

Programme Multidisciplinaire TIRIS

ROBMED

Robotique pour le médical et l'accompagnement du sujet âgé ou en situation de handicap

Syllabus complet

Table des matières

INTRODUCTION A LA ROBOTIQUE	3
Initiation à la robotique	3
Mathématiques pour la robotique	3
Modélisation des robots	3
Introduction à la mécanique par la robotique	3
Introduction à l'automatique et asservissement	3
Travaux dirigés	3
Identification de robots	3
Position d'actionneur	3
Equilibre statique	4
Projet tutoré	4
Etude de l'asservissement d'un système automatisé	4
Etude de la conception d'un robot SCARA	4
ROBOTIQUE MEDICALE	5
Quelques rappels sur les notions de base de la robotique de chaînes articulées en lien avec la physiologie articulaire	5
Les différents domaines de la robotique médicale	5
La question de la sécurité en robotique médicale	5
Les raisons du succès commercial de la robotique médicale	5
La question des interfaces homme-robot pour le personnel soignant et les patients	6
Travaux dirigés	6
Comprendre les espaces articulaires et de la tâche en robotique médicale	6
La question de la gravité dans l'usage des robots de rééducation	6

Analyse des modes de fonctionnement du robot REA-plan	6
PHYSIOLOGIE MEDICALE.....	7
Organisation du contrôle moteur humain	7
Physiologie de la marche humaine	8
Physiologie de la préhension et de la manipulation.....	8
Apprentissage moteur et adaptation	8
Plasticité cérébrale et récupération fonctionnelle	8
Travaux dirigés : Analyse physiologique du mouvement et interaction humain–robot	9
PSYCHOLOGIE EN ROBOTIQUE MEDICALE	10
Résistance au changement face aux nouvelles technologies :.....	10
Psychologie du sujet âgé :	10
Concept de robot-compagnon et son application à l'accompagnement de sujets âgés dépendants :.....	10
Le robot-compagnon comme objet transitionnel au sens de Winnicott :.....	10
Travaux dirigés	10
Présentation et analyse du fonctionnement du robot PARO :.....	10
Analyse de cas d'une relation affective entre un sujet âgé et un robot-compagnon :.....	10
Projet tutoré : Mise en œuvre d'un robot PARO dans un EPHAD pour malades d'Alzheimer	11
DROIT DES ROBOTS.....	12
Introduction au droit de la robotique	12
Qualification juridique des dispositifs robotiques médicaux.....	12
Responsabilité en cas de dommage	12
Données de santé et intelligence artificielle	12
Éthique et régulation des robots en rééducation	12
Travaux dirigés	12
SERIOUS GAMES ET REALITE VIRTUELLE	14
Les Serious Games et les applications gamifiées pour la rééducation	14
Les environnements immersifs et la Réalité Virtuelle en santé.....	14
Cadres conceptuels de la gamification et de la Réalité Virtuelle Incarnée.....	14
Travaux dirigés	14

INTRODUCTION A LA ROBOTIQUE

Intervenants : Florent Lamiraux (DR, LAAS-CNRS) et Vianney Monnier (MCF, Université de Toulouse)

Initiation à la robotique

Nous définissons dans un premier temps ce qu'est un robot et les problématiques associées. Puis nous proposons une brève histoire de la robotique et dressons un état des lieux du marché dans le monde. Nous classons les robots selon leur mobilité ou base fixe, parallèles ou sériels.

Mathématiques pour la robotique

Dans ce cours, *proposé sous forme de capsules vidéo*, nous rappelons les outils mathématiques de base indispensables à la modélisation des robots. Seront abordés les notions de vecteur, de trigonométrie et de dérivée.

Modélisation des robots

A l'issue de ce cours, l'étudiant(e) sera en mesure de :

- Identifier une liaison cinématique.
- Etablir un graphe de liaisons cinématiques pour classer les robots.
- Identifier les actionneurs d'un robot.
- Identifier la chaîne de puissance d'un robot.
- Déterminer les degrés de liberté et l'espace de travail d'une machine.

