

**Fiches d'organisation semestrielles des enseignements**  
**de la licence Génie Biomédical**

**Semestre 1**

Unité d'enseignement	Matières	Crédits	Coefficient	Volume horaire hebdomadaire			Volume Horaire Semestriel (15 semaines)	Travail Complémentaire en Consultation (15 semaines)	Mode d'évaluation	
	Intitulé			Cours	TD	TP			Contrôle Continu	Examen
UE Fondamentale Code : UEF 1.1 Crédits : 18 Coefficients : 9	Mathématiques 1	6	3	3h00	1h30		67h30	82h30	40%	60%
	Physique 1	6	3	3h00	1h30		67h30	82h30	40%	60%
	Structure de la matière	6	3	3h00	1h30		67h30	82h30	40%	60%
UE Méthodologique Code : UEM 1.1 Crédits : 9 Coefficients : 5	TP Physique 1	2	1			1h30	22h30	27h30	100%	
	TP Chimie 1	2	1			1h30	22h30	27h30	100%	
	Informatique 1	4	2	1h30		1h30	45h00	55h00	40%	60%
	Méthodologie de la rédaction	1	1	1h00			15h00	10h00		100%
UE Découverte Code : UED 1.1 Crédits : 1 Coefficients : 1	Les métiers en sciences et technologies 1	1	1	1h30			22h30	02h30		100%
UE Transversale Code : UET 1.1 Crédits : 2 Coefficients : 2	Langue étrangère 1 (Français et/ou anglais)	2	2	3h00			45h00	05h00		100 %
<b>Total semestre 1</b>		<b>30</b>	<b>17</b>	<b>16h00</b>	<b>4h30</b>	<b>4h30</b>	<b>375h00</b>	<b>375h00</b>		

**Semestre 2**

Unité d'enseignement	Matières	Crédits	Coefficient	Volume horaire hebdomadaire			Volume Horaire Semestriel (15 semaines)	Travail Complémentaire en Consultation (15 semaines)	Mode d'évaluation	
	Intitulé			Cours	TD	TP			Contrôle Continu	Examen
UE Fondamentale Code : UEF 1.2 Crédits : 18 Coefficients : 9	Mathématiques 2	6	3	3h00	1h30		67h30	82h30	40%	60%
	Physique 2	6	3	3h00	1h30		67h30	82h30	40%	60%
	Thermodynamique	6	3	3h00	1h30		67h30	82h30	40%	60%
UE Méthodologique Code : UEM 1.2 Crédits : 9 Coefficients : 5	TP Physique 2	2	1			1h30	22h30	27h30	100%	
	TP Chimie 2	2	1			1h30	22h30	27h30	100%	
	Informatique 2	4	2	1h30		1h30	45h00	55h00	40%	60%
	Méthodologie de la présentation	1	1	1h00			15h00	10h00		100%
UE Découverte Code : UED 1.2 Crédits : 1 Coefficients : 1	Les métiers en sciences et technologies 2	1	1	1h30			22h30	02h30		100%
UE Transversale Code : UET 1.2 Crédits : 2 Coefficients : 2	Langue étrangère 2 (Français et/ou anglais)	2	2	3h00			45h00	05h00		100 %
<b>Total semestre 2</b>		<b>30</b>	<b>17</b>	<b>16h00</b>	<b>4h30</b>	<b>4h30</b>	<b>375h00</b>	<b>375h00</b>		

**Semestre 3**

Unité d'enseignement	Matières	Crédits	Coefficient	Volume horaire hebdomadaire			Volume Horaire Semestriel (15 semaines)	Travail Complémentaire en Consultation (15 semaines)	Mode d'évaluation	
	Intitulé			Cours	TD	TP			Contrôle Continu	Examen
UE Fondamentale Code : UEF 2.1.1 Crédits : 10 Coefficients : 5	Mathématiques 3	6	3	3h00	1h30		67h30	82h30	40%	60%
	Ondes et vibrations	4	2	1h30	1h30		45h00	55h00	40%	60%
UE Fondamentale Code : UEF 2.1.2 Crédits : 8 Coefficients : 4	Electronique fondamentale 1	4	2	1h30	1h30		45h00	55h00	40%	60%
	Electrotechnique fondamentale 1	4	2	1h30	1h30		45h00	55h00	40%	60%
UE Méthodologique Code : UEM 2.1 Crédits : 9 Coefficients : 5	Probabilités et statistiques	4	2	1h30	1h30		45h00	55h00	40%	60%
	Informatique 3	2	1			1h30	22h30	27h30	100%	
	TP Electronique 1 et électrotechnique 1	2	1			1h30	22h30	27h30	100%	
	TP Ondes et vibrations	1	1			1h00	15h00	10h00	100%	
UE Découverte Code : UED 2.1 Crédits : 2 Coefficients : 2	Etat de l'art du génie électrique	1	1	1h30			22h30	02h30		100%
	Energies et environnement	1	1	1h30			22h30	02h30		100%
UE Transversale Code : UET 2.1 Crédits : 1 Coefficients : 1	Anglais technique	1	1	1h30			22h30	02h30		100%
<b>Total semestre 3</b>		<b>30</b>	<b>17</b>	<b>13h30</b>	<b>7h30</b>	<b>4h00</b>	<b>375h00</b>	<b>375h00</b>		

**Semestre 4**

Unité d'enseignement	Matières	Crédits	Coefficient	Volume horaire hebdomadaire			Volume Horaire Semestriel (15 semaines)	Travail Complémentaire en Consultation (15 semaines)	Mode d'évaluation	
	Intitulé			Cours	TD	TP			Contrôle Continu	Examen
UE Fondamentale Code : UEF 2.2.1 Crédits : 10 Coefficients : 5	Capteurs de grandeurs physiques	6	3	3h00	1h30		67h30	82h30	40%	60%
	Logique combinatoire et séquentielle	4	2	1h30	1h30		45h00	55h00	40%	100%
UE Fondamentale Code : UEF 2.2.2 Crédits : 8 Coefficients : 4	Méthodes numériques	4	2	1h30	1h30		45h00	55h00	40%	60%
	Théorie du signal	4	2	1h30	1h30		45h00	55h00	40%	60%
UE Méthodologique Code : UEM 2.2 Crédits : 9 Coefficients : 5	Mesures électriques et électroniques	3	2	1h30		1h00	37h30	37h30	40%	60%
	TP Capteurs de grandeurs physiques	2	1			1h30	22h30	27h30	100%	
	TP Logique combinatoire et séquentielle	2	1			1h30	22h30	27h30	100%	
	TP Méthodes numériques	2	1			1h30	22h30	27h30	100%	
UE Découverte Code : UED 2.2 Crédits : 2 Coefficients : 2	Anatomie et physiologie	1	1	1h30			22h30	02h30		100%
	Imagerie médicale	1	1	1h30			22h30	02h30		100%
UE Transversale Code : UET 2.2 Crédits : 1 Coefficients : 1	Techniques d'expression et de communication	1	1	1h30			22h30	02h30		100%
<b>Total semestre 4</b>		<b>30</b>	<b>17</b>	<b>13h30</b>	<b>6h00</b>	<b>5h30</b>	<b>375h00</b>	<b>375h00</b>		

**Semestre 5**

Unité d'enseignement	Matières	Crédits	Coefficient	Volume horaire hebdomadaire			Volume Horaire Semestriel (15 semaines)	Travail Complémentaire en Consultation (15 semaines)	Mode d'évaluation	
	Intitulé			Cours	TD	TP			Contrôle Continu	Examen
UE Fondamentale Code : UEF 3.1.1 Crédits : 10 Coefficients : 5	Asservissements et régulation	6	3	3h00	1h30		67h30	82h30	40%	60%
	Electronique générale	4	2	1h30	1h30		45h00	55h00	40%	60%
UE Fondamentale Code : UEF 3.1.2 Crédits : 8 Coefficients : 4	Traitement du signal	4	2	1h30	1h30		45h00	55h00	40%	60%
	Biophysique	4	2	1h30	1h30		45h00	55h00	40%	60%
UE Méthodologique Code : UEM 3.1 Crédits : 9 Coefficients : 5	TP Asservissements et régulation	2	1			1h30	22h30	27h30	100%	
	TP Electronique générale	2	1			1h30	22h30	27h30	100%	
	Informatique médicale	3	2	1h30		1h00	37h30	37h30	40%	60%
	TP Biophysique et TP signal	2	1			1h30	22h30	27h30	100%	
UE Découverte Code : UED 3.1 Crédits : 2 Coefficients : 2	Ondes et applications en Médical	1	1	1h30			22h30	02h30		100%
	Terminologie et normes dans le biomédical	1	1	1h30			22h30	02h30		100%
UE Transversale Code : UET 3.1 Crédits : 1 Coefficients : 1	Maintenance assistée par ordinateur	1	1	1h30			22h30	02h30		100%
<b>Total semestre 5</b>		<b>30</b>	<b>17</b>	<b>13h30</b>	<b>6h00</b>	<b>5h30</b>	<b>375h00</b>	<b>375h00</b>		

