



Ecole Nationale d'Ingénieurs de Sousse

Catalogue des PFEs

LABORATOIRE DE MECANIQUE DE SOUSSE



Sujet 1 : Réalisation et validation d'un système de Téléopération à 1 DDL (PFE-Master)

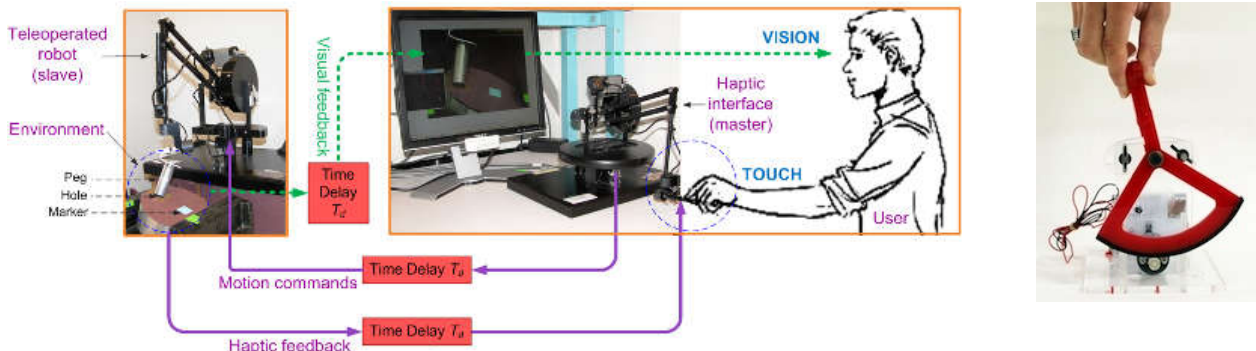
Encadrant : Abdelbadia Chaker

Candidature : <https://goo.gl/forms/HxqkphgEEDJEI4X23>

Mise en situation

Un système de téléopération est composé d'une interface maîtresse qui commande un robot esclave à distance. Cette commande est réalisée à travers l'échange des informations de position et de force au niveau des actionneurs. L'objectif de ce projet est la conception d'une maquette de démonstration d'un système de téléopération à un degré de liberté.

Cette étude s'inscrit dans la thématique « robotique pour la médecine » qui permettra de valider une approche de commande pour la téléopération et qui sera après exploité sur un robot de chirurgie.



Travail demandé

On demande de concevoir un modèle une maquette à 1 DDL qui sera utilisé simultanément pour le maître et l'esclave. En particulier, il faudra réaliser :

- La conception d'un mécanisme du système a 1 ddl, Le choix des technologies des actionneurs et du capteur de mesure d'effort.
- Une modélisation dynamique de l'ensemble du système et la simulation de sa commande (Matlab simulink, Simscape...).
- La réalisation d'un prototype du système
- Développement et test des différents schémas de commande/contrôle

Bibliographie :

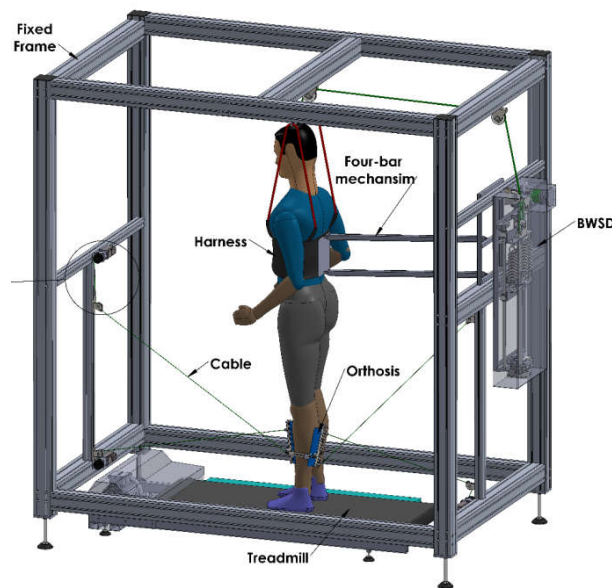
- Bras Exosquelette Haptique : Conception et Contrôle ; These de Doctorat ; Pierre Letier
- <https://web.stanford.edu/class/me327/lectures/lecture01-intro.pdf>
- <http://hapkit.stanford.edu/index.html>

Compétences: conception mécanique, Programmation, Matlab, Simulink, simscape, Commande

Sujet 2: Développement de la partie commande/contrôle d'un robot à câbles (PFE-Master)

Encadrant : Sami Bennour

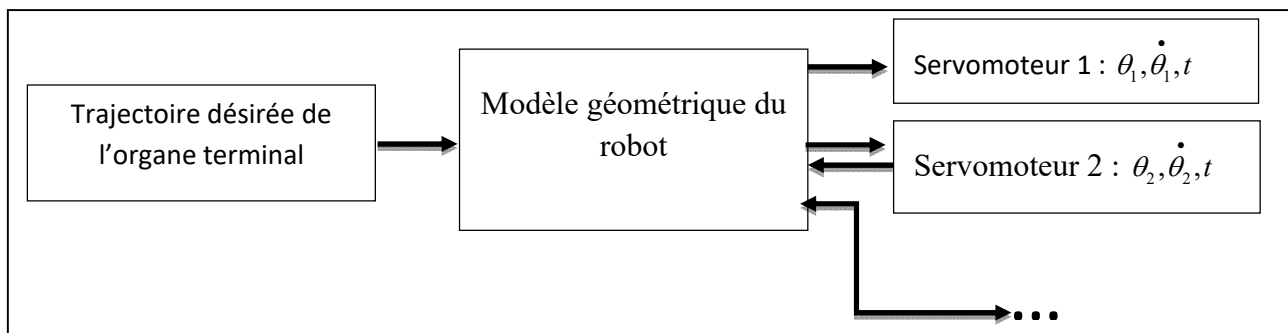
Candidature : <https://goo.gl/forms/HxqkphgEEDJEI4X23>



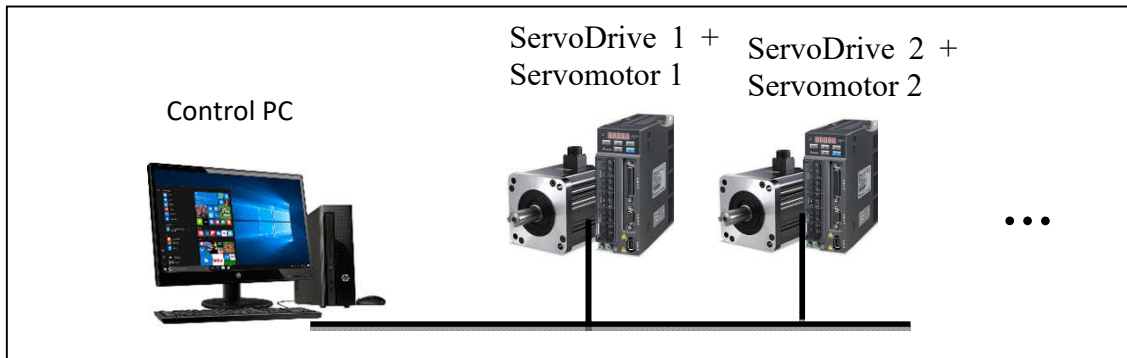
1 Cadre du projet

Ce projet vise développer d'une plateforme robotisée de rééducation fonctionnelle en se basant sur un robot parallèle à câbles, déjà développée au sein du Laboratoire de Mécanique de Sousse (LMS, ENISO). Ce système sera capable de contrôler certains paramètres biomécaniques et d'aider les médecins spécialistes dans la rééducation des membres inférieurs.

L'équipe système mécanique du LMS dispose de la structure mécanique comportant les solutions de montage et de guidage des câbles ainsi que l'attelle de fixation sur le membre du patient. Le software est développé afin de gérer les trajectoires angulaires (en fonction de temps) requises pour satisfaire une trajectoire désirée au niveau de l'organe terminal du robot (voir diagramme ci-dessous). Actuellement, un modèle géométrique pour un robot à 4 actionneurs est implémenté. L'extension vers une configuration à 8 actionneurs est planifiée pour des actions ultérieures.



L'équipe dispose aussi 4 servo-moteurs Dela de 1 KW avec un drive B2



2 Travail demandé

Comme travail à faire, on s'intéresse de la mise en place le protocole de rééducation sur les patients. La tâche à réaliser dans ce projet consiste à traiter principalement l'instrumentation et les aspects de commande de la structure mécanique existante.

Les points à assurer sont :

2.1 Partie développement software

- Système d'exploitation Windows 10,
- Plateforme et langage de développement : Script MATLAB, la migration vers une autre plateforme/langage (par exemple : Python, C, Labview) est possible si on garde une procédure minimale pour la migration.

2.2 Protocole d'asservissement

- Une fréquence d'exécution en temps réel de 50 Hz au minimum,
- Le PC de commande doit envoyer et recevoir les positions angulaires de tous les ServoMoteurs,
- Asservissement en position-vitesse avec la possibilité d'extension vers un asservissement en couple,
- Un Protocole d'initialisation et de synchronisation de temps entre les ServoDrives.
- Test et mesure

Compétences : Programmation, Electronique, Commande

Profil : 2 candidats en Mécatronique ou 1candidat mécatronique + 1candidat informatique

Remarque : Le projet est extensible pour master MIS

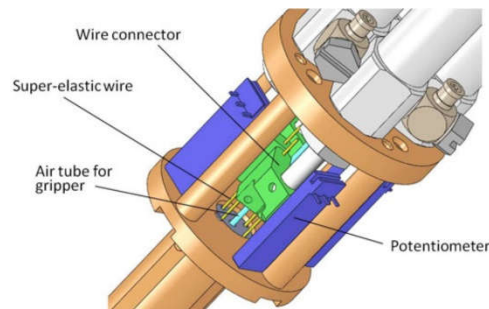
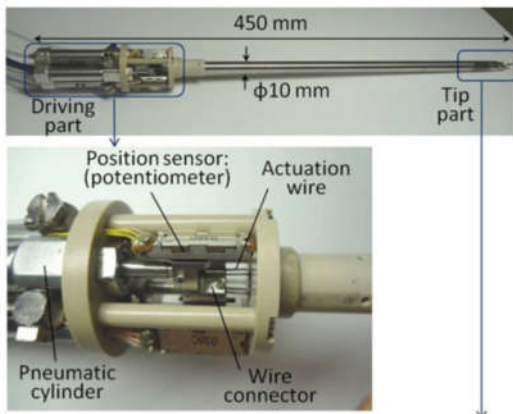
Sujet 3: Conception et réalisation d'une pince chirurgicale flexible (PFE-Master)

Encadrant : Abdelbadia Chaker

Candidature : <https://goo.gl/forms/HxqkphgEEDJEI4X23>

Mise en situation

Ce projet vise à concevoir une pince chirurgicale instrumentée pour son intégration dans un système de télé-opération. La base du travail est une pince déjà développée en recherche. On vise à revisiter la conception de la pince et produire un dossier de conception détaillée avec les améliorations possibles. L'objectif est de réaliser un prototype de la pince et de proposer les solutions pour les instrumenter en capteurs et actionneurs.



Travail demandé

- Proposer une conception Solidworks de la pince améliorée
- Dimensionner et proposer les capteurs et actionneurs
- Réaliser et tester la pince

Livrable

- Dossier CAO complet : Conception et Dessin
- Choix des capteurs et actionneurs
- Prototype

Bibliographie :

- A Pneumatically Driven Surgical Manipulator With a Flexible Distal Joint Capable of Force Sensing, IEEE/ASME TRANSACTIONS ON MECHATRONICS, VOL. 20, NO. 6, DECEMBER 2015

Compétences : conception mécanique, Programmation, Matlab, Simulink, Simscape, Commande

Sujet 4: Instrumentation d'un petit robot à câbles pour la rééducation fonctionnelle du poignet (PFE-Master)

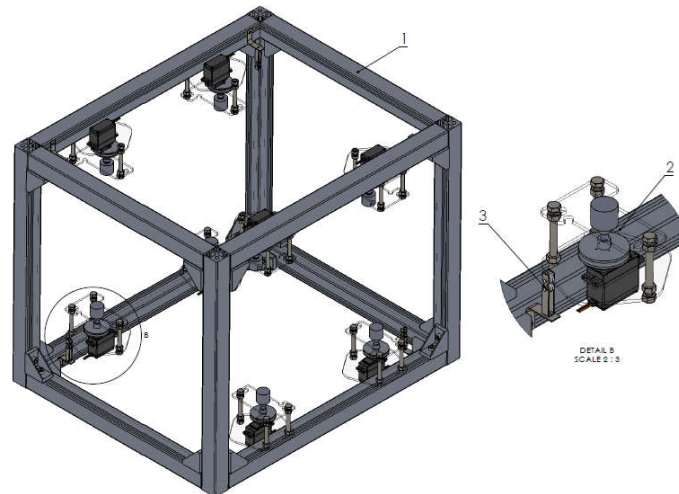
Encadrant : Sami Bennour

Candidature : <https://goo.gl/forms/HxqkphgEEDJEI4X23>

Cadre du projet

Les robots à câbles sont classés dans la catégorie des robots parallèles, dont les liaisons rigides sont remplacées par des câbles flexibles. Ces derniers jouent le rôle d'un actionneur. L'une des extrémités d'un câble est reliée à un rotor tordu par un moteur et l'autre partie est reliée à l'organe terminal ce qui permet de créer une chaîne cinématiquement fermée à (n) degrés de liberté. La base fixe et l'organe terminal sont reliés par l'intermédiaire des chaînes cinématiquement indépendantes.

L'équipe système mécanique du LMS dispose de la structure mécanique comportant les solutions de montage et de guidage des câbles.



Travail demandé

Comme travail à faire, on s'intéresse de la mise en place le protocole de rééducation. La tâche à réaliser dans ce projet consiste à traiter principalement l'instrumentation et les aspects de commande de la structure mécanique existante.

Les points à assurer sont :

Partie développement software

- Système d'exploitation Windows 10,
- Plateforme et langage de développement : Script MATLAB, la migration vers une autre plateforme/langage (par exemple : Python, C, Labview) est possible si on garde une procédure minimale pour la migration.

Protocole d'asservissement

- Le PC de commande doit envoyer et recevoir les positions angulaires de tous les ServoMoteurs,
- Asservissement en position-vitesse avec la possibilité d'extension vers un asservissement en couple,
- Un Protocole d'initialisation et de synchronisation de temps entre les ServoDrives.
- Test et mesure

Compétences : Programmation, Electronique, Commande

Profil : 1candidat informatique

Remarque : Le projet est extensible pour master MIS

Sujet 5:Elaboration d'un modèle Biomécanique du membre supérieur (PFE-Master)

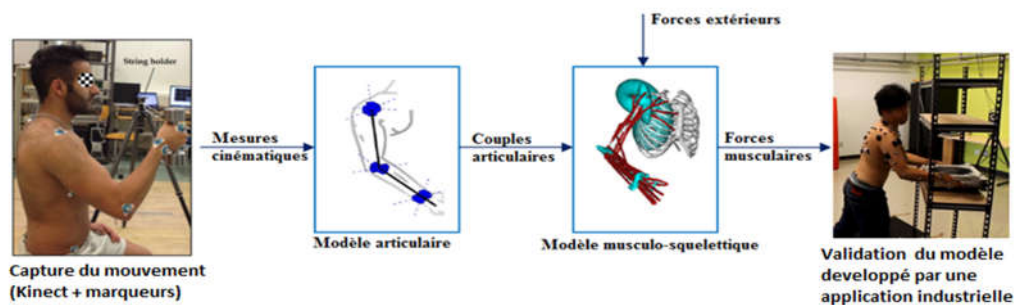
Encadrant : Abdelbadia Chaker/Sami Bennour

Candidature : <https://goo.gl/forms/HxqkphgEEDJEI4X23>

Mise en situation

Dans les domaines industriels et des sciences du sport, une activité professionnelle qui exige de manipuler des charges combinée à de grandes élévations des bras augmente les chances de développer un trouble musculo-squelettique aux épaules. L'analyse de ces mouvements articulaires est essentielle car elle contribue à quantifier les contraintes appliquées aux structures musculo-squelettiques.

L'objectif de ce projet est l'évaluation d'efforts musculaires prédits au cours du mouvement en se basant sur des mesures expérimentales. Cette évaluation peut aider les médecins et les ergonomes à mieux comprendre les capacités motrices humaines et l'améliorer.



Travail demandé

On demande de concevoir un modèle biomécanique tridimensionnelle du membre supérieur qui sera utilisé pour l'évaluation des efforts musculaires. En particulier, il faudra réaliser :

- Enregistrement et acquisition du mouvement du membre supérieur humain à l'aide du système de capture du mouvement (Kinect, marqueurs).
- A partir d'outils de modélisation issus de la robotique et de simulation numérique, une modélisation articulaire et biomécanique du membre supérieur sera réalisée (Matlab, Simulink).
- Une méthode de calcul des efforts musculaires au cours du mouvement sera mise en place en appliquant l'approche de dynamique inverse (Figure ci-dessus).
- Test et évaluation expérimentale du modèle biomécanique développé.

Bibliographie :

- Modélisation de la fatigue musculaire dynamique et son application pour l'analyse ergonomique ; These de Doctorat ