

SYLLABUS

MASTER

Traitement du Signal et des Images

PARCOURS

Imagerie et Technologie pour la Médecine
(TechMed)

2^{ème} année



UNIVERSITÉ
Clermont Auvergne

Ecole Universitaire de Physique et d'Ingénierie

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.

Deuxième année du Master TechMed

La seconde année du master TechMed est pratiquement exclusivement dédiée à des applications médicales, que ce soit en imagerie, en traitement d'images, en robotique, en analyse de données, en geste assisté par ordinateur, en imagerie par RMN. Il comporte également une unité d'enseignement purement médicale, dispensée par des cliniciens du CHU de Clermont-Ferrand et du Centre Jean Perrin, ainsi que des enseignements permettant de comprendre le système de santé, les enjeux éthiques liés aux données médicale et les innovations dans le domaine des Technologies pour la Santé.

Responsable pédagogique

Laurent SARRY

Email : laurent.sarry@uca.fr

Téléphone : 04 73 17 81 23



EUPI

UNIVERSITÉ
Clermont Auvergne

Ecole Universitaire de Physique et d'Ingénierie

Semestre 3

ECTS	Heures			Intitulé et descriptif des UE
	CM	TD	TP	
3		19.5		Anglais
3		23		Culture d'entreprise
3	12		18	Apprentissage et Deep Learning
3	6	8	16	Librairies développement image
3	9	9	12	Imagerie médicale
3	11		16	Instrumentation imagerie RMN
3	9	9	12	Traitement d'images médicales
3	9	9	12	Analyse de données médicales et Deep Learning
3	30			Connaissances médicales
3	30			Environnement, droit, innovation pour la Santé

Semestre 4

ECTS	Heures			Intitulé et descriptif des UE
	CM	TD	TP	
3			30	TP de synthèse
3	9	9	12	Diagnostic assisté par ordinateur
3	9	9	12	Réalité virtuelle et simulation interactive personnalisée
21				Stage



MASTER 2 Imagerie et Technologie pour la Médecine

Unité d'enseignement 3.1 | Anglais

Code UE	Z5SCCU02	Crédits ECTS	3
Volume horaire (h/an)	19,5h	Période	3 ^{ème} semestre
Enseignants de l'UE	Gilmour FONTAINE		
Composition de l'UE	Enseignant	Nombre d'heures et type	Pondération
<i>Anglais</i>	Gilmour FONTAINE	19,5 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 2 Imagerie et Technologie pour la Médecine

Unité d'enseignement 3.2 | Culture d'entreprise

Code UE	1544CU09	Crédits ECTS	3
Volume horaire (h/an)	23 h	Période	3 ^{ème} semestre
Enseignants de l'UE	Intervenants ext	Alexia GARIN	

Composition de l'UE	Enseignant	Nombre d'heures et type	Pondération
<i>Communication</i>	Intervenants ext	16 h TD	60 %
<i>Normes des dispositifs méd</i>	Alexia GARIN	7 h TD	40%

Module 1 : Communication

Compétences visées :

-

Contenu de l'UE :

-

Evaluations de l'UE :

-

Connaissances préalables :

-

Bibliographie du cours :

-

Module 2 : Normes des dispositifs médicaux

Compétences visées :

- Vous serez en mesure de comprendre l'architecture des normes ISO, IEC, NF etc...
- Vous serez en mesure de comprendre les exigences qualité et réglementaires applicables aux Dispositifs médicaux.
- Vous serez en mesure de comprendre les exigences de IEC 62304 , du développement software



- Vous bénéficierez de l'expérience d'un acteur de la mise en œuvre de ces réglementations dans le domaine des dispositifs médicaux connectés.

Contenu de l'UE :

- Architecture des normes ISO, IEC, NF
- Description des étapes clés dans le développement d'un dispositif médical
- Processus du cycle de vie des logiciels de dispositifs médicaux (EN 62304)

Evaluations de l'UE :

- Questions en lien avec le cours

Connaissances préalables :

- NA

Bibliographie du cours :

- EN 62304



MASTER 2 Imagerie et Technologie pour la Médecine

Unité d'enseignement 3.3 | Apprentissage et Deep Learning

Code UE	2544CU03	Crédits ECTS	3
Volume horaire (h/an)	30h	Période	3 ^{ème} semestre
Enseignants de l'UE	Céline TEULIERE		
Composition de l'UE	Enseignant	Nombre d'heures et type	Pondération
<i>Machine learning</i>	Céline TEULIERE	6hCM, 6hTD	40%
<i>Deep learning</i>	Céline TEULIERE	6hCM, 12hTP	60%

Module 1 : Introduction à l'apprentissage

Compétences visées :

- Savoir entraîner un modèle probabiliste simple (Bayes)
- Savoir évaluer des algorithmes de classification et de régression

Contenu de l'UE :

- Introduction à l'apprentissage
- Classification Bayésienne
- Distributions normales
- Méthodes non paramétriques

Evaluations de l'UE :

- Un QCM de 60 min sans documents

Connaissances préalables :

- Bases de Mathématiques appliquées (probabilités, statistiques)
- Bases de programmation Python et d'algorithmie

Bibliographie du cours :

- **Pattern Recognition and Machine Learning.**: Bishop, Christopher, ISBN 978-0-387-31073-2



Module 2 : Réseaux de neurones et Apprentissage profond

Compétences visées :

- Comprendre les éléments d'un réseau de neurones artificiel
- Connaître les réseaux de neurones artificiels classiques pour la classification et la détection
- Savoir implémenter un réseau simple
- Savoir entraîner un réseau de neurones déjà existant

Contenu du module :

- Introduction aux réseaux de neurones artificiels et perceptrons
- Rétropropagation
- Réseaux convolutifs de classification et détection
- Réseaux de neurones récurrents
- Sessions pratiques avec TensorFlow :
 - Classification par perceptron multi-couches
 - Classification par réseau de neurones convolutif
 - Détection
 - Réseaux récurrents

Evaluations du module :

- Compte-rendu d'étude d'article scientifique

Connaissances préalables :

- Bases de Mathématiques appliquées (statistiques, optimisation)
- Bases de programmation Python et d'algorithmie

Bibliographie du cours :

- **Deep Learning** : Aaron Courville, Ian Goodfellow et Yoshua Bengio, ISBN 978-0262035613



MASTER 2 Imagerie et Technologie pour la Médecine

Unité d'enseignement 3.4 | **Librairies développement image**

Code UE	Z445AU05	Crédits ECTS	3
Volume horaire (h/an)	30h	Période	3 ^{ème} semestre
Enseignants de l'UE	Laurent SARRY	Fabien FESCHET	

Composition de l'UE	Enseignant	Nombre d'heures et type	Pondération
<i>Librairies ITK/VTK</i>	Laurent SARRY	6hCM, 8hTD, 16hTP	100%

Compétences visées :

- Base de développement C++ sous Windows avec Visual Studio
- Compilation de librairies multiplateforme avec l'outil CMake
- Compréhension du pipeline de rendu de Visualization ToolKit (VTK)
- Compréhension du pipeline de traitement de Segmentation and Registration ToolKit (ITK)
- Compréhension de la réalisation d'un filtre sous ITK avec la notion d'itérateur de région

Contenu de l'UE :

- Introduction aux projets Visual Studio
- Bibliothèques statiques et dynamiques
- CMake et compilation de VTK et ITK
- Introduction à la librairie VTK
- Introduction à librairie ITK avec réalisation d'un filtre
- Liaison entre ITK et VTK
- Interface visuelle avec Qt

Evaluations de l'UE :

- Examen TP sur ordinateur

Connaissances préalables :

- Connaissance de la programmation C++ (polymorphisme et patrons de classes)

Bibliographie du cours :

- Support de cours
- Documentation ITK / VTK



MASTER Imagerie et Technologie pour la Médecine

Unité d'enseignement 3.5 | Imagerie médicale

Code UE	1544CU01	Crédits ECTS	3
Volume horaire (h/an)	30h	Période	3 ^{ème} semestre
Enseignants de l'UE	Laurent Sarry		

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

Compétences visées :

- Comprendre les principes physiques de formation des images médicales
- Comprendre les critères quantitatifs de qualité des images
- Comprendre l'origine des principales sources d'artéfacts
- Etre capable de caractériser et d'identifier les paramètres d'acquisition d'images
- Pouvoir implémenter ses propres méthodes de caractérisation en C++
- Sensibilisation à la simulation réaliste d'images
- Sensibilisation à la prise en compte de la physique dans une chaîne de traitement

Contenu de l'UE :

- Introduction et rappels de mathématiques du signal image
- Radiologie conventionnelle et numérique
- Tomodensitométrie rayons X
- Echographie
- Imagerie par résonance magnétique
- Imagerie en Médecine Nucléaire

Evaluations de l'UE :

- Contrôle intermédiaire d'1h00 et épreuve écrite finale de 2h00
- 3 comptes rendus de TP

Connaissances préalables :

- Notion de variables aléatoires continue, mathématiques du signal
- Notion d'analyse numérique
- Programmation C++

Bibliographie du cours :

- Support de cours



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

- Sujets de TP



MASTER 2 Imagerie et Technologie pour la Médecine

Unité d'enseignement 3.6

Instrumentation imagerie RMN

Code UE	1544DU02	Crédits ECTS	3
Volume horaire (h/an)	25 h	Période	3 ^{ème} semestre
Responsable de l'UE	Jean-Marie BONNY		

Composition de l'UE	Enseignant	Nombre d'heures et type	Pondération
<i>RMN générale</i>	Guilhem PAGES	2hCM	3
<i>Imagerie RMN</i>	Jean-Marie BONNY	2hCM	4
<i>Spectroscopie RMN</i>	Carine CHASSAIN	2hCM	3
<i>Technologie pour la RMN</i>	Jean-Marie BONNY	1hCM	3
<i>Simulation RMN</i>	Jean-Marie BONNY Laila KHEDDER	4hTP 4hTP	5
<i>Expérimentation RMN IRM</i>	Sylvie CLERJON Amidou TRAORE	4hTP 4hTP	5
<i>RMN en pratique clinique</i>	Pascal CHABROT	2hCM	2

Compétences visées :

- Maîtrise des principes de l'imagerie RMN et des moyens expérimentaux requis pour sa mise en œuvre
- Expérience pratique d'expérimentations sur des imageurs à haut champ magnétique
- Connaissances générales sur les applications structurales, fonctionnelles et métaboliques de l'imagerie RMN en médecine

Contenu de l'UE :

- Concepts théoriques de base de la RMN
- Comment passer du signal RMN à l'image ? Méthodes de codage spatial
- Comment obtenir une empreinte spectrale RMN au sein d'un organisme ? Méthodes de spectroscopie
- Technologie nécessaire à la mise en œuvre de l'imagerie RMN
- Mise en œuvre pratique des principes théoriques par simulation et expérimentation sur des imageurs à haut champ magnétique
- Présentation d'applications structurales, fonctionnelles et métaboliques de l'imagerie RMN en médecine

Evaluations de l'UE :

- Epreuve écrite finale de 1h30
- Compte-rendu de TP

Connaissances préalables :

- Notions de traitement du signal (dualité temps-fréquence)



- Calcul numérique sous un environnement de programmation (matlab, scilab ou équivalent)
- Chimie générale

Bibliographie du cours :

- Jean-Marie BONNY, Cours d'imagerie de l'école chercheur du GERM (http://www.germ.asso.fr/), Cargèse 2013 Spatial encoding in Magnetic Resonance Imaging
[https://www.researchgate.net/publication/235967337 Cours d'imagerie de l'école chercheur du GERM httpwwwgermassofr Cargese 2013 Spatial encoding in Magnetic Resonance Imaging](https://www.researchgate.net/publication/235967337_Cours_d%27imagerie_de_l%27ecole_chercheur_du_GERM_httpwwwgermassofr_Cargese_2013_Spatial_encoding_in_Magnetic_Resonance_Imaging)
- Michel DECORPS, Imagerie de résonance magnétique - CNRS Editions, EDP Sciences



MASTER Imagerie et Technologie pour la Médecine

Unité d'enseignement 3.7

Traitement d'images médicales

Code UE	1544CU02	Crédits ECTS	3
Volume horaire (h/an)	30h	Période	3 ^{ème} semestre
Enseignants de l'UE	Laurent Sarry		

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

Compétences visées :

- Comprendre les notions de réduction de bruit et de rehaussement de contraste
- Comprendre les principaux compromis à réaliser pour préserver le signal utile
- Pouvoir choisir une méthode de segmentation à partir des caractéristiques image des structures à détecter
- Etre capable d'implémenter en C++ les principales méthodes de traitement et d'adapter une méthode existante
- Assimiler les principales classes de traitement pour faire un choix dans les bibliothèques de référence comme ITK

Contenu de l'UE :

- Introduction aux spécificités du traitement d'images médicales
- Prétraitement des images médicales
 - Filtrage linéaire (restauration d'images...)
 - Filtrage non linéaire (morphologique, homomorphique, d'ordre, EDP, multi-échelle...)
- Méthodes de segmentation
 - Approche frontière (méthodes dérivatives, ajustement de modèles, modèles déformables...)
 - Approche région (croissance, classification, champs de Markov...)
- Illustration par des chaînes de traitement complètes dans des cas cliniques concrets.

Evaluations de l'UE :

- Contrôle intermédiaire d'1h00 et épreuve écrite finale de 2h00
- 3 comptes rendus de TP

Connaissances préalables :

- Notion de variables aléatoires continue et de mathématiques du signal
- Equations aux Dérivées Partielles
- Programmation C++

Bibliographie du cours :

- Support de cours



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

- Sujets de TP



MASTER 2 Imagerie et Technologie pour la Médecine

Unité d'enseignement 3.8 | Analyse de données médicales et Deep Learning

Code UE	1544CU03	Crédits ECTS	3
Volume horaire (h/an)	30 h	Période	3 ^{ème} semestre
Enseignants de l'UE	Lemlih OUCHCHANE		
Composition de l'UE	Enseignant	Nombre d'heures et type	Pondération
<i>Analyse de données biomédicales</i>	Lemlih OUCHCHANE	9 h CM, 9 h TD	50 %
<i>Deep Learning</i>	Laurent SARRY	12 h TP	50%

Module 1 : Analyse de données médicales

Compétences visées :

- Comprendre la démarche de recherche et la mise en adéquation entre une question de recherche et le schéma d'étude le plus adapté
- Etre capable de mettre en lien un objectif et une stratégie d'évaluation statistique
- Etre capable de mettre œuvre une stratégie d'évaluation statistique sur la logiciel R (SAS)
- Etre en mesure de rédiger un rapport scientifique sous la forme d'un article original

Contenu de l'UE :

- Schémas d'études avancés
- Statistiques Inférentielles non-paramétriques (mise en œuvre sur R)
- Modélisation Statistique Multivariées
- Modélisation Linéaire Généralisée – Modèle Logistique (mise en œuvre sur R)
- Analyse des Données de Survie – Modèle Régressif à RP de Cox (mise en œuvre sur R)
- Gestion des Données Manquantes
- Lecture critique d'article scientifique (niveau II)

Evaluations de l'UE :

- Contrôle « continu » intermédiaire (1h30) et Contrôle écrite « final » (2h)
- 3 comptes rendus de TP

Connaissances préalables :

- Bases de Mathématiques appliquées (probabilités, statistiques, optimisation)
- Bases en Statistique Inférentielle Simple (SIS) appliquée en Recherche Biomédicale
- Bases de programmation Python et d'algorithmie

Bibliographie du cours :

- Chaque support de cours est référencé et déposé un ENT dédié à l'UE de Master

Module 2 : Deep Learning en imagerie médicale

Compétences visées :



- Etre capable de mettre en œuvre une méthode de Deep Learning dans un cadre concret en imagerie médicale

Contenu du module :

- Introduction aux spécificités du contexte médical
- Cas des apprentissages fortement et faiblement supervisés

Evaluations du module :

- Réalisation d'un projet, compte-rendu et soutenance

Connaissances préalables :

- Bases de Mathématiques appliquées (statistiques, optimisation)
- Bases de programmation Python et d'algorithmie



MASTER 2 Imagerie et Technologie pour la Médecine

Unité d'enseignement 3.9 | Connaissances médicales

Code UE	1544CU04	Crédits ECTS	3
Volume horaire (h/an)	23 h	Période	3 ^{ème} semestre
Composition de l'UE			
Composition de l'UE	Enseignant	Nombre d'heures et type	Pondération
<i>TEP</i>	Bertrand BARRES	1.5hCM	9 %
<i>Chirurgie maxillo-faciale</i>	Isabelle BARTHELEMY	2hCM	9 %
<i>Chirurgie orthopédique</i>	Stéphane BOISGARD	2hCM	9 %
<i>Chirurgie endoscopique</i>	Michel CANIS	2hCM	9 %
<i>Radiologie interventionnelle</i>	Pascal CHABROT	2hCM	9 %
<i>TEMP</i>	Bouvet CLEMENT	1.5hCM	9 %
<i>Echocardiographie</i>	Guillaume CLERFOND	2hCM	9 %
<i>Electrophysiologie</i>	Jérôme COSTE	3hCM	9 %
<i>Médecine pré-hospitalière</i>	Jean-Charles MOREL	3hCM	9 %
<i>Neurobiologie</i>	Anna SONTHEIMER	2hCM	9 %
<i>Imagerie cardiovasculaire</i>	Géraud SOUTEYRAND	2hCM	9 %

Compétences visées :

- Acquérir un vocabulaire anatomo-physio-pathologique permettant de comprendre les problématiques cliniques des différentes spécialités médicales
- Avoir un aperçu des principales technologies utilisées en particulier en imagerie

Contenu de l'UE :

- Chirurgie maxillo-faciale
- Chirurgie orthopédique
- Chirurgie endoscopique
- Radiologie interventionnelle
- TEMP
- Echocardiographie
- Electrophysiologie
- Médecine pré-hospitalière
- Neurobiologie
- Imagerie cardiovasculaire

Evaluations de l'UE :

- 2 épreuves écrites de 1h30

Connaissances préalables :

- Aucune

Bibliographie du cours :

- Supports de cours



MASTER 2 Imagerie et Technologie pour la Médecine

Unité d'enseignement 3.10

Environnement, droit, innovation pour la Santé

Code UE	1544CU05	Crédits ECTS	3
Volume horaire (h/an)	30 h	Période	3 ^{ème} semestre
Enseignants de l'UE	Bénédicte BELGACEM	Anne-Marie REGNOUX	Pierre-Charles ROMOND

Composition de l'UE	Enseignant	Nombre d'heures et type	Pondération
<i>Santé publique</i>	Franck PIZON	6hCM, 7.5hTD	40 %
<i>Droit de la Santé</i>			
<i>Innovation pour la Santé</i>	Anne-Marie REGNOUX	6hCM, 4.5hTD	40%
	Pierre-Charles ROMOND	3hCM, 3hTD	20%

Module 1 : Système et professionnel de Santé

Compétences visées :

- Comprendre les spécificités du système de soins français en comparaison aux autres modèles internationaux

Contenu de l'UE :

- Notion de qualité des soins : pertinence, opportunité, nécessité
- Organisation des systèmes de santé
- Prévention : service de santé publique

Evaluations de l'UE :

- 1 épreuve écrite d'une heure

Connaissances préalables :

- Aucune

Bibliographie du cours :

- Support de cours

Module 2 : Droit de la Santé

Compétences visées :

- Comprendre les spécificités liées à la protection des données médicales



Contenu de l'UE :

- Secret médical et respect de la confidentialité
- Protection des données personnelles (RGPD)
- Accès au dossier médical personnalisé

Evaluations de l'UE :

- 1 épreuve de 40 min

Connaissances préalables :

- Aucune

Bibliographie du cours :

- Support de cours

Module 3 : Innovation pour la Santé

Compétences visées :

- Comprendre quels sont les principaux acteurs des MedTechs
- Comprendre l'importance de l'innovation sur un marché très concurrentiel

Contenu de l'UE :

- Industrie des Technologies médicales
 - Acteurs internationaux
 - Principales caractéristiques du marché
- Innovation et propriété intellectuelle
- Process de développement des produits

Evaluations de l'UE :

- 1 épreuve de 30 min

Connaissances préalables :

- Aucune

Bibliographie du cours :

- Support de cours



MASTER 2 Imagerie et Technologie pour la Médecine

Unité d'enseignement 4.1 | TP de synthèse

Code UE	Z545DU01	Crédits ECTS	3
Volume horaire (h/an)	100 h	Période	4 ^{ème} semestre
Enseignants de l'UE	Laurent SARRY		

Composition de l'UE	Enseignant	Nombre d'heures et type	Pondération
<i>TP de synthèse</i>	Laurent SARRY	30hTP, 70h auto-formation	100 %

Compétences visées :

- Mettre en œuvre en autonomie et en groupe les concepts vus dans les autres UE
- Se familiariser avec la notion de planning et de cahier des charges
- Savoir faire un état de l'art de l'existant
- Savoir décomposer un projet en modules
- Savoir rendre compte de son travail à l'écrit et à l'oral

Contenu de l'UE :

- Projet encadré et en autonomie

Evaluations de l'UE :

- Réalisation, mémoire et soutenance

Connaissances préalables :

- Autres UE du master 2

Bibliographie du cours :

- Aucune



MASTER Imagerie et Technologie pour la Médecine

Unité d'enseignement 4.2

Diagnostic assisté par ordinateur

Code UE	1544DU01	Crédits ECTS	3
Volume horaire (h/an)	30h	Période	4 ^{ème} semestre
Enseignants de l'UE	Laurent SARRY Intervenants industriels		

Composition de l'UE	Enseignant	Nombre d'heures et type	Pondération
<i>CAD</i>	Laurent Sarry	3hCM, 3hTD, 12hTP	70%
<i>Séminaires</i>	Intervenants indus.	6hCM, 6hTD	30%

Module 1 : Computer-Aided Diagnosis

Compétences visées :

- Comprendre comment il est possible d'accéder à la fonction d'un organe à partir de l'évolution temporelle du signal dans l'image
- Mettre en œuvre une méthode d'aide à la décision médicale sur des données multivariées
- Comprendre les critères conduisant au choix d'une méthode de recalage

Contenu de l'UE :

- Estimation dense de mouvement et assimilation de données variationnelle
- Application à l'estimation des déformations myocardiques
- Recalage d'images multimodales (2D/2D, 2D/3D, 3D/3D)

Evaluations de l'UE :

- Contrôle écrit
- Compte-rendu de TP

Connaissances préalables :

- Equations aux Dérivées Partielles
- Optimisation numérique déterministe et stochastique
- Classification supervisée

Bibliographie du cours :

- Support de cours et sujet de TP

Module 2 : Séminaires intervenants industriels

Compétences visées :



- Comprendre des exemples pratiques de mise sur le marché de technologies innovantes

Contenu de l'UE :

- Séminaires de représentants d'entreprises innovantes de la région ARA (BioCorp, PrediSurge, Quantel Medical, Surgar...)
- Présentation de l'activité des entreprises
- Focalisation sur une technologie innovante en diagnostic assisté, simulation ou geste assisté

Connaissances préalables :

- Non



MASTER 2 Imagerie et Technologie pour la Médecine

Unité d'enseignement 4.3 | **Réalité virtuelle et simulation interactive personnalisée**

Code UE	Z444AU01	Crédits ECTS	3
Volume horaire (h/an)	30h	Période	4 ^{ème} semestre
Enseignants de l'UE	Laurent SARRY		

Composition de l'UE	Enseignant	Nombre d'heures et type	Pondération
<i>Réalité virtuelle</i>	Laurent SARRY	4,5hCM, 4,5hTD, 6hTP	50%
<i>Simulation</i>	Laurent SARRY	4,5hCM, 4,5hTD, 6hTP	50%

Module 1 : Réalité virtuelle

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 rendu 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

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 interactive personnalisée

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 2 Imagerie et Technologie pour la Médecine

Unité d'enseignement 4.4 | Stage

Code UE	1544DU03	Crédits ECTS	21
Volume horaire (h/an)	20 semaines à 6 mois	Période	4 ^{ème} 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%)