

SYLLABUS

MASTER

Traitement du Signal et des Images

PARCOURS

Imagerie et Technologie pour la Médecine
(TechMed)

1^{ère} année

Présentation

La médecine actuelle fait appel à de plus en plus de technologies matérielles et logicielles. Elles permettent de faciliter l'accès aux données, d'aider au diagnostic, ou encore de guider et de sécuriser le geste. Ce domaine est par essence multidisciplinaire. Il est nécessaire d'avoir des connaissances académiques en informatique (programmation, développement d'applications, périphériques mobiles et connectés...) et en sciences de l'ingénieur (signal, image, automatique, robotique, mécanique, simulation numérique...), mais également une connaissance pratique du milieu médical pour être à même d'en comprendre les enjeux.

Les débouchés concernent soit les structures hospitalières, soit les entreprises dont les clients sont les hôpitaux et les professionnels de Santé. L'expérience des années passées a clairement montré la valeur ajoutée auprès des entreprises d'un enseignement médical intégré à un contenu à dominante informatique / EEA. La connaissance du système de santé et plus précisément du milieu hospitalier, du vocabulaire et des problématiques médicales est un atout majeur pour toute entreprise dont l'activité est dédiée aux logiciels et aux dispositifs médicaux.

Première année du Master TechMed

La première année du Master (M1) correspond à une formation de 60 ECTS. Elle s'articule autour d'un tronc commun scientifique qui permet une harmonisation des connaissances d'étudiants issus de cursus différents soit en informatique, soit en sciences pour l'ingénieur.

Une spécialisation a lieu en cours d'année, avec une introduction progressive à des connaissances en imagerie, simulation ou encore en réalité virtuelle...

Responsable pédagogique

Laurent SARRY
Email : laurent.sarry@uca.fr
Téléphone : 04 73 17 81 23

Semestre 1

ECTS	Heures			Intitulé et descriptif des UE
	CM	TD	TP	
3	15	15		Culture d'entreprise (Z4SCAU01)
3	6		24	Programmation C / C++ (Z445AU01)
3	6	7.5	16.5	Harmonisation Mathématique (Z445AU02)
3	11	11.5	7.5	Harmonisation Electronique / Signal (Z445AU03)
3	10.5		19.5	Image et vision par ordinateur (Z545CU01)
3	16.5	13.5		Traitement et transmission de l'information (Z445AU06)
3	6	7.5	16.5	Gestion de projet informatique (Z445AU08)
3			36	Travaux pratiques (Z445AU07)
3	10.5	10.5	6	Harmonisation Automatique / Mécanique (Z445AU04)
3	10	8	12	Développement parallèle et GPGPU (Z444AU01)
3	10.5	7.5	12	Modélisation des matériaux rigides et déformables par éléments finis (Z445AU05)

Semestre 2

ECTS	Heures			Intitulé et descriptif des UE
	CM	TD	TP	
3		19.5		Anglais (Z4SCAU02)
3	9	9	12	Développement terminal mobile et objets connectés (Z444BU01)
3	9	9	12	Réalité virtuelle (Z444BU04)
3	9	9	12	C++ avancé et programmation parallèle (Z444AU01)
18				Stage (Z444BU02) ou TER (Z444BU03)



MASTER 1 Imagerie et Technologie pour la Médecine

Unité d'enseignement 1

Culture d'entreprise

Code UE	Z4SCAU01	Crédits ECTS	3
Volume horaire (h/an)	30h	Période	1 ^{er} semestre
Enseignants de l'UE	Sophie LACHENAUD		

Composition de l'UE	Enseignant	Nombre d'heures et type	Pondération
Culture d'entreprise	Sophie LACHENAUD	15 h CM + 15 h TD	100%

Compétences visées :

- Etre capable d'appréhender le fonctionnement de l'entreprise dans son environnement.
- Connaître les caractéristiques d'un contrat de travail.
- Savoir concevoir un dossier de candidature de stage efficace.
- Se préparer à l'entretien.

Contenu de l'UE :

- L'entreprise, ses acteurs, son environnement.
- Le contrat de travail, principales clauses.
- CV et lettre de motivation : principes et application.
- La phase de présentation en entretien.

Evaluations de l'UE :

- Une épreuve orale individuelle (50% de la note finale)
- Une épreuve écrite (50% de la note finale)

Connaissances préalables :

- SANS

Bibliographie du cours :

- Droit social Dalloz
- Revues : Management, Capital



MASTER 1 Imagerie et Technologie pour la Médecine

Unité d'enseignement 2 | Programmation C / C++

Code UE	Z445AU01	Crédits ECTS	3
Volume horaire (h/an)	30h	Période	1 ^{er} semestre
Enseignants de l'UE	Christophe GUICHENEY		

Composition de l'UE	Enseignant	Nombre d'heures et type	Pondération
Programmation C / C++	Christophe GUICHENEY	6 h CM + 24 h TP	100%

Compétences visées :

- Avoir des bases solides dans un langage informatique structuré (langage C)
- Acquérir un savoir-faire en programmation orientée objet (POO) avec le langage C++
- Comprendre et pratiquer la POO dans un environnement de type Unix
- Ecrire des algorithmes
- Savoir analyser un problème et traduire un énoncé textuel en POO

Contenu de l'UE :

- Rappels de langage C (types de données, variables, opérateurs, instructions de contrôle d'exécution, pointeurs, fonctions)
- Introduction au C++
- Objets et classes en C++
- Processus d'héritage
- Introduction au Polymorphisme

Evaluations de l'UE :

- Une épreuve de 10 questions en 10 minutes avec documents (10% de la note finale)
- Une épreuve pratique de programmation C++ de 1h50 avec document (90% de la note finale)

Connaissances préalables :

- Posséder des bases de programmation, quel que soit le langage (variables, affectations, E/S, tests conditionnels, boucles, tableaux, fonctions)

Bibliographie du cours :

- The C++ Programming Language 4th edition – B. Stroustrup



MASTER 1 Imagerie et Technologie pour la Médecine

Unité d'enseignement 3 | Harmonisation Mathématique

Code UE	Z445AU02	Crédits ECTS	3
Volume horaire (h/an)	30h	Période	1 ^{er} semestre
Enseignants de l'UE	Fabien FESCHET	Benoit THUILOT	

Composition de l'UE	Enseignant	Nombre d'heures et type	Pondération
<i>Optimisation linéaire</i>	Benoit THUILOT	3hCM, 3hTD, 7.5hTP, 7.5h auto-formation	50%
<i>Optimisation non-linéaire</i>	Fabien FESCHET	3hCM, 4.5hTD, 9hTP, 9h auto-formation	50%

Module 1 : optimisation linéaire

Compétences visées :

- Connaître l'existence et l'intérêt des techniques d'optimisation pour décrire des données
- Savoir décider si un problème d'optimisation peut être traité par les moindres carrés et savoir alors formaliser et poser le problème
- Être conscient des biais d'estimation possiblement amenés par les bruits de mesure et connaître les méthodes pour éliminer ce biais
- Savoir exploiter ces notions pour décrire des données et identifier un système dynamique
- Savoir conduire une expérimentation pour disposer de données saines pour l'identification
- Savoir implémenter ces algorithmes avec des logiciels tels que Matlab

Contenu de l'UE :

- Motivations pour décrire la relation entre plusieurs variables via une fonction analytique
- Identification d'une fonction paramétrique décrivant un jeu de données expérimentales
 - Critère des moindres carrés
 - Cas où la fonction analytique est linéaire en les paramètres → moindres carrés simples
 - Exemples : fonctions linéaires, polynomiales, exponentielles, sinusoïdales, coniques, ...
 - Exemples : approximation de données par des fonctions B-Splines uniformes
- Identification de l'équation récurrente modélisant un système dynamique linéaire
 - Protocole opératoire pour acquérir des données appropriées pour l'identification (vérification de la linéarité, choix de la période d'échantillonnage, choix d'un signal d'entrée excitant → S.B.P.A., filtrage et conditionnement des données, ...)
 - Identification hors-ligne :
 - Minimisation de l'erreur d'équation → moindres carrés simples
 - Validation de l'identification → test de blancheur sur l'erreur de modèle
 - Mise en évidence d'un biais en présence de bruit
 - Élimination du biais → méthode des variables instrumentales
 - Identification en-ligne :
 - → moindres carrés récursifs : gain décroissant, facteur d'oubli, trace constante, ...
 - Élimination du biais en présence de bruit :
 - Décorrélation par simulation
 - Blanchiment de l'erreur d'équation : modèle ARMAX, moindres carrés étendus



Evaluations de l'UE :

- Un examen écrit + un examen de TP

Connaissances préalables :

- Prérequis en calcul matriciel
- Prérequis en utilisation autonome du logiciel Matlab

Bibliographie du cours :

- 1 support de cours

Module 2 : optimisation non-linéaire

Compétences visées :

- Connaître l'existence et l'intérêt des techniques d'optimisation non linéaire pour résoudre des problèmes
- Savoir déterminer les conditions générales d'existence de zéros en dimension quelconque
- Savoir déterminer les conditions générales d'existence d'extremum et leur caractérisation en dimension quelconque
- Savoir implémenter ces algorithmes avec des logiciels tels que Matlab

Contenu de l'UE :

- Théorème d'existence de zéros et d'extremum en dimension 1
- Méthode de la corde, de la sécante et de Newton
- Détermination du nombre de racines d'une fonction polynomiale sur $\mathbb{R}$ et dans un intervalle fini
- Optimisation par les méthodes de l'approximation quadratique et du Golden search pour les extremums
- Méthode de descente du gradient, de Newton et de quasi-Newton en dimension quelconque
- Introduction à la méthode du simplexe de Nelder et Mead.

Evaluations de l'UE :

- Un examen comprenant une partie écrite et une partie Matlab.