Introduction à la mécanique par la robotique

La mécanique est l'étude du mouvement. En robotique, nous nous concentrons sur la mécanique du solide. A l'issue de ce cours, l'étudiant sera capable de :

- Comprendre ce qu'est une action mécanique.
- Etablir l'équilibre statique d'un robot.

Introduction à l'automatique et asservissement

A l'issue de ce cours, l'étudiant saura :

- Lire le schéma bloc d'une chaîne d'asservissement.
- Comprendre l'intérêt d'une boucle fermée.

Travaux dirigés

Identification de robots

A partir d'une fiche technique de robot, nous définirons sa classification, son espace de travail et ses degrés de liberté.

Position d'actionneur

A partir des états de liaison d'un robot SCARA ou de type bras, nous déterminerons la position de l'effecteur.

Equilibre statique

Dans ce TD, quelques cas d'études de statique seront traités, tant de robots que d'éléments divers (*par exemple*, équilibre d'une personne soumise à une accélération)

Projet tutoré

Etude de l'asservissement d'un système automatisé

On se propose de modéliser la chaîne d'asservissement d'un chauffe-eau et/ou d'un chariot de pick-and-place. Ce sujet est ouvert aux étudiant(e)s de niveau novice ou débutant, avec un niveau de maths L1.

Etude de la conception d'un robot SCARA

On se propose ici d'initier les étudiant(e)s à la lecture d'un dessin technique, à l'analyse mécanique d'un système existant et à la conception assistée par ordinateur (CAO) par le logiciel FreeCAD.

ROBOTIQUE MEDICALE

Intervenants : Bertrand Tondu (prof. INSA-Toulouse) et Mathias Attims (Ingénieur)

Quelques rappels sur les notions de base de la robotique de chaînes articulées en lien avec la physiologie articulaire

Nous reprendrons au début de ce cours les notions essentielles de robotique vues dans le cours d'Introduction à la Robotique en les situant par comparaison avec les mouvements des membres locomoteurs du corps humain : notion de chaîne cinématique avec pour modèle la 'chaîne' bras-avant-bras poignet, homologie entre membre inférieur et supérieur, notion de degré de liberté en lien avec les mouvements élémentaires d'abduction-adduction, flexion-extension et rotation externe-interne, notion de rotation illustrée par le mouvement de flexion-extension du coude. On insistera sur l'opposition, peu intuitive car non consciente, entre l'espace interne des articulations et l'espace externe de la physique où se font nos gestes.

Les différents domaines de la robotique médicale

Il s'agira dans cette partie de montrer le dynamisme de la robotique médicale assuré par un certain nombre d'entreprises qui ont su convaincre les hôpitaux de l'intérêt de leurs machines. On distinguera la robotique chirurgicale en prenant comme exemple le robot, ou plutôt le télé-robot, DaVinci, la robotique de rééducation du membre inférieur, avec les robots d'aide à la marche, et du membre supérieur avec les exemples des robots de la salle robotique du CHU-Purpan (robots de marque ARMEO, modèles *Spring* et *Power*, robot REA-plan). On introduira enfin la robotique d'accompagnement pour montrer comment elle a pu glisser d'une robotique de distraction à une robotique thérapeutique avec, notamment, le robot-phoque PARO qui sera utilisé dans le projet tutoré de la partie *Psychologie* de ce certificat.

La question de la sécurité en robotique médicale

Par définition, un robot, pour être utile, doit réaliser une précision de déplacement au moins égale à celle de la main ou du pied et même supérieure lorsqu'il s'agit d'un geste opératoire. Une telle précision est généralement obtenue en donnant une certaine rigidité à la machine et à ses articulations, ce qui conduit à une certaine dangerosité du robot pour toute personne présente dans son champs d'action. Or, que ce soit en chirurgie ou en rééducation, le patient est au plus près de l'outil du robot voire est enveloppé par le robot dans le cas des exosquelettes. Sans rentrer dans trop de détails techniques, nous essaierons d'introduire cette question essentielle de la sécurité du robot pour le patient sur des exemples de robots commerciaux : robot de chirurgie DaVinci se mettant automatiquement à l'arrêt si le front du chirurgien se détache de la console de contrôle, robot de rééducation REA-plan dont la présence d'un capteur de force en bout de bras permet de détecter les efforts du patient sur le robot, etc.

Les raisons du succès commercial de la robotique médicale

La robotique médicale est une robotique dite de service, par opposition à la robotique industrielle. Or cette robotique de service a connu un certain nombre d'échecs commerciaux à la fois en robotique de distraction (abandon, par exemple, des robots japonais AIBO ou Sony Dream robot) mais également en robotique humanoïde dont les applications sont encore incertaines. A l'inverse, la robotique médicale, que ce soit en chirurgie ou en rééducation fonctionnelle, s'est installée définitivement à l'hôpital voire dans certains établissements de gériatrie avec le robot PARO, par exemple. Nous analyserons ce relatif succès commercial en abordant les aspects suivants : quête de modernité à l'hôpital pour attirer les jeunes médecins, moyen de soutien pour le personnel soignant au sein d'hôpitaux de plus en plus sollicités du fait du vieillissement de la population dans nos sociétés dites avancées, transformation du geste du chirurgien auquel le robot apporte une forme d'expertise.

La question des interfaces homme-robot pour le personnel soignant et les patients

Tout robot demeure une machine complexe – au même titre par exemple qu'une voiture – dont le fonctionnement et les limites d'usage doivent pouvoir être facilement compris par un opérateur non spécialiste afin qu'il soit accepté dans l'établissement où il est installé, et soit utilisé à bon escient. Nous introduirons les idées essentielles attachées à cette notion d'interface homme-robot ainsi que l'usage très spécifique en robotique de rééducation des 'serious games' dont la structure logicielle sera décrite dans le cours d'*Informatique*.

Travaux dirigés

Comprendre les espaces articulaires et de la tâche en robotique médicale

A partir des documentations techniques et de l'observation des robots qui aura pu être faite en salle de robotique du CHU-Purpan, on cherchera à dire ce que sont ces espaces et le volume de travail associé dans le cas des robots DaVinci, Armeo, REA-plan et PARO. On s'intéressera ensuite aux capteurs nécessaires au bon fonctionnement de ces robots.

La question de la gravité dans l'usage des robots de rééducation

A partir là encore des documentations techniques et de l'observation des robots du CHU-Purpan, on analysera les effets de la gravité sur l'usage de ces robots et on essaiera de comprendre dans quelles situations sa compensation peut être utile.

Analyse des modes de fonctionnement du robot REA-plan

Le robot REA-plan dispose de trois modes de fonctionnement auxquels sont associés certains exercices de rééducation. On cherchera à comprendre pourquoi le constructeur a proposé de distinguer ces trois modes et en quoi ils se complètent pour la rééducation du patient, en particulier lors d'une récupération post-AVC.

Projet tutoré : Programmation d'un robot de rééducation post-AVC :

Ce projet est plutôt destiné à des élèves-ingénieurs mais il présente une dimension cognitive qui peut intéresser certains élèves en psychologie cognitive, ainsi que des aspects propres à la rééducation fonctionnelle qui peuvent intéresser certains étudiants en médecine physique. Le LAAS-CNRS dispose d'un prototype de robot de rééducation plan comme le REA-plan mais dont la structure cinématique est de type flexion-extension de l'épaule et flexion-extension du coude avec une motorisation par muscles artificiels pneumatiques. Il s'agira dans ce projet de développer un exemple simple de 'Serious Game', en langage Python, et de réaliser son intégration dans le contrôleur actuel du robot. Ce travail sera fait en s'inspirant des exercices actuels disponibles sur le REA-plan tout en cherchant à s'en dégager pour proposer un exercice original dont le cahier des charges sera fait en lien avec le personnel soignant.

PHYSIOLOGIE MEDICALE

Intervenants : Emmeline Montané (Chef de Clinique – Assistante, CHU Purpan)

Quels mécanismes du contrôle moteur les robots peuvent-ils exploiter pour favoriser la récupération fonctionnelle ?

Cet enseignement vise à fournir les bases de physiologie du contrôle moteur nécessaires à la compréhension des principes et des applications de la robotique en médecine et en rééducation. Les étudiants aborderont les mécanismes physiologiques qui sous-tendent la production du mouvement, l'apprentissage moteur et la plasticité cérébrale, ainsi que leur interaction avec les dispositifs robotiques utilisés pour l'assistance ou la rééducation motrice. Une attention particulière sera portée aux contraintes physiologiques rencontrées en rééducation neurologique, notamment la spasticité, afin de comprendre comment les dispositifs robotiques peuvent interagir avec ces phénomènes et adapter l'assistance au mouvement.

Les concepts physiologiques seront systématiquement illustrés par la présentation de dispositifs robotiques utilisés en pratique clinique dans le service (ARMEO, REAplan, LEXO, ATALANTE), afin de montrer comment ces technologies interagissent avec les mécanismes du contrôle moteur humain et comment elles peuvent être utilisées pour soutenir la récupération fonctionnelle.

À l'issue de cet enseignement, l'étudiant devra être capable de :

- Décrire les principaux mécanismes physiologiques impliqués dans le contrôle et la production du mouvement.
- Comprendre les bases physiologiques de fonctions motrices essentielles telles que la marche et la préhension.
- Expliquer les mécanismes d'apprentissage moteur et de plasticité cérébrale impliqués dans la récupération fonctionnelle.
- Identifier les principes physiologiques qui sous-tendent l'utilisation de la robotique en rééducation.
- Mettre en relation le fonctionnement d'un dispositif robotique avec les mécanismes physiologiques qu'il sollicite.

Organisation du contrôle moteur humain

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

- Décrire les principales structures impliquées dans le contrôle moteur (cortex moteur, ganglions de la base, cervelet, moelle).
- Expliquer le fonctionnement des boucles sensorimotrices.
- Décrire les notions de synergies motrices et de redondance motrice.
- Comprendre le rôle des voies descendantes dans l'inhibition des réflexes médullaires et les conséquences d'un déséquilibre excitation–inhibition après une lésion neurologique, notamment dans le développement de la spasticité.
- Comprendre comment un dispositif robotique peut s'intégrer dans une boucle sensorimotrice.

Afin d'illustrer l'intégration d'un dispositif robotique dans la boucle sensorimotrice, le fonctionnement du robot REAplan sera présenté afin de montrer comment le guidage du mouvement et le retour sensoriel peuvent influencer l'organisation de la commande motrice et

comment l'assistance robotique doit s'adapter aux contraintes physiologiques du mouvement, notamment à la résistance liée à la spasticité.

Physiologie de la marche humaine

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

- Décrire les mécanismes physiologiques impliqués dans la locomotion humaine.
- Expliquer le rôle des central pattern generators et du contrôle supraspinal.
- Identifier les principales composantes biomécaniques du cycle de marche.
- Comprendre comment les robots et exosquelettes peuvent assister ou moduler la marche.

Le robot de marche LEXO sera décrit afin de montrer comment la répétition du cycle de marche et l'assistance mécanique peuvent soutenir l'entraînement locomoteur.

Physiologie de la préhension et de la manipulation

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

- Décrire l'organisation du contrôle moteur du membre supérieur.
- Expliquer les synergies de préhension et leur rôle dans la manipulation d'objets.
- Comprendre l'importance du feedback sensoriel dans la coordination œil-main.
- Décrire l'impact de certaines altérations du contrôle moteur, notamment la spasticité, sur la coordination et la manipulation du membre supérieur.
- Identifier les principes physiologiques mobilisés par les robots de rééducation du membre supérieur (guidage vs assistance)

Le dispositif ARMEO Spring sera présenté afin de montrer comment la décharge gravitaire et l'assistance mécanique peuvent faciliter l'exploration motrice de l'espace de travail et permettre la répétition de mouvements fonctionnels malgré les contraintes liées aux déficits moteurs.

