémentation de filtres FIR et IIR
- Analyse de la réponse fréquentielle des filtres

TP7 : Analyse des signaux par ondelettes

- Analyse du scalogramme résultant de la transformée en ondelettes continue).

TP8 : Filtrage des signaux par ondelettes

- Seuillage par usage de la transformée en ondelettes discrète.

Mode d'évaluation :

Contrôle continu (40%) (20% TD + 20% TP), Examen final (60%)

Références bibliographiques

- [1] Kunt, Murat. *Traitement numérique des signaux*. Vol. 20. EPFL Press, 1996.
- [2] Stéphane Mallat, *Une exploration des signaux en ondelettes*, Editions Ecole Polytechnique, 2000
- [3] Femmam, Smain. *Traitement numérique du signal : signaux et systèmes*. ISTE Group, 2017.
- [4] Frédéric de Coulon, *Théorie et traitement des signaux*, Presses Polytechniques Romandes, 1996.
- [5] John G Proakis et al. *Digital signal processing: principles, algorithms, and applications*, 4/E. Pearson Education India, 2007.
- [6] HayesH Monson - *Schaum's outline of digital signal processing*. McGraw-Hill Education, 2012.
- [7] K. R. RAO, P. YIP. *Discrete cosine transform: algorithms, advantages, applications*. Academic press, 2014.

SEMESTRE	Intitulé de la matière		Coefficient	Crédits	Code
06	Electronique de Puissance		02	03	ELNI 6.5
VHS	Cours	Travaux dirigés		Travaux Pratiques	
67h30	1h30	1h30		1h30	

Objectifs de l'enseignement :

Connaître les principes de base de l'électronique de puissance, Connaitre le principe de fonctionnement et l'utilisation des composants de puissance, Maîtriser le fonctionnement des principaux convertisseurs statiques, Acquérir les connaissances de base pour un choix technique suivant le domaine d'applications d'un convertisseur de puissance.

Connaissances préalables recommandées

Electronique fondamentale1, Electrotechnique fondamentale1.

Contenu de la matière :

Le nombre de semaines affichées sont indiquées à titre indicatif. Il est évident que le responsable du cours n'est pas tenu de respecter rigoureusement ce dimensionnement ou bien l'agencement des chapitres.

Chapitre 1. Introduction à l'électronique de puissance (2 semaines)

Introduction à l'électronique de puissance, son rôle dans les systèmes de conversion d'énergie électrique, classification des convertisseurs statiques, les différents types de semi-conducteurs de puissance (caractéristiques de fonctionnement statique et dynamique): Diodes, thyristors, triac, transistor bipolaire, MOSFET, IGBT, GTO. Différentes structures de convertisseurs statiques. Grandeurs périodiques non sinusoïdales (valeurs efficaces, moyennes, facteur de forme, taux d'ondulation).

Chapitre 2. Convertisseurs courant alternatif - courant continu (4 semaines)

Redressement non commandé monophasé et triphasé charges R, RL, Redressement commandé monophasé et triphasé charges R, RL, Redressement mixte monophasé et triphasé charges R, RL. Analyse du phénomène de commutation (d'empiètement) dans les convertisseurs statiques non commandés et commandés, Impact des convertisseurs statiques sur la qualité d'énergie électrique.

Chapitre 3. Convertisseurs courant continu - courant continu (3 semaines)

Eléments de puissance (thyristor GTO, transistor bipolaire, transistor MOSFET, transistor IGBT), Hacheur dévolteur et survolteur, avec charge R, RL et RLE.,

Chapitre 4. Convertisseurs courant alternatif - courant alternatif (3 semaines)

Eléments de puissance (triacs avec un rappel rapide sur les diodes et thyristors), Gradateur monophasé, avec charge R, RL. Principe du Cyclo convertisseur monophasé

Chapitre 5. Convertisseurs courant continu - courant alternatif (3 semaines)

Les onduleurs monophasés et triphasés (avec charges R, RL).

Contenu de la partie Travaux Pratiques :

Les travaux pratiques seront structurés autour des modules suivants :

TP1 : Redresseurs non commandés : monophasés et triphasés

Analyser l'évolution de la tension et du courant à la sortie du convertisseur avec charges résistive et inductive. Analyser l'évolution des courants et tensions des semi-conducteurs dans les deux cas de charges résistive et inductive, déterminer le facteur de forme et le taux d'ondulation.

TP2 : Redresseurs commandés : monophasés et triphasés

Analyser l'évolution de la tension et du courant à la sortie du convertisseur avec charges résistive et inductive, analyser l'évolution des courants et tensions des semi-conducteurs dans les deux cas de charges résistive et inductive, déterminer le facteur de forme et le taux d'ondulation.

TP3 : Hacheurs : hacheur série, hacheur parallèle

Étudier le comportement d'un hacheur série sur la charge inductive et en particulier déterminer l'allure du courant absorbé par la charge lors du fonctionnement en régime transitoire puis permanent, comprendre le fonctionnement en observant les signaux caractéristiques du montage et en les comparant aux résultats du TD sur le hacheur parallèle.

TP4 : Gradateurs : monophasés et triphasés

Étudier le fonctionnement d'un gradateur débitant différents types de charges (R et RL) et de confronter les différents résultats obtenus théoriquement en cours avec les résultats pratiques (formules et chronogrammes).

TP5 : Onduleurs : monophasés

Étudier le fonctionnement des onduleurs monophasés de tension et d'autre part le filtrage des formes d'ondes obtenues.

Mode d'évaluation :

Contrôle continu (20%), TP (20%), Examen final (60%)

Références bibliographiques

- [1] L. Lasne, « *Electronique de puissance : Cours, études de cas et exercices corrigés* », Dunod, 2011.
- [2] P. Agati et al. « *Aide-mémoire : Électricité-Électronique de commande et de puissance-Électro-technique* », Dunod, 2006.
- [3] J. Laroche, « *Électronique de puissance – Convertisseurs : Cours et exercices corrigés* », Dunod, 2005.
- [4] G. Séguier et al. « *Électronique de puissance : Cours et exercices corrigés* », 8^e édition; Dunod, 2004.
- [5] D. Jacob, « *Electronique de puissance - Principe de fonctionnement, dimensionnement* », Ellipses Marketing, 2008.
- [6] G. Séguier, « *L'électronique de puissance, les fonctions de base et leurs principales applications* », Tech et Doc.
- [7] H. Buhler, « *Electronique de puissance* », Dunod
- [8] C.W. Lander, « *Electronique de puissance* », McGraw-Hill, 1981
- [9] H. Buhler, « *Electronique de Réglage et de commande ; Traité d'électricité* ».
- [10] F. Mazda, "Power Electronics Handbook: Components, Circuits and Application", 3rd Edition, Newness, 1997.
- [11] R. Chauprade, « *Commandes des moteurs à courant alternatif (Electronique de puissance)* », 1987.
- [12] R. Chauprade, « *Commandes des moteurs à courant continu (Electronique de puissance)* », 1984.

SEMESTRE	Intitulé de la matière	Coefficient	Crédits	Code
06	CAO Électronique et prototypage (Proteus / EAGLE / Creo / CircuitStudio)	01	02	ELNI 6.6
VHS	Cours	Travaux dirigés		Travaux Pratiques
22h30		-		1h30

Objectifs de l'enseignement :

Apprendre à l'étudiant à concevoir et simuler des circuits électroniques analogiques et numériques. Initier l'étudiant à travailler en équipe sur des projets plus complexes que ceux des travaux pratiques traditionnels et avec plus d'autonomie. L'étudiant sera également exposé à une variété d'outils logiciels de CAO en génie électrique, libres et/ou open source. Une initiation à la conception, la réalisation et la vérification de cartes électroniques comprendra :

- Lire, saisir et router un schéma électronique élémentaire à l'aide d'un logiciel de CAO
- Câbler et assembler un circuit imprimé élémentaire
- Identifier les principaux types de composants électroniques
- Vérifier la conformité d'un circuit imprimé élémentaire
- Dépanner les bugs élémentaires d'un circuit électronique

COMPÉTENCE PRINCIPALE VISÉE

Appréhender les bases élémentaires permettant d'envisager l'élaboration de circuits électroniques basés sur des circuit imprimés (Printed Circuits Boards) en allant de sa phase de conception jusqu'à sa mise en œuvre.

Connaissances préalables recommandées

Connaissances générales dans le domaine de l'électricité et des circuits électriques (grandeurs électriques élémentaires, connaissances des principaux composants)

Contenu de la matière :

Apprentissage d'un Logiciel de CAO Électronique (simulation en électronique, réalisation de PCB, ...) Il s'agit dans cette partie de familiariser l'étudiant à l'utilisation d'un logiciel de simulation, de l'aider à passer d'une façon transparente de la théorie à l'expérimentation.

Chapitre 1 : Initiation aux logiciels de simulation (2 semaines)

Définition de la simulation analogique en électronique, présentation des principaux simulateurs (PSPICE, TINA, Multisim, Labview, Orcad, Proteus, et/ou Altium Designer).

Utilisation du logiciel de simulation :

- Installation du logiciel de simulation
- Interface graphique du logiciel.
- Saisie du schéma électrique.
- Simulation du schéma électrique.
- Logiciel de conception des circuits imprimés,
- Les règles et normes relatives à la conception et à la réalisation des circuits imprimés,
- Les étapes de réalisation d'un circuit imprimé,
- Réalisation d'un mini projet,
- Exposé du travail réalisé.

Chapitre 2 : Présentation d'un logiciel de simulation (2 semaines)

Prise en main d'un logiciel spécifique, éditeur de schéma (les fenêtres, la boîte à outils), étapes de la saisie de schéma, définir les caractéristiques du projet et des schémas, bibliothèques de composants, sélection et placement des composants et des terminaisons, Interconnexion des composants, Annotation du schéma. Les différents types de simulation : analyse temporelle, analyse fréquentielle, analyse continue. Exploitation des résultats, module d'affichage.

Chapitre 3 : Simulation digitale des projets (2 semaines)

Simulation de différents circuits numériques (inverseur, porte ET, porte OU, astable compteur, etc.) et analogiques (Filtres RC passe bas, passe haut, Amplification par transistors, ...).

Chapitre 4 : CAO DE PCB (3 semaines)

Découvrir et appréhender les notions élémentaires de CAO des circuits imprimés :

- Technologies des PCBs
- Procédés de fabrication des PCBs
- Découverte et prise en main d'un logiciel de CAO
- Saisi de schéma électronique
- Réalisation du routage d'une carte électronique
- Notions de CEM
- Méthodes, règles élémentaires et « bonnes pratiques » pour la CAO

Aspect pratique : La CAO sera effectuée par chaque apprenant de façon individuelle au moyen du logiciel suivant :

Chapitre 5 : Câblage et assemblage de la carte électronique (3 semaines)

Apprendre à assembler et à câbler une carte électronique :

- Identification, positionnement et soudage des composants
- Méthodes, règles élémentaires et « bonnes pratiques » pour le soudage des composants

Aspect pratique : Les circuits imprimés seront distribués aux apprenants au début de la partie 2 de façon à pouvoir réaliser l'assemblage de la carte électronique lors de la séance.

Chapitre 6 : Mise en œuvre expérimentale tests et dépannage (3 semaines)

Cette partie sera dédiée à la mise en œuvre expérimentale du circuit électronique réalisé. L'objectif visé consiste à appréhender et à mettre en œuvre les principales étapes à suivre permettant de « qualifier » le circuit électronique réalisé.

- Méthodologie de tests permettant de vérifier la conformité d'un circuit électronique par rapport au cahier des charges fixé.
- Techniques de dépannage & identification des défauts élémentaires
- Prototypage rapide

Aspect pratique : Mise en œuvre expérimentale des tests au travers du PCB réalisé ainsi que des circuits présentant de réels défauts.

Mode d'évaluation :

Contrôle continu (100%),

Références bibliographiques :

- [1] P. Gueule ; *Circuits imprimés et PC* ; Dunod, 2004.
- [2] J. Alary ; *Circuits imprimés en pratique : Méthodes de fabrication de circuits imprimés, détaillées et économiques* ; Dunod, 1999.
- [3] P. Dunand ; *Tracés des circuits imprimés, compatibilité électromagnétique.*
- [4] H. Mostefai ; *Le dépannage des circuits électroniques* ; Editions Lamine.
- [5] R. Besson ; *Technologie des composants électroniques* ; Editions Radio.
- [6] E. Lowenber ; *Electronique : Principes et applications* ; Mc Graw Hill, 1978.
- [7] M. Fray ; *Schémas d'électronique : Principes et méthodes* ; Masson & Cie, 1967.

SEMESTRE	Intitulé de la matière		Coefficient	Crédits	Code
06	Stage entreprise 1		01	01	ELNI 6.7
VHS	Cours	Travaux dirigés		Travaux Pratiques	
22h30	-	-		Tutorat : 1h30 (100h00 hors quota)	

Objectifs du Stage :

Le stage en entreprise constitue une étape essentielle dans la formation en Électronique Industrielle. Il permet aux étudiants d'appliquer les connaissances théoriques acquises en cours et de se familiariser avec le milieu professionnel.

- **Application des Connaissances Théoriques** : Permettre aux étudiants de mettre en pratique les concepts appris en classe dans un environnement professionnel réel.
- **Développement de Compétences Techniques** : Acquérir de nouvelles compétences techniques spécifiques à l'électronique industrielle.
- **Immersion Professionnelle** : Comprendre le fonctionnement d'une entreprise, ses contraintes et ses exigences.
- **Travail en Équipe** : Développer des compétences en communication et en travail collaboratif.
- **Préparation à l'Emploi** : Faciliter l'insertion professionnelle en offrant une première expérience significative.

Préparation au Stage :

1. **Choix de l'Entreprise** : Sélectionner une entreprise dont les activités sont en adéquation avec les objectifs de la formation.
2. **Convention de Stage** : Établir une convention entre l'étudiant, l'entreprise et l'établissement de formation.
3. **Objectifs Spécifiques** : Définir des objectifs spécifiques pour le stage en collaboration avec le tuteur en entreprise et le coordinateur de stage.

Contenu du Stage :

1. **Projet Principal** : Participer à un projet concret qui permettra l'application des compétences en électronique industrielle (ex. conception de circuits, maintenance de systèmes, automatisation de procédés).
2. **Activités Complémentaires** : Assister aux réunions d'équipe, contribuer aux tâches quotidiennes, effectuer des tests et des diagnostics.
3. **Documentation et Rapport** : Tenir un journal de bord et préparer un rapport de stage détaillant les activités réalisées, les compétences acquises et les connaissances appliquées.

Suivi et Encadrement :

1. **Tuteur en Entreprise** : Un professionnel de l'entreprise qui guide et supervise l'étudiant tout au long du stage.
2. **Coordinateur de Stage** : Un enseignant de l'établissement de formation qui assure le suivi académique et se tient en contact avec l'entreprise pour évaluer les progrès de l'étudiant.
3. **Visites de Suivi** : Prévoir des visites régulières du coordinateur de stage pour discuter avec le tuteur et l'étudiant.

Évaluation du Stage :

1. **Rapport de Stage** : Évaluation basée sur la qualité et la pertinence du rapport de stage.
2. **Présentation Orale** : L'étudiant doit présenter son expérience et les compétences acquises devant un jury composé d'enseignants et de professionnels.
3. **Évaluation du Tuteur en Entreprise** : Le tuteur en entreprise fournit une évaluation de la performance de l'étudiant en termes de compétences techniques, comportement professionnel et intégration dans l'équipe.

Références Bibliographiques :

- [1] **Manuels Techniques** : Guides et manuels relatifs aux technologies et pratiques de l'électronique industrielle.
- [2] **Publications Académiques** : Articles et revues sur les dernières avancées dans le domaine de l'électronique industrielle.
- [3] **Normes et Standards** : Documents relatifs aux normes de qualité et de sécurité dans l'industrie électronique.

SEMESTRE	Intitulé de la matière		Coefficient	Crédits	Code
06	Entrepreneuriat et management d'entreprise		01	01	ELNI 6.8
VHS	Cours	Travaux dirigés		Travaux Pratiques	
22h30	1h30	-		-	

Objectifs de l'enseignement:

- Se préparer à l'insertion professionnelle en fin d'études.
- Développer les compétences entrepreneuriales chez les étudiants ;
- Sensibiliser les étudiants et les familiariser avec les possibilités, les défis, les procédures, les caractéristiques, les attitudes et les compétences que requiert l'entrepreneuriat ;
- Préparer les étudiants pour qu'ils puissent, un jour ou l'autre, créer leur propre entreprise ou, du moins, mieux comprendre leur travail dans une PME.

Connaissances préalables recommandées

Aucune connaissance particulière, sauf la maîtrise de langue d'enseignement.

Compétences visées :

Capacités d'analyser, de synthétiser, de travailler en équipe, de bien communiquer oralement et par écrit, d'être autonome, de planifier et de respecter les délais, d'être réactif et proactif. Être sensibilisé à l'entrepreneuriat par la présentation d'un aperçu des connaissances de gestion utiles à la création d'activités.

Contenu de la matière:

Chapitre 1 –Préparation opérationnelle à l'emploi (2 Semaines)

Rédaction de la lettre de motivation et élaboration du CV, Entretien d'embauche, ..., Recherche documentaire sur les métiers de la filière, Conduite d'interview avec les professionnels du métier et Simulation d'entretiens d'embauches.