Connaissances préalables :

- Analyse réelle
- Autonomie en codage Matlab

Bibliographie du cours :

- Livre : "Scientific Computing with MATLAB and Octave" de A. Quarteroni ; F. Saleri et P. Gervasio. Springer-Verlag 2014. ISBN 978-3-642-45367-0
- Livre : "Numerical Optimization" de J. Nocedal et S. Wright. Springer-Verlag 2006. ISBN 978-0-387-40065-5



MASTER 1 Imagerie et Technologie pour la Médecine

Unité d'enseignement 4

Harmonisation électronique / signal

Code UE	Z445AU03	Crédits ECTS	3
Volume horaire (h/an)	30h	Période	1 ^{er} semestre
Enseignants de l'UE	Laure BERRY		

Composition de l'UE	Enseignant	Nombre d'heures et type	Pondération
<i>Electronique</i>	Laure BERRY	6hCM, 6hTD, 1.5hTP	50%
<i>Traitement du signal continu</i>	Laure BERRY	5hCM, 5.5hTD, 6hTP	50%

Module 1 : Electronique

Compétences visées :

- Maîtriser les composants actifs de base de l'électronique et leurs principales applications : diode, transistor bipolaire, amplificateur opérationnel
- Usage des outils de simulation pour valider des résultats théoriques
- Capacité à concevoir et valider un circuit électrique à partir d'un cahier des charges imposé

Contenu de l'UE :

- Diode de redressement et applications : construire une tension continue à partir d'une tension alternative
 - Principe du redressement simple et double alternance
 - Dimensionnement du circuit de filtrage
 - Circuits de stabilisation de la tension continue
- Transistor bipolaire et applications
 - Circuits de polarisation du transistor bipolaire
 - Le transistor bipolaire en amplification
 - Stabilisation thermique du montage
 - Oscillateur sinusoïdal
 - Le transistor bipolaire en commutation : montage astable
- Amplificateur opérationnel et montages associés
 - Caractéristique de l'amplificateur opérationnel réel
 - Montages amplificateur
 - Opérations mathématiques possibles avec l'amplificateur opérationnel
 - Montages comparateur
 - Oscillateur sinusoïdal

L'ensemble des notions théoriques abordées est accompagné d'exercices d'entraînement théoriques, mais aussi d'exercices à réaliser sur un outil de simulation de circuits électroniques (Spice) : confrontation entre résultats théoriques et issus de la simulation



Evaluations de l'UE :

- Examen de TP avec le logiciel Spice

Connaissances préalables :

- Notions d'électricité acquises (loi d'Ohm, loi des nœuds, loi des mailles, théorème du diviseur de tension, théorème du diviseur de courant, adaptation d'impédance)
- Connaissance du logiciel Spice

Bibliographie du cours :

- support papier fourni (80 pages)

Module 2 : Traitement du signal continu

Compétences visées :

- Anticiper les effets de l'échantillonnage à l'acquisition et à la restitution du signal
- Savoir déterminer la fonction de transfert d'un système : méthode impulsionnelle, méthodes de corrélation
- Amélioration du rapport Signal sur Bruit

Contenu de l'UE :

- Rappels des outils de la théorie du signal (Transformée de Fourier)
- Réponse impulsionnelle et convolution
- Echantillonnage : critère de Shannon, réciproque de Shannon, sur-échantillonnage, sous-échantillonnage, échantillonneur bloqueur, échantillonneur moyennneur
- Corrélation et densité spectrale d'énergie, théorème de Wiener-Khintchine : application à la détermination de fonctions de transfert
- Caractéristiques du Bruit Blanc et méthodes d'amélioration du rapport Signal sur bruit
- Travaux pratiques : mise en application sous Labview

Evaluations de l'UE :

- Une épreuve écrite

Connaissances préalables :

- Prérequis en traitement du signal (Transformée de Fourier)

Bibliographie du cours :

-



MASTER 1 Imagerie et Technologie pour la Médecine

Unité d'enseignement 5 | Image et Vision par ordinateur

Code UE	Z545CU01	Crédits ECTS	3
Volume horaire (h/an)	30h	Période	1 ^{er} semestre
Enseignants de l'UE	Thierry CHATEAU	Omar AIT AIDER	

Composition de l'UE	Intitulé	Nombre d'heures et type	Pondération
Traitement d'image	Thierry CHATEAU	10,5 h CM	50%
Traitement d'image	Omar AIT AIDER	19,5 h TP	50%

Compétences visées :

- Etre capable d'appliquer des traitements spatiaux sur les images,
- Extraire la teinte d'une image
- Débruiter une image
- Détecter les points d'intérêt sur une image
- Calculer des distances dans des images stéréos

Contenu de l'UE :

- Introduction générale à la vision par ordinateur 1.5h
- Codage des images et espaces couleurs 1.5h
- Histogrammes et Filtrage des images 3h
- Morphologie mathématique 1.5h
- Détecteurs de points d'intérêt 3h
- Vision géométrique : modèle de caméra et stéréovision 3h

Travaux pratiques :

- Transformation d'images (bruit, histogrammes, corrélation, transformations géométriques) 3h
- Reconnaissance de formes 2D, application à l'inspection automatique 3h
- Calibrage, calcul de pose, réalité augmentée 3h
- Géométrie épipolaire et reconstruction 3D 3h

Evaluations de l'UE :

- Un QCM de 60 minutes sans document
- Une épreuve pratique de 1h30

Connaissances préalables :

- Prérequis en mathématique appliquée (algèbre, probabilités)
- Prérequis en programmation Python

Bibliographie du cours :

- Digital Image Processing (3rd Edition), ISBN-13: 978-0131687288. by Rafael C. Gonzalez, Richard E. Woods
- Multiple View Geometry in Computer Vision : 2nd edition Richard Hartley, Australian National University, Canberra , Andrew Zisserman, University of Oxford



MASTER 1 Imagerie et Technologie pour la Médecine

Unité d'enseignement 6

Traitement et transmission de l'information

Code UE	Z445AU06	Crédits ECTS	3
Volume horaire (h/an)	30h	Période	1 ^{er} semestre
Enseignants de l'UE	Laurent TRASSOUDAIN		Françoise PALADIAN

Composition de l'UE	Enseignant	Nombre d'heures et type	Pondération
<i>Traitement du signal numérique</i>	Laurent TRASSOUDAIN	8hCM, 8.5hTD	50%
<i>Introduction à la CEM</i>	Françoise PALADIAN	7hCM, 6.5hTD	50%

Module 1 : Traitement du signal numérique

Compétences visées :

- Maîtrise des espaces de transformation et de leur utilité
- Maîtrise de l'échantillonnage et de ses conséquences spectrales
- Maîtrise des conséquences spectrales du fenêtrage temporel
- Réalisation de filtres numériques

Contenu de l'UE :

- Classification des signaux
- Système de transmission linéaire et stationnaire - Convolution
- Espaces de transformation
 - Transformée de Fourier
 - Série de Fourier
 - Transformée de Fourier discrète
 - Transformée en Z
 - Transformée de Laplace
- Echantillonnages idéal et réel
- Analyse spectrale des signaux discrets
- Filtrage numérique
 - filtre à réponse impulsionnelle infinie
 - filtre à réponse impulsionnelle finie

Evaluations de l'UE :

- Une épreuve écrite

Connaissances préalables :

- Outils mathématiques (fonctions complexes, intégration)

Bibliographie du cours :

-



Module 2 : Introduction à la CEM

Compétences visées :

- Maîtrise des différents types de couplages entre sources de perturbations électromagnétiques et éléments d'une chaîne de mesure
- Maîtrise des différents moyens de s'affranchir des perturbations électromagnétiques sur une chaîne ou un circuit de mesure

Contenu de l'UE :

- Objectifs de la CEM
- Différents types de couplages électromagnétiques
- Réflexion et transmission : application aux blindages
- Sources de perturbations électromagnétiques
- Protection vis-à-vis du couplage par conduction, inductif et capacitif – Application à une chaîne de mesure

Evaluations de l'UE :

- Une épreuve écrite

Connaissances préalables :

- Théorie des circuits à constantes localisées
- Éléments de base en électrostatique, magnétostatique et électromagnétisme

Bibliographie du cours :

- Acquisition de données du capteur à l'ordinateur, G. Asch, éditions Dunod



MASTER 1 Imagerie et Technologie pour la Médecine

Unité d'enseignement 7

Gestion de projets informatiques

Code UE	Z445AU08	Crédits ECTS	3
Volume horaire (h/an)	30h	Période	1 ^{er} semestre
Enseignants de l'UE	Jean-Marie FAVREAU		

Composition de l'UE	Intitulé	Nombre d'heures et type	Pondération
Gestion de projets	Jean-Marie FAVREAU	8 h CM, 10 h TD, 16 h TP	100%

Compétences visées :

- connaître les outils et modèles de gestion de projets classiques
- connaître et avoir pratiqué les outils associés aux méthodes agiles
- connaître et avoir expérimenté des outils de travail collaboratif

Contenu de l'UE :

- introduction à la gestion de projets
- introduction aux méthodes agiles
- outils pour la pratique collaborative
- outils pour le partage du code source efficacement

Ce module s'appuie sur de nombreuses séances pratiques où seront abordés les outils suivants :

- gantt (planification)
- kanban (planification, coordination)
- git (système de gestion de version)
- dokuwiki (wiki, partage d'un ensemble de documents, édition collaborative)
- scrum (méthode agile)

Evaluations de l'UE :

- Une évaluation écrite
- Une évaluation du TP avec restitution écrite et orale

Connaissances préalables :

- connaissances techniques élémentaires en informatique, traitement du signal, robotique ou électronique

Bibliographie du cours :

- Le Guide de Scrum, Ken Schwaber et Jeff Sutherland, 2016
- Guide Léger de la Théorie et de la Pratique de Scrum, Pette Deemer, Gabrielle Benefield, Craig Larman, Bas Vodde, 2012
- Scrum et XP depuis les tranchées, Henrik Kniberg
- Le plus petit pas, Nicolas Gouy, 2015