**Semestre 6**

Unité d'enseignement	Matières	Crédits	Coefficient	Volume horaire hebdomadaire			Volume Horaire Semestriel (15 semaines)	Travail Complémentaire en Consultation (15 semaines)	Mode d'évaluation	
	Intitulé			Cours	TD	TP			Contrôle Continu	Examen
UE Fondamentale Code : UEF 3.2.1 Crédits : 10 Coefficients : 5	Chaîne d'acquisition numérique	6	3	3h00	1h30		67h30	82h30	40%	60%
	Biomatériaux	4	2	1h30	1h30		45h00	55h00	40%	60%
UE Fondamentale Code : UEF 3.2.2 Crédits : 8 Coefficients : 4	Instrumentation médicale	4	2	1h30	1h30		45h00	55h00	40%	60%
	Traitement des signaux physiologiques	4	2	1h30	1h30		45h00	55h00	40%	60%
UE Méthodologique Code : UEM 3.2 Crédits : 9 Coefficients : 5	Projet de Fin de Cycle (Milieu hospitalier)	4	2			3h00	45h00	55h00	100%	
	TP Chaîne d'acquisition numérique	2	1			1h30	22h30	27h30	100%	
	TP Instrumentation et signal	2	1			1h30	22h30	27h30	100%	
	Maquettes	1	1			1h00	15h00	10h00	100%	
UE Découverte Code : UED 3.2 Crédits : 2 Coefficients : 2	Sécurité des appareils en Biomédical	1	1	1h30			22h30	02h30		100%
	Eléments des systèmes robotisés	1	1	1h30			22h30	02h30		100%
UE Transversale Code : UET 3.2 Crédits : 1 Coefficients : 1	Projet personnel et gestion d'entreprise	1	1	1h30			22h30	02h30		100%
<b>Total semestre 6</b>		<b>30</b>	<b>17</b>	<b>12h00</b>	<b>6h00</b>	<b>7h00</b>	<b>375h00</b>	<b>375h00</b>		

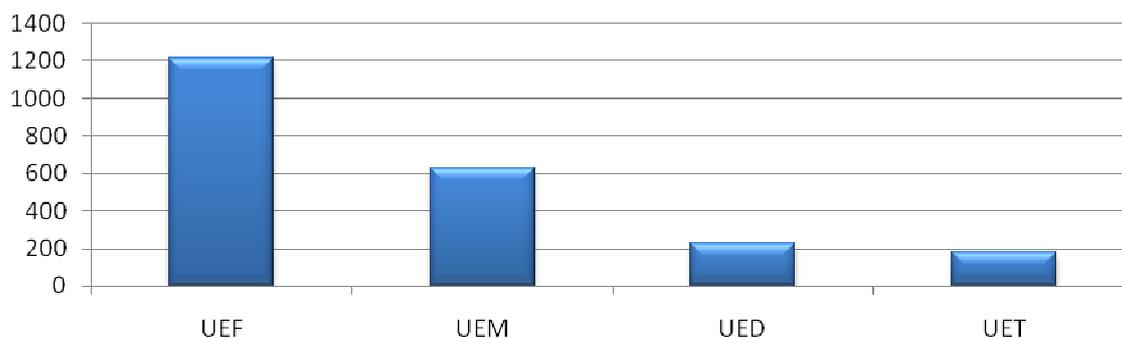
**Récapitulatif global de la formation :** (indiquer le VH global séparé en cours, TD, TP... pour les 06 semestres d'enseignement, pour les différents types d'UE)

VH \ UE	UE	UEF	UEM	UED	UET	Total
Cours		720h00	142h30	225h00	180h00	1267h30
TD		495h00	22h30	---	---	517h30
TP		---	465h00	---	---	465h00
Travail personnel		1485h00	720h00	25h00	20h00	2250h00
Autre (préciser)		---	---	---	---	---
Total		2700h00	1350h00	250h00	200h00	4500h00
Crédits		108	54	10	8	180
% en crédits pour chaque UE		60 %	30 %	10 %		100 %

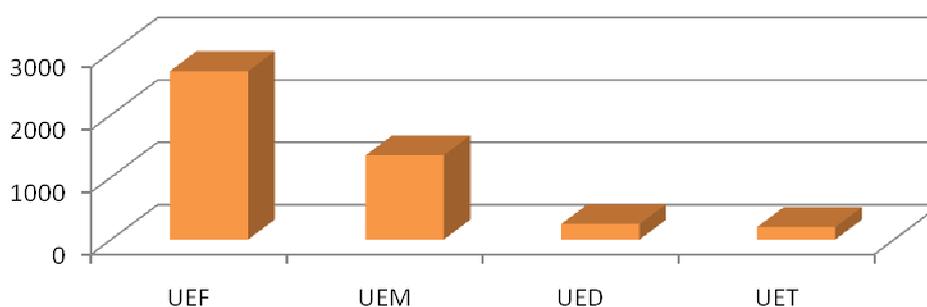
### Crédits des unités d'enseignement



### Volume horaire présentiel



### Volume horaire global



### **III - Programme détaillé par matière des semestres S5 et S6**

**Semestre: S5**

**Unité d'enseignement: UEF 3.1.1**

**Matière: Asservissements et régulation**

**Crédits: 06**

**Coefficient: 03**

**Objectifs de l'enseignement:**

Donner aux étudiants une bonne connaissance des méthodes classiques d'étude des boucles d'asservissement, la modélisation d'un processus physique, l'analyse des performances en boucle ouverte et fermée ainsi que la synthèse des correcteurs.

**Connaissances préalables recommandées:**

Electronique fondamentale 1, Maths 1, 2 et 3.

**Contenu de la matière:**

**Chapitre 1. Rappels sur la Transformée de Laplace (1 semaine)**

**Chapitre 2. Introduction sur les asservissements (2 semaines)**

Historique, intérêts, la notion de systèmes en Boucle Ouverte (BO) et en Boucle Fermée (BF), les asservissements, la représentation générale d'un asservissement, les régulateurs et les systèmes suiveurs, c'est quoi un retour (feedback) et quels sont ses effets sur les systèmes (gain total, stabilité, perturbations externes et internes, sensibilité, ...)?, exemples d'asservissements réels.

**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. Performance des systèmes linéaires (3 semaines)**

Analyse temporelle des systèmes du 1<sup>er</sup> ordre et du 2<sup>e</sup> ordre, performance temporelle, 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 (2 semaines)**

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**

**(1 semaine)**

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.

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

### **Références bibliographiques :**

1. M. Rivoire. Cours d'automatique, Tome 1 : Signaux et systèmes ; Edition Chihab.
2. M. Rivoire. Cours d'automatique, Tome 2 : Asservissement-régulation-commande analogique; Edition Chihab.
3. K. Ogata. Automatic Control Engineering ; Prentice Hall, fifth edition, 2010.
4. B.C. Kuo. Automatic Control Systems; Prentice Hall, ninth edition, 2009.
5. J. Di Stefano. Systèmes asservis : cours et problèmes ; McGraw Hill Edition.

**Semestre: S5**

**Unité d'enseignement: UEF 3.1.1**

**Matière: Electronique générale**

**Crédits: 04**

**Coefficient: 02**

**Objectifs de l'enseignement:**

Etre en mesure de développer le calcul et l'analyse des différents montages à base de transistors et d'amplificateurs opérationnels. Pouvoir mettre en œuvre les fonctions de base de l'électronique analogique au moyen de composants discrets. Initiation à l'électronique de puissance.

**Connaissances préalables recommandées:**

Electronique fondamentale 1.

**Contenu de la matière:**

**Chapitre 1. Les applications des transistors bipolaires (2 semaines)**

Etude d'amplificateurs en classe A, étude d'amplificateurs à plusieurs étages BF et en petits signaux, autres utilisations du transistor: montage Darlington, transistor en commutation, amplificateurs de puissance (classe B).

**Chapitre 2. Les transistors à effet de champ (2 semaines)**

Transistor JFET canal N et canal P: Caractéristiques électriques du transistor JFET canal N, montage source commune, tensions et courants, Jonction Grille - Canal, caractéristiques de transfert et de sortie, zone de blocage, zone ohmique, source de courant, caractéristiques électriques du transistor JFET canal P, Amplification classe A avec un JFET: schéma équivalent petits signaux et en moyenne fréquence, applications: résistance commandée en tension, interrupteur électronique, amplificateur de tension, structures MOS: introduction, historique et évolution future du MOSFET, MOSFET à enrichissement, MOSFET à appauvrissement.

**Chapitre 3. Les amplificateurs différentiels (2 semaines)**

Définition, intérêt du montage différentiel, amplificateur différentiel à MOSFETs, amplificateur différentiel à transistor bipolaire.

**Chapitre 4. Les amplificateurs d'instrumentation et d'isolement (2 semaines)**

Caractéristiques d'un amplificateur d'instrumentation, amplificateur de différence, amplificateurs d'instrumentation à un seul étage, amplificateur d'instrumentation à deux étages, amplificateur d'isolement.

**Chapitre 5. Les applications des amplificateurs opérationnels (4 semaines)**

Principe, Schéma équivalent, ampli-op idéal, contre-réaction, Caractéristiques de l'ampli op, applications des amplificateurs opérationnels: oscillateur, filtrage électrique, Génération de signaux, échantillonnage, conversion Analogique/Numérique et Numérique Analogique.

**Chapitre 6. Eléments de l'électronique de puissance : (3 semaines)**

Les Composants de l'électronique de puissance (Electronique non linéaire), redresseurs non commandés (diodes), redresseurs commandés, hacheurs, onduleurs.

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

**Références bibliographiques :**

1. A. Malvino. Principe d'Electronique, 6ème Edition, Dunod, 2002.
2. T. Floyd. Electronique Composants et Systèmes d'Application, 5ème Edition. Dunod, 2000.
3. F. Milsant. Cours d'électronique, Tomes 1 à 5, Eyrolles.
4. M. Kaufman. Electronique: Les composants, Tome 1, McGraw-Hill, 1982.
5. M. Ouhrouche. Circuits électriques, Presses internationale Polytechnique, 2009.
6. T. Neffati. Electricité générale, Dunod, 2004
7. D. Dixneuf. Principes des circuits électriques, Dunod, 2007
8. Y. Hamada. Circuits électroniques, OPU, 1993.
9. I. Jelinski. Toute l'Electronique en Exercices, Vuibert, 2000.
10. M. Girard. Composants actifs discrets, Tome1, édition Hermès.
11. M. Girard. Composants actifs discrets, Tome 2, Transistors à effet de champ, édition Hermès.
12. J. Millman. Micro-électronique, Ediscience.
13. M. Dubois. Composants électroniques de base, Université Laval, 2006.

**Semestre: S5**

**Unité d'enseignement: UEF 3.1.2**

**Matière: Traitement du signal**

**Crédits: 04**

**Coefficient: 02**

**Objectifs de l'enseignement:**

A l'issue de cette matière, l'étudiant sera capable d'étudier et analyser les signaux échantillonnés, les filtres analogiques et numériques, de comprendre les processus aléatoires.

**Connaissances préalables recommandées:**

Cours de mathématiques de base et théorie du signal du S4.

**Contenu de la matière:**

**Chapitre 1. Rappels des principaux résultats de la théorie du signal (1 semaine)**

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

**Chapitre 2. Analyse et synthèse des filtres analogiques (2 semaines)**

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

**Chapitre 3. Échantillonnage des signaux (2 semaines)**

Rappels sur l'échantillonnage, conversion Analogique-Numérique et conversion Numérique-Analogique.

**Chapitre 4. Transformées de Fourier Discrète DFT et rapide FFT (3 semaines)**

Définition de la TFD, TFDT, TFD inverse, relation entre la transformée de Fourier et la TFD, Fenêtres de pondération, problèmes de visualisation de la TFD, propriétés de la TFD et convolution circulaire, transformée de Fourier rapide, FFT.

**Chapitre 5. Le filtrage numérique (1 semaine)**

La transformée en Z, introduction, Structures des filtres numériques (récursive et non récursive), causalité et stabilité, fonction de transfert et réponses fréquentielle et impulsionnelle.

**Chapitre 6. Filtre numérique à réponse impulsionnelle finie (RIF) (2 semaines)**

Introduction, caractéristique des filtres RIF à phase linéaire, synthèse de filtre RIF par différentes méthodes, approximation des filtres RIF.

**Chapitre 7. Filtre à réponse impulsionnelle infinie (RII) (2 semaines)**

Introduction, synthèse de filtre RII à partir des filtres analogiques, approximations analytique des filtres RII.

**Chapitre 8. Processus aléatoires (2 semaines)**

Notions de variables aléatoires et probabilités, caractéristiques des processus aléatoires: moyenne, stationnarité, ergodisme, fonctions d'auto-corrélation, inter-corrélation, densité spectrale de puissance, processus particuliers (séquences pseudo-aléatoires), les bruits (bruit thermiques, bruit de grenaille, etc.).

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

**Références bibliographiques :**

1. S. Haykin, John Wiley & sons. Signals and systems, 2ed edit, 2003.
2. A.V. Oppenheim. Signals and systems, Prentice-Hall, 2004.
3. F. de Coulon. Théorie et traitement des signaux, édition PPUR.
4. F. Cottet. Traitement des signaux et acquisition de données, Cours et exercices résolus, Dunod.
5. B. Picinbono, Théorie des signaux et des systèmes avec problèmes résolus, Edition Bordas.

**Semestre: S5**

**Unité d'enseignement: UEF 3.1.2**

**Matière: Biophysique**

**Crédits: 04**

**Coefficient: 02**

**Objectifs de l'enseignement:**

A l'issue de cette matière, l'étudiant devrait acquérir des connaissances lui permettant de comprendre des éléments de physique indispensables à la compréhension des techniques de diagnostic et de thérapie médicales qui permettent d'explorer le vivant.

**Connaissances préalables recommandées:**

**Contenu de la matière:**

**Chapitre 1. Introduction à la radioactivité**

**(3 Semaines)**

Constitution de l'atome, isotopes stables et radioactifs, radioactivité : désintégrations (Emissions bêta moins  $\beta^-$ , bêta  $\beta^+$ , et capture électronique (CE)), désexcitations (Gamma), conversion interne (CI) et production de paire (PP), émission alpha et la fission spontanée, lois de la décroissance radioactive : constante et période radioactives, vie moyenne.

**Chapitre 2. Interactions rayonnements ionisants avec la matière**

**(3 Semaines)**

Interactions des particules chargées, rayonnements électromagnétiques: lois de l'atténuation d'un faisceau de photons X ou gamma, interaction des RX ou  $R\gamma$  (R Gamma) : Effet Photoélectrique, effet Compton, production de paire, les neutrons.

**Chapitre 3. Détection des rayonnements ionisants**

**(2 Semaines)**

Les caractéristiques générales des détecteurs, les appareils mettant en jeu l'ionisation des gaz, les compteurs à scintillations, les autres détecteurs.

**Chapitre 4. Principes fondamentaux de la radioprotection**

**(1 Semaine)**

Principes fondamentaux en radioprotection: justification – optimisation – limitation, moyens de radioprotection, recommandations nationales et internationales.

**Chapitre 5. Biophysique de l'eau et des solutions**

**(2 Semaines)**

Structure de la molécule d'eau, solutions et solubilité, mouillabilité et écoulement.

**Chapitre 6. Biophysique de l'état gazeux**

**(1 Semaine)**

Pression et loi de Pascal, notions de statique des fluides, état gazeux parfait et mélange de gaz, Dissolution des gaz.

**Chapitre 7. Biophysique de la circulation sanguine**

**(1 Semaine)**

Différence entre circulation sanguine et écoulement d'eau dans une canalisation, vitesse du sang dans les vaisseaux, mesure de la tension artérielle et du débit cardiaque.

**Chapitre 8. Biophysique des transferts liquidiens dans l'organisme**

**(1 Semaine)**

Les transferts liquidiens à travers des membranes de dialyse, les échanges d'eau et de petites particules entre sang et milieu interstitiel, principe de la dialyse et du rein artificiel.

**Chapitre 9. Biophysique de la respiration1****(1 Semaine)**

Transfert des gaz dans l'organisme, bases physiques de la ventilation pulmonaire (Elasticité pulmonaire, tension superficielle, pression de Laplace), bases physiques de la diffusion alvéolo-capillaire, transport de l'oxygène et du CO<sub>2</sub> dans le sang.

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

**Références bibliographiques :**

1. J. Llory. Biophysique médicale, Tome 1, Eléments de physique et physicochimie générales, 2e édition, Sauramps Médical, 1999.
2. J-C Mathieu-Daudet et al. Biophysique médicale, Tome 2 : Biophysique de l'organisme vivant, Sauramps Médical, 1999.
3. Galle. Biophysique: radiobiologie, radiopathologie, Edition Masson.
4. Doyon. Scanners à rayons X, Edition Masson.
5. A. Aurengo, T. Petitclerc. Biophysique, Médecine-Sciences, 3ème édition, Flammarion, 2006.
6. J. Dutreix et al. Biophysique des radiations et imagerie médicale, 4<sup>ème</sup> édition, Masson, 1997.
7. J. Giron et al. Bases physiques et évolution de l'imagerie radiologique, Masson, 1993.
8. A. Desgrez et al.. Bases physiques de l'IRM; Edition Masson, 1989.
9. B. Kastler. Comprendre l'IRM, Edition Masson, 2001.

**Semestre: S5**

**Unité d'enseignement: UEM 3.1**

**Matière: TP Asservissements et régulation**

**Crédits: 02**

**Coefficient: 01**

**Objectifs de l'enseignement:**

Consolider les connaissances acquises sur l'asservissement et la régulation par des travaux pratiques.

**Connaissances préalables recommandées:**

Asservissements et régulation, Electronique fondamentale 1, Maths 1, 2 et 3.

**Contenu de la matière:**

**TP1:** Mise à niveau pour l'exploitation des boîtes à outils de Matlab [Toolbox /Matlab, control et Simulink , ...].

**TP2:** Modélisation des systèmes sous Matlab et diagrammes fonctionnels.

**TP3:** Analyse temporelle des systèmes LTI du premier et second ordre et d'ordre supérieur et de la notion de pôles dominants sous Matlab et Simulink.

**TP4:** Analyse fréquentielle des systèmes (Bode, Nyquist, Black) sous Matlab et Simulink.

**TP5:** Stabilité et précision des systèmes asservis.

**TP6:** Synthèse d'un correcteur à avance de phase, méthode de réponse fréquentielle.

**TP7:** Analyse et réglage des systèmes bouclés analogiques réels au laboratoire (Asservissement de position et de vitesse, régulation de température, régulation de débit et de niveau).

**Mode d'évaluation:** Contrôle continu: 100%.

**Références bibliographiques :**

1. K. Ogata. Modern Control Engineering, Third Edition, Prentice-Hall Inc., 1997.
2. E. Boillot. Asservissements et régulations continus: Problèmes avec solutions, 2000.
3. M. Rivoire, J-L. Ferrier. Exercices d'automatique, Tome 2, Edition Chihab-Eyrolles.
4. S. Le Ballois. Automatique : Systèmes linéaires et continus, Edition Dunod, 2006.
5. E. Ostertag. Commande et estimation multivariable, Edition Ellipses, 2006.
6. P. Prouvost. Contrôle et régulation, Dunod, 2004.

**Semestre: S5**

**Unité d'enseignement: UEM 3.1**

**Matière: TP Electronique générale**

**Crédits: 02**

**Coefficient: 01**

**Objectifs de l'enseignement:**

Permettre à l'étudiant d'assimiler en pratique les connaissances acquises dans la matière Electronique générale.

**Connaissances préalables recommandées:**

Electronique fondamentale 1 et Electronique générale.

**Contenu de la matière:**

Orienter, dans la mesure du possible, les objectifs de ces réalisations vers le domaine médical en les reliant à des applications concrètes de ce domaine.

**TP1:** Etude d'un montage amplificateur de puissance (à transistors bipolaires, à TEC, à ampli-op).

**TP2:** Applications des ampli-op (inverseur, différentiel, comparateur, intégrateur, dérivateur, ...)

**TP3:** Applications des ampli-op dans les oscillateurs.

**TP4:** Applications des ampli-op dans le filtrage.

**TP5:** Applications des ampli-op dans l'échantillonnage et Conversion A/N et N/A.

**TP6:** Réalisation d'un amplificateur d'instrumentation.

**TP7:** Etude des filtres actifs: Vérifier et tester les différentes fonctions de filtrage actif (Passe-bas, passe-haut, passe-bande).

**TP8:** étude et réalisation d'un temporisateur et générateur de rampe avec NE555.

...

**Mode d'évaluation:** Contrôle continu: 100%.

**Références bibliographiques :**

**Semestre: S5**

**Unité d'enseignement: UEM 3.1**

**Matière: Informatique Médicale**

**Crédits: 03**

**Coefficient: 02**

**Objectifs de l'enseignement:**

Cette matière a pour but de faire découvrir à l'étudiant l'importance de l'utilisation de l'outil informatique dans le domaine médical.

**Connaissances préalables recommandées:**

Connaissances des logiciels de bureautique et éventuellement de langages de programmation.

**Contenu de la matière:**

**Chapitre 1. Définition et nature de l'information médicale (3 semaines)**

Types d'informations médicales qui peuvent être mémorisées, les différentes étapes qui peuvent aider à la recherche d'une information médicale, concepts de modélisation, systèmes d'informations, systèmes d'identification des patients, des dossiers médicaux, gestion de la confidentialité et accès au dossier du patient.

**Chapitre 2. Structures et propriétés d'un système de gestion dynamique des bases de données médicales (4 semaines)**

SGBD Microsoft Access, le langage SQL, la maintenance des bases de données, le système de gestion de base de données MySQL/PHP.

**Chapitre 3. Réseaux de transport et archivage de l'information médicale (3 semaines)**

Classification des réseaux (LAN, MAN, WAN), topologie des réseaux, les équipements d'un réseau, types de réseaux, protocoles d'accès réseau, archivage.

**Chapitre 4. Sauvegarde, archivage et transport des images radiologiques (3 semaines)**

Formation de l'image radiologique, sauvegarde des images radiologiques, uniformité de la sauvegarde des images radiologiques, archivage, diffusion de l'information radiologique.

**Chapitre 5. Intérêt de la numérisation en radiologie conventionnelle (2 semaines)**

Définition de la radiologie numérique, technologies d'acquisition numérique en radiologie (fluorographie numérique, écrans radio luminescents à mémoire (ERLM), numérisation secondaire des films radiographiques, capteurs à CCD, tube analyseur), traitement des images numériques, qualité d'images numériques.

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

**Références bibliographiques :**

1. P. Degoulet, M.Fiesch. Informatique médicale, Masson, 1998.

**Semestre: S5**

**Unité d'enseignement: UEM 3.1**

**Matière: TP Biophysique et TP signal**

**Crédits: 02**

**Coefficient: 01**

**Objectifs de l'enseignement:**

Consolidation des acquis de la théorie et du traitement du signal en utilisant un langage de programmation scientifique (Matlab, Scilab ou Mathematica, ...). Assimilation des notions de biophysique abordées en cours.

**Connaissances préalables recommandées:**

Méthodes numériques, Informatique 2 et informatique 3, Théorie et traitement du signal. Biophysique.

**Contenu de la matière:**

Cette matière est scindée en 2 unités de TPs distinctes : Le Traitement du signal et la Biophysique. Le (ou les) enseignant(s) choisissent, en fonction des moyens disponibles, 3 à 4 TPs de chaque unité parmi la liste de TPs présentées ci-dessous.

**TP de Traitement du signal:**

**TP1:** Prise en main de Matlab: Rappels sur les commandes usuelles: Aide (help de matlab), variables, opérations de base, chaîne de caractères, Affichage, entrée/sortie, Fichiers (script/fonction), ...; mise à niveau pour l'exploitation des boîtes à outils de Matlab [Toolbox /Matlab, signal et Simulink].

**TP2:** Génération et affichage de signaux: Sinusoïdaux, impulsion, échelon, porte, rectangulaire, carré, triangulaire, dents de scie, signal sinus cardinal, étude de l'échantillonnage.

**TP3:** Séries de Fourier: Réelle, complexe, énergie du signal.

**TP4:** Transformée de Fourier rapide directe et inverse (fft, ifft).

**TP5:** Analyse et synthèse de filtres analogiques.

**TP6:** Analyse et synthèse de filtres numérique.

**TP7:** Processus aléatoires.

**TP de Biophysique:**

**TP1:** Radioactivité: Mesure de l'absorption d'un rayonnement dans la matière à l'aide d'un compteur Geiger-Müller.

**TP2:** Scintillateur: Identification de la source radioactive (par la détermination d'un spectre en énergie des rayonnements émis par cette source à l'aide d'un compteur à scintillations).

**TP3:** Mesure de la conductivité de quelques solutions électrolytiques (eau distillée, eaux potable, eau javel, éthanol).

**TP4:** Titrage conductimétrique: Détermination de la molarité d'une solution.

**TP5:** Mesure de la mouillabilité d'une surface solide et de la tension superficielle.

**Mode d'évaluation:** Contrôle continu : 100 %.

**Références bibliographiques :**

**Semestre: S5**

**Unité d'enseignement: UED 3.1**

**Matière: Ondes et applications en Médical**

**Crédits: 01**

**Coefficient: 01**

**Objectifs de l'enseignement:**

Faire découvrir à l'étudiant les ondes utilisées en médical ainsi que les appareils ou dispositifs dont le principe de fonctionnement et/ou d'exploitation est basé sur ces ondes.

**Connaissances préalables recommandées:**

Physique, ondes et vibration enseignés en S3.

**Contenu de la matière:**

**Chapitre 1. Généralités sur les différents types d'ondes (1 semaines)**

Définitions, Propriétés physiques, Domaines de fréquences.

**Chapitre 2. Ondes sonores (2 semaines)**

Introduction, Pression et surpression, Équation de propagation, Raccordement de deux milieux, Considérations énergétiques, Ondes sonores dans les solides.

**Chapitre 3. Ondes électromagnétiques (3 semaines)**

Introduction, équations de Maxwell, ondes électromagnétiques, cas des ondes thermiques (Loi de Fourier-Newton, régime stationnaire, régime dépendant du temps, solutions de l'équation de la chaleur).

**Chapitre 4. Effet Doppler (2 semaines)**

Introduction, source en mouvement colinéaire, détecteur en mouvement colinéaire, combinaison, mouvement non colinéaire, mur du son effet Cerenkov.

**Chapitre 4. Superposition des vibrations et des ondes (1 semaines)**

Introduction, Combinaison de vibrations de même fréquence, Composition de deux vibrations de fréquences différentes, Interférences, Ondes stationnaires.

**Chapitre 5. Réfraction et réflexion de la lumière (2 semaines)**

Introduction, l'indice de réfraction du milieu, réflexion totale, principe de la fibre optique.

**Chapitre 6. Production, détection et application des ondes sonores et des ondes électromagnétiques du médical (4 semaines)**

Les ondes sonores (l'audiométrie, l'échographie, imagerie Doppler), les ondes de longueur d'onde inférieure à 400 nm (les rayons gamma, les rayons X, les Ultraviolets (UV), ...), applications en médical (Radiographie, scanner, ...), le domaine visible: applications en médical (lasers, fibroscopie, ...), les ondes de longueur d'onde supérieure à 800 nm (Les infrarouges (IR), les micro-ondes et les ondes hertziennes): applications en médical (Imagerie thermique, IR, ...).

**Mode d'évaluation:** Contrôle continu: 100%

**Références bibliographiques :**

1. Galle. Biophysique: radiobiologie, radiopathologie, Edition Masson.
2. Doyon. Scanners à rayons X, Edition Masson.
3. B. Kastler. Comprendre l'IRM, Edition Masson, 2001.

**Semestre: S5**

**Unité d'enseignement: UED 3.1**

**Matière: Terminologie et normes dans le biomédical**

**Crédits: 01**

**Coefficient: 01**

**Objectifs de l'enseignement:**

Apprendre à l'étudiant les termes techniques propres au domaine de la santé, ce qui lui permettra de comprendre d'une part ses interlocuteurs du domaine de la santé et d'autre part cela lui servira d'établir le lien entre l'équipement médical et son domaine d'applications.

Connaître les normes et les règles pour l'utilisation des équipements et/ou des procédés dans le domaine biomédical.

**Connaissances préalables recommandées:**

Français, Anglais.

**Contenu de la matière:**

**Chapitre 1. Généralités sur les termes en anatomie et physiologie humaines (2 semaines)**

Définir l'utilité d'un langage commun entre les intervenants dans un acte de santé à toutes les échelles, définir le vocabulaire médical utilisé pour les différentes parties du corps humain (anatomie, physiologie, ...).

**Chapitre 2. Terminologie cliniques (2 semaines)**

Définir le vocabulaire médical en relation avec les procédures cliniques, les pathologies, ...

**Chapitre 3. Terminologie utilisée par les professionnels de l'instrumentation de diagnostic médical (3 semaines)**

Définir le vocabulaire médical associé à l'instrumentation de diagnostic en les classant suivant leur domaine d'intervention (instrumentation de chevet/salles des patients, instrumentation des blocs opératoires, instrumentation de laboratoire clinique, instrumentation d'imagerie, instrumentation de dialyse rénale, ...)

**Chapitre 4. Terminologie utilisée par les professionnels de la thérapeutique et de leur de instrumentation (3 semaines)**

Définir le vocabulaire médical associé à l'instrumentation thérapeutique en les classant suivant leur domaine d'intervention.

**Chapitre 5. Utilités des normes en médical et organismes de normalisation (2 semaines)**

Définition des normes, organismes de normalisation internationaux (UTE, CEI, ISO, ...), organismes de normalisation nationaux (IANOR, CETA).

**Chapitre 6. Etude des normes en médical (3 semaines)**

Edition des normes, Etude des différentes normes relatives au matériel biomédical, Evaluation de la conformité.

**Mode d'évaluation:** Examen : 100%.

**Références bibliographiques :**

**Semestre: S5**

**Unité d'enseignement: UET 3.1**

**Matière: Maintenance assistée par ordinateur**

**Crédits: 01**

**Coefficient: 01**

### **Objectifs de l'enseignement:**

Donner à l'étudiant des notions préliminaires dans la maintenance d'un parc d'équipements ainsi que sa gestion. Acquérir les outils méthodologiques spécifiques au travail dans un service professionnel.

### **Connaissances préalables recommandées:**

Connaissances en informatique, logiciels de bureautique et éventuellement d'un langage de programmation scientifique (Matlab, ...).

Dans la plupart des cas, la Maintenance assistée par ordinateur est utilisée pour enregistrer les informations saisies par les techniciens suite à une intervention. Ces données concernent le plus souvent : les dates de demande d'intervention, d'intervention, de fin d'intervention, le dispositif concerné, l'intervenant, le type de panne, les actions réalisées, les coûts engendrés, etc. Toutefois, les logiciels de Gestion MAO ne possèdent pas de fonctions de traitement de la qualité et de la pertinence de l'information entrée : la traçabilité reste leur principale application. En aval de cette traçabilité peut en effet intervenir un traitement des données contenues dans les registres de maintenance, afin de les exploiter pour optimiser l'activité de maintenance biomédicale.

### **Contenu de la matière:**

#### **Chapitre 1. Introduction à la fonction maintenance (5 semaines)**

Introduction à la fiabilité et Définition de la maintenance, Les différentes techniques de diagnostic, Les techniques de maintenance (maintenances préventives, maintenances curatives, ...), Méthodes de maintenance, Gestion de la maintenance et gestion de la maintenance assistée par ordinateur (GMAO), Applications de la GMAO en Biomédical.

#### **Chapitre 2. La maintenance des dispositifs biomédicaux (5 semaines)**

Inspection et maintenance préventive des dispositifs biomédicaux (Calcul de la charge de travail liée à l'inspection et à la maintenance préventive pour chaque dispositif biomédical, matériel de test requis pour chaque catégorie de dispositif biomédical), maintenance corrective sur les dispositifs biomédicaux (Défaillances des composants, Méthodes de recherche de pannes sur les dispositifs électroniques biomédicaux), définitions des opérations de maintenance du matériel biomédical: Les niveaux de la maintenance, gestion et démarche de la maintenance, sécurité des dispositifs biomédicaux, facteurs et risques affectant les dispositifs biomédicaux en milieu hospitalier.

#### **Chapitre 3. Exemples d'applications (5 semaines)**

Gestion d'un parc: inventaires, plan de maintenance préventive, curative, stock d'outils, matériaux, consommables et matériels nécessaires à la maintenance, sécurité: matériovigilance, surveillance des équipements, calibration, ..., fonctionnement : pièces détachées, consommables, maintenance, ...

**Mode d'évaluation:** Contrôle continu: 100%.

### **Références bibliographiques :**

1. M. Frédéric. Mettre en œuvre une GMAO - Maintenance industrielle, service après-vente, maintenance immobilière; Dunod, 2ème édition.

2. J-P. Vernier, F. Monchy. Maintenance - Méthodes et organisations, Dunod, 3ème édition.
3. Dpt of the army. Operating guide for medical equipment maintenance, Technical bulletin, Headquarters, 1998.
4. Binseng Wang. Medical Equipment maintenance : Management and oversight, J.D. Enderle series Editor, 2012.
5. Humatem et al. Du maintenancier à l'intervenant biomédical : pour une exploitation optimisée du parc d'équipements médicaux, les Houches, Humatem, 2010 ([www.humatem.org](http://www.humatem.org)).

**Semestre: S6**

**Unité d'enseignement: UEF 3.2.1**

**Matière: Chaîne d'acquisition numérique**

**Crédits: 06**

**Coefficient: 03**

### **Objectifs de l'enseignement:**

Comprendre le fonctionnement d'une chaîne de mesure et identifier ses composantes. Concevoir et réaliser une carte d'acquisition de données à base de circuits spécialisés ou de microcontrôleurs. Réaliser la communication entre une carte d'acquisition et un ordinateur (PC) à travers différentes interfaces de communication et développer un logiciel permettant de contrôler la carte d'acquisition de données à travers un outil d'instrumentation virtuel.

### **Connaissances préalables recommandées:**

Capteurs et circuits de conditionnement à base d'amplificateurs opérationnels, électronique générale et mesures électriques, électronique numérique, programmation informatique (préférable langage C)

### **Contenu de la matière:**

#### **Chapitre 1. Introduction aux chaînes d'acquisition de données (1 semaine)**

Définition, description d'une chaîne d'acquisition: capteur, circuit conditionneur, convertisseur analogique numérique, interface de communication, Calculateur (PC), logiciel de contrôle de l'acquisition.

#### **Chapitre 2. La Conversion Analogique Numérique (1 semaine)**

Définition d'un CAN, caractéristiques d'un CAN (résolution numérique, plage d'entrée, erreur de conversion, temps de conversion), échantillonnage: principe et circuit, blocage: principe et circuit; principales techniques de conversion (CAN à rampe numérique, flash, à approximations successives).

#### **Chapitre 3. Etude de la CAN par un circuit spécialisé: ADC0804/09 (1 semaine)**

Présentation de l'ADC0804/09, description interne et principe de fonctionnement, caractéristiques générales, brochage et description des fonctions de chaque broche, circuits d'application pour la CAN (conversion unique, conversion en continue), étude de la CAN par un circuit programmable (microcontrôleur).

#### **Chapitre 4. Généralités sur le PIC 18F2550 (2 semaines)**

Présentation du PIC18F2550, caractéristiques générales, brochage et description des fonctions de chaque broche, description interne ; les mémoires: EEPROM, Flash EEPROM, EPROM, les registres ; Les ports d'E/S, les circuits d'entrées-sorties intégrés (ADC, PWM, USART, USB, ...).

#### **Chapitre 5. Les ports d'E/S du PIC 18F2550 (1 semaine)**

Présentation des ports et leurs fonctions, configuration des ports, Lecture et Ecriture à travers les ports, programmation des ports, exemples d'applications.

#### **Chapitre 6 : Le CAN du PIC 18F2550 (2 semaines)**

Présentation du module CAN, les registres du CAN, configuration des registres, programmation du module CAN, exemples d'applications.

#### **Chapitre 7. L'interface de communication SPI du PIC 18F2550 (2 semaines)**

Présentation du module SPI, les registres du module SPI, configuration des registres, programmation du module SPI, exemples d'applications.

**Chapitre 8. L'interface de communication USART du PIC 18F2550 (1 semaine)**

Présentation du module USART, les registres du module USART, configuration des registres, programmation du module USART, exemples d'applications.

**Chapitre 9. L'interface de communication USB du PIC 18F2550 (1 semaine)**

Présentation du module USB, les registres du module USB, configuration des registres, programmation du module USB, exemples d'applications.

**Chapitre 10. Introduction à un logiciel d'instrumentation virtuelle (LabVIEW) (3 semaines)**

Présentation du logiciel, structure d'un programme sous LabVIEW, classes de commande de base, Exemples de programmes, communication matérielle sous LabVIEW.

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

**Références bibliographiques :**

1. G. Asch et al. Acquisition de données: Du capteur à l'ordinateur, 3e éd. ; Dunod, 2011.
2. F. Cottet. Traitement des signaux et acquisition de données : Cours et exercices ; Dunod, 2009.
3. C. Tavernier. Microcontrôleurs PIC 18: Description et mise en œuvre, 2e éd. ; Dunod, 2012.
4. C. Tavernier. Application des microcontrôleurs PIC: des PIC 10 aux PIC 18 ; Dunod, 2011.
5. D. Ibrahim. Advanced PIC Microcontroller Projects in C : From USB to ZIGBEE with the PIC 18F Series ; Newnes Edition, 2008.
6. F. Cottet et al. LabVIEW : Programmation et applications; Dunod, 2009.
7. A. Migeon. Applications industrielles des capteurs : Volume 2, Secteur médical, chimie et plasturgie. Hermes Science Publications, 1997.

**Semestre: S6**

**Unité d'enseignement: UEF 3.2.1**

**Matière: Biomatériaux**

**Crédits: 04**

**Coefficient: 02**

**Objectifs de l'enseignement:**

Permettre à l'étudiant de connaître les différentes classes de biomatériaux et de relier leurs propriétés aux domaines de leurs utilisations possibles. Il sera ainsi en mesure de comprendre les phénomènes qui pourraient se produire lors de l'interaction du biomatériau avec le tissu biologique.

**Connaissances préalables recommandées:**

Éléments de physique dispensés durant la première année.

**Contenu de la matière:**

**Chapitre 1. Notions de sciences des matériaux (4 semaines)**

Arrangement structural des solides homogènes et ses conséquences sur les propriétés du solide (propriétés thermiques, propriétés mécaniques, propriétés électrochimiques).

**Chapitre 2. Notions de biocompatibilité (2 semaines)**

Surfaces des solides et adhésion, tissus et cellules biologiques, effets de l'hôte sur l'implant et de l'implant sur l'hôte, dégradation des matériaux dans un environnement biologique.

**Chapitre 3. Exigences des biomatériaux (2 semaines)**

Exigences mécaniques pour les biomatériaux, Mécanismes de dégradation des biomatériaux et ses conséquences (Corrosion, usure, vieillissement, en dissolution, oxydation, biodégradation, ...).

**Chapitre 4. Biomatériaux métalliques (1 semaine)**

Structure des métaux, classification, principaux biomatériaux métalliques, propriétés, caractérisation et applications principales.

**Chapitre 5. Biomatériaux céramiques et composites (2 semaines)**

Structure, composition, fabrication, frittage, concept de biomatériaux inertes/bioactifs.

**Chapitre 6. Biomatériaux polymériques (2 semaines)**

Propriétés de service de polymères, réactions de polymérisation, matériaux thermoplastiques et thermodurcissables, élastomères, principaux biomatériaux polymériques, biodégradabilité.

**Chapitre 7. Biomatériaux naturels (1 semaine)**

Biomatériaux naturels et interactions biomatériaux/organisme et matrice (cellules extracellulaire et leurs interactions, biomatériaux naturels, biomimétisme).

**Chapitre 8. Applications des matériaux (1 semaine)**

Applications des matériaux dans la conception des dispositifs médicaux, des organes artificiels (implants et dispositifs cardiovasculaires, endovasculaires, orthopédiques et dentaires).

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

**Références bibliographiques :**

1. J. Park, R. S. Lakes. Biomaterials: An Introduction, Springer Science & Business Media, 2007.
2. M. Degrange, L. Pourreyron. Société Francophone des Biomateriaux Dentaires (SFBD) (Livre en ligne (<http://umvf.univ-nantes.fr/odontologie/>))
3. B. Ratne et al. Biomaterials science: An Introduction to Materials in Medicine, Academic Press, 1996.

**Semestre: S6**

**Unité d'enseignement: UEF 3.2.2**

**Matière: Instrumentation médicale**

**Crédits: 04**

**Coefficient: 02**

**Objectifs de l'enseignement:**

Initier l'étudiant au matériel exploité en milieu hospitalier dans le domaine de la thérapeutique. Lui apprendre de connaître les différents paramètres physiologiques dans le diagnostic ainsi que les approches électroniques adéquates pour les détecter et les mesurer dans un but de monitoring.

**Connaissances préalables recommandées:**

Anatomie, Physiologie humaines, Asservissement, Traitement du signal.

**Contenu de la matière:**

**Chapitre 1. Introduction générale à l'instrumentation médicale (3 semaines)**

Contexte et nécessité, certification des appareils et notion de conformité, aspects cliniques : qualités et imperfections vus par le praticien, capteurs biomédicaux, Spécifications techniques, classes d'appareils et sécurité du patient.

**Chapitre 2. Instrumentation de Diagnostic (3 semaines)**

Principe de fonctionnement, Description synoptique, Modalités d'utilisation et exemples d'appareils commerciaux des dispositifs: électrocardiogramme (ECG), mesure du flot sanguin, électroencéphalogramme (EEG), pléthysmographie, pneumotachographie, Spiromètre, ...

**Chapitre 3. Instrumentation Clinique (3 semaines)**

Principe de fonctionnement, description synoptique, Modalités d'utilisation et exemples d'appareils commerciaux des dispositifs: analyseurs de la composition du sang: oxymètre, glucomètre, acide lactique, cholestérol, tensiomètre, bioimpédancemètre, échographie, ...

**Chapitre 4. Instrumentation d'Assistance Médicale (3 semaines)**

Principe de fonctionnement, Description synoptique, modalités d'utilisation et exemples d'appareils commerciaux des dispositifs: hémodialyseur, stimulateurs cardiaques (Pacemaker), défibrillateurs, respirateurs artificiels (ventilateurs), ...

**Chapitre 5. Instrumentation Thérapeutique (3 semaines)**

Principe de fonctionnement, Description synoptique, modalités d'utilisation et exemples d'appareils commerciaux des dispositifs: Radiothérapie, lasers, radiation UV, ...

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

**Références bibliographiques:**

1. S. Ananthi. A Text Book of Medical Instruments, New Age International, 2005.
2. S. Chatterjee, A. Miller. Biomedical Instrumentation Systems, Cengage Learning, 2011.
3. J. Webster. Medical Instrumentation: Application & Design, John Wiley Edition.
4. E. Moerschel, J-P. Dillenseger. Guide des technologies de l'imagerie médicale et de la radiothérapie, 2009.

5. S. Heywang-Köbrunner et al. Imagerie diagnostique du sein : mammographie, échographie, IRM, techniques interventionnelles.
6. J. Webster. Encyclopedia of Medical Devices and Instrumentation, Vol.1, 2nd Ed, Wiley, 2006.

**Semestre: S6**

**Unité d'enseignement: UEF 3.2.2**

**Matière Traitement des signaux physiologiques**

**Crédits: 04**

**Coefficient: 02**

### **Objectifs de l'enseignement:**

Cette matière est destinée principalement au traitement des différents signaux physiologiques. A l'issue de ce cours, l'étudiant saura reconnaître un signal physiologique et le traiter pour permettre une meilleure interprétation de l'acte médical.

### **Connaissances préalables recommandées:**

Théorie et Traitement du signal, Généralités sur l'Anatomie et la Physiologie.

### **Contenu de la matière:**

#### **Chapitre 1. Définitions et caractéristiques de l'impulsion (1 semaine)**

Différents types de signaux: carré, rectangulaire, rampe, triangulaire, en dent de scie, ..., définitions: amplitude, crête, période, signal alternatif, signal continu, ...,impulsion positive, impulsion négative, rapport cyclique, train d'impulsions, temps caractéristiques d'une impulsion, ...

#### **Chapitre 1. Nature électriques des signaux physiologiques (2 semaines)**

Définition des signaux physiologiques, origine des signaux bioélectriques et leur caractéristiques électriques: Génération du signal électrique cardiaque (potentiel électrocardiogramme/ECG/), du signal musculaire (électromyogramme/EMG/) et du signal cérébral (électroencéphalogramme/EEG/).

#### **Chapitre 2. Mesures des signaux physiologiques (3 semaines)**

Description des chaînes d'acquisition de signaux physiologiques: principes des capteurs biomédicaux et leurs caractéristiques, critères de choix des capteurs, description des méthodes de mesure, influence des bruits sur le signal physiologique, cas des appareils ECG, EEG, PCG et EMG.

#### **Chapitre 3. Origines des bruits dans les signaux physiologiques (3 semaines)**

Origines physiologiques: dysfonctionnement dans l'appareil physiologique (cœur, cerveau, muscle, ...), effet des contraintes externes et environnementale sur le signal physiologique, origines instrumentales (bruits liés à la pré-amplification et l'amplification du signal enregistré, bruits liés à l'enregistrement du signal, bruits liés aux câbles, aux électrodes et leur placements, ...).

#### **Chapitre 4. Analyse spectrale et modélisation (4 semaines)**

Rappels sur la transformée de Fourier numérique, méthode d'analyse, méthodes d'estimation de la densité spectrale d'un signal physiologique (périodogramme et corrélogramme), modélisation, prédiction linéaire et structure du prédicteur.

#### **Chapitre 5. Traitement des signaux physiologiques bruités (3 semaines)**

Extraction de l'information d'un signal bruité et Reconnaissance de forme.

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

### **Références bibliographiques :**

1. Akay. Non linear biomedical signal processing, John Wiley Edition.
2. Devasahay. Signals & systems in biomedical eng, John Wiley Edition.

3. R. C. Gonzalez, R.E.Woods. Digital Image Processing ; Prentice Hall Inc., 2002.
4. R. Garello. Analyse de signaux bidimensionnels, Edition Hermès, 2001.
5. M. Bellanger. Traitement numérique du signal, 4e édition, Masson, 1990.
6. E. Tisserand et al. Analyse et traitement des signaux - méthodes et applications au son et à l'image, 2e édition.

**Semestre: S6**

**Unité d'enseignement: UEM 3.2**

**Matière: TP Chaîne d'acquisition numérique**

**Crédits: 02**

**Coefficient: 01**

**Objectifs de l'enseignement:**

Consolider les connaissances acquises dans la matière Chaînes d'acquisition numérique. Maîtriser l'utilisation d'une carte de développement autour d'un microcontrôleur.

**Connaissances préalables recommandées:**

Electronique Fondamentale et Générale. Asservissement.

**Contenu de la matière:**

Une moyenne de 06 à 08 TP, parmi la liste de TP présentée ci-dessous, doit être assurée dans cette matière et ce, suivant les moyens disponibles dans l'établissement. Ces TP peuvent être de type simulation et/ou de type expérimental.

**TP1:** TP Mise à l'échelle d'un signal analogique: réalisation d'un circuit de mise à l'échelle (conditionneur) à base d'amplificateurs opérationnels.

**TP2:** Echantillonneur/bloqueur: réalisation des fonctions: échantillonnage et blocage.

**TP3:** Le CAN ADC0804/09: réalisation d'un circuit de CAN à base de l'ADC 0804/09.

**TP4:** Carte d'acquisition de température: réalisation d'une carte d'acquisition de la température (capteur + conditionneur + ADC0804 /09).

**TP5:** Programmation du PIC 18F2550: outils de développement (MPLAB X), PICKIT2, Structure d'un programme, Première application : commande de l'allumage d'une LED.

**TP6:** Le CAN du PIC 18F2550: réalisation d'un circuit de CAN à base du PIC 18F2550.

**TP7:** Interface SPI du PIC 18F2550: réalisation d'une carte de CAN à base du PIC 18F2550 + carte SD.

**TP8:** Interface USB du PIC 18F2550: réalisation d'une carte de CAN à base du PIC 18F2550 communicant à travers le bus USB avec le PC.

**TP9:** Programmation sous LabVIEW: découverte pratique de l'environnement de LabVIEW. Ecriture d'un premier programme d'initiation.

**TP10:** Gestion d'une carte d'acquisition sous LabVIEW: écriture d'un programme de communication à travers le bus USB, Ecriture d'un programme de gestion de la carte d'acquisition déjà réalisée.

**Mode d'évaluation:** Contrôle continu: 100%.

**Références bibliographiques :**

**Semestre: S6**

**Unité d'enseignement: UEM 3.2**

**Matière: TP Instrumentation et signal**

**Crédits: 02**

**Coefficient: 01**

**Objectifs de l'enseignement:**

Assimilation des connaissances acquises dans les matières Instrumentation médicale et traitement des signaux physiologiques.

**Connaissances préalables recommandées:**

Notions sur le traitement du signal, connaissances de Matlab.

**Contenu de la matière:**

Cette matière est scindée en 2 unités de TPs distinctes: Instrumentation médicale et Traitement des signaux physiologiques. Le (ou les) enseignant(s) choisissent, en fonction des moyens disponibles, 3 à 4 TPs de chaque unité parmi la liste de TPs présentées ci-dessous. Ces TPs peuvent être de type simulation et/ou de type expérimental.

**TP de Instrumentation Médicale :**

**TP1:** ECG: mesure du signal ECG.

**TP2:** PCG: étude d'un système de phonocardiographie PCG.

**TP3:** EMG: étude d'un système de mesure du signal EMG.

**TP4:** EEG: étude d'un système de mesure du signal EEG.

**TP5:** Mesure de la pression artérielle et acquisition de son signal.

**TP6:** Mesure système respiratoire: étude d'un système de mesure du débit respiratoire.

**TP7:** Mesures par bio-impédancemétrie.

**TP8:** Caractérisation de différents détecteurs et capteurs biomédicaux (scintillateurs, électrodes de mesure, ...).

**TP de Traitement des signaux physiologiques :**

**TP1:** Analyse temporelle, identification des différentes ondes, intervalles et segments du signal ECG, la fonction de corrélation du signal.

**TP2:** Analyse fréquentielle, déterminer le spectre de puissance du signal par deux méthodes différentes: périodogramme et corrélogramme.

**TP3:** Analyse temps-fréquence, déterminer le spectrogramme du signal ECG et identifier les fréquences les plus fortes.

**TP4:** Analyse statistique, déterminer la densité de probabilité de signal ECG et ses différents caractéristiques statistiques.

**TP5:** Filtrage, élimination de l'effet du bruit.

**TP6:** Détection du pic RR, détection du rythme cardiaque.

**Mode d'évaluation:** Contrôle continu: 100%.

**Références bibliographiques :**

**Semestre: S6**

**Unité d'enseignement: UEM 3.2**

**Matière: Maquettes**

**Crédits: 01**

**Coefficient: 01**

**Objectifs de l'enseignement:**

Familiariser l'étudiant avec le côté pratique de sa formation à travers l'étude et la réalisation de montages dans le domaine biomédical.

**Connaissances préalables recommandées:**

Electronique générale, Asservissement. Instrumentation.

**Contenu de la matière:**

- Etablissement du cahier des charges du montage à concevoir.
- Conception et calculs théoriques du circuit.
- Simulation par Workbench, Pspice ou Proteus.
- Routage par CAO.
- Fabrication du circuit imprimé.
- Réalisation du montage.
- Essai de la maquette.

Cet enseignement vise à mettre en œuvre les connaissances acquises par l'étudiant durant les semestres précédents et ce, par la mise en œuvre d'une réalisation pratique en relation avec sa formation. Cette maquette peut ne pas être exclusivement de type électronique mais l'essentiel qu'elle soit en relation avec sa formation en génie biomédical.

Le travail est validé par la rédaction d'un rapport, par un exposé (oral ou sur poster) et par la présentation de la réalisation pratique avec explication de toutes les fonctions.

**Mode d'évaluation:** Contrôle continu: 100%.

**Références bibliographiques :**

1. J.P. Oemichen. Technologie des circuits imprimés, éditions Radio, 1977.
2. J.F. Pawling. Surface Mounted Assemblies, Electrochemical Publications, 1987.

**Semestre: S6**

**Unité d'enseignement: UEM 3.2**

**Matière: Projet de Fin de Cycle (Milieu hospitalier)**

**Crédits: 04**

**Coefficient: 02**

**Objectifs de l'enseignement:**

Permet à l'étudiant d'acquérir des connaissances pratiques d'un milieu en relation avec la spécialité (CHU, hôpital, centre, laboratoire, entreprise, ...). Le stage peut être consacré aussi bien à la découverte d'un ou plusieurs appareils médicaux qu'à un service ou à la gestion technique du matériel dans ce milieu.

**Connaissances préalables recommandées:**

Toutes les matières fondamentales et de méthodologies.

**Contenu de la matière:**

Stage tuteuré à effectuer dans un milieu de santé. Ce stage peut être effectué en binôme d'étudiants. Les étudiants y découvrent les différents équipements (mode d'utilisation et/ou fonctionnement, les signaux ou paramètres qu'ils permettent de fournir, ...) et les logiciels informatiques utilisés dans ce milieu. Il s'agit également d'acquérir les différentes approches utilisées pour la maintenance matérielle et informatique.

Au terme de leur stage, les étudiants remettent un mémoire reportant l'essentiel des activités et des acquis scientifiques et/ou techniques assimilées durant cette activité. Les étudiants exposent les résultats de leur stage devant l'enseignant responsable du stage.

**Remarque:** il est conseillé d'attribuer cette matière (Projet de Fin de Cycle) et la matière Maquette à un même enseignant de sorte que l'étudiant puisse profiter pleinement du volume horaire imparti à cette matière pour avancer dans son projet de réalisation de la maquette.

**Mode d'évaluation:** Contrôle continu: 100%.

**Références bibliographiques:**

**Semestre: S6**

**Unité d'enseignement: UED 3.2**

**Matière: Sécurité des appareils en Biomédical**

**Crédits: 01**

**Coefficient: 01**

**Objectifs de l'enseignement:**

Cette matière vise à sensibiliser l'étudiant à prendre en considération la sécurité des appareils du médical pour les protéger et éviter leur mauvaise utilisation et également pour assurer la sécurité des intervenants dans tout acte de santé.

**Connaissances préalables recommandées:**

**Contenu de la matière:**

**Chapitre 1. Description des différents dangers en milieu hospitalier (1 semaine)**

Dangers encourus par le praticien, Dangers encourus par technicien, dangers encourus par malade, dangers encourus par les équipements.

**Chapitre 2. Sécurité électrique en milieu hospitalier (1 semaine)**

Normes sur les installations électriques, tests de sécurité.

**Chapitre 3. Equipements de protection des équipements (2 semaines)**

Distribution d'énergie: système de mise à la terre, isolation, conception d'équipement

**Chapitre 4. Sécurité des équipements (3 semaines)**

Normes générales de certification des appareils électro médicaux, sécurité des systèmes (systèmes et appareils interconnectés, systèmes et appareils de vigilance, d'assistance malade (soins intensifs), de monitoring), les analyseurs électriques de sécurité : test de sécurité dans les systèmes médicaux.

**Chapitre 5. Sécurités du personnel (6 semaines)**

Notions du courant de fuite, ses origines et effets sur les intervenants dans un secteur de santé (praticiens, malades, personnel), effets physiologiques de l'électricité (seuil de perception, paralysie respiratoire, fibrillation ventriculaire, contraction myocardique, brûlure, etc.), les paramètres de sensibilité (seuil, fréquence, durée, poids), principaux risques encourus par les malades lors de l'utilisation d'appareillages électriques médicaux, distribution de l'énergie électrique (environnement électrique du patient, système d'alimentation isolé, système d'alimentation de secours), approche de base pour la protection contre les électrochocs, défauts électriques dans les équipements, normes et protection des doses de radiations émises ou reçues par le personnel ou les patients, pratiques fondamentales d'optimisation en matière de prévention des infections.

**Chapitre 6. Gestion des déchets Hospitaliers (2 semaines)**

Mesures préventives de la manipulation des déchets radioactifs, des déchets biomédicaux, traitement et élimination des déchets hospitaliers.

**Mode d'évaluation:** Examen: 100%.

**Références bibliographiques :**

**Semestre: S6**

**Unité d'enseignement: UET 3.2**

**Matière: Eléments des systèmes robotisés**

**Crédits: 01**

**Coefficient: 01**

**Objectifs de l'enseignement:**

Cet enseignement vise à faire découvrir à l'étudiant les bases de la télémédecine à travers des notions de commandes automatiques et de robotiques.

**Connaissances préalables recommandées:**

Electronique générale, Asservissement.

**Contenu de la matière:**

**Chapitre 1. (2 semaines)**

Introduction à la robotique médicale, découverte de la chirurgie assistée par les robots et aux interventions assistées par ordinateurs, Robotique au service du patient.

**Chapitre 2. (2 semaines)**

Bases de conception des systèmes robotisés pour des applications médicales, état de l'art.

**Chapitre 3. (2 semaines)**

Modalités de contrôle: impédance et admittance.

**Chapitre 4. (3 semaines)**

Concepts de cinématique: directe, inverse, parallèle, centre de rotation déporté.

**Chapitre 5. Chirurgies minimalement invasive (3 semaines)**

Interfaces homme-machine, télé-chirurgie, Télémanipulation, comanipulation, positionnement d'instruments, intégration vidéo, commande par vision, capteurs, simulation.

**Chapitre 6. (3 semaines)**

Exemples d'applications (neurochirurgie, interventions abdominales, chirurgies orthopédiques, ...).

**Mode d'évaluation:** Examen: 100%.

**Références bibliographiques :**

1. J. Troccaz. Robotique médicale, traité IC2, série Systèmes automatisés, Hermès-Lavoisier-2012.
2. A. Hubert. Commande des systèmes dynamiques: introduction à la modélisation et au contrôle des systèmes automatiques, presses universitaires de Franche-Comté, 2008.

**Semestre: S6**

**Unité d'enseignement: UET 3.2**

**Matière: Projet personnel et gestion d'entreprise**

**Crédits: 01**

**Coefficient: 01**

**Objectifs de l'enseignement :**

Se préparer à l'insertion professionnelle en fin d'études. Mettre en œuvre un projet post-licence (poursuite d'études ou recherche d'emploi). Maîtriser les outils méthodologiques nécessaires à la définition d'un projet post-licence. Etre sensibilisé à l'entrepreneuriat.

**Connaissances préalables recommandées :**

Connaissances de base + Langues.

**Contenu de la matière :**

Rédaction d'une lettre de motivation, rédaction de CV, Recherche documentaire sur les métiers de la filière, Conduite d'interview avec les professionnels du métier, Simulation d'entretiens d'embauches, Exposé et discussion individuels et/ou en groupe, Mettre en projet une idée, une recherche collective pour donner du sens au parcours individuel.

**Séquence 1. Séance plénière :**

Inventaire des sources d'informations disponibles sur les métiers et les études, Remise d'une fiche individuelle à compléter sur le secteur et le métier choisi.

**Séquence 2. Préparation du travail en groupe :**

Constitution des groupes de travail (4 étudiants/groupe), Remise des consignes pour la recherche documentaire, Etablissement d'un plan d'actions pour réaliser les interviews auprès de professionnels, Présentation d'un questionnaire-type.

**Séquence 3. Recherche documentaire et interviews sur le terrain :**

Chaque étudiant fournit une attestation signée par un professionnel.

**Séquence 4. Mise en commun en groupe :**

Présentation individuelle et échange des résultats en groupe, Préparation d'une synthèse de groupe à annexer au rapport final de chaque étudiant.

**Séquence 5. Préparation à la recherche d'emploi :**

Rédaction d'un CV et des lettres de motivation, Exemples d'épreuves de recrutement (interviews, tests).

**Séquence 6. Focus sur la création d'activités :**

Présentation des éléments de gestion liés à l'entrepreneuriat, Créer son activité, depuis la conception jusqu'à la mise en œuvre (le métier d'entrepreneur, la définition du projet, l'analyse du marché et de la concurrence, les outils pour élaborer un projet de business plan, les démarches administratives à l'installation, un aperçu des grands principes de management, etc.)

**Séquence 7. Elaboration du projet individuel post-licence :**

Présentation du canevas du rapport final individuel.

**Mode d'évaluation :** Contrôle continu : 100 %.