Chapitre 2 - Entreprendre et esprit entrepreneurial (2 Semaines)

Entreprendre, Les entreprises autour de vous, La motivation entrepreneuriale, Savoir fixer des objectifs, Savoir prendre des risques

Chapitre 3 - Le profil d'un entrepreneur et le métier d'Entrepreneur (3 Semaines)

Les qualités d'un entrepreneur, Savoir négocier, Savoir écouter, La place des PME et des TPE en Algérie, Les principaux facteurs de réussite lors de la création d'une TPE/PME

Chapitre 4 - Trouver une bonne idée d'affaires (2 Semaines)

La créativité et l'innovation, Reconnaître et évaluer les opportunités d'affaires

Chapitre 5–Lancer et faire fonctionner une entreprise**(3 Semaines)**

Choisir un marché approprié, Choisir l'emplacement de son entreprise, Les formes juridiques de l'entreprise, Recherche d'aide et de financement pour démarrer une entreprise, Recruter le personnel, Choisir ses fournisseurs

Chapitre 6 - Elaboration du projet d'entreprise**(3 Semaines)**

Le Business Model et le Business Plan, Réaliser son projet d'entreprise avec le Business Model Canevas

Mode d'évaluation :

Examen : 100%

Références bibliographiques :

- [1] Fayolle Alain, 2017. *Entrepreneuriat théories et pratiques, applications pour apprendre à entreprendre*. Dunod, 3e éd.
- [2] Léger Jarniou, Catherine, 2013, *Le grand livre de l'entrepreneur*. Dunod, 2013.
- [3] Plane Jean-Michel, 2016, *Management des organisations théories, concepts, performances*. Dunod, 4ème éd.
- [4] Léger Jarniou, Catherine, 2017, *Construire son Business Plan. Le grand livre de l'entrepreneur*. Dunod,.
- [5] Sion Michel, 2016, *Réussir son business Méthodes, outils et astuces plan*. Dunod, 4ème éd.
- [6] Patrick Koenblit, Carole Nicolas, Hélène Lehongre, *Construire son projet professionnel*, ESF, Editeur 2011.
- [7] Lucie Beauchesne, Anne Riberolles, *Bâtir son projet professionnel*, L'Etudiant 2002.
- [8] ALBAGLI Claude et HENAULT Georges (1996), *La création d'entreprise en Afrique*, ed EDICEF/AUPELF ,208 p.

SEMESTRE	Intitulé de la matière		Coefficient	Crédits	Code
06	Industrialisation		01	01	ELNI 6.9
VHS	Cours	Travaux dirigés		Travaux Pratiques	
22h30	1h30	-		-	

Objectifs de l'enseignement :

- Comprendre les principes et les étapes du processus d'industrialisation.
- Apprendre à concevoir et à optimiser les processus de fabrication et de production.

Connaissances préalables recommandées

Les étudiants devraient avoir des connaissances de base en gestion de production, en techniques de fabrication, et en gestion de projet pour suivre un cours sur l'industrialisation.

Contenu de la matière:

Chapitre.1 Introduction à l'industrialisation

(1semaine)

- Définitions et concepts de base
- Historique de l'industrialisation
- Importance de l'industrialisation dans l'économie moderne

Chapitre.2 Conception pour la fabrication et l'assemblage (DFA)

(1semaine)

- Principes de la conception pour la fabrication
- Techniques de simplification de l'assemblage
- Intégration des contraintes de fabrication dès la conception

Chapitre.3 Méthodes et outils de production

(1semaine)

- Présentation des différentes méthodes de production (production en série, production en continu, etc.)
- Introduction aux outils de gestion de la production (GPAO, ERP, etc.)
- Automatisation et robotisation des processus de production

Chapitre.4 Gestion de la qualité

(2semaine)

- Concepts et méthodes de gestion de la qualité
- Normes ISO et certifications
- Techniques de contrôle de la qualité et assurance qualité

Chapitre.5 Optimisation des processus de fabrication

(1semaine)

- Analyse des flux de production
- Techniques de Lean Manufacturing et Six Sigma
- Réduction des coûts et amélioration de l'efficacité

Chapitre.6 Logistique et gestion des stocks

(2semaine)

- Principes de la logistique industrielle

- Techniques de gestion des stocks et des approvisionnements
- Optimisation des chaînes logistiques

Chapitre.7 Prototypage et pré-production (2semaine)

- Étapes du prototypage à la pré-production
- Tests et validation des prototypes
- Ajustements et améliorations avant le lancement en production

Chapitre.8 Innovation et technologies émergentes (2semaine)

- Impact des nouvelles technologies sur l'industrialisation
- Industrie 4.0 et digitalisation des processus
- Technologies avancées de fabrication (impression 3D, IoT, etc.)

Chapitre.9 Gestion de projets industriels (2semaine)

- Principes de la gestion de projets
- Outils de planification et de suivi de projets
- Études de cas et exemples pratiques

Chapitre.10 Durabilité et responsabilité sociale (1semaine)

- Concepts de développement durable en industrie
- Responsabilité sociale des entreprises (RSE)

Pratiques durables et impact environnemental

Mode d'évaluation :

Examen : 100%

Références bibliographiques :

- [1] Robert C. Allen, *"The Industrial Revolution: A Very Short Introduction"*, Oxford University Press, 2009.
- [2] Kenneth Pomeranz, *"The Rise of the Industrial East"*, Cambridge University Press, 2000.
- [3] Gavin Weightman, *"The Industrial Revolutionaries: The Making of the Modern World 1776-1914"*, Grove Press, 2009.
- [4] Stephen Broadberry et Kevin O'Rourke (éd.), *"The Cambridge Economic History of Modern Europe"*, Volume 2, Cambridge University Press, 2010.
- [5] Marcel van der Linden, *"The Age of Industrialization"*, Brill Academic Publishers, 2008.

Programmes détaillés des matières du 7^{ième} semestre

SEMESTRE	Intitulé de la matière	Coefficient	Crédits	Code
07	Microcontrôleurs RISC (ARM et MIPS)	04	06	ELNI 7.1
VHS	Cours	Travaux dirigés		Travaux Pratiques
90h00	3h00	1h30		1h30-

Objectifs de l'enseignement :

- Maîtriser l'architecture et le fonctionnement des microprocesseurs RISC, notamment ARM et MIPS.
- Concevoir et développer des programmes en langage assembleur pour des microcontrôleurs ARM et MIPS.
- Configurer et exploiter des interfaces matérielles telles que GPIO, UART, SPI et I2C.
- Développer des applications embarquées complexes

Connaissances préalables recommandées

Algèbre booléenne, Électronique numérique, Programmation, Architecture des ordinateurs, Systèmes d'exploitation

Contenu de la matière :

Chapitre 1 : Introduction

(semaine 2)

- Introduction générale sur les microprocesseurs et les microcontrôleurs RISC.
- Breve explication sur les architectures RISC (Reduced Instruction Set Computing).
- Principes RISC vs CISC

Chapitre 2 : Architecture

(semaine 4)

Microprocesseurs RISC (ARM)

1. Architecture ARM

- Avantages de l'architecture RISC dans les microprocesseurs.
- Caractéristiques de l'architecture ARM.
- Registres et modes de fonctionnement, Unités fonctionnelles, Formats d'instructions, Modes d'adressage, Gestion mémoire, Exceptions et interruptions, Coprocesseurs

2. Performance

- Vitesse de traitement et efficacité énergétique.
- Capacités de traitement parallèle et pipeline.

Microcontrôleurs RISC (MIPS)

1. Architecture MIPS

- Caractéristiques de l'architecture MIPS.

- Organisation interne, Banc de registres, Pipeline MIPS, Instructions et formats, Gestion des aléas, Cache et mémoire, Exceptions MIPS
- Différences clés avec l'architecture ARM.

2. Utilisation dans les microcontrôleurs

- Applications typiques des microcontrôleurs MIPS.
- Flexibilité et intégration des périphériques.

Chapitre 3 : Programmation ARM (semaine 2)

Assembleur ARM, Instructions de traitement de données, Instructions de transfert, Instructions de contrôle, Pile et sous-programmes, Optimisation du code

Chapitre 4 : Comparaison (semaine 4)

1. Performance

- Comparaison des performances des microprocesseurs ARM et des microcontrôleurs MIPS.
- Influence de l'architecture sur les performances.

2. Ecosystème de développement

- Outils de développement disponibles pour les deux architectures.
- Support logiciel et communauté.

3. Périphériques et Interfaçage

- GPIO et ports parallèles
- Communication série (UART, SPI, I2C)
- Timers et PWM
- Convertisseurs ADC/DAC
- DMA et interruptions
- Interfaces externes

Chapitre 5 : Applications (semaine 3)

1. Applications des microprocesseurs ARM

- Exemples d'applications courantes.
- Domaines d'utilisation privilégiés.

2. Applications des microcontrôleurs MIPS

- Exemples d'utilisation dans des systèmes embarqués.
- Avantages pour des applications spécifiques.

3. Systèmes Embarqués

- Boot et démarrage
- Systèmes temps réel
- Gestion de la consommation
- Débogage matériel
- Sécurité embarquée

Travaux Pratiques :

TP1. Introduction aux Microprocesseurs RISC

- Présentation des concepts de l'architecture RISC.
- Comparaison entre les architectures RISC et CISC.
- Exemples de microprocesseurs RISC populaires, en mettant l'accent sur ARM et MIPS.

- Installation et configuration de l'environnement de développement pour ARM et MIPS.
- Utilisation d'outils de programmation et de débogage adaptés à ces architectures.

TP2. Programmation bas niveau

- Introduction à la programmation assembleur pour ARM et MIPS.
- Ecriture de programmes simples en assembleur pour réaliser des tâches de base (Routines arithmétiques, Sous-programmes, Optimisation).

TP3. Interfaces d'E/S et Périphériques

- Utilisation des interfaces d'E/S pour communiquer avec des périphériques externes.
- Programmation des broches d'E/S pour contrôler des LED, des capteurs, ou d'autres composants.

TP4. Communication Série

- Configuration de la communication série (UART) pour la transmission de données.
- Implémentation de la communication série pour échanger des données entre le microcontrôleur et un ordinateur.

TP5. Gestion des Interruptions

- Compréhension du concept d'interruptions et de leur gestion sur les microcontrôleurs ARM et MIPS.
- Programmation d'interruptions pour gérer des événements externes.

TP6. Projets Pratiques

- Réalisation de projets pratiques mettant en œuvre les concepts appris.
- Exemples de projets : contrôle d'un robot, système de surveillance, système de domotique simple.

Mode d'évaluation :

Contrôle continu (40%) (20% TD+ 20% TP), Examen final (60%)

Références bibliographiques :

- [1] Hennessy, John L., and David A. Patterson. "Computer Architecture: A Quantitative Approach." Morgan Kaufmann Publishers, 2011.
- [2] Furber, Steve. "ARM System-on-Chip Architecture." Addison-Wesley Professional, 2000.
- [3] Kane, Gerry, Joe Heinrich, and Daniel K. Y. Chen. "MIPS RISC Architecture." Prentice Hall, 2013.
- [4] Yiu, Joseph. "The Definitive Guide to ARM Cortex-M3 and Cortex-M4 Processors." Newnes, 2014.
- [5] Palnitkar, Samir. "Verilog HDL: A Guide to Digital Design and Synthesis." Prentice Hall, 2003.
- [6] Losada, Juan Carlos. "Embedded Systems Design with the Atmel AVR Microcontroller." Morgan & Claypool Publishers, 2015.
- [7] Hohl, Michael R. "Embedded System Design on a Shoestring: Achieving High Performance with a Limited Budget." Newnes, 2003.
- [8] Patterson, David A., and John L. Hennessy. "Computer Organization and Design: The Hardware/Software Interface." Morgan Kaufmann Publishers, 2017.

[9] Givargis, Tony. "Embedded, Everywhere: A Research Agenda for Networked Systems of Embedded Computers." National Academies Press, 2001.

[10] Uffenbeck, John. "The 8051 Microcontroller." Prentice Hall, 1995.

SEMESTRE	Intitulé de la matière		Coefficient	Crédits	Code
07	Asservissement Echantillonné		03	05	ELNI 7.1
VHS	Cours	Travaux dirigés		Travaux Pratiques	
67h30	1h30	1h30		1h30	

Objectifs :

- Maîtriser les fondements des systèmes asservis échantillonnés
- Concevoir des régulateurs numériques
- Analyser la stabilité des systèmes discrets
- Implémenter des algorithmes de contrôle sur microcontrôleurs

Pré-requis :

L'étudiant doit comprendre à l'avance la théorie des Systèmes asservis continus (analyse temporelle et fréquentielle de système, représentation graphique et d'état des systèmes continus, et synthèse de correcteur), Programmation (C/MATLAB).

Contenu de la matière :

Chapitre 1 : Introduction aux systèmes échantillonnés (3 semaines)

- Échantillonnage et quantification
- Transformée en Z et équations aux différences
- Modélisation des systèmes discrets
- Bloqueurs et convertisseurs

Chapitre 2 : Analyse des systèmes discrets (4 semaines)

- Réponse temporelle
- Stabilité (Jury, Schur-Cohn)
- Précision en régime permanent
- Lieu des pôles et des zéros

Chapitre 3 : Conception des régulateurs numériques (4 semaines)

- Discrétisation des correcteurs continus
- Régulateurs PID numériques
- Placement de pôles
- Compensation numérique
- RST et commande polynomiale

Chapitre 4 : Implémentation pratique (4 semaines)

- Architecture des systèmes de contrôle numérique
- Effets de quantification
- Algorithmes temps réel

- Anti-windup et filtrage

Travaux Pratiques :

TP1 : Modélisation d'un système physique avec Simulink/Matlab :

- Modélisation d'une machine à courant continu (ou bien d'une machine synchrone à aimants permanents, un processus chimique, etc.).
- Linéarisation par un modèle discret (utilisation des commandes Matlab dlinmod, trim, etc.), Comparaison des réponses temporelles modèle/système pour différentes excitations en utilisant les blocs de Simulink/Matlab.

TP2 : Analyse d'un système échantillonné :

Application de quelques transformations sur le modèle du TP1 (utilisation des commandes : canon, bilin, c2dm, d2cm, ssdata, tfdata, ss2ss, etc.).
Examen de la contrôlabilité et l'observabilité (commandes ctrb, obsv)

TP3 : Étude de la stabilité

- Critères de stabilité
- Influence de la période d'échantillonnage

TP4 : Synthèse des lois de commande :

Synthèse des lois de commande à partir de la représentation d'état du système physique de TP1 (commandes : dreg, dlqr, etc.). Examen des réponses fréquentielles du système corrigé (commandes : dbode, dnyquist, dsigma, etc.).

TP5 : Implémentation des contrôleurs échantillonnés :

- Utilisation de Simulink pour implémenter les lois de commande (par retour d'états, par retour de sortie) ou des contrôleurs échantillonnés (PID numérique, RST, etc.).
- Examen des réponses temporelles du système bouclé pour différentes entrées de la consigne, de la perturbation et du bruit de mesure (Réglage et optimisation).

Mode d'évaluation :

Contrôle continu (40%) (20% TD+ 20% TP), Examen final (60%)

Références bibliographiques :

- [1] J.R. Ragazzini, G. F. Franklin, *Les systèmes asservis échantillonnés*, Dunod 1962.
- [2] Daniel Viault, Yves Quenec'hdu, *Systèmes asservis échantillonnés*, ESE 1977.
- [3] Christophe Sueur, Philippe Vanheeeghe, Pierre Borne *Automatique des systèmes échantillonnés : éléments de cours et exercices résolus*, Technip 5 décembre 2000.
- [4] P. Borne. G.D.Tanguv. J. P. Richard. F. Rotella, I. Zambetalcis, *Analyse et régulation de processus industriels-régulation numérique*, Tome 2-Editions Technip 1993.
- [5] Emmanuel Godoy, Eric Ostertag, *Commande numérique des systèmes : Approches fréquentielle et polynomiale*, Ellipses Marketing 2004.
- [6] Yves Granjon, *AUTOMATIQUE Systèmes linéaires, non linéaires, à temps continu, à temps discret, représentation d'état*, Dunod, Paris, 2001, 2010.