MASTER 1 Imagerie et Technologie pour la Médecine

Unité d'enseignement 8 | Travaux Pratiques

Code UE	Z445AU07	Crédits ECTS	3
Volume horaire (h/an)	36h	Période	1 ^{er} semestre
Enseignants de l'UE	Emilie PERY	Jérôme BRUNET	Benoit THUILOT

Composition de l'UE	Enseignant	Nombre d'heures et type	Pondération
<i>Traitement images</i>	Emilie PERY	12 h TP	40%
<i>Instrumentation</i>	Jérôme BRUNET	16,5 h TP	40%
<i>Traitement du Signal</i>	Benoit THUILOT	7,5 h TP	20%

Module 1 : Traitement d'images

Compétences visées :

- Savoir utiliser un système embarqué low-cost de type RaspBerry
- Maîtriser l'acquisition et le traitement des images
- Réaliser une application en imagerie

Contenu de l'UE :

- Découverte du Rasperry Pi 3 : spécifications matérielles, caractéristiques...
- Exemples d'applications
- Notions de bases en numérisation et traitement d'images
- Réalisation d'un projet en imagerie avec la caméra v2

Evaluations de l'UE :

- Document de synthèse à rendre + examen de TP sans document (50% de la note finale)

Connaissances préalables :

- Prérequis en programmation et en traitement d'images

Bibliographie du cours :

- Rasperry Pi, l'alliance de la programmation et de l'électronique, Maartje JANSEE, 2014



Module 2 : Instrumentation

Compétences visées :

- Maîtriser la déclaration et la gestion des périphériques d'acquisition sous NI-MAX
- Maîtriser l'acquisition et le traitement de signaux analogiques par Labview
- Savoir mettre en oeuvre une communication avec un instrument sous Labview

Contenu de l'UE :

- Révision des principes de programmation sous Labview : Application domotique
- Accord en fréquence : accordeur de guitare
- Communication instrument : configuration, acquisition & exploitation de mesures

Evaluations de l'UE :

- Examen de TP d'1h30 min sans document (50% de la note finale)

Connaissances préalables :

- maîtrise des fonctions de base (déclaration et manipulation de variables, fonctions simples, boucles et structures)

Bibliographie du cours :

- Programmation et applications- 2nd édition – Francis COTTET, Michel PINARD (DUNOD)

Module 3 : Traitement du signal numérique

Compétences visées :

- Maîtriser les notions présentées dans le cours *Traitement du signal numérique* (UE7 – module 1)
- Savoir exploiter le logiciel Matlab pour analyser et traiter les échantillons d'un signal

Contenu de l'UE :

- Ecriture d'un script pour émuler un oscilloscope numérique avec le logiciel Matlab (*i.e. pour visualiser les échantillons d'un signal dans les deux domaines temporel et fréquentiel*)
- Etude du signal porte (*visualisation du lien entre la durée de la porte et l'étalement spectral*)
- Etude sur le cas d'un signal sinusoïdal de l'effet de la limitation en temps sur le spectre observé
→ *distribution de spectre, fenêtre d'apodisation de Hamming, durée minimale d'acquisition pour pouvoir distinguer 2 composantes fréquentielles au sein d'un signal*
- Etude sur le cas d'un signal sinusoïdal du spectre observé en fonction de la fréq d'échantillonnage
→ *théorème de Shannon, repliement de spectre*
- Etude de la chaîne de traitement lors d'une transmission par courants porteurs en ligne (CPL), illustrée sur le cas d'une application domotique exploitant le signal secteur
→ *principe de la modulation d'amplitude – extraction du signal utile par filtrage – démodulation par redressement, filtrage et seuillage – transmission simultanée par multiplexage*



**ÉCOLE UNIVERSITAIRE
DE PHYSIQUE ET D'INGÉNIERIE**
Université Clermont Auvergne

Evaluations de l'UE :

- Examen de TP avec le logiciel Matlab

Connaissances préalables :

- Ces TP illustrent le cours "Traitement du signal numérique" (*module n°1 de l'UE7*)

Bibliographie du cours :

- M. Bellanger, "Traitement numérique du signal", Dunod
- G. Binet, "Traitement numérique du signal", Eyrolles



MASTER 1 Imagerie et Technologie pour la Médecine

Unité d'enseignement 9

Harmonisation automatique / mécanique

Code UE	Z445AU04	Crédits ECTS	3
Volume horaire (h/an)	30h	Période	1 ^{er} semestre
Enseignants de l'UE	Benoit THUILOT	Flavien PACCOT	Michel GREDIAC

Composition de l'UE	Enseignant	Nombre d'heures et type	Pondération
<i>Automatique continue</i>	Benoit THUILOT	4.5hCM, 4.5hTD	40%
<i>Régulateurs industriels</i>	Flavien PACCOT	6hTP	20%
<i>Mécanique</i>	Michel GREDIAC	6hCM, 6hTD	40%

Module 1 : Automatique continue

Compétences visées :

- Savoir exploiter la représentation fonction de transfert pour étudier le comportement d'un système linéaire en boucle ouverte ou asservi
- Savoir choisir la structure de correction P.I.D. appropriée et savoir en régler les paramètres, en fonction des caractéristiques du système à asservir et des attentes de l'application
- Savoir simuler un système linéaire décrit par une fonction de transfert, en boucle ouverte ou asservi au moyen d'un correcteur P.I.D., en exploitant le logiciel Matlab-Simulink

Contenu de l'UE :

- Définition d'un système linéaire et importance pratique de ceux-ci (*un système non-linéaire peut toujours être approché autour d'un point de fonctionnement par un modèle linéaire*)
- Description des systèmes linéaires par fonctions de transfert
 - Réponses libre et forcée d'un système linéaire – Définition du modèle fonction de transfert
 - Comportement d'un système décrit par une fonction de transfert quelconque $F(p)$
 - La stabilité d'un système et sa réponse transitoire sont caractérisées par les pôles de $F(p)$
 - La réponse permanente à une entrée constante est caractérisée par le gain statique $F(0)$
 - La réponse permanente à une entrée $\sin(\omega t)$ est caractérisée par $F(i\omega)$ et peut être évaluée aisément par le biais des diagrammes de Bode
 - Comportement des systèmes décrits par une fonction de transfert 1^{er} ordre ou 2nd ordre
 - Caractéristiques des réponses à l'échelon (*dépassement, temps de réponse, ...*)
 - Caractéristiques des réponses à la rampe (*erreur de traînage, ...*)
 - Caractéristiques des réponses fréquentielles (*atténuation, déphasage, résonance, ...*)
 - Simulation des principales réponses des systèmes 1^{er} et 2nd ordre avec le logiciel Matlab
- Asservissement des systèmes linéaires décrits par fonctions de transfert
 - Principe et intérêt d'une boucle d'asservissement
 - Etude du comportement de l'asservissement par sa fonction de transfert boucle fermée
 - Importance des intégrateurs pour assurer la précision statique d'un asservissement



- Réglage des performances d'un asservissement par correction P.I.D.
 - Intérêts et contraintes des 3 actions élémentaires : proportionnelle – intégrale – dérivée
 - Choix de la structure appropriée (P., P.I., P.D. ou P.I.D.) en fonction des caractéristiques du système, de la consigne (constante ou variable) et des performances attendues
 - Réglages standard et réglage temporel itératif des paramètres du correcteur
- Etudes de cas en simulation avec le logiciel Matlab :
 - asservissement de la vitesse de rotation d'un moteur
 - asservissement de la position angulaire d'un moteur
 - asservissement d'un système modélisé par une fonction de transfert d'ordre 3

Evaluations de l'UE :

- Un examen écrit + un examen avec le logiciel Matlab

Connaissances préalables :

- Prérequis sur les équations différentielles linéaires et la transformation de Laplace
- Prérequis en utilisation autonome du logiciel Matlab

Bibliographie du cours :

- Y. Granjon, "Automatique" 3^{ème} édition, Dunod
- M. Rivoire, J.-L. Ferrier, "Cours d'automatique - Tome 2: asservissement, régulation, commande analogique", Editions Eyrolles

Module 2 : Régulateurs industriels

Compétences visées :

- Savoir mettre en œuvre un régulateur PID industriel
- Savoir régler expérimentalement un régulateur PID sur divers systèmes industriels
- Savoir identifier une fonction de transfert à partir d'un enregistrement réel
- Savoir appliquer des règles de synthèse de correcteur PID simples

Contenu de l'UE :

- TP sur la régulation de vitesse (expérimental et simulé)
- TP sur la régulation thermique (expérimental et simulé)
- TP sur la commande d'axe (expérimental)
- TP sur la régulation niveau/débit/pression (expérimental)

Evaluations de l'UE :

- Notes de séance de TP
- Notes de comptes-rendus



Connaissances préalables :

- Notion d'automatique continue (fonction de transfert)
- Notion de boucle ouverte, boucle fermée, asservissement et régulation PID

Bibliographie du cours :

- Un support de TP avec toute la documentation nécessaire et les rappels théoriques associés

Module 3 : Mécanique

Compétences visées :

- Connaître les grandeurs impliquées en mécanique des solides déformables : contraintes et déformations
- Connaître le lien entre ces grandeurs dans ce cas simple d'une loi élastique linéaire isotrope

Contenu de l'UE :

- Notion de contrainte
- Notion de déformation
- Notion de loi de comportement : cas de l'élasticité linéaire isotrope

Evaluations de l'UE :

- Examen écrit

Connaissances préalables :

- En mathématiques : dérivation, intégration
- En physique : mécanique du solide indéformable

Bibliographie du cours :

- C. Bacon, J. Pouyet, Mécanique des solides déformables, Hermès



MASTER 1 Imagerie et Technologie pour la Médecine

Unité d'enseignement 10

Modélisation des matériaux rigides et déformables par EF

Code UE	Z445AU05	Crédits ECTS	3
Volume horaire (h/an)	30h	Période	1 ^{er} semestre
Enseignants de l'UE	Pascal COSSON	Laurent SARRY	

Composition de l'UE	Enseignant	Nombre d'heures et type	Pondération
<i>Eléments finis matériaux rigides</i>	Pascal COSSON	6hCM, 12hTP	50%
<i>Simulation temps-réel matériaux déformables</i>	Laurent SARRY	4.5hCM, 7.5hTD, 4.5h auto-formation	50%

Module 1 : Eléments finis matériaux rigides

Compétences visées :

- Savoir interpréter l'environnement d'une pièce métallique dans un mécanisme donné pour la modéliser ensuite dans l'atelier de calcul MEF de Catia
- Savoir traduire cet environnement selon une méthodologie précise avec les outils Catia pour arriver à un résultat
- Savoir interpréter les résultats obtenus, connaître leurs limites de validité et le cas échéant savoir agir sur la géométrie (démarche usuelle dans un bureau d'études)

Contenu de l'UE :

- Rappels de résistance des matériaux (RDM) et présentation des éléments de calcul par éléments finis (MEF)
- A partir d'exemples concrets, savoir appliquer une méthodologie pour une juste représentation de la pièce dans son environnement
- Savoir traduire cette méthodologie avec les outils de Catia pour représenter les conditions aux limites de la pièce et la calculer de la manière la plus pertinente.
- Savoir interpréter les résultats et savoir comment agir sur la géométrie pour tendre vers un lissage des contraintes à l'intérieur du domaine élastique du matériau

Evaluations de l'UE :

- Exercices en temps limité sur la base des exemples vus en cours

Connaissances préalables :

- Très bonne connaissance d'un logiciel de CAO volumique : Catia, Solidworks, ...
- Connaissances de RDM (mécanique des milieux continus)

Bibliographie du cours :

- Polycopié de l'enseignant



Module 2 : Simulation temps-réel matériaux déformables

Compétences visées :

- Comprendre l'implémentation pratique d'un schéma aux éléments finis en C++
- Comprendre le compromis temps de calcul / plausibilité lié à la simulation temps-réel
- Implémenter un schéma d'intégration numérique implicite
- Connecter une simulation mécanique avec un rendu graphique de type VTK

Contenu de l'UE :

- Formulation Hamiltonienne des équations du mouvement
- Lois de conservation et symplecticité
- Schémas d'intégration numérique implicites
- Résolution numérique par la méthode de Newton
- Discrétisation des énergies cinétiques et potentielle élastique par éléments finis
- Lois de déformation hyperélastique pour les matériaux déformables et les tissus mous

Evaluations de l'UE :

- 1 examen de 2h00 portant sur le cours et les TP

Connaissances préalables :

- Analyse numérique
- Algèbre linéaire

Bibliographie du cours :

- Support de cours
- Sujet de TP



MASTER 1 Imagerie et Technologie pour la Médecine

Unité d'enseignement 11

Anglais

Code UE	Z4SCAU02	Crédits ECTS	3
Volume horaire (h/an)	19,5h	Période	2 nd semestre
Enseignants de l'UE	Gilmour FONTAINE		

Composition de l'UE	Enseignant	Nombre d'heures et type	Pondération
Anglais	Gilmour FONTAINE	19,5 h TD	100%

Compétences visées :

- Acquérir une bonne maîtrise de l'expression orale et écrite en anglais dans les situations de communication professionnelle.

Contenu de l'UE :

- Participer à une réunion, un séminaire, une conférence
- Comprendre et communiquer des informations dans différentes situations professionnelles formelles ou informelles (réunion, téléphone...)
- Suivre des conférences en langue anglaise
- Prendre des notes, rédiger, synthétiser des documents (une lettre, un rapport...)
- Faire un exposé, présenter ses travaux, prendre des notes

Evaluations de l'UE :

- Webquest 50%
- oral collectif et individuel (+ prise en compte de l'assiduité)
- rédaction d'un rapport/brochure
- Examen type DCL 50%
- Rédaction d'un texte argumentatif

Connaissances préalables :

- Niveau B1 CECRF



MASTER 1 Imagerie et Technologie pour la Médecine

Unité d'enseignement 12 | Développement Terminal mobile et objets connectés

Code UE	Z444BU01	Crédits ECTS	3
Volume horaire (h/an)	30h	Période	2 nd semestre
Enseignants de l'UE	Marc CHEVALDONNE	Christophe BLANC	

Composition de l'UE	Intitulé	Nombre d'heures et type	Pondération
<i>Développement</i>	M. Chevaldonné	9 h CM, 9 h TD	50%
<i>Terminal mobile et objets connectés</i>	C. Blanc	12 h TP	50%

Compétences visées :

- Être capable de développer une application mobile simple mais multi-plateformes (Android, iOS, UWP) à l'aide de C#, XAML et Xamarin
- Savoir créer une base de données à l'aide d'Entity Framework Core
- Savoir placer cette base de données sur un cloud (Azure par exemple)
- Savoir accéder à cette base de données via une API REST et l'application mobile
- Connaître la plateforme raspberry pi et sa webcam (raspicam)
- Utilisation de la bibliothèque opencv pour détection/reconnaissance faciale

Contenu de l'UE :

- Présentation de Xamarin, C# et XAML pour créer des vues sur plateformes mobiles et les relier à la logique de l'application
- Présentation d'Entity Framework Core pour le lien entre les données du modèle et la création/modification des tables de la base de données
- Présentation d'ASP.NET Core pour la création d'un back-end et d'une API REST permettant de consommer les données
- Présentation de la librairie opencv et d'un algorithme de détection/reconnaissance faciale (eigenface).

Evaluations de l'UE :

- Evaluation en TP en fonction des résultats obtenus

Connaissances préalables :

- Prérequis en programmation orientée objets et architecture logicielle
- Prérequis (optionnel) en C#

Bibliographie du cours :

- C# 7.0 in a Nutshell: The Definitive Reference - Joseph & Ben Albahari - ed. O'Reilly
- Mastering Entity Framework - Rahul Rajat Singh - Packt publishing
- Modern API Design with ASP.NET Core 2: Building Cross-Platform Back-End Systems - Fanie Reynders - ed. Apress
- Mastering Xamarin.Forms - Second Edition - Ed Snider - Packt publishing
- <https://www.learnopencv.com/>



MASTER 1 Imagerie et Technologie pour la Médecine

Unité d'enseignement 13 | *Réalité virtuelle*

Code UE	Z444AU01	Crédits ECTS	3
Volume horaire (h/an)	30h	Période	2 nd semestre
Enseignants de l'UE	Laurent SARRY		

Composition de l'UE	Enseignant	Nombre d'heures et type	Pondération
<i>Réalité virtuelle</i>	Laurent SARRY	9hCM, 9hTD, 12hTP	100%

Compétences visées :

- Etre en mesure de faire des choix matériels pour une application de réalité virtuelle, en termes d'interfaces visuelles, motrices et/ou haptiques
- Comprendre les compromis à réaliser en termes de réalisme / rapidité de simulation
- Comprendre les mécanismes de boucle de rendus visuel et haptique
- Etre capable d'implémenter une simulation rigide ou non rigide simple

Contenu de l'UE :

- Introduction : qu'est-ce que la réalité virtuelle ?
- Interfaces motrices : capteurs de localisation, interfaces spécifiques à la localisation corporelle, interfaces manuelles motrices
- Modèles géométriques des environnements virtuels : modèles volumiques, modèles surfaciques, notions de géométrie algorithmique, optimisation des modèles pour la réalité virtuelle
- Interfaces et modèles pour le rendu visuel : interfaces visuelles, techniques de rendu, modèles d'éclairage et d'ombrage, rendu et perception
- Présentation d'un système de rendu immersif omnidirectionnel
- Interfaces et modèles pour le rendu haptique : interfaces à retour d'effort, couplage entre simulation et dispositif haptique, calcul du rendu haptique, adaptation fréquentielle
- Détection des collisions : collisions entre primitives géométriques, pipeline de détection

Evaluations de l'UE :

- Epreuve écrite finale de 2h00
- 2 comptes rendus de TP

Connaissances préalables :

- Programmation C++ et bibliothèque graphique VTK

Bibliographie du cours :

- Support de cours



MASTER 1 Imagerie et Technologie pour la Médecine

Unité d'enseignement 14

C++ avancé et programmation parallèle

Code UE	Z444AU01	Crédits ECTS	3
Volume horaire (h/an)	30h	Période	2 nd semestre
Enseignants de l'UE	Fabien FESCHET		

Composition de l'UE	Enseignant	Nombre d'heures et type	Pondération
<i>C++ avancé et programmation parallèle</i>	Fabien FESCHET	9 h CM, 9 h TD, 12 h TP	100 %

Compétences visées :

- Héritage, polymorphisme
- Usage des itérateurs et de la STL
- Modèle d'exécution C++
- Accès concurrent et data race
- Modèle de thread C++
- Programmation parallèle openMP

Contenu de l'UE :

- Héritage, polymorphisme, STL
Modèle d'exécution C++
- Accès concurrent et data race
- Modèle de thread C++ : gestion manuelle des ordonnancements de threads
- Programmation parallèle openMP : application à la parallélisation d'algorithme traitement d'images

Evaluations de l'UE :

- Partiel Ecrit / TP (coeff 1)
- Examen Ecrit / TP (coeff 1)

Connaissances préalables :

- Modèle objet C++

Bibliographie du cours :

- Concurrency with Modern C++ by Rainer Grimm
- Documentation STL
- Documentation OpenMP



MASTER 1 Imagerie et Technologie pour la Médecine

Unité d'enseignement 15 | Stage

Code UE		Crédits ECTS	18
Volume horaire (h/an)	12 semaines à 5 mois	Période	2 nd semestre
Enseignants de l'UE			

Compétences visées :

- Etre capable de travailler en équipe
- Etre capable de faire preuve d'autonomie pour la réalisation et l'investigation de problèmes pratiques proposés par l'entreprise.

Contenu de l'UE :

- Découverte de l'entreprise et de son fonctionnement
- Application des enseignements acquis durant la formation

Evaluations de l'UE :

- Note donnée par le responsable du stage en entreprise (50%)
- Mémoire écrit (25%)
- Soutenance orale (25%)