Apprentissage moteur et adaptation

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

- Décrire les principaux mécanismes d'apprentissage moteur.
- Expliquer les concepts d'apprentissage basé sur l'erreur et de renforcement.
- Comprendre le rôle du cervelet dans l'adaptation motrice.
- Identifier comment les robots peuvent favoriser l'apprentissage moteur (répétition, intensité, feedback, adaptation des tâches).

Pour illustrer les mécanismes d'apprentissage moteur, les dispositifs REAplan et ARMEO seront utilisés comme exemples afin de montrer comment la répétition de tâches, l'adaptation de la difficulté et le feedback sensoriel peuvent favoriser l'ajustement progressif de la performance motrice.

Plasticité cérébrale et récupération fonctionnelle

- À l'issue de ce cours, l'étudiant sera capable de :
- Décrire les principaux mécanismes de plasticité cérébrale.
- Expliquer les processus de réorganisation corticale après une lésion neurologique.
- Comprendre les bases physiologiques de la récupération fonctionnelle.

Identifier les facteurs favorisant la plasticité cérébrale dans les programmes de rééducation assistés par robot (intensité, task-specific training, enrichissement sensoriel).

Le robot de marche ATALANTE sera présenté afin de montrer comment l'entraînement locomoteur intensif et l'implication du contrôle postural peuvent contribuer à la réorganisation des réseaux moteurs.

Travaux dirigés : Analyse physiologique du mouvement et interaction humain-robot

- Ce travail dirigé vise à amener les étudiants à analyser un mouvement humain en identifiant les mécanismes physiologiques impliqués et à représenter les interactions entre le sujet et un dispositif robotique de rééducation à l'aide d'une carte conceptuelle.
- Déroulé du TD :
- Présentation des dispositifs robotiques disponibles dans le service (REApplan, ARMEO, LEXO, ATALANTE) afin de permettre aux étudiants d'observer les mouvements entraînés, les modalités d'assistance et les interactions entre le robot et l'utilisateur.
- Introduction à la carte conceptuelle en physiologie, en expliquant comment représenter les relations entre structures anatomiques, mécanismes physiologiques et fonctions motrices, chaque relation étant exprimée par un verbe d'action.
- Travail en petits groupes : chaque groupe choisit un mouvement fonctionnel (par exemple atteindre un objet, saisir un objet ou marcher).
- Construction d'une carte conceptuelle du mouvement, identifiant :
 - Les structures impliquées dans le contrôle moteur,
 - Les mécanismes physiologiques du mouvement,
 - Les boucles de feedback sensoriel,
 - Les contraintes physiopathologiques éventuelles (ex. spasticité).
- Identification des points d'interaction entre le robot et le sujet, en intégrant dans la carte conceptuelle les éléments liés au dispositif robotique :
 - Guidage ou assistance du mouvement,
 - Modification du feedback sensoriel,
 - Répétition de la tâche et apprentissage moteur.
- Présentation et discussion collective des cartes conceptuelles réalisées afin d'analyser comment les dispositifs robotiques peuvent interagir avec les mécanismes physiologiques du contrôle moteur et contribuer à la récupération fonctionnelle.

PSYCHOLOGIE EN ROBOTIQUE MEDICALE

Intervenants : Stéphanie Burguière (psychologue libéral), Corinne Quintana (médecin gériatre), Bertrand Tondou (prof. INSA-Toulouse)

Résistance au changement face aux nouvelles technologies :

Après quelques généralités sur les ressorts de la résistance au changement lors de l'introduction de nouvelles technologies dans un domaine professionnel, on étudiera, plus particulièrement, l'attitude des personnels soignants, comme des patients, en rééducation fonctionnelle, face à l'installation de dispositifs robotisés (analyse de témoignages et études de cas). On prendra également comme exemple les éventuelles réticences des chirurgiens et des patients qui choisissent – acceptent – une intervention chirurgicale menée à l'aide d'un robot, et tout spécialement le ressenti des uns et des autres en cas d'erreur, incident, accident.

Psychologie du sujet âgé :

Le robot-phoque PARO qui sera utilisé dans le projet tutoré est essentiellement considéré par le personnel soignant comme un outil d'aide aux soins dans les cas de pré-démence, démence et maladie d'Alzheimer. On introduira donc les signes cliniques de la maladie d'Alzheimer ainsi que les aspects cognitifs et de déficience en communication, associés à la maladie. Les éventuels aspects dépressifs seront également abordés.

Concept de robot-compagnon et son application à l'accompagnement de sujets âgés dépendants :

On introduira la spécificité du robot-compagnon en général puis on cherchera à comprendre ce qui a pu conduire certains spécialistes de la robotique à concevoir et commercialiser le robot-phoque PARO présent dans un certain nombre d'établissements de gériatrie, en Europe notamment. A partir d'articles scientifiques, on analysera en quoi un robot-peluche peut aider à renouer la communication entre patient et soignant ou aidant.

Le robot-compagnon comme objet transitionnel au sens de Winnicott :

Le robot-phoque PARO, ou d'autres dispositifs de 'réconfort', robotisés ou non, utilisés en EPHAD, apparaissent comme des sortes de 'doudous' qui conduisent, selon la théorie du jeu de Winnicott, à placer le patient dans une 'zone d'illusion' toujours au sens de Winnicott. Se posent alors des questions éthiques au sujet de ce lien d'illusion que le patient peut nouer avec un objet plutôt, par exemple, qu'avec un animal de compagnie.

Travaux dirigés

Présentation et analyse du fonctionnement du robot PARO :

On essaiera de comprendre en quoi la peluche phoque PARO peut être qualifiée de robot ainsi que d'appréhender ses différents modes de fonctionnement, tout cela en le manipulant et en analysant sa documentation technique, le but de ce TD étant de préparer les étudiants à son usage en projet tutoré.

Analyse de cas d'une relation affective entre un sujet âgé et un robot-compagnon :

A partir de témoignages et d'articles scientifiques, on analysera les arguments parfois vifs entre tenants d'une introduction de robots, comme PARO, dans les EPHAD et les opposants à cette 'robotisation' au nom d'une 'perte d'humanité' subie par le patient laissé dans l' 'illusion' de sa relation de compagnonnage avec un robot.

Projet tutoré : Mise en œuvre d'un robot PARO dans un EPHAD pour malades d'Alzheimer

Il est prévu que le groupe d'étudiants-tes, ayant choisi ce projet tutoré, soit accueilli dans l'EPHAD *Las Arribas* à Tibaran-Jaunac (65). Cet établissement a déjà utilisé des peluches auprès de ses résidents mais jamais de robot compagnon. Il s'agira donc de définir le bon usage de ce robot de telle sorte qu'il apparaisse pertinent à la fois pour le personnel de l'EPHAD et pour les patients auprès desquels on pense qu'il puisse être profitable.

DROIT DES ROBOTS

Intervenants : Marie Rakotovahiny (MCF Université de Toulouse)

Introduction au droit de la robotique

Après avoir défini juridiquement le système autonome et distingué le robot de l'IA et du dispositif médical, l'analyse portera sur les régimes de responsabilité civile et pénale applicables au niveau national. L'étude s'étendra au cadre européen, notamment à travers le Règlement Dispositifs Médicaux et l'IA Act, pour conclure sur les enjeux éthiques et les spécificités propres au secteur de la santé, tels que la garantie humaine et la sécurité des données.

Qualification juridique des dispositifs robotiques médicaux

Il s'agira d'analyser comment la classification des robots qu'ils soient dédiés à l'assistance, à la rééducation ou à la chirurgie, détermine leur niveau de risque et les contraintes réglementaires associées. Un focus particulier sera accordé au processus de marquage CE, véritable sésame pour le marché européen, ainsi qu'aux obligations strictes du fabricant. De la conception à la surveillance post-marché, il s'agira d'envisager comment le droit encadre la responsabilité technique pour garantir la sécurité absolue du patient et du praticien.

Responsabilité en cas de dommage

Le régime complexe de la responsabilité juridique face aux accidents robotiques en milieu hospitalier sera introduit. Seront envisagées d'abord la responsabilité du fabricant sous l'angle des produits défectueux, avant d'étudier celle du professionnel de santé et de l'établissement, dont les obligations de moyens et de sécurité sont mises à l'épreuve par la technologie. Un éclairage spécifique sera apporté aux systèmes autonomes et à l'IA, où l'effacement de l'intervention humaine interroge les concepts classiques de faute et de causalité. L'enjeu est de déterminer qui, du concepteur, de l'utilisateur ou de la structure, doit répondre des dommages dans un écosystème de soins de plus en plus automatisé.

Données de santé et intelligence artificielle

Ce cours explore la relation entre la protection de la vie privée et l'innovation technologique en santé. Les données de santé seront définies comme une catégorie particulière de données personnelles, soumise aux contraintes strictes du RGPD et du Code de la santé publique. L'accent sera mis sur les enjeux de la collecte de données via le robot (capteurs, caméras, logs d'activité), qui transforme la machine en un outil de surveillance constante.

Éthique et régulation des robots en rééducation

La question du consentement éclairé sera analysée face à des dispositifs complexes dont les bénéfices et les risques sont parfois difficiles à appréhender pour le patient. La session explorera les leviers de l'acceptabilité du robot, tant sur le plan psychologique que social, ainsi que la mutation profonde de la relation patient-machine. L'enjeu est de définir un cadre garantissant que l'automate reste un outil de médiation thérapeutique sans altérer l'autonomie du patient ni déshumaniser le soin dans les parcours de réadaptation de longue durée.

Travaux dirigés

Les travaux dirigés privilégient une pédagogie active pour confronter l'étudiant à la réalité du terrain médical robotisé. L'apprentissage s'articule autour des axes suivants majeurs : identification des risques critiques pour le patient et la définition du périmètre des obligations

légales de vigilance, de sécurité, de surveillance incombant au professionnel de santé, la maîtrise de la qualification juridique des outils utilisés et de leur cadre de mise en service, des simulations de gestion de crises autour des piliers suivants : l'accident avec la détermination des responsabilités en cas de dommage corporel, l'usage avec l'analyse des conséquences d'une mauvaise utilisation ou d'un détournement de l'usage prévu, la donnée avec la protection des données de santé collectées par les capteurs robotiques.

SERIOUS GAMES ET REALITE VIRTUELLE

Intervenants : David Panzoli (prof. INU Champollion)

Les Serious Games et les applications gamifiées pour la rééducation

Ce module pose les bases conceptuelles des jeux sérieux et de la gamification, en en définissant les grands principes et les mécaniques fondamentales. Les étudiant·e·s exploreront comment ces approches peuvent être intégrées dans des applications concrètes, notamment dans des contextes de productivité et de santé. Une attention particulière sera portée à l'identification des différentes formes que prend la gamification en pratique, à travers une classification structurée de ses grands axes : *nudge*, leviers sociaux, systèmes de progression, feedback, etc. Le module s'appuiera sur des exemples issus de multiples secteurs, avec un ancrage fort dans le domaine de la santé et de la réhabilitation.

Les environnements immersifs et la Réalité Virtuelle en santé

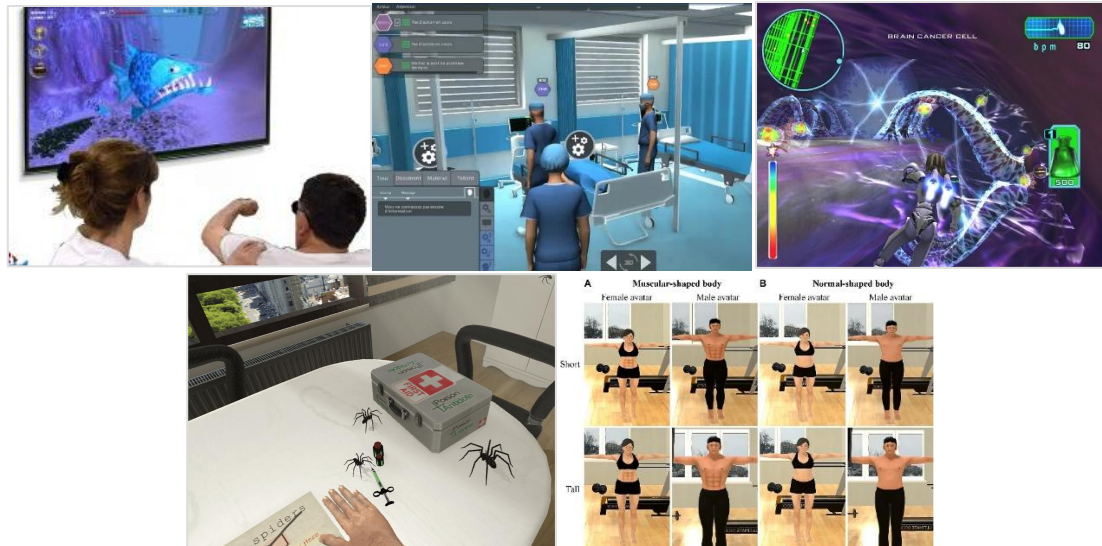
Ce module introduit le continuum réel-virtuel de Milgram comme cadre de référence pour comprendre et distinguer les différentes technologies immersives : Réalité Virtuelle (VR), Réalité Augmentée (AR), Réalité Mixte (MR), etc. Les étudiant·e·s découvriront des dispositifs immersifs appliqués au domaine médical, aussi bien à destination des patient·e·s — dans des contextes de réhabilitation, de gestion de la douleur ou de soins palliatifs — que des professionnel·le·s de santé, pour qui ces technologies offrent de nouvelles modalités de formation aux compétences techniques et aux *soft skills*.

Cadres conceptuels de la gamification et de la Réalité Virtuelle Incarnée.

Ce module propose une lecture théorique et scientifique des mécanismes sous-jacents à la gamification et à la réalité virtuelle incarnée. Il s'agira d'identifier les leviers psychologiques et neurologiques activés par les jeux sérieux et les environnements immersifs, et d'articuler les concepts clés qui structurent ce champ : immersion, présence, engagement, motivation intrinsèque et extrinsèque. Le module abordera également la question centrale de la transposabilité des apprentissages — c'est-à-dire le transfert des compétences acquises en environnement virtuel vers des situations réelles — et examinera comment la recherche scientifique tente aujourd'hui de mesurer et de valider ces effets.

Travaux dirigés

Les travaux pratiques prennent la forme d'études de cas réalisées en petits groupes. Chaque groupe sélectionne un robot médical existant ou s'inspire de dispositifs réels pour concevoir un système plausible, inscrit dans le périmètre thématique de RobMed — formation aux gestes et aux compétences, réhabilitation, assistance au patient, ou toute autre application relevant du domaine médical. À partir de ce dispositif robotique, les étudiant·e·s ont pour mission de concevoir un environnement logiciel complémentaire, qu'il s'agisse d'une solution gamifiée, d'un environnement immersif en réalité virtuelle ou augmentée, ou d'une combinaison des deux approches. Le travail attendu comprend la justification des choix conceptuels en s'appuyant sur les cadres théoriques vus en cours, ainsi que la proposition de scénarios d'usage détaillés illustrant comment l'environnement logiciel s'articule avec le dispositif robotique et répond aux besoins des utilisateur·rice·s ciblé·e·s. Ce travail vise à mobiliser l'ensemble des compétences acquises durant la formation, en encourageant une démarche à la fois créative, critique et ancrée dans les réalités du terrain médical.



De haut en bas, et de gauche à droite. Le Serious Game “Voracy Fish” pour la rééducation fonctionnelle du membre supérieur. Le projet 3D VOR de l’INU Champollion Albi pour la formation à la communication dans le bloc. Le projet Re-Mission édité par Hopelab, un jeu pour aider à battre le cancer. Un jeu en réalité virtuelle pour se confronter à la peur des araignées (IgnisVR, édité par hypersome games). Un article scientifique illustrant l’effet Protéus dans le cadre d’activité physique [Lin et al., 2021].