SEMESTRE	Intitulé de la matière		Coefficient	Crédits	Code
07	Supervision des systèmes industriels		03	05	ELNI 7.3
VHS	Cours	Travaux dirigés		Travaux Pratiques	
67h30	1h30	1h30		1h30	

Objectifs de l'enseignement :

À l'issue de ce cours, l'étudiant sera capable de :

1. Comprendre les concepts fondamentaux de la supervision industrielle
2. Maîtriser les différentes architectures de systèmes SCADA
3. Concevoir et implémenter des solutions de supervision
4. Utiliser les principaux protocoles de communication industriels
5. Mettre en place des systèmes d'alarmes et de reporting
6. Gérer la sécurité des systèmes de supervision

Connaissances préalables recommandées

Logique combinatoire et séquentielle, Réseaux informatiques, Programmation orientée objet, Capteurs et actionneurs, Métrologie industrielle, Systèmes d'acquisition

Contenu de la matière :

CHAPITRE 1 : INTRODUCTION À LA SUPERVISION INDUSTRIELLE (2 Semaines)

1. Concepts fondamentaux : Définition et objectifs de la supervision, Architecture générale, Niveaux de la pyramide CIM
2. Systèmes SCADA : Architecture des systèmes SCADA, Composants principaux, Fonctionnalités essentielles

CHAPITRE 2 : COMMUNICATIONS INDUSTRIELLES (3 Semaines)

1. Protocoles de communication : Modbus, Ethernet/IP, OPC UA, Profibus/Profinet
2. Architecture réseau : Topologies, Redondance, Sécurité réseau

CHAPITRE 3 : INTERFACES HOMME-MACHINE (3 Semaines)

1. Conception d'IHM : Ergonomie, Normes graphiques, Synoptiques
2. Gestion des alarmes : Configuration, Hiérarchisation, Historisation

CHAPITRE 4 : ACQUISITION ET TRAITEMENT DES DONNÉES (3 Semaines)

1. Acquisition de données : Types de variables, Échantillonnage, Filtrage
2. Stockage et historisation : Bases de données temps réel, Archivage, Compression de données

CHAPITRE 5 : SÉCURITÉ ET MAINTENANCE (2 Semaines)

1. Sécurité des systèmes : Cybersécurité, Gestion des accès, Sauvegarde et restauration
2. Maintenance : Maintenance préventive, Diagnostic, Documentation

Travaux pratiques :

TP1 : Introduction aux logiciels de supervision (2 séances)

- Découverte d'un logiciel SCADA (Exemple : WinCC, Ignition)
- Création d'une première application simple

TP2 : Communication industrielle (3 séances)

- Configuration Modbus TCP/IP
- Implementation OPC UA
- Tests de communication

TP3 : Développement IHM (4 séances)

- Création de synoptiques
- Animation graphique
- Gestion des alarmes et événements

TP4 : Base de données et reporting (3 séances)

- Configuration des historiques
- Création de rapports
- Analyse de données

TP5 : Projet intégré (4 séances)

- Réalisation d'une application complète
- Intégration multi-protocoles
- Mise en place sécurité

Mode dévaluation :

Contrôle continu (40%) (20% TD + 20% TP), Examen final (60%)

Références bibliographiques :

- [1] Boyer, R., "Supervision des procédés automatisés", Hermès Science, 2020
- [2] Favre, J.M., "Les systèmes SCADA", Dunod, 2018
- [3] Clarke, G., "Practical Modern SCADA Protocols", Newnes, 2021
- [4] Mahnke, W., "OPC Unified Architecture", Springer, 2019
- [5] Charoy, A., "Interfaces homme-machine pour les systèmes industriels", Dunod, 2019
- [6] Macaulay, T., "Cybersecurity for Industrial Control Systems", CRC Press, 2022
- [7] Guide de la sûreté de fonctionnement, Jean Claude Laprie, ISBN : 2854283821
- [8] Les bond graphs, Genevière DAUPHIN-TANGUY, ISBN : 2746201585
- [9] Logique floue et ses applications, Bernadette BOUCHON-Meunier, ISBN: 2879080738
- [10] Classification et commande par réseaux de neurones, Alain FAURE, ISBN: 978-2-74621443-9
- [11] Supervision des systèmes industriels, Techniques de l'ingénieur, REF : 42396210.

SEMESTRE	Intitulé de la matière		Coefficient	Crédits	Code
07	Electronique Radiofréquence		03	05	ELNI 7.4
VHS	Cours	Travaux dirigés		Travaux Pratiques	
67h30	1h30	1h30		1h30	

Objectifs de l'enseignement :

À l'issue de ce cours, l'étudiant sera capable de :

1. Comprendre les principes fondamentaux de l'électronique RF
2. Concevoir et analyser des circuits RF de base
3. Maîtriser les techniques de caractérisation RF
4. Utiliser les outils de simulation RF
5. Comprendre les contraintes d'intégration RF
6. Réaliser des mesures RF avec les équipements appropriés

Connaissances préalables recommandées

Électronique analogique, Électromagnétisme, Transformée de Fourier, Équations différentielles, Analyse vectorielle, Mesures électriques, Analyse spectrale

Contenu de la matière :

CHAPITRE 1 : FONDAMENTAUX RF (3 Semaines)

1. Introduction aux systèmes RF : Spectre électromagnétique, Applications RF, Architecture des systèmes RF
2. Paramètres fondamentaux : Impédance caractéristique, Paramètres S, Adaptation d'impédance, Facteur de bruit

CHAPITRE 2 : COMPOSANTS RF (3 Semaines)

1. Composants passifs : Inductances RF, Capacités RF, Résonateurs, Lignes de transmission
2. Composants actifs : Transistors RF, Diodes RF, Amplificateurs RF, Mélangeurs

CHAPITRE 3 : CIRCUITS RF (4 Semaines)

1. Amplification RF : LNA (Low Noise Amplifier), Amplificateurs de puissance, Adaptation d'impédance
2. Oscillateurs et synthèse de fréquence : VCO (Voltage Controlled Oscillator), PLL (Phase-Locked Loop), Synthétiseurs de fréquence
3. Mélangeurs et conversion de fréquence, Mélangeurs passifs et actifs, Architectures de réception, Architectures d'émission

CHAPITRE 4 : SYSTÈMES DE COMMUNICATION RF (3 Semaines)

1. Architectures des émetteurs/récepteurs : Superhétérodyne, Homodyne, SDR (Software Defined Radio)
2. Systèmes sans fil . GSM/UMTS. WiFi/Bluetooth , IoT/LoRa

Travaux pratiques

TP1 : Caractérisation RF (3 séances)

- Utilisation de l'analyseur de réseau vectoriel
- Mesure des paramètres S
- Caractérisation d'antennes

TP2 : Amplification RF (4 séances)

- Conception d'un LNA
- Mesure du facteur de bruit
- Adaptation d'impédance pratique

TP3 : Oscillateurs et PLL (3 séances)

- Réalisation d'un VCO
- Implémentation d'une PLL
- Mesures de bruit de phase

TP4 : Systèmes de communication (4 séances)

- Réalisation d'un émetteur simple
- Mise en œuvre d'un récepteur
- Mesures de performances

TP5 : Projet RF intégré (4 séances)

- Conception complète d'un système RF
- Mesures et caractérisation
- Optimisation des performances

Mode d'évaluation :

Contrôle continu (40%) (20% TD+ 20% TP), Examen final (60%)

Références bibliographiques :

- [1] Pozar, David M. (2022). *Microwave Engineering, 5th Edition*. Wiley, 736 p.
- [2] González, Guillermo (2020). *Foundations of Oscillator Circuit Design*. Artech House, 494 p.
- [3] Razavi, Behzad (2019). *RF Microelectronics, 3rd Edition*. Prentice Hall, 1008 p.
- [4] Ludwig, Reinhold & Bogdanov, Gene (2021). *RF Circuit Design: Theory and Applications, 3rd Edition*. Pearson, 704 p.
- [5] Misra, Devendra K. (2019). *Radio-Frequency and Microwave Communication Circuits: Analysis and Design*. Wiley, 614 p.
- [6] Lee, Thomas H. (2020). *Planar Microwave Engineering*. Cambridge University Press, 892 p.
- [7] Bahl, Inder (2018). *Fundamentals of RF and Microwave Transistor Amplifiers*. Wiley, 688 p.
- [8] White, Joseph F. (2020). *High Frequency Techniques: An Introduction to RF and Microwave Engineering*. Wiley-IEEE Press, 528 p.
- [9] Golio, Mike & Golio, Janet (2018). *RF and Microwave Passive and Active Technologies*. CRC Press, 816 p.
- [10] Hiebel, Michael (2021). *Fundamentals of Vector Network Analysis*. Rohde & Schwarz, 420 p.
- [11] Dunsmore, Joel P. (2020). *Handbook of Microwave Component Measurements: with Advanced VNA Techniques*. Wiley, 646 p.
- [12] Gilmore, Rowan (2019). *Practical RF Circuit Design for Modern Wireless Systems, Volume I: Passive Circuits*. Artech House, 592 p.
- [13] Zhang, Xiuping (2021). *5G RF Systems and Circuit Design*. Springer, 428 p.

SEMESTRE	Intitulé de la matière		Coefficient	Crédits	Code
07	Programmation avancée en Python		02	03	ELNI 7.5
VHS	Cours	Travaux dirigés		Travaux Pratiques	
45h00	1h30	-		1h30	

Objectifs de la matière :**Compétences visées :**

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

Objectifs :

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

Matériels nécessaires :

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

Prérequis : Programmation Python,**Contenu de la matière :****Chapitre 1 : Rappels sur la programmation en Python (02 Semaines)**

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

Chapitre 2 : Programmation et automatisation (04 semaines)

1. Principes d'Automatisation de tâches

- Bibliothèques Python pour l'automatisation :
 - ✓ Pandas et NumPy.
 - ✓ Os, shutil : manipulation de fichiers et dossiers
 - ✓ Openpyxl ou pandas : travail avec des fichiers Excel ou CSV
 - Définitions et exemples d'automatisation (envoi de mails,...)
2. Manipulation de fichiers avec Python :
- Utiliser les bibliothèques pour :
 - ✓ Parcourir un dossier (os.listdir)
 - ✓ Vérifier l'existence d'un fichier ou dossier (os.path.exists)
 - ✓ Créer ou supprimer des dossiers (os.mkdir, os.rmdir)
 - ✓ Visualiser des données : Matplotlib, Seaborn, Plitly
 - ✓ Request pour réagir avec des Interface de Programmation d'Application (API)
 - ✓ Beautiful Soup pour le Scraping de données
 - ✓ Tkinter, PyQt pour visualiser des données graphiques
 - Copier ou déplacer des fichiers avec shutil...
 - Recherche, tri et génération de rapports simples.
 - Sérialisation et Désérialisation (Utilisation du module pickle).
 - Sérialisation d'objets et traitement de fichiers volumineux (streaming).
 -
3. Exercices :
- Utilisation de openpyxl et pandas pour lire, modifier et écrire des fichiers Excel ou CSV pour :
 - ✓ Créer des rapports automatiques
 - ✓ Extraire automatiquement des données
 - ✓
 - Ecriture de scripts pour :
 - ✓ traiter des fichiers textes (recherche, tri)
 - ✓ automatiser des calculs techniques
 - ✓ gérer des rapports simples (PDF, Excel)
 - ✓
 - Algorithmes de tri, de recherche et de tri par insertion
 - Implémenter une fonction de recherche dans une liste.
 - Opération sur les fichiers
 - Navigation sécurisée (configuration de réseaux simples, gestion des mots de passe)
 -

Chapitre 3 : Apprentissage avancé d'Excel

(02 semaines)

1. Principes des macros et création d'une macro simple,
2. Tableaux croisés dynamiques,
3. Histogrammes,
4. Diagrammes en barres,
5. Araignée,
6. Etc.
7. Exercices Excel

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

1. Introduction à la gestion de projets :
 - Qu'est-ce qu'un projet ?
 - Quels sont les enjeux de gestion d'un projet ?
 - Interface de GanttProject
2. Les tâches (création, modification ,organisation)
3. Gestion du temps (dates de début ou de fin de projet)
4. Gestion des ressources
5. **Exercices** sur Gantt Project

Chapitre 4 : Programmation orientée objet avancée**(03 semaines)**

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

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

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

Travaux pratiques :**TP 01 : Maîtriser les bases de la programmation en Python***(Structures de contrôle, types, boucles, fonctions simples)*

1. Initiation
2. Lire et traiter des fichiers textes

3. Gérer des rapports simples (PDF, Excel)

TP 02 :

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

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

TP 03 :

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

TP 04 :

organiser une réunion en Ganttproject

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

TP 05 : Structures avancées et organisation du code

(Fonctions personnalisées, dictionnaires, modules et organisation modulaire)

TP 06 : Programmation orientée objet avancée en Python

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

TP 07 : Manipulation de fichiers et analyse de données

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

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

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

Projet final

Titre : Analyse et visualisation d'un jeu de données + modèle prédictif simple

Compétences mobilisées : Lecture de données, POO, structures avancées, Pandas, Scikit-learn.
(Présentation orale + rapport écrit).

Mode d'évaluation :

examen 60% , CC=40%

Bibliographie

- [8] . E.Schultz et M.Bussonnier (2020) : Python pour les SHS. Introduction à la programmation de données. Presses Universitaires de Rennes.
- [9] . C.Paroissin, (2021) : Pratique de la data science avec R : arranger, visualiser, analyser et présenter des données. Paris : Ellipses, DL 2021.
- [10] . 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
- [11] . Allen B. Downey Think Python: How to Think Like a Computer Scientist, O'Reilly Media, 2015;
- [12] . Ramalho, L.. Fluent Python. " O'Reilly Media, Inc.", 2022;
- [13] . Swinnen, G.. Apprendre à programmer avec Python 3. Editions Eyrolles, 2012;
- [14] . Matthes, E. Python crash course: A hands-on, project-based introduction to programming. no starch press, 2019
- [15] . Cyrille, H. (2018). Apprendre à programmer avec Python 3. Eyrolles, 6ème édition. ISBN: 978-2212675214
- [16] . Daniel, I. (2024). Apprendre à coder en Python, J'ai lu
- [17] . Nicolas, B. (2024). Python, du grand débutant à la programmation objet Cours et exercices corrigés, 3eme édition, Ellipses
- [18] . Ludivine, C. (2024). Selenium Maîtrisez vos tests fonctionnels avec Python, Eni

Ressources en ligne :

- Documentation officielle Python : docs.python.org
- Exercices Python sur Codecademy : [codecademy.com/learn/learn-python-3](https://www.codecademy.com/learn/learn-python-3)
- W3Schools Python Tutorial : [w3schools.com/python/](https://www.w3schools.com/python/)

SEMESTRE	Intitulé de la matière		Coefficient	Crédits	Code
07	Fiabilité, Maintenance et Diagnostic des Systèmes Électroniques Industriels		01	02	ELNI 7.6
VHS	Cours	Travaux dirigés		Travaux Pratiques	
45h00	1h30	-		1h30	

Objectifs :

1. Comprendre les concepts fondamentaux de la fiabilité des systèmes électroniques
2. Maîtriser les techniques de maintenance préventive et corrective
3. Développer des compétences en diagnostic de pannes
4. Acquérir une méthodologie d'analyse et de résolution des problèmes
5. Apprendre à utiliser les outils modernes de diagnostic
6. Comprendre la gestion de maintenance assistée par ordinateur (GMAO)

Pré requis : connaissances préalables

Électronique analogique et numérique, Probabilités et statistiques, Instrumentation électronique

Contenu de la matière :

Chapitre 1 : Fondamentaux de la fiabilité (4 semaines)

- 1.1 Introduction à la fiabilité : Définitions et concepts de base, Indicateurs de fiabilité, Normes et standards
- 1.2 Analyse statistique de la fiabilité : Lois de probabilité appliquées à la fiabilité, Distribution de Weibull, Analyse des données de défaillance
- 1.3 Fiabilité des composants électroniques : Mécanismes de défaillance, Facteurs environnementaux, Vieillesse des composants
- 1.4 Fiabilité des systèmes : Systèmes série et parallèle, Redondance, Optimisation de la fiabilité

Chapitre 2 : Maintenance industrielle (4 semaines)

- 2.1 Types de maintenance : Maintenance corrective, Maintenance préventive, Maintenance prédictive, Maintenance proactive
- 2.2 Organisation de la maintenance : Planification, Documentation technique, Gestion des pièces de rechange, Indicateurs de performance
- 2.3 GMAO : Principes de la GMAO, Mise en œuvre, Utilisation pratique, Analyse des données
- 2.4 Sécurité et réglementation : Normes de sécurité, Procédures d'intervention, Documentation légale, Habilitations

Chapitre 3 : Diagnostic des systèmes électroniques (4 semaines)

- 3.1 Méthodologie de diagnostic : Approche systématique, Analyse des symptômes
- Techniques de localisation, Documentation des interventions

3.2 Outils de diagnostic : Instruments de mesure, Analyseurs logiques, Oscilloscopes numériques, Logiciels de diagnostic

3.3 Diagnostic avancé : Analyse thermographique, Tests non destructifs, Diagnostic à distance, Intelligence artificielle appliquée

3.4 Cas pratiques : Études de cas industriels, Résolution de problèmes complexes, Optimisation des procédures, Retours d'expérience

Chapitre 4 : Amélioration continue (3 semaines)

4.1 Analyse des données : Collecte des données, Traitement statistique, Indicateurs de performance, Tableaux de bord

4.2 Actions d'amélioration : Analyse des causes racines, Plans d'action, Suivi des améliorations, Retour d'expérience

Travaux Pratiques

TP 1 : Analyse de fiabilité des composants (3h)

Objectif : Étudier la fiabilité des composants électroniques

Activités :

1. Tests de vieillissement accéléré
2. Mesure des paramètres de fiabilité
3. Analyse statistique des résultats
4. Prédiction de durée de vie

TP 2 : GMAO et maintenance préventive (3h)

Objectif : Maîtriser un logiciel de GMAO

Activités :

1. Configuration du logiciel
2. Création de plans de maintenance
3. Gestion des interventions
4. Analyse des indicateurs

TP 3 : Diagnostic de cartes électroniques (3h)

Objectif : Apprendre les techniques de diagnostic

Activités :

1. Test de cartes défectueuses
2. Utilisation d'instruments de mesure
3. Documentation des pannes
4. Réparation et validation

TP 4 : Thermographie et analyse non destructive (3h)

Objectif : Maîtriser les techniques d'inspection avancées

Activités :

1. Utilisation de caméra thermique
2. Analyse des points chauds
3. Détection de défauts
4. Rapport d'inspection

TP 5 : Maintenance prédictive (3h)**Objectif :** Implémenter un système de maintenance prédictive**Activités :**

1. Installation de capteurs
2. Configuration du monitoring
3. Analyse des données
4. Prédiction des pannes

TP 6 : Projet intégré (6h)**Objectif :** Appliquer l'ensemble des connaissances**Activités :**

1. Diagnostic complet d'un système
2. Plan de maintenance
3. Amélioration de la fiabilité
4. Présentation des résultats

Mode d'évaluation :

TP : 40% , Examen final : 60%

Références bibliographiques

- [1] Patrick D.T. O'Connor (2021). *Practical Reliability Engineering, 5th Edition*, Wiley.
- [2] Marvin Rausand (2020). *System Reliability Theory: Models, Statistical Methods, and Applications, 3rd Edition*.
- [3] R. Keith Mobley (2019). *Maintenance Engineering Handbook, 8th Edition*, McGraw-Hill.
- [4] Michael G. Pecht (2021). *Electronic Systems Quality Management*, CRC Press.
- [5] Milton Ohring (2020). *Reliability and Failure of Electronic Materials and Devices*, Academic Press.
- [6] R. Keith Mobley (2020). *Industrial Machinery Repair: Best Maintenance Practices Pocket Guide*.
- [7] Peter Tavner (2019). *Condition Monitoring of Rotating Electrical Machines*
- [8] Jean Heng, *Pratique de la maintenance préventive*, Dunod, 2002.
- [9] Renaud Caignet, *Management de la maintenance*, Dunod, 2002.
- [10] F. Monchy, *Maintenance : Méthodes et organisation*, Dunod, 2000.
- [11] Zwingelstein G, *Diagnostic de défaillance*, Hermès, paris 1997.
- [12] Raymond Magnan, *Pratique de la maintenance industrielle*, Dunod, 2003.
- [13] A. Bellaouar , S. Beulmi , Cours Fiabilité, maintenabilité et disponibilité (FMD), Université Constantin1, 2014;
- [14] Ph. Gayon. *Gestion des stocks : Notes de cours, exercices, projets et annales. Genie industriel*, INP Grenoble, 2015.
- [15] industriel, INP Grenoble, 2015.

SEMESTRE	Intitulé de la matière		Coefficient	Crédits	Code
07	Projet Personnel Professionnel		01	02	ELNI 7.7
VHS	Cours	Travaux dirigés		Travaux Pratiques	
22h30	-	-		1h30	

Objectifs :

Le Projet Personnel Professionnel (PPP) est une opportunité pour les étudiants d'appliquer les compétences et les connaissances acquises au cours de leur formation dans un contexte pratique et professionnel. Sous la supervision d'un professeur ou d'un ingénieur du département, les étudiants doivent réaliser un projet qui inclut plusieurs étapes clés.

Pré-requis :

Les étudiants devraient avoir des compétences en communication écrite et orale, ainsi qu'une réflexion préalable sur leurs intérêts et objectifs professionnels.

Contenu de la matière :

Chapitre.1 Recherche Documentaire : Une revue approfondie des travaux précédents et de la littérature existante pertinente au sujet du projet.

Chapitre.2 Définition du Problème : Une description claire et précise du problème à résoudre, incluant son contexte et son importance.

Chapitre.3 Méthodologie de Solution : L'élaboration et la justification de la méthode choisie pour résoudre le problème, en s'appuyant sur des approches théoriques et pratiques.

Chapitre.4 Résultats et Discussion : Présentation des résultats obtenus à partir de la solution proposée et une analyse critique de ces résultats.

Chapitre.5 Présentation professionnelle : Le projet se termine par la rédaction d'un rapport de qualité professionnelle et la création d'une affiche de présentation. Ces éléments doivent refléter la rigueur et la qualité du travail effectué.

SEMESTRE	Intitulé de la matière		Coefficient	Crédits	Code
07	Compatibilité Electromagnétique		01	01	ELNI 7.8
VHS	Cours	Travaux dirigés		Travaux Pratiques	
22h30	1h30	-		-	

Objectifs de l'enseignement

À l'issue de ce cours, l'étudiant sera capable de :

1. Comprendre et appliquer les principes fondamentaux de l'électromagnétisme dans le contexte de la pollution électromagnétique
2. Analyser l'impact des perturbations électromagnétiques sur les systèmes électroniques
3. Identifier et évaluer les sources potentielles de perturbation dans un environnement donné
4. Concevoir et mettre en œuvre des solutions de protection adaptées
5. Maîtriser les normes et réglementations en vigueur dans le domaine de la CEM
6. Réaliser des tests et mesures de compatibilité électromagnétique

Connaissances préalables recommandées

Les fondamentaux des mathématiques de l'ingénieur, Les bases de l'analyse statistique, Les principes du traitement du signal, Les notions fondamentales d'électromagnétisme

Contenu de la matière :

Chapitre 1 : Introduction à la Compatibilité Électromagnétique (CEM)

- 1.1. Concepts fondamentaux de la CEM
- 1.2. Organismes de réglementation nationaux et internationaux
- 1.3. Panorama des normes CEM : Normes par domaine d'application, Normes génériques, Normes produits
- 1.4. Terminologie et définitions essentielles

Chapitre 2 : Sources de Perturbations Électromagnétiques

- 2.1. Classification selon la méthode W. Duff
- 2.2. Sources permanentes et intermittentes
- 2.3. Sources impulsionnelles, Arcs électriques et foudre, Contacts électriques et charges inductives, Décharges électrostatiques (ESD)
- 2.4. Caractérisation des perturbations

Chapitre 3 : Mécanismes de Couplage

- 3.1. Couplage par impédance commune : Principes et modélisation, Méthodes d'analyse
- 3.2. Couplage capacitif : Théorie et calculs, Cas pratiques
- 3.3. Couplage inductif : Principes physiques, Applications
- 3.4. Couplage par rayonnement électromagnétique : Champ proche/champ lointain, Modèles de propagation

Chapitre 4 : Techniques de Protection CEM

- 4.1. Conception optimisée : Placement des composants, Routage optimal

- 4.2. Blindages électromagnétiques : Matériaux et efficacité, Méthodes de mise en œuvre
- 4.3. Filtrage : Filtres passifs et actifs, Dimensionnement
- 4.4. Protection contre les surtensions : Dispositifs de protection, Stratégies d'implémentation

Chapitre 5 : Conception des Circuits Imprimés et Intégrés

- 5.1. Sources d'émission sur les circuits
- 5.2. Caractéristiques des familles logiques : Paramètres électriques, Marges de bruit
- 5.3. Phénomènes transitoires : Ground bounce, Vias et effets parasites
- 5.4. Techniques de découplage
- 5.5. Conception multicouche : Technologies disponibles, Règles de conception
- 5.6. Lignes de transmission : Impédance caractéristique, Adaptation d'impédance

Chapitre 6 : Méthodes d'Investigation et Tests

- 6.1. Tests normalisés d'immunité : Décharges électrostatiques, Perturbations conduites, Creux de tension, Perturbations rayonnées, Champs magnétiques
- 6.2. Mesures d'émission : Perturbations conduites, Perturbations rayonnées
- 6.3. Instrumentation et protocoles de test

Mode d'évaluation :

Examen : 100%.

Références bibliographiques :

- [1] Paul, Clayton R. (2022). *Introduction to Electromagnetic Compatibility, 3rd Edition*. Wiley.
- [2] Ott, Henry W. (2023). *Electromagnetic Compatibility Engineering*, Wiley.
- [3] Mardiguian, Michel (2021). *EMI Troubleshooting Techniques*, McGraw-Hill.
- [4] Williams, Tim (2021). *EMC for Product Designers, 5th Edition*. Newnes.
- [5] Duff, W. G. (2020). *Electromagnetic Compatibility in Electronic Design*, CRC Press.
- [6] Christopoulos, Christos (2021). *Principles and Techniques of Electromagnetic Compatibility, 3rd Edition*. CRC Press.
- [7] Celozzi, Salvatore et al. (2020). *Electromagnetic Shielding*, Wiley-IEEE Press.
- [8] Montrose, Mark I. (2022). *EMC and the Printed Circuit Board: Design, Theory, and Layout*, IEEE Press.
- [9] Johnson, Howard W. (2021). *High-Speed Digital Design: A Handbook of Black Magic*, Prentice Hall.
- [10] Wyatt, Kenneth (2022). *EMC Design and Test Case Analysis*, Artech House.
- [11] Armstrong, Keith (2023). *EMC Design Techniques for Electronic Engineers*, Institution of Engineering and Technology.
- [12] Mardiguian, Michel (2021). *Guide pratique de la CEM*, Dunod.

SEMESTRE	Intitulé de la matière		Coefficient	Crédits	Code
07	Ingénierie Biomédicale		01	01	ELNI 7.9
VHS	Cours	Travaux dirigés		Travaux Pratiques	
22h30	1h30	-		-	

Objectifs de l'enseignement :

- Comprendre les principes des dispositifs médicaux électroniques
- Maîtriser l'instrumentation biomédicale
- Développer des compétences en maintenance d'équipements médicaux
- Assimiler les normes de sécurité médicale

Connaissances préalables recommandées

4. Électronique analogique et numérique
5. Capteurs et instrumentation
6. Traitement du signal
7. Programmation embarquée
8. Bases en physiologie

Compétences visées :

- Conception de systèmes biomédicaux
- Maintenance d'équipements hospitaliers
- Application des normes médicales
- Gestion de projets biomédicaux

Contenu de la matière:

Chapitre 1 – Fondements de l'ingénierie biomédicale (4 Semaines)

- Introduction aux systèmes biomédicaux
- Signaux physiologiques
- Interface homme-machine

Chapitre 2 - Instrumentation biomédicale (4 Semaines)

- Capteurs biomédicaux
- Conditionnement des signaux
- Systèmes d'acquisition

Chapitre 3 - Équipements de diagnostic (4 Semaines)

- ECG, EEG, EMG
- Monitoring patient
- Imagerie médicale basique

Chapitre 4 - Sécurité et normes**(3 Semaines)**

- Sécurité électrique
- Standards médicaux
- Certification des équipements

Mode d'évaluation :

Examen : 100%

Références bibliographiques :

- [1] Webster J.G., *"Medical Instrumentation: Application and Design"*, Wiley, 2020
- [2] Bronzino J.D., *"Medical Devices and Systems"*, CRC Press, 2018
- [3] Enderle J., *"Introduction to Biomedical Engineering"*, Academic Press, 2019
- [4] Northrop R.B., *"Analysis and Application of Analog Electronic Circuits to Biomedical Instrumentation"*, CRC Press, 2017
- [5] Carr J.J., Brown J.M., *"Introduction to Biomedical Equipment Technology"*, Prentice Hall, 2016

Programmes détaillés des matières du 8^{ième} semestre

SEMESTRE	Intitulé de la matière		Coefficient	Crédits	Code
08	Automates programmable industriels		04	06	ELNI 8.1
VHS	Cours	Travaux dirigés		Travaux Pratiques	
90h00	3h00	1h30		1h30	

Pré requis : connaissances préalables

Notions de bases sur l'automatisme et l'automatisation, systèmes industriels automatisés, Logique combinatoire, le Grafcet, Langages de programmation informatique, Circuits numériques, Capteurs et actionneurs.

Objectifs :

- Maîtriser l'architecture des API
- Sélectionner et dimensionner un API
- Programmer en langages normalisés
- Concevoir des solutions d'automatisation

Contenu de la matière :

Chapitre 1 : Introduction

(2 semaines)

1.1 Généralités sur les API

- Définition et historique
- Types d'API
- Domaines d'application

1.2 Interface avec l'Environnement

- Types d'entrées/sorties
- Capteurs et actionneurs
- Réseaux industriels

Chapitre 2 : Architecture des API

(4 semaines)

2.1 Structure Matérielle

- Unité centrale
- Mémoires
- Modules E/S
- Alimentations

2.2 Organisation Logicielle

- Système d'exploitation
- Cycle de scrutation
- Gestion des données
- Sécurités

2.3 Interfaces Spécifiques

- E/S TOR
- E/S analogiques
- Modules spéciaux
- Communication

Chapitre 3 : Programmation**(6 semaines)****3.1 Langages Normalisés**

- LADDER (LD)
- Liste d'instructions (IL)
- GRAFCET (SFC)
- Blocs fonctionnels (FBD)
- Texte structuré (ST)

3.2 Fonctions de Base

- Instructions logiques
- Temporisations
- Compteurs
- Opérations arithmétiques
- Comparaisons

3.3 Focus TSX-21

- Architecture spécifique
- Programmation
- Fonctions avancées
- Maintenance

Chapitre 4 : GRAFCET Multi-séquences**(3 semaines)****4.1 Structures Avancées**

- Sélection de séquences
- Séquences simultanées
- Synchronisation

4.2 Implémentation

- Traduction en LADDER
- Gestion des modes
- Tests et validation

Travaux Dérigés**TD1 : Architecture API**

- Analyse de configurations
- Dimensionnement

TD2 : Programmation LADDER

- Logique combinatoire
- Fonctions de base

TD3 : Fonctions Avancées

- Temporisations
- Compteurs
- Registres

TD4 : GRAFCET

- Structures simples
- Séquences multiples

TP Automates programmable industriels**Pré requis : connaissances préalables**

Une bonne maîtrise de la programmation dans des langages spécifiques aux API, tels que le ladder logic, le ST (StructuredText), ou le FBD (Function Block Diagram). Une compréhension des principes de base en électronique, incluant le fonctionnement des capteurs et des actionneurs,

Objectifs :

Les travaux pratiques ont pour objectif de former les étudiants à concevoir et programmer des séquences de contrôle pour des applications industrielles utilisant des API. Ils apprendront à intégrer des capteurs et des actionneurs dans des systèmes automatisés, tout en assurant une communication efficace et fiable.

Moyens Pédagogiques

Matériel

1. Automates

- Siemens S7-300/1200
- Schneider TSX
- Modules E/S

2. Maquettes

- Processus industriels
- Systèmes didactiques

Logiciels

- Step7/TIA Portal
- PL7 Pro
- Simulateurs

Travaux pratiques :

TP01 : Prise en main de l'environnement API :

- Simulation d'un système automatisé,
- Revue des différents logiciels.
- Introduction au logiciel Step7 de Siemens

TP02 : Mise en œuvre d'un API :

- Configuration Hardware.
- Initiation à la programmation en Ladder (Marche-Arrêt d'un actionneur avec maintien).
- Utilisation des entrées/sorties TOR : Utilisation des relais, contacteur, ... (Faire éventuellement les câblages nécessaires).

TP03 : Mise à l'échelle des entrées/sorties analogiques :

- Mesure du signal à l'entrée d'un capteur (faire éventuellement les câblages nécessaires).
- Utilisation de quelques blocs usuels : Opérations arithmétiques, temporisateurs, Génération d'un signal triangulaire, ...

TP04 : Contrôle du niveau d'un réservoir.

- Régulation
- Utilisation des blocs spéciaux (interruptions)

TP05 : Contrôle d'un vérin pneumatique

- Séquences
- Sécurités

TP06 : Contrôle de feux de signalisation tricolores pour une simple intersection

- Temporisations
- Modes de marche

TP07 : Contrôle d'une unité de remplissage et de transfert de bouteilles

Processus complexe
Optimisation

TP08 : Contrôle d'une perceuse automatisée

- Intégration
- Tests finaux

Mode d'évaluation :

20% TD ; 20% TP, Examen : 60%.

Références bibliographiques

- [1] *M. Pinot & al " Du grafset aux automate programmable" collection L.P édit Foucher, Paris 1986.*
- [2] *A. Bianciotto & Boye " L'informatique en automatisation industrielle" tome I, collection Techniques et Normalisation, édit Delagrave.*
- [3] *Ronald J. Tocci, Reynald Goulet. Circuits Numériques : Théorie et Applications. Edition 1996.*
4- *Mouloud Sbai. Logique combinatoire et composants numériques, Cours et Exercices Corrigés, Edition Ellipses, 2013.*
- [4] *Jean-Yves Fabert. Automatismes et Automatique : Cours et Exercices Corrigés. Edition Ellipses, 2003.*
- [5] *Simon Moreno, Edmond Peulot. Le Grafset : Conception-Implantation dans les automates programmables industriels. Edition Casteilla, 2009.*
- [6] *Jon Stenerson, "Fundamentals of Programmable Logic Controllers, Sensors, and Communications", Pearson, 2014.*
- [7] *Frank D. Petruzella, "Programmable Logic Controllers", McGraw-Hill Education, 2016.*
- [8] *Hugh Jack, "Automating Manufacturing Systems with PLCs", Creative Commons, 2013.*

SEMESTRE	Intitulé de la matière		Coefficient	Crédits	Code
08	Processeurs des signaux numériques (DSP)		03	05	ELNI 8.2
VHS	Cours	Travaux dirigés		Travaux Pratiques	
67h30	1h30	1h30		1h30	

Objectifs :

Connaître l'architecture interne d'un DSP et la plateforme matérielle intégrant ce DSP ainsi que l'environnement de développement sur une plateforme à base de DSP. A l'issue de cette matière, l'étudiant doit maîtriser le flot de conception et doit être également en mesure de faire une adéquation algorithme-architecture pour l'implémentation d'algorithmes sur une plateforme à base de processeurs DSP.

Pré-requis :

Systèmes à microprocesseurs. Traitement du signal. Programmation en assembleur et en C.

Contenu de la matière :

Chapitre 1 : Introduction au Processeur du Signal Digital (DSP) (3 Semaines)

Principes fondamentaux du traitement du signal et rôle du DSP. Architecture de base d'un processeur DSP et ses composants. Comparaison entre les processeurs DSP et les microcontrôleurs conventionnels. Applications typiques du DSP dans divers domaines de l'ingénierie électronique.

Chapitre 2 : Conception et Implémentation de Filtres Numériques sur DSP (4 Semaines)

Application de la DFT dans l'analyse spectrale et le filtrage fréquentiel. Conception de filtres FIR et IIR pour différentes spécifications de filtrage. Méthodes de mise en œuvre efficaces des filtres numériques sur DSP. Techniques avancées de conception de filtres adaptatifs et de réduction du bruit. Études de cas de filtrage numérique dans des applications réelles. Introduction à la Transformée en Z et son utilisation pour l'analyse de systèmes discrets.

Chapitre 3 : Traitement du Signal en Temps Réel sur DSP (4 Semaines)

Introduction au traitement du signal en temps réel. Méthodes de programmation et d'optimisation pour le traitement en temps réel sur DSP. Exemples d'applications en temps réel : traitement audio, traitement d'image, etc. Analyse des contraintes de temps réel et des performances des systèmes DSP.

Chapitre 4 : Applications Avancées et Tendances du DSP (4 Semaines)

Applications avancées du DSP : détection de signal, traitement de la parole, radar, etc. Utilisation du DSP dans les communications numériques : modulation, démodulation, etc. Tendances émergentes en DSP : DSP embarqué, intelligence artificielle sur DSP, etc. Études de cas et projets pratiques illustrant les applications réelles du DSP.

Travaux Pratiques :

TP1 : Prise en main de l'environnement de développement intégré

Compilation, chargement, exécution et débogage de programmes simples en C et en assembleurs. Utilisations des différents outils de débogage de l'IDE (Plot, expressions, registres, mémoire, clock...etc...).

TP2 : Familiarisation avec la programmation du DSP

- Codage d'une routine ASM (produit scalaire de deux vecteurs réels générés sur MATLAB et convertis en virgule fixe). La routine est appelée à partir du programme en C (interface C-ASM).
- Prise en main de CCS et découverte de la carte d'évaluation DSKTMS320C6x
- Environnement de développement intégré "Code Composer Studio (CCS)", compilation, chargement, exécution et débogage de programmes simples.

TP3 : Utilisation de Matlab avec la DSK TMS320C6x

- Simulations : Matlab ou Simulink, génération automatique du code pour la DSK en utilisant Simulink, Real Time Workshop et Code Composer Studio.
- Acquisition, traitement et restitution de signaux audio avec la DSKTMS320C6x. Échantillonnage, repliement de spectre, quantification, transfert de données du/au Codec et utilisation en mode scrutation ou en mode interruption.

TP4 : Génération de signaux avec la DSKTMS320C6x Génération d'ondes, onde sinusoïdale, modulation AM et modulation FM.

TP5 : Implémentation de filtres numériques par la DSKTMS320C6x

Mode d'évaluation :

20% TD ; 20% TP ; Examen : 60%.

Références bibliographiques :

- [1] M. Pinard, *Les DSP, famille ADSP 218 X : Principes et applications*, Dunod, 2000
- [2] *Real Time Digital Signal Processing: Implementations and Applications*, Sen M Kuo , 2006 Wiley
- [3] *Computer Architecture, Fifth Edition: A Quantitative Approach*. John L. Hennessy, David A. Patterson, 2011
- [4] Woon Seng Gan, Sen M. Kuo , *Embedded Signal Processing with the Micro Signal Architecture*, Wiley , 2007
- [5] S. K. Mitra, *Digital Signal Processing : A Computer Based Approach , 2 nd Ed.*, New York, NY:McGrawHill , 2001
- [6] R.Chassaing,D.Reay, *Digital Signal Processing and Applications with the TMS320C6713and TMS320C6416 DSK*, John Wiley Sons, 2008
- [7] T.B.Welch, C.H.G.Wright and M.G Morrow, *Real Time Digital*
- [8] *Signal Processing fromMATLAB to C with TMS320 C6xDSPs*, CRC Press, 2012
- [9] Proakis, J. G., & Manolakis, D. G. (2006). *Digital Signal Processing: Principles, Algorithms, and Applications*. Pearson Education.
- [10] Lyons, R. G. (2010). *Understanding Digital Signal Processing*. Prentice Hall
- [11] Mitra, S. K. (2010). *Digital Signal Processing: A Computer-Based Approach*. McGraw-Hill Education.

SEMESTRE	Intitulé de la matière		Coefficient	Crédits	Code
08	Electronique numérique avancée : FPGA et VHDL		03	05	ELNI 8.3
VHS	Cours	Travaux dirigés		Travaux Pratiques	
67h30	1h30	1h30		1h30	

Description de la matière :

Cette matière vise à former les futurs ingénieurs à la conception et à l'implémentation de systèmes numériques complexes utilisant des circuits logiques programmables et des FPGA. Il combine théorie et pratique pour permettre aux étudiants de maîtriser les outils et méthodologies de conception modernes.

Objectifs de l'enseignement :

À l'issue de ce module, l'étudiant sera capable de :

- Comprendre l'architecture interne des FPGA et leurs différentes familles
- Maîtriser le langage VHDL pour la description matérielle
- Concevoir et implémenter des systèmes numériques complexes
- Utiliser les outils de développement professionnels (Quartus, Vivado, ModelSim)
- Appliquer les méthodologies de vérification et test
- Optimiser les performances et les ressources d'un design FPGA

Connaissances préalables recommandées

Circuits logiques combinatoires et séquentiels, Algèbre de Boole et tables de vérité, Bases de l'électronique numérique, Notions de programmation

Contenu de la matière :

Chapitre 1 : Fondamentaux

4 semaines

1. Introduction aux circuits programmables : Histoire et évolution, Types de circuits programmables (SPLD, CPLD, FPGA), Comparaison avec les ASIC
2. Architecture des FPGA : Blocs logiques configurables (CLB), Réseaux d'interconnexion, Blocs d'entrée/sortie, Ressources spécialisées (DSP, RAM, PLL)
3. Flot de conception FPGA : Méthodologie de conception, Outils de développement, Contraintes temporelles, Processus de synthèse et placement-routage

Chapitre 2 : Programmation VHDL

6 Semaines

1. Révision et approfondissement VHDL : Types de données et opérateurs, Processus et signaux, Machines à états, Composants et hiérarchie
2. Outils de programmation : Altera Quartus II, Modelsim, Xilinx ISE
3. Structure d'une description VHDL simple, Entité

4. Les différentes descriptions d'une architecture (de type flot de données, comportemental ou procédural, structurel et architecture de test), Process, Les structures de contrôle en VHDL, Instructions séquentielles et concurrentes, Les paquetages et les bibliothèques
5. Techniques de conception avancées : Pipelines et registres, Synchronisation et horloge, Gestion des reset, Interfaces synchrones/asynchrones
6. Bonnes pratiques et patterns : Code synthétisable, Optimisation des ressources, Gestion des erreurs, Documentation et portabilité

Chapitre 3 : Applications et Optimisation

5 Semaines

1. Interfaces et protocoles : Bus série/parallèle, Protocoles standard (SPI, I2C, UART), Interfaces mémoire
2. Applications : Implémentation de quelques circuits logiques dans les circuits FPGA : Multiplexeur, Compteur, Comparateur, Registre à décalage, Filtre simple
3. Traitement numérique : Filtres numériques, Opérations arithmétiques, Traitement en temps réel
4. Systèmes complexes : Processeurs soft-core, Co-design matériel/logiciel, Debug et instrumentation

Travaux pratiques

Matériel Requis par Binôme

1. Carte FPGA (DE10-Lite ou Basys 3)
2. Oscilloscope numérique
3. Kit de composants électroniques
4. PC avec outils installés

TP 1 : Introduction au VHDL et à l'environnement de développement

Objectifs :

- Se familiariser avec l'environnement de développement (Quartus Prime ou Vivado)
- Comprendre la structure d'un code VHDL
- Réaliser des circuits combinatoires simples

Matériel nécessaire :

- Carte FPGA (Altera DE10 ou Xilinx Basys 3)
- Ordinateur avec logiciel de développement
- Breadboard et LEDs pour visualisation

Exercices :

1. Configuration de l'environnement
 - Installation du logiciel
 - Création d'un nouveau projet
 - Configuration de la carte FPGA
2. Premier circuit : Porte logique
 - Création d'une entité et architecture simple
 - Implémentation d'une porte AND à 2 entrées
 - Test sur simulateur
 - Déploiement sur carte
3. Circuit combinatoire : Multiplexeur 4:1
 - Description VHDL d'un MUX 4:1
 - Création du banc de test
 - Validation sur carte

TP2 : Conception Séquentielle et Machines à États

Objectifs

- Maîtriser les circuits séquentiels
- Implémenter des machines à états
- Gérer les horloges et synchronisation

Activités

1. Circuits Séquentiels

- Bascules et registres
- Compteurs synchrones
- Diviseurs de fréquence

2. Machines à États

- FSM simple (contrôle de feux tricolores)
- FSM hiérarchique
- Détecteur de séquence

3. Validation et Debug

- Simulation temporelle
- Analyse des timings
- Utilisation de l'analyseur logique intégré

TP 2 : Machines à États Finis (FSM)

Objectifs :

- Comprendre les machines à états
- Implémenter une FSM en VHDL
- Réaliser un contrôleur de feux de circulation

Exercices :

1. FSM basique

- Conception d'une machine à 4 états
- Implémentation des transitions
- Validation temporelle

2. Contrôleur de feux

- Conception du diagramme d'états
- Codage VHDL
- Test avec simulateur
- Implémentation sur carte avec LEDs

TP 3 : Traitement arithmétique

Objectifs :

- Implémenter des opérations arithmétiques
- Utiliser des composants complexes
- Optimiser les ressources

Exercices :

1. Additionneur N bits

- Conception paramétrable
- Gestion des retenues

- Optimisation des ressources
2. Multiplicateur séquentiel
- Algorithme de multiplication
 - Implémentation du contrôleur
 - Validation des performances

TP 4 : Communication série

Objectifs :

- Implémenter un protocole UART
- Gérer la communication série
- Réaliser un système complet

Exercices :

1. UART Transmetteur
 - Génération de la base de temps
 - Implémentation du protocole
 - Test de transmission
2. UART Récepteur
 - Synchronisation des données
 - Détection des trames
 - Validation du système complet

Mode d'évaluation :

Contrôle continu (40%) (20% TD+ 20% TP); Examen (60%).

Références bibliographiques :

- [1] Volnei A. Pedroni, "Circuit Design with VHDL", MIT Press, 2004
- [2] Jacques Weber, Sébastien Moutault, Maurice Meaudre, "Le langage VHDL du langage au circuit, du circuit au langage", Dunod, 2007
- [3] Christian Tavernier, "Circuits logiques programmables", Dunod 1992.
- [4] BROWN Stephen, VRANESIC Zvonko, "Fundamentals of Digital Logic with VHDL Design", 3rd Edition, McGraw-Hill, 2019
- [5] PEDRONI Volnei A., "Circuit Design with VHDL", MIT Press, 2020
- [6] CHU Pong P., "FPGA Prototyping By VHDL Examples: Xilinx Spartan-3 Version", Wiley, 2018
- [7] KAFKA David, "FPGA Programming for Beginners", Packt Publishing, 2021
- [8] MANO M. Morris, CILETTI Michael D., "Digital Design: With an Introduction to the Verilog HDL, VHDL, and SystemVerilog", 6th Edition, Pearson, 2018
- [9] ASHENDEN Peter J., "The Designer's Guide to VHDL", 3rd Edition, Morgan Kaufmann, 2008

SEMESTRE	Intitulé de la matière		Coefficient	Crédits	Code
08	Communication numériques-fondements et techniques		03	05	ELNI 8.4
VHS	Cours	Travaux dirigés		Travaux Pratiques	
67h30	1h30	1h30		1h30	

Pré requis : connaissances préalables

Notions de bases sur mathématiques appliquées, fondamentaux des signaux, des systèmes de communication, et de l'électronique de base.

Objectifs

Présentation des méthodes de communications numériques permettant le traitement de systèmes de télécommunication variées (sans fil, sur support ou par satellite). Dans cette unité l'étudiant acquerra des connaissances sur les techniques de modulation ainsi que la gestion de l'interférence entre symboles, la théorie de l'estimation appliquée aux communications avec les problématiques d'estimation du canal et de synchronisation et les techniques d'accès multiple

Contenu de la matière :

Chapitre 1. Transmission numérique en bande de base (3 Semaines)

Eléments d'une chaîne de transmission numérique, modulation en bande de base. Codes en ligne (Conversion bits/symboles et Mise en forme), Code NRZ Bipolaire, Code NRZ unipolaire, Code RZ unipolaire, Code Biphase/Manchester, Code HDB3 (Haute Densité Bipolaire d'ordre 3), Codes en lignes M-aires (Codes NRZ M-aires), Densité spectrale de puissance des codes en ligne, Critères de choix d'un code en ligne, Récupération du rythme au niveau du récepteur.

Chapitre 2. Canaux AWGN (4 Semaines)

Architecture générale d'un canal de transmission et les différents types de canaux, Le bruit et son effet sur les communications numériques, Effet du canal sur le débit d'une transmission numérique, Impact du bruit sur un signal numérique modulé, Critères de mesure de la qualité d'une transmission numérique, Notion d'enveloppe complexe.

Chapitre 3. Modulations numériques à bande étroite (4 Semaines)

Rappels sur les modulations analogiques, Modulation à déplacement d'amplitude (ASK), Modulation OOK, Modulations M-ASK symétriques, Réalisation physique et performances, Modulation à déplacement de phase (PSK), Constellations, Modulations M-PSK, Réalisation physique et performances, Modulation à deux porteuses en quadratique (QAM), Réalisation physique et performances, Modulation à déplacement de fréquence (FSK), Modulation MSK, Réalisation physique et performances d'une FSK binaire.

Chapitre 4. Transmission sur un canal à bande limitée (4 Semaines)

Effet du Canal sur la forme d'onde du code en ligne, Caractéristiques de l'Interférence entre symboles, Diagramme de l'œil, Condition d'absence d'interférence entre symboles, Critère de Nyquist, filtre en cosinus surélevé, Performances en termes de probabilité d'erreur d'un système M-aire avec filtrage de Nyquist, Répartition du filtrage entre l'émission et la réception.

Travaux Pratiques :

TP1 : Codes en Ligne et Mise en Forme

Objectif : Implémenter et analyser différents codes en ligne

Outils : MATLAB/Simulink

Contenu :

1. Implémentation des codes : NRZ unipolaire/bipolaire, RZ unipolaire, Manchester, HDB3
2. Analyse spectrale :
 - Calcul et tracé des DSP
 - Occupation spectrale
3. Comparaison des performances :
 - Bande passante
 - Immunité au bruit
 - Récupération d'horloge

TP2 : Canal AWGN et Bruit

Objectif : Étudier l'impact du bruit sur la transmission

Contenu :

1. Modélisation du canal AWGN
2. Mesures de performances : Rapport signal/bruit, Taux d'erreur binaire
3. Analyse des distributions : Histogrammes du bruit, Densité de probabilité
4. Simulation Monte-Carlo : Calcul du BER vs SNR, Courbes de performances

TP3 : Modulations Numériques

Objectif : Implémenter différentes modulations numériques

Contenu :

1. Modulations ASK/OOK : Modulation/Démodulation, Constellation
2. Modulations PSK/QPSK : Génération IQ, Démodulation cohérente
3. Modulation QAM: 16-QAM/64-QAMm Mapping Gray
4. Analyse des performances : Efficacité spectrale, Probabilité d'erreur

TP4 : Filtrage de Nyquist

Objectif : Étudier la transmission en bande limitée

Contenu :

1. Implémentation des filtres : Filtre en cosinus surélevé, Filtrage émission/réception
2. Analyse temporelle : Diagramme de l'œil, IES
3. Optimisation : Facteur de retombée, Synchronisation
4. Chaîne complète : Émission-canal-réception, Mesures de performances

Mode d'évaluation :

20% TD ; 20% TP ; Examen : 60%.

Références bibliographiques :

- [1] Proakis, "Digital Communications", Ed. Mac Graw Hill, 1995.
- [2] Mori Yvon, "Signaux aléatoires et processus stochastiques", Lavoisier, 2014
- [3] Hsu, Hwei P. Analog and Digital Communications (Schaum's Outlines) 2nd Edition, Mc Graw Hill. 2003.
- [4] Glavieux, M. Joindot, "Communications Numériques", Masson, 1996.
- [5] Glavieux, M. Joindot, "Introduction aux communications numériques", Collection: Sciences Sup, Dunod, 2007 ;

[6] P. Comon, "Communications numériques - Cours et exercices à l'usage de l'élève ingénieur",

SEMESTRE	Intitulé de la matière		Coefficient	Crédits	Code
08	Conception des systèmes embarqués		02	04	ELNI 8.5
VHS	Cours	Travaux dirigés		Travaux Pratiques	
67h30	1h30	-		3h00	

Objectifs :

À l'issue de ce cours, l'étudiant sera capable de :

- Comprendre les concepts fondamentaux des systèmes embarqués
- Maîtriser les architectures matérielles des systèmes embarqués
- Développer des applications en utilisant différents langages (C, Assembleur)
- Implémenter des solutions de communication entre périphériques
- Concevoir des applications embarquées complètes
- Optimiser les performances et la consommation énergétique

Prérequis :

Électronique numérique, Logique combinatoire et séquentielle, Architecture des processeurs, Programmation Langage C, Notions d'assembleur, Logiciels de développements intégré (Proteus Tool suite, Mplab, CCS), Notions de systèmes d'exploitation, Bases en temps réel

Contenu de la matière:

Chapitre 1 : Fondamentaux des Systèmes Embarqués (3 semaines)

1.1. Introduction et concepts de base : Évolution historique des systèmes embarqués, Définitions et caractéristiques fondamentales, Propriétés essentielles

1.2. Caractéristiques et contraintes : Spécificités des systèmes embarqués, Contraintes de conception, Critères de performance, Gestion de l'énergie

1.3. Applications et enjeux : Domaines d'application, Cas d'usage industriels, Défis technologiques actuels, Tendances futures

Chapitre 2 : Architecture Matérielle des Systèmes Embarqués (4 semaines)

2.1. Architectures fondamentales : Architecture von Neumann, Architecture Harvard, Comparaison et choix d'architecture

2.2. Microcontrôleurs, Structure interne, Composants principaux, Bus et interfaces, Mémoires et périphériques

2.3. Programmation bas niveau, Structure des programmes assembleur, Gestion des interruptions, Systèmes de temporisation, Comptage d'impulsions

2.4. Études de cas pratiques : Conception de systèmes à base de PIC, Implémentation d'applications simples, Debugging et optimisation

Chapitre 3 : Programmation des Systèmes Embarqués (4 semaines)

3.1. Programmation en langage C pour l'embarqué : Spécificités du C embarqué, Variables et types de données, Opérateurs spécifiques, Structures de contrôle

3.2. Gestion des ressources : Entrées/Sorties, Temporisations, Interruptions, Communication série

3.3. Optimisation et bonnes pratiques : Techniques d'optimisation mémoire, Gestion efficace du CPU, Debugging et tests, Documentation du code

Chapitre 4 : Communication et Interfaces (3 Semaines)

4.3. Protocoles de communication : UART/USART, I2C, SPI, CAN, Comparaison et sélection

4.4. Intégration matérielle : Gestion des capteurs, Contrôle des actionneurs, Interfaces externes, Optimisation énergétique

Chapitre 5 : Systèmes d'Exploitation Temps Réel (4 semaines)

5.1. Concepts RTOS : Introduction aux RTOS, Caractéristiques temps réel, Architectures multitâches, Machines d'état

5.2. Services et fonctionnalités : Ordonnancement, Gestion des tâches, Synchronisation, Communication inter-tâches

Chapitre 6 : Projet Intégré (2 semaines)

6.1. Développement d'une application complète : Exemple : Régulateur PID de température, Conception système, Implémentation, Tests et validation

6.2. Documentation et présentation : Documentation technique, Rapport de projet, Présentation des résultats

Travaux pratiques systèmes embarqués -

Simulation/Implémentation d'applications en utilisant les couples matériel/logiciel suivants: FPGA/VHDL, Arduino/C, Microprocesseur/Assembleur, PIC/C ou Assembleur, DSP/C, Raspberry PI...

TP1 : Introduction aux Systèmes Embarqués et Premiers Pas

Objectifs

- Configuration de l'environnement de développement
- Familiarisation avec différentes plateformes (Arduino, FPGA, PIC, etc.)
- Programmation basique des entrées/sorties numériques

Activités Pratiques

1. Installation et configuration des IDE nécessaires
2. Premier programme de clignotement LED
3. Lecture des entrées numériques (boutons poussoirs)
4. Découverte des différentes plateformes disponibles

TP2 : Communication et Protocoles

Objectifs

- Maîtrise des protocoles de communication série
- Implémentation de la communication infrarouge/RF
- Introduction au cryptage des signaux

Activités Pratiques

1. Configuration et utilisation de l'UART
2. Mise en place d'une communication IR/RF
3. Implémentation d'un algorithme de cryptage simple

4. Tests de communication entre périphériques

TP3 : Gestion des Interruptions et Événements

Objectifs

- Compréhension des mécanismes d'interruption
- Gestion des événements externes
- Implémentation de temporisations

Activités Pratiques

1. Configuration des interruptions pour les boutons
2. Gestion des rebonds (debouncing)
3. Mise en place de timers
4. Développement de la détection d'ouverture des portes

TP4 : Entrées Analogiques et PWM

Objectifs

- Utilisation des convertisseurs analogique-numérique
- Contrôle moteur par PWM
- Gestion des capteurs analogiques

Activités Pratiques

1. Lecture de capteurs analogiques
2. Contrôle de moteurs pour le verrouillage
3. Génération de signaux PWM
4. Implémentation du contrôle des actionneurs

TP5 : Interfaces de Communication Avancées

Objectifs

- Maîtrise des bus I2C et SPI
- Communication avec des périphériques complexes
- Affichage et retour utilisateur

Activités Pratiques

1. Configuration des bus I2C/SPI
2. Interface avec un écran LCD
3. Gestion d'une mémoire externe
4. Mise en place du tableau de bord

TP6 : Gestion de l'Énergie et Optimisation

Objectifs

- Optimisation de la consommation énergétique
- Implémentation des modes de veille
- Gestion des alertes et sécurités

Activités Pratiques

1. Mesure de la consommation
2. Implémentation des modes basse consommation
3. Gestion des alertes (portes mal fermées)
4. Optimisation du code

TP7 : Projet Final - Système de Condamnation Centrale

Objectifs

- Intégration de tous les concepts
- Développement d'une solution complète
- Test et validation du système

Activités Pratiques

1. Assemblage du système complet
2. Implémentation des fonctionnalités de sécurité
3. Tests d'intégration
4. Validation des performances

Modalités d'évaluation :

40% TP ; Examen : 60%.

Références bibliographiques:

- [1] *Arduino Workshop: A Hands-On Introduction with 65 Projects*; De John Boxall; No Starch Press 2013.
- [2] *C Programming for the Pc the Mac and the Arduino Microcontroller System*; De Peter D Minns; AuthorHouse-2013
- [3] *Raspberry Pi for Arduino Users: Building IoT and Network Applications and Devices*; De James R. Strickland; Apress-2018
- [4] *INTRENET OF THINGS WITH ARDUINO AND BOLD IOT: With Arduino and Bolt*; De Ashwin Pajankar ; Publié par BPB Publications 2018.
- [5] *Arduino: A Technical Reference: A Handbook for Technicians, Engineers, and Makers*; De J. M. Hughes; "O'Reilly Media, Inc." 2016.
- [6] *Building Arduino PLCs: The essential techniques you need to develop Arduino-based PLCs*; De Pradeeka Seneviratne; Apress-2017.
- [7] "Applications des systèmes embarqués," Blog Parasoft, 2024. <https://www.parasoft.com/blog/applications-des-systemes-embarques/>.
- [8] "Architecture des systèmes embarqués," UKO, 2024. <https://www.uko.fr/architecture-systemes-embarques/>
- [9] "Systèmes embarqués en temps réel," Blog Digi, 2024. <https://www.digi.com/blog/embedded-systems-in-real-time/>
- [10] M. Barr and A. Massa, *Programming Embedded Systems: With C and GNU Development Tools*, 2nd ed. Sebastopol, CA: O'Reilly Media, 2006
- [11] J. Cooling, *Software Engineering for Real-Time Systems*. Harlow, UK: Addison-Wesley, 2003
- [12] J. Yiu, *The Definitive Guide to ARM Cortex-M3 and Cortex-M4 Processors*, 3rd ed. Oxford, UK: Newnes, 2013.

SEMESTRE	Intitulé de la matière		Coefficient	Crédits	Code
08	Introduction au Traitement d'Images		01	02	ELNI 8.6
VHS	Cours	Travaux dirigés		Travaux Pratiques	
45h00	1h30	-		1h30	

Objectifs :

Comprendre les concepts de la capture et la numérisation des images. Connaître les différents paramètres et formats d'images numériques. Maîtriser les fondements de base de l'analyse d'images. Apprendre à utiliser les outils préliminaires en traitement numérique d'images de bas niveau avec une introduction aux traitements de haut niveau.

Pré-requis :

Traitement du signal.

Contenu de la matière :

Chapitre 1. Perception de la couleur (2 Semaines)

- Colorimétrie. Lumière et couleur dans la perception humaine
- Systèmes de représentation de la couleur : RGB, XYZ, YUV, HSV, YIQ
- Formats couleur et stratégies de traitement de l'image couleur

Chapitre 2. Capteurs d'images et dispositifs d'acquisition numérique (2 Semaines)

- Schéma de principe d'une chaîne de traitement d'images.
- Principe des capteurs CCD et CMOS, Spécifications des capteurs couleur
- Numérisation d'une image
- Notions de définition, résolution et quantification d'une image numérique (taille, dpi, ppi, bpp ...etc)
- Exemples de formats d'images numériques (BMP, TIFF, JPG, GIF et PNG)

Chapitre 3. Traitements de bases sur l'image (3 Semaines)

- Notion d'histogramme et de contraste
- Correction de la dynamique de l'image par les transformations affines sur l'histogramme
- Egalisation d'histogramme et correction gamma
- Opérations logiques et arithmétiques sur les images

Chapitre 4. Filtrage numérique des images (2 Semaines)

- Filtrage spatial et Convolution 2D : notion de masque (moyenleur, gaussien, binomial ...etc)
- Lissage linéaire puis non linéaire de l'image (médian ...etc)
- Filtrage fréquentiel : (FFT 2D et propriété de séparabilité, filtre passe-bas, passe-haut ...etc)

Chapitre 5. Détection de contours (3 Semaines)

- Objectifs et généralités, Types de contours

- Dérivées 1^{ère} : masque de convolution (Opérateurs de gradient : masque de Roberts, Prewitt, Sobel ...etc)
- Dérivées 2^{ème} d'une image (Opérateurs Laplacien, Filtre de Marr-Hildreth)
- Opérateurs Laplacien vs Opérateur de gradient (sensibilité aux bruits, localisation ...etc)
- Filtre optimal (critères d'optimalité, Canny et Derriche ...etc)

Chapitre 6. Segmentation et classification

(3 Semaines)

- Principe et différentes approches de segmentation (par seuillage, par régions, approche de la classification ...etc)
- Seuillage d'images : seuillage global, seuillage local, seuillage par détection de Vallées, seuillage dynamique, seuillage par minimisation de variance, méthodes de classification bayésienne ...etc
- Opérations morphologiques (dilatation, érosion, ouverture, fermeture ...etc)
- Extraction de paramètres et classification d'objets (distance Euclidienne, Kppv ...etc)

Travaux pratiques :

TP1 : Toolbox de Matlab de traitement d'images et de la vidéo

- Représentation des images digitales sous MATLAB
- Traitements sur la Couleur et palette
- Les séquences d'images et vidéo (multi frame array)

TP2 : Traitement numérique des images par MATLAB

- Prise en main des images : lecture, écriture affichage
- Transformations ponctuelles sur l'image
- Traitement sur l'histogramme
- Transformations Géométriques sur l'image

TP3 : Traitement fréquentiel des images sous MATLAB

- FFT2D et filtrage linéaire
- Modèles de bruits : débruitage des images
- Génération de filtres à partir des filtres spatiaux ou directement dans le domaine spectral

TP4 : Détection de contours et segmentation

Mode d'évaluation :

Contrôle continu : 40% ; Examen : 60%.

Références bibliographiques :

- [1] Stéphane Bres, Jean-Michel Jolion, Frank Lebourgeois, "Traitement et analyse des images numériques". Hermès- Lavoisier. 2003.
- [2] Richard Berry, James Burnell, "The Handbook of astronomical Image processing". 2nd Edition. 2006.
- [3] Rafael C. Gonzalez & Richard E Woods, "Digital Image Processing", Prentice Hall, 2008.
- [4] Radu Horaud et Olivier, "Vision par ordinateur". Editions Hermès, 1995 – 2ème édition.
- [5] J.P. Cocquerez et Sylvie Philipp, "Analyse d'images : Filtrage et segmentation". Elsevier-Masson.
- [6] Diane Lingrand, "Introduction au traitement d'images". Vuibert 2008.

[7] Gilles Burel, "Introduction au traitement d'images. Simulation sous Matlab". Hermès - Lavoisier. 2001 .

SEMESTRE	Intitulé de la matière		Coefficient	Crédits	Code
08	Stage en entreprise 2		01	01	ELNI 8.7
VHS	Cours	Travaux dirigés		Travaux Pratiques	
22h30	-	-		1h30	

DESCRIPTION DU STAGE

Stage professionnel axé sur l'application pratique des connaissances en électronique industrielle et l'acquisition d'une expérience concrète dans le secteur.

OBJECTIFS DÉTAILLÉS

1. Objectifs Techniques

- Maîtriser les systèmes d'automatisation industrielle
- Concevoir et maintenir des installations électroniques
- Implémenter des solutions de contrôle-commande
- Développer des systèmes de supervision

2. Objectifs Professionnels

- S'intégrer dans un environnement industriel
- Participer à des projets d'envergure
- Développer des compétences en gestion de projet
- Acquérir une expérience pratique

PRÉ-REQUIS

1. Compétences Techniques

- Électronique de puissance
- Automatismes industriels
- Instrumentation et mesure
- Programmation automate (PLC)

2. Connaissances Théoriques

- Théorie des systèmes
- Électrotechnique
- Réseaux industriels
- Normes de sécurité

CONTENU DU STAGE

1. Phase de Préparation :

Recherche d'Entreprise : Identification des industries pertinentes, Contact avec les entreprises partenaires, Processus de sélection

- Aspects Administratifs : Convention de stage, Assurance professionnelle, Documents requis

2. Phase d'Intégration :

Intitulé : Génie Electronique industrielle

Année universitaire

Etablissement

- Découverte de l'Entreprise : Structure organisationnelle, Processus industriels, Normes et procédures

- Formation Initiale : Sécurité industrielle, Outils spécifiques, Méthodes de travail

3. Phase Opérationnelle

- Projets Industriels : Analyse des besoins, Conception de solutions, Mise en œuvre technique, Tests et validation

- Maintenance et Amélioration : Diagnostic des systèmes, Optimisation des processus, Documentation technique

4. Phase de Conclusion

- Finalisation : Clôture des projets, Documentation complète, Transfert des connaissances

MISSIONS TECHNIQUES SPÉCIFIQUES

1. Automatisation

- Programmation d'automates
- Configuration de systèmes SCADA
- Installation de capteurs
- Calibration d'instruments

2. Maintenance

- Diagnostic de pannes
- Réparations électroniques
- Maintenance préventive
- Optimisation des systèmes

3. Projets d'Amélioration

- Études d'efficacité
- Modernisation d'installations
- Implémentation de solutions IoT
- Optimisation énergétique

SUIVI ET ÉVALUATION

1. Rapport de Stage

- Structure du Rapport : Contexte industriel, Projets réalisés, Analyses techniques, Résultats et recommandations

- Documentation Technique : Schémas électriques, Programmes développés, Procédures de maintenance, Rapports de tests

2. Soutenance Orale

- Présentation : 30 minutes d'exposé, 15 minutes de questions, Démonstration technique

- Évaluation : Qualité technique (40%), Communication (20%), Documentation (20%), Réalisations pratiques (20%)

3. Évaluation Continue

- Par le Tuteur Entreprise : Compétences techniques, Intégration dans l'équipe, Autonomie, Initiative

- Par le Tuteur Académique : Suivi des objectifs, Qualité du reporting, Progression globale

SEMESTRE	Intitulé de la matière	Coefficient	Crédits	Code
08	Éléments d'intelligence artificielle appliquée	02	02	ELNI 8.8
VHS	Cours	Travaux dirigés		Travaux Pratiques
45h00	1h30	-		1h30

Compétences visées :

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

Objectifs :

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

Prérequis :

Programmation avancée Python

Matériels nécessaires :

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

Contenu de la matière :**Chapitre 1 : Introduction à l'intelligence artificielle l'IA (01 semaine)**

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

Chapitre 2 : Mathématiques de base pour l'IA (01 semaine)

1. **Algèbre linéaire** : vecteurs, matrices, produits, normes.
2. **Probabilités & statistiques** :
 - Variables, espérance, variance.
 - Lois usuelles : normale, binomiale, uniforme.
3. **Régression linéaire simple** :
 - Formulation, coût, optimisation.
 - Mise en œuvre avec **Scikit-learn**.
4. **Exercices** :

- Manipulation de matrices avec la bibliothèque NumPy (Python)
- Exercice sur la régression linéaire (utiliser une bibliothèque Python comme Scikit-learn par exemple)
- Expliquer la bibliothèque Matplotlib (Python)

Chapitre 3 : Apprentissage automatique (Machine Learning)

(03 semaines)

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

Chapitre 4 : Classification supervisée

(3 semaines)

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

Chapitre 5 : Apprentissage non supervisé

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

Chapitre 6 : Les réseaux de neurones

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

3. Exercices :

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

Chapitre 6 : Introduction Les réseaux de neurones

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

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

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

Travaux pratiques :

TP 01 : Initialisation

TP 02 :

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

TP 03 :

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

TP 04 :

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

TP 05 :

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

TP 06 :

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

Mode d'évaluation :

examen 60% , CC=40%

Bibliographie :

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

SEMESTRE	Intitulé de la matière		Coefficient	Crédits	Code
08	Respect des normes et règles d'éthique et d'intégrité		01	01	ELNI 8.9
VHS	Cours	Travaux dirigés		Travaux Pratiques	
22h30	1h30	-		-	

Objectifs :

Développer la sensibilisation des étudiants aux principes éthiques. Les initier aux règles qui régissent la vie à l'université (leurs droits et obligations vis-à-vis de la communauté universitaire) 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.

Pré-requis : une connaissance des régulations spécifiques du domaine concerné et une capacité à les intégrer de manière proactive dans toutes les décisions et actions professionnelles.

Contenu de la matière :

A- Ethique et déontologie

I. Notions d'Ethique et de Déontologie

(3 semaines)

1. Introduction

1-1 Définitions : Morale, éthique, déontologie

1-2 Distinction entre éthique et déontologie

2. 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.

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)

II. Recherche intègre et responsable

(3 semaines)

1. Respect des principes de l'éthique dans l'enseignement et la recherche

2. 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

3. 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.

B- Propriété intellectuelle

I- Fondamentaux de la propriété intellectuelle

(1 semaine)

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**(5 semaines)**

1- Droit d'auteur dans l'environnement numérique

Introduction. Protection des créations des logiciels. Protection des créations des Bases de données. Protection des données personnelles. 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. Utilité d'un brevet. Conditions de brevetabilité. Dépôt d'une demande de brevet en Algérie et dans le monde. Droits et revendications dans un brevet.

4- Marques, dessins et modèles

Définition. Droit des Marques. Droit des dessins et modèles. Appellation d'origine. Le secret. La contrefaçon.

5. Droit des Indications géographiques

Définitions. Protection des Indications Géographiques en Algérie. Traités internationaux sur les indications géographiques.

III- Protection et valorisation de la propriété intellectuelle (3 semaines)

Modes de protection de la propriété intellectuelle. Violation des droits et outil juridique.

Valorisation de la propriété intellectuelle. Protection de la propriété intellectuelle en Algérie.

Mode d'évaluation :

Examen 100 %

Références bibliographiques :

- [1] *Le site de l'Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle* www.wipo.int
- [2] *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
- [3] *Arrêtés N°933 du 28 Juillet 2016 fixant les règles relatives à la prévention et la lutte contre le plagiat*
- [4] *L'abc du droit d'auteur, organisation des nations unies pour l'éducation, la science et la culture (UNESCO)*
- [5] *E. Prairat, De la déontologie enseignante. Paris, PUF, 2009.*
- [6] *Racine L., Legault G. A., Bégin, L., Éthique et ingénierie, Montréal, McGraw Hill, 1991.*
- [7] *Siroux, D., Déontologie : Dictionnaire d'éthique et de philosophie morale, Paris, Quadrige, 2004, p. 474-477.*
- [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.*

Programmes détaillés des matières du 9^{ième} semestre

SEMESTRE	Intitulé de la matière		Coefficient	Crédits	Code
09	Intelligence Artificielle Embarquée		03	05	ELNI 9.1
VHS	Cours	Travaux dirigés		Travaux Pratiques	
67h30	1h30	1h30		1h30	

Description du cours :

Ce cours couvre l'implémentation des techniques d'intelligence artificielle dans les systèmes embarqués, en mettant l'accent sur l'optimisation et l'efficacité.

Objectifs de l'enseignement :

- Maîtriser les concepts fondamentaux de l'IA appliquée aux systèmes embarqués
- Comprendre et implémenter les différentes méthodes d'apprentissage
- Développer des applications pratiques d'IA embarquée
- Optimiser les solutions pour les contraintes embarquées
- Acquérir une expérience pratique via des projets concrets

Connaissances préalables recommandées

Mathématiques : algèbre linéaire, probabilités, statistiques, Programmation : Python, MATLAB, C/C++, Bases en systèmes embarqués, Notions de traitement du signal et d'images, Électronique numérique fondamentale.

Contenu de la matière :

CHAPITRE 1 : FONDEMENTS DE L'IA ET SYSTÈMES EMBARQUÉS (3 semaines)

1. Introduction à l'Intelligence Artificielle : Définitions et concepts fondamentaux, Historique et évolution, Types d'IA, Avantages et limitations, Considérations éthiques

2. Systèmes Embarqués pour l'IA : Architecture matérielle, Contraintes de ressources, Systèmes temps réel, Optimisation des performances, Frameworks et outils

3. Intégration IA-Embarqué : Défis techniques, Solutions d'implémentation, Optimisation des ressources, Méthodologies de déploiement

CHAPITRE 2 : APPRENTISSAGE AUTOMATIQUE FONDAMENTAL (4 semaines)

1. Apprentissage Supervisé : Principes de base, Algorithmes de classification, Méthodes de régression, Validation et test, Naive-Bayes, Decision Trees, Random Forest, SVM

2. Apprentissage Non Supervisé : Clustering (K-Means), Réduction dimensionnelle (PCA), Détection d'anomalies, Applications pratiques

3. Méthodes d'Ensemble : Bagging, Boosting, Stacking, Optimisation pour l'embarqué

CHAPITRE 3 : RÉSEAUX DE NEURONES ET DEEP LEARNING (5 semaines)

1. Architectures Neuronales Fondamentales : Perceptron multicouche (MLP), Réseaux RBF, Réseaux récurrents (RNN), Réseaux binaires (BNNs)

2. Architectures Avancées : Réseaux CNN, Réseaux profonds (DCNN), Architectures modernes (VGG-16, ResNet), LSTM et GRU

3. Optimisation pour l'Embarqué : Quantification, Compression des modèles, Accélération matérielle, Techniques d'inférence efficace

CHAPITRE 4 : APPLICATIONS ET IMPLÉMENTATION (3 semaines)

1. Traitement du Signal : Analyse audio, Reconnaissance vocale, Filtrage intelligent, Applications temps réel

2. Vision par Ordinateur : Détection d'objets, Reconnaissance de formes, Segmentation d'images, Applications embarquées

3. Systèmes de Contrôle Intelligent : Contrôle adaptatif, Apprentissage par renforcement, Q-Learning, Applications robotiques

4. Déploiement et Optimisation : Méthodologies d'implémentation, Outils de développement, Tests et validation, Maintenance et mise à jour

Travaux pratiques :

TP1 : Introduction aux Systèmes Embarqués pour l'IA

Objectif : Familiarisation avec les plateformes et outils

- Configuration de l'environnement de développement
- Installation des frameworks (TensorFlow Lite, Edge Impulse)
- Tests de performance basiques
- Mesures de ressources (CPU, mémoire, énergie)

Matériel : STM32 ou ESP32, capteurs basiques

TP2 : Apprentissage Automatique Classique

Objectif : Implémentation d'algorithmes ML sur système embarqué

Partie 1

- Implémentation K-means pour clustering de données
- Classification avec SVM optimisé
- Validation des performances

Partie 2

- Random Forest pour classification
- Optimisation des hyperparamètres
- Déploiement sur microcontrôleur

Matériel : Plateforme embarquée, capteurs

TP3 : Réseaux de Neurones Embarqués

Objectif : Développement de solutions DL optimisées

Partie 1

- Création et entraînement d'un MLP simple
- Quantification du modèle
- Tests de performance

Partie 2

- Implémentation CNN léger
- Optimisation mémoire et calculs
- Évaluation des performances

Matériel : Carte avec accélération IA, caméra

TP4 : Applications Pratiques

Objectif : Développement d'applications réelles

Partie 1

- Reconnaissance d'objets avec CNN
- Traitement audio temps réel
- Optimisation des modèles

Partie 2

- Système de contrôle intelligent
- Déploiement et tests
- Mesures de performance

Matériel : Kit complet avec capteurs variés

TP5 : Projet Intégré

Objectif : Réalisation d'un projet complet

- Conception d'une solution complète
- Implémentation et optimisation
- Tests et validation
- Documentation technique

Mode d'évaluation :

Contrôle continu (40%) (20% TD+ 20% TP), Examen final (60%)

Références bibliographiques :

- [1] T. J. Ross, "Fuzzy Logic with Engineering Applications," 3rd ed., John Wiley & Sons, 2010.
- [2] S. Haykin, "Neural Networks and Learning Machines," 3rd ed., Prentice Hall, 2008.
- [3] J-S. R. Jang, C.-T. Sun, and E. Mizutani, "Neuro-Fuzzy and Soft Computing: A Computational Approach to Learning and Machine Intelligence," Prentice Hall, 1997.

- [4] B. Widrow and S. D. Stearns, "Adaptive Signal Processing," Prentice Hall, 1985.
- [5] "TinyML: Machine Learning with TensorFlow Lite" Pete Warden, Daniel Situnayake (2020) O'Reilly Media Chapitres pertinents : 1-3, 5-7
- [6] "Deep Learning for Embedded Systems" Alessandro Lambruschini (2023) Packt Publishing Chapitres pertinents* : 2-4, 6-8
- [7] "Embedded Deep Learning" Xiaofan Zhang, Yuhong Li (2024) Springer Chapitres pertinents : 1-3, 5-7, 9
- [8] "Efficient Neural Networks for Resource-Constrained Devices" IEEE Transactions on Neural Networks (2023)
- [9] "Optimizing Deep Learning Models for Embedded Systems" ACM Transactions on Embedded Computing Systems (2024)
- [10] "Survey of Machine Learning Implementation Techniques for Embedded Systems" Journal of Systems Architecture (2023)

SEMESTRE	Intitulé de la matière		Coefficient	Crédits	Code
09	Régulateurs Industriels		04	06	ELNI 9.2
VHS	Cours	Travaux dirigés		Travaux Pratiques	
67h30	1h30	1h30		1h30	

Objectifs de l'enseignement:

L'objectifs de ce cours est de :

- Comprendre les principes fondamentaux de la régulation industrielle et ses applications
- Maîtriser les différents types de régulateurs et leurs caractéristiques
- Savoir dimensionner et régler les régulateurs selon les besoins industriels
- Choisir le régulateur approprié pour un procédé industriel afin d'obtenir des performances requises (stabilité, précision).
- Acquérir une expertise pratique à travers des applications concrètes

Connaissances préalables recommandées

Notions d'électronique analogique et numérique, Bases en automatique et systèmes asservis, Connaissances en mathématiques (calcul différentiel, transformées), Notions de base en instrumentation industrielle

Contenu de la matière :

Chapitre 1 : Représentation symbolique de la Régulation industrielle (3 semaines)

- 1.1 Notions de procédé industriel : Définition et caractéristiques, Variables et paramètres
- 1.2 Organes d'une boucle de régulation : Procédé industriel, Actionneurs et capteurs, Régulateurs et conditionneurs, Consignes et mesures, Perturbations
- 1.3 Représentation des systèmes régulés : Schémas TI et symboles normalisés, Schémas fonctionnels, Boucles de régulation
- 1.4 Architecture des régulateurs industriels : Signaux d'entrée/sortie, Blocs fonctionnels, Sélecteurs et indicateurs

1.5 Classification des régulateurs : Pneumatiques, Électroniques, Numériques

Chapitre 2 : Critères de performance d'une régulation (2 semaines)

2.1 Caractéristiques statiques : Gain statique, Précision, Stabilité

2.2 Caractéristiques dynamiques : Rapidité, Dépassement, Temps de réponse

2.3 Paramètres de performance : Critères temporels, Critères fréquentiels, Indices de performance

Chapitre 3 : Régulateurs industriels (4 semaines)

3.1 Structure de base : Principe de fonctionnement, Sens d'action, Raccordements électriques

3.2 Régulateurs tout ou rien : Simple seuil, Avec hystérésis, Combiné seuil et hystérésis

3.3 Régulateurs PID : Action proportionnelle (P), Action intégrale (I), Action dérivée (D), Structures : série, parallèle, mixte

3.4 Régulation en cascade : Principe, Boucle interne, Boucle externe

Chapitre 4 : Choix et dimensionnement des régulateurs (4 semaines)

4.1 Critères de sélection : Type de procédé, Contraintes techniques, Performances requises

4.2 Méthodes de dimensionnement : Approches analytiques, Méthodes empiriques

4.3 Réglage des PID : Méthode par approches successives, Identification du procédé, Méthode de Ziegler-Nichols, Boucle ouverte, Boucle fermée

4.4 Réglage des régulations complexes : Cascade, Multizone

Chapitre 5 : Applications industrielles (2 semaines)

5.1 Régulation de température : Fours industriels, Échangeurs thermiques

5.2 Régulation de débit : Liquides, Gaz

5.3 Régulation de niveau : Cuves, Réservoirs

5.4 Régulation de pression : Circuits hydrauliques, Systèmes pneumatiques

Travaux pratiques :

TP1 : Étude des capteurs et actionneurs

- Caractérisation des capteurs industriels
- Étude des actionneurs électriques et pneumatiques
- Conditionnement des signaux

TP2 : Régulateurs tout ou rien

- Mise en œuvre d'un régulateur à seuil
- Étude de l'hystérésis
- Applications sur banc didactique

TP3 : Régulateurs PID

- Réglage d'un régulateur P, PI, PID
- Influence des paramètres
- Optimisation des réglages

TP4 : Régulation en cascade

- Configuration d'une régulation cascade
- Réglage des boucles
- Tests de performance

TP5 : Applications pratiques

- Régulation de température
- Régulation de niveau
- Analyse des performances

Mode d'évaluation :

Contrôle continu (40%) (20% TD + 20% TP), Examen final (60%)

Références bibliographiques :

[1] Régulation industrielle Auteurs: M.KSOURI et P.BORNE Editions Technip, Paris.1997

[2] Régulateur PID en génie électrique Auteur: Dominique Jacob Ellipses, édition marketing S.A, 1999

[3] Datta, A., Ho, M. T., and Bhattacharyya, S. P. Structure and Synthesis of PID Controllers, Springer-Verlag, London, UK, 2000.

[4] De Larminat P., Automatique appliquée. Hermes Lavoisier, 2009.

[5] Régulation classique en industrie, support de cours pour BTS-GM: conception et réalisation Mohamed BOUASSIDA, version Mai 2010

SEMESTRE	Intitulé de la matière		Coefficient	Crédits	Code
09	Systèmes temps réel		03	05	ELNI 9.3
VHS	Cours	Travaux dirigés		Travaux Pratiques	
67h30	1h30	1h30		1h30	

Description du Cours :

Ce cours fournit des connaissances sur les systèmes d'exploitation temps réel (RTOS) et leurs applications dans les systèmes embarqués. Les étudiants apprendront les principes, les considérations de conception, les algorithmes d'ordonnancement et les mécanismes de synchronisation impliqués dans la construction de systèmes temps réel.

Pré requis : connaissances préalables

Notions de programmation système. Conception des systèmes à microprocesseurs.

Objectifs :

- Comprendre les fondamentaux des systèmes temps réel et leurs exigences
- Découvrir les différents types de systèmes d'exploitation temps réel et leurs caractéristiques
- Acquérir une expertise dans la conception, l'implémentation et l'analyse des algorithmes d'ordonnancement temps réel
- Explorer les techniques de synchronisation pour les systèmes temps réel
- Développer des compétences en programmation, débogage et test d'applications temps réel

Contenu de la matière :**Chapitre 1 : Introduction aux Systèmes d'Exploitation (02 semaines)**

- Définition et fonctions d'un système d'exploitation
- Types de systèmes d'exploitation : traitement par lots, multiprogrammation, temps partagé, distribué et temps réel
- Processus et threads : définition, attributs et états
- Algorithmes d'ordonnancement : FCFS, SJF, Round Robin, Ordonnancement par priorité

Chapitre 2 : Généralités sur les systèmes embarqués temps réel (02 semaines)

- Définition et caractéristiques des systèmes temps réel
- Types de systèmes temps réel : dur, ferme et souple

- Rappels sur les microprocesseurs, microcontrôleurs, FPGA, DSP,
- Rappels sur les architectures CISC, RISC, SSI, MSI, LSI, VLSI, ULSI, ...
- Définition, Spécifications, caractéristiques, utilisations, réalisations des systèmes embarqués.
- Rappels sur l'architecture d'un ordinateur. Place du système d'exploitation dans l'ordinateur.
- Défis et exigences dans la conception des systèmes temps réel

Chapitre 3 : Gestion des tâches. Ordonnancement et temps réel (04 semaines)

- Définition des types de tâches (graphe des états des tâches gérées par un noyau temps réel). Opérations sur les processus (Création, Destruction, Suspension, ...). Gestions des tâches (partage du processus, algorithmes d'ordonnancement préemptif et non préemptif, définition de quelques algorithmes d'ordonnancement : FCFS, SJF, ...), Bloc de Contrôle des processus PCB, ...
- Ordonnancement Rate-Monotonic (RMS)
- Ordonnancement Earliest Deadline First (EDF)
- Comparaison des différents algorithmes d'ordonnancement

Chapitre 4 : Gestion de la mémoire (02 semaines)

- Exigences de gestion mémoire dans les systèmes temps réel
- Gestion de mémoire virtuelle (pagination, segmentation, cache). Gestion de la mémoire physique (Définition, adressage, politiques (algorithmes) d'allocation, (FF, BF, WF, ...))
- Techniques d'allocation et de libération de mémoire
- Protection de la mémoire et contrôle d'accès

Chapitre 5 : Gestion du parallélisme et communication entre processus (02 semaines)

Compétition, coopération, synchronisation basée sur les sections et ressources critiques, et exclusion mutuelle.

Synchronisation et Communication : Exclusion mutuelle et son importance dans les systèmes temps réel, Primitives de synchronisation : sémaphores, mutex et variables de condition, Mécanismes de communication inter-processus, Interblocage et inversion de priorité dans les systèmes temps réel Exemple de problème de synchronisation classique (Problème producteur-consommateur). Communication entre processus (Tubes, tubes nommés, ...)

Chapitre 6 : Programmation temps réel (03 semaines)

Introduction à la Programmation concurrente : Gestion des aspects multitâches, Exclusion mutuelle, Synchronisation, Communication ... Programmation temps réel (Langage temps réel : OSA, JAVA2 temps réel, ADA, Modula2, ...).

Considérations de Conception des Systèmes Temps Réel : Patrons de conception pour les systèmes temps réel, Techniques de réduction de la latence système, Gestion de l'énergie dans les systèmes temps réel

Études de Cas et Applications : Exemples réels de systèmes temps réel, Études de cas dans les domaines automobile, aérospatial, médical et industriel, Défis et solutions dans la conception de systèmes temps réel pour des applications spécifiques

Travaux pratiques :

TP 01. Simulation d'ordonnancement de tâches :

- Simuler des algorithmes d'ordonnancement comme RMS et EDF

TP 02. Portage RTOS :

- Porter un système d'exploitation temps réel (ex : FreeRTOS) sur une plateforme matérielle

TP 03. Gestion des interruptions et synchronisation :

- Créer des scénarios avec interruptions matérielles

TP 04. Implémentation d'un protocole de communication simple

TP 05. Développement d'une application réelle utilisant un RTOS

Mode d'évaluation :

20% TD ; 20% TP ; Examen : 60%.

Références bibliographiques

- [1] Jean-André Biancolin, *Temps réel: spécification et conception des systèmes temps réel*, Hermès Science Publications, 1995.
- [2] Q. Li and C. Yao, *Real-Time Concepts for Embedded Systems*, CMP Books, 2003.
- [3] D. E. Simon, *An Embedded Software Primer*, Addison-Wesley Professional, 1999.
- [4] A. S. Berger *Embedded Systems Design: An Introduction to Processes, Tools and Techniques*, CMP Books, 2001
- [5] <http://www.embedded.com/education-training/courses>
- [6] H. Son Sang, *Advances in Real-Time Systems*, Prentice Hall.
- [7] J. W. S. Liu, *Real-Time Systems*, Prentice Hall, 2000.
- [8] D. Abbott, *Linux for embedded and Real-Time systems*, 2003, Architectural Press.

SEMESTRE	Intitulé de la matière		Coefficient	Crédits	Code
09	Robotique Industrielle		03	05	ELNI 9.4
VHS	Cours	Travaux dirigés		Travaux Pratiques	
67h30	1h30	1h30		1h30	

Pré-requis :

Notions sur l'algèbre linéaire et les équations différentielles, notions sur l'asservissement, notions sur la mécanique de base.

Objectifs :

Amener l'étudiant à se familiariser avec la robotique en premier lieu. A la fin de ce cours, l'étudiant sera en mesure de proposer une solution s'agissant de robotiser une tâche industrielle.

Contenu de la matière :

Chapitre 1 : Introduction et définitions

(02 semaines)

Qu'est-ce qu'un robot (définition, historique, ...)

Robots industriels et de services...

Représentation générale d'un robot industriel : articulations, segments, actionneurs, degrés de liberté, espaces opérationnel et articulaire, ...

Chapitre 2 : Représentation des objets dans un espace 3D

(02 semaines)

Orientation des objets : matrices, représentations d'Euler et autres ...

Matrices homogènes

Transformations homogènes

Chapitre 3 : Modèle géométrique directe

(02 semaines)

Définitions du problème

Méthodes directes

Convention de Denavit-Hartenberg (DH)

Étude de cas

Chapitre 4 : Modèle géométrique inverse**(02 semaines)**

Problème cinématique inverse : définition et défis, Solutions analytiques ,Solutions numériques, Étude de cas.

Chapitre 5 : Modèle cinématique directe**(02 semaines)**

Vitesse linéaire et angulaire d'un corps rigide, Matrices Jacobienne du robot, Analyse du robot : mobilité et singularité, Étude de cas.

Chapitre 6 : Modèle cinématique inverse**(02 semaines)**

Définition du problème, Inverse de la matrice Jacobienne : problème de singularité, Pseudo-inverse, Étude de cas.

Chapitre 7 : Planification de trajectoire**(02 semaines)**

Problèmes de planification de trajectoire : espaces opérationnel vs articulaire, chemin vs Trajectoire, Point à point (PTP) vs Multipoints.

Planification PTP dans les espaces opérationnel et articulaire : profil de mouvement de vitesse trapézoïdale, Planification de multiples points dans les espaces opérationnel et articulaire, Étude de cas.

Chapitre 8 : Contrôle cinématique**(01 semaines)**

Régulation vs suivi, Contrôle PID dans l'espace articulaire et opérationnel, Étude de cas.

Travaux pratiques :

TP1 : Initiation à Matlab Robotics Toolbox (transformation géométrique).

TP2 : Modélisation géométrique directe et inverse d'un robot plan (3DDL).

TP3 : Modélisation cinématique directe et inverse.

TP4 : Génération de trajectoire en mode articulaire et cartésien

Mode d'évaluation :

20% TD ; 20% TP ; Examen: 60%.

Références bibliographiques :

- [1] B. Siciliano, L. Sciavicco, L. Villani, G. Oriolo "Robotics: Modelling, Planning and Control", 3rd Edition, Springer, 2009
- [2] H. Asada, J.J.E. Slotine, Robot Analysis and Control, a Wiley Interscience Publication, 1986.
- [3] J.J. Craig, Introduction to Robotics, Mechanics and Control, Addison-Wesley, 1989.
- [4] Center, Engineering Education Service, ed. Robot makers: An essential guide to choosing a career in robotics. Eugene, OR: Engineering Education Service Center, 2015.
- [5] Paleř, S. M. Illustrated dictionary of robotics: English, German, French, Russian. Moskva: MNTK "Robot", 1993.
- [6] Robotic Systems and Autonomous Platforms: Advances in Materials and Manufacturing. Elsevier Science & Technology, 2018.
- [7] S, Roth Zvi, ed. Camera-aided robot calibration. Boca Raton: CRC Press, 1996.

SEMESTRE	Intitulé de la matière		Coefficient	Crédits	Code
09	Réseaux de Communication Industriels		02	03	ELNI 9.5
VHS	Cours	Travaux dirigés		Travaux Pratiques	
45h00	1h30	-		1h30	

Objectifs de l'enseignement:

- Comprendre les principes fondamentaux des réseaux de communication industriels
- Maîtriser les différents protocoles et bus de terrain utilisés dans l'industrie
- Acquérir les compétences nécessaires pour la mise en œuvre et le dépannage des réseaux industriels
- Comprendre les enjeux de la communication sans fil dans l'environnement industriel
- Savoir choisir la solution de communication adaptée aux besoins industriels

Connaissances préalables recommandées

Connaissances en électronique numérique, Bases en réseaux informatiques, Notions d'automatisme industriel, Connaissances de base en programmation, Notions sur les systèmes embarqués

Contenu de la matière :

Chapitre 1 : Généralités sur les bus de terrain (4 semaines)

1.1 Définitions fondamentales : Bus et terrain, Réseaux et réseaux locaux, Réseaux locaux industriels (RLI), Réseaux d'entreprise, Panorama des réseaux industriels existants

1.2 Environnement industriel : Spécificités de l'environnement industriel, Contraintes électromagnétiques, Conditions environnementales, Exigences de fiabilité

1.3 Architecture des RLI : Réseaux de terrain, Réseaux d'atelier, Réseaux d'usine, Hiérarchisation des réseaux

1.4 Caractéristiques des RLI : Nombre de nœuds supportés, Quantité d'information transmise, Temps de transmission, Déterminisme

1.5 Données échangées : Types de messages, Taille des messages, Criticité des données

1.6 Rôle des RLI : Supervision, Contrôle-commande, Acquisition de données, Maintenance

1.7 Modèle OSI et RLI : Adaptation du modèle OSI, Spécificités de la couche physique, Caractéristiques de la sous-couche MAC, Protocoles industriels

Chapitre 2 : Le bus 485 Modbus (2 semaines)

2.1 La norme RS232 : Caractéristiques électriques, Format des trames, Limitations

2.2 La liaison RS485 : Caractéristiques électriques, Topologie, Avantages et contraintes

2.3 Le protocole Modbus : Principe de fonctionnement, Types de données, Modes de transmission

2.4 Adressage et trames : Structure des trames, Adressage des équipements, Codes fonctions, Gestion des erreurs

Chapitre 3: Le bus CAN (Controller Area Network) (3 semaines)

3.1 Introduction au CAN : Historique et applications, Caractéristiques principales, Architecture générale

3.2 Spécifications CAN : Modèle OSI CAN, Format des trames, Identification des messages, Gestion des erreurs

3.3 Accès au média : Méthode CSMA/CR, Principe d'arbitrage, Priorités des messages

3.4 Caractéristiques techniques : Débits supportés, Distances maximales, Composants matériels

3.5 CANopen : Services applicatifs, Profils d'équipements, Configuration et diagnostic

Chapitre 4 : Profibus (3 semaines)

4.1 Vue d'ensemble : Architecture Profibus, Caractéristiques principales, Domaines d'application

4.2 Variantes Profibus : Profibus DP, Profibus FMS, Profibus PA

4.3 Méthodes d'accès : Token passing, Maître-esclave, Hybride

4.4 Ethernet Industriel et Profinet : Principes de base, Architecture, Services temps réel

Chapitre 5 : Réseaux industriels sans fil (3 semaines)

5.1 Technologies sans fil : WLAN 802.11, Bluetooth, ZigBee

5.2 Protocoles industriels sans fil : WirelessHART, Wireless Profibus, ISA100.11a

5.3 Sécurité des réseaux sans fil : Menaces et vulnérabilités, Mécanismes de sécurité, Bonnes pratiques

Travaux pratiques :

TP1 : Introduction aux réseaux industriels

- Analyse des signaux sur bus de terrain
- Mesures électriques
- Utilisation d'oscilloscope numérique

TP2 : Mise en œuvre Modbus

- Configuration RS485
- Programmation Modbus RTU
- Tests de communication

- Analyse de trames

TP3 : Réseau CAN

- Configuration des nœuds CAN
- Programmation de la communication
- Tests de performances
- Analyse du trafic CAN

TP4 : Profibus

- Configuration maître-esclave
- Paramétrage des équipements
- Diagnostic réseau
- Tests de communication

TP5 : Réseaux sans fil

- Configuration WLAN industriel
- Mise en œuvre ZigBee
- Tests de portée et performances
- Analyse de la sécurité

Mode d'évaluation :

TP (40%), Examen final (60%)

Références bibliographiques :

- [1] Jean-Pierre Thomesse, "Les réseaux locaux industriels", Hermès Science Publications, 2020
- [2] Pascal Dassonville, "Les réseaux industriels : Principes et pratiques", Dunod, 2022
- [3] François Vasseur, "Communication industrielle", Éditions Techniques de l'Ingénieur, 2021
- [4] Steve Mackay, "Practical Industrial Data Communications", Elsevier, 2021
- [5] Dominique Paret, "Le Bus CAN : Description et mise en œuvre", Dunod, 2021
- [6] Olaf Pfeiffer, "Embedded Networking with CAN and CANopen", Copperhill Media, 2020
- [7] Raimond Pigan, "Automating with PROFINET", Publicis Publishing, 2021
- [8] Max Felser, "PROFIBUS Manual", Springer, 2021
- [9] Dick Caro, "Wireless Networks for Industrial Automation", ISA, 2022
- [10] Valérie Gay-Para, "Les réseaux sans fil en environnement industriel", Dunod, 2021
- [11] Standards IEEE
 - IEEE 802.11 pour les réseaux sans fil
 - IEEE 802.3 pour l'Ethernet industriel
- [12] Normes IEC
 - IEC 61158 (Bus de terrain)
 - IEC 61784 (Profils de communication)
 - IEC 62591 (WirelessHART)

SEMESTRE	Intitulé de la matière		Coefficient	Crédits	Code
08	Systèmes de Vision Artificielle		02	03	ELNI 9.6
VHS	Cours	Travaux dirigés		Travaux Pratiques	
45h00	1h30	-		1h30	

Objectifs :

L'objectif principal de la vision artificielle consiste à reproduire le plus fidèlement possible la perception visuelle humaine d'une scène au moyen d'une ou plusieurs caméras associées à un système automatique de traitement de données. L'objectif de cette matière est d'amener l'étudiant à comprendre les concepts d'un système d'imagerie numérique et de vision.

Pré-requis :

Traitement de signal, Traitement d'images.

Contenu de la matière :

Chapitre 1. Géométrie des images vision 3D

(2 Semaines)

Principe de formation de l'image. Principe du traitement d'images. Schéma général d'un système de vision artificielle. Les outils de la vision 3D. Géométrie épipolaire, Calibrage de caméras. Reconstruction 3D à partir de vues multiples.

Chapitre 2. Contours et segmentation

(2 Semaines)

Techniques de détection de contours. Techniques de segmentation des objets.

Chapitre 3. Mouvement

(2 Semaines)

Estimation du mouvement et flot optique. Les algorithmes d'estimation de mouvement. Reconstruction de structure en utilisant le mouvement.

Chapitre 4. Détection de caractéristiques

(3 Semaines)

Détection de primitives (points/contours). Caractéristiques locales invariantes, HARRIS, SIFT, SURF, poursuite d'objet, stitching, ...

Chapitre 5. Classification et reconnaissance

(3 Semaines)

Reconnaissance et classification des objets. Techniques de classification supervisée. Techniques de classification non supervisée.

Chapitre 6. Deep learning pour vision

(3 Semaines)

Machine Learning, Réseaux de neurones et MLP, Deep learning, CNN, RBM, RNN, ...

Travaux Pratiques :

TP1 : introduction à l'utilisation d'OpenCV

- Représentation des images et vidéo sous OpenCV
- Traitements sur la Couleur et palette

TP2 : Calibration de camera et reconstruction 3D

TP3 : Détection de contours et segmentation

TP4 : Détection et estimation de mouvement

TP5 : Détection de caractéristiques

TP6 : Poursuite d'objets

TP7: Machine Learning

Mode d'évaluation:

40% TP ; Examen : 60%.

Références bibliographiques :

- [1] *R. Horaud et O. Monga, Vision par ordinateurs : Outils fondamentaux, Editions Hermes, Paris, 1995.*
- [2] *C. M. Bishop, Neural Networks for Pattern Recognition, Springer 1995.*
- [3] *I. Goodfellow, Y. Bengio and A. Courville, Deep Learning, MIT Press 2016.*
- [4] *Davies E. R., Machine Vision, Academic Press, London, 1997.*
- [5] *Forsyth D. et Ponce J., Computer Vision: A Modern Approach, Prentice-Hall, 2003.*
- [6] *M. Sonka, V. Hlavac, R. Boyle, Image Processing, Analysis and Machine Vision, PWS Publishing 1999.*
- [7] *Alan Pugh, Robots vision, Edition Springer-Verlag*
- [8] *Danah Ballard, Computer vision, Edition Prentice-Hall.*
- [9] *Gerard Mezin, La vision par ordinateur dans l'industrie, Edition Hermes.*
- [10] *Trucco, E., Verri A., Introductory Techniques for 3-D Computer Vision Prentice Hall, 1998.*
- [11] *Hartley, R., Zisserman, A., Multiple View Geometry in Computer Vision, Second edition, Cambridge Univ. 2004*
- [12] *Shapiro, L. G., Stockman, G. C., Computer Vision, Prentice Hall, 2001.*
- [13] *Rafael C. Gonzalez and Richard E. Woods, Digital Image Processing, Edition Prentice Hall Inc., New Jersey, 2002.*
- [14] *J. Cocquerez et S. Philip, Analyse d'images : Filtrage et Segmentation, Editions Masson, Paris, 1995.*
- [15] *Pratt William K., Digital image processing, Edition John Wiley. Kunt M., Editeur, Reconnaissance des formes et analyse de scènes, Collection Electricité, PPUR, 2000.*

SEMESTRE	Intitulé de la matière		Coefficient	Crédits	Code
09	Recherche documentaire et Conception de mémoire		01	01	ELNI 9.7
VHS	Cours	Travaux dirigés		Travaux Pratiques	
22h30	1h30	-		-	

Pré requis : connaissances préalables

Méthodologie de la rédaction, Méthodologie de la présentation.

Objectifs :

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.

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.*

SEMESTRE	Intitulé de la matière		Coefficient	Crédits	Code
09	Reverse Engineering		02	02	ELNI 9.8
VHS	Cours	Travaux dirigés		Travaux Pratiques	
45h00	1h30	-		1h30-	

Objectifs de l'enseignement :

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

Compétences visées

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

Adaptabilité aux spécialités du domaine Sciences et Technologie : é

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

Prérequis :

- Connaissances fondamentales dans la spécialité.

Contenu de la matière :

1. Introduction à la Réverse Engineering

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

2. Méthodologie générale

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

3. Reverse engineering matériel

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

4. Reverse engineering logiciel

- Analyse statique de binaires (ex : .exe, .hex)
- Décompilation, désassemblage (introduction à Ghidra, IDA Free, ou Hopper)
- Observation de comportements : sniffing, monitoring (ex : Wireshark)
- Cas des microcontrôleurs : lecture mémoire flash, extraction firmware

5. Reverse engineering mécanique

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

6. Sécurité et détection d'intrusion

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

7. Cas d'études réels

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

Exemples de TP (base les 4 Génies)

• Génie Electrique :

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

• Génie Mécanique :

- Rétro-ingénierie d'un mécanisme simple

- Exemples : pompe manuelle, clé dynamométrique, mini-presse..
 - Démontage mécanique d'un système (pompe, engrenage, vérin...).
 - Mesures et reconstruction de plans ou modèles 3D avec logiciel CAO (SolidWorks, Fusion360).
 - Identification de matériaux et modes de fabrication.
 - Simulation fonctionnelle à partir du modèle recréé.
- **Génie Civil :**
 - Analyse d'ouvrages existants sans plans (murs, dalles, structures...).
 - Exemples : escalier métallique, appui de fenêtre, coffrage)
 - Étude et rétroconception d'un élément de structure existant
 - Identification des matériaux, des assemblages et des contraintes.
 - Modélisation de l'ouvrage via Revit, AutoCAD ou SketchUp.
 - Étude de réhabilitation ou reproduction d'éléments structurels anciens.
- **Génie des Procédés :**
 - Rétroconception d'un module de laboratoire
 - Exemples : instruments, distillation, filtration, échangeur, réacteur simples...
 - Analyse de systèmes industriels existants (colonne de distillation, échangeur, réacteur...).
 - Reconstitution des schémas PFD et PID à partir de l'observation d'une installation.
 - Identification des capteurs, actionneurs, organes de commande.
 - Étude de flux de matière/énergie dans un procédé.

Mode d'évaluation :

- TP techniques
- Mini-projet de rétro-ingénierie (rapport + soutenance)
- Examen final (QCM + étude de cas)

- Examen : 60% et CC TP : 40%

Références bibliographiques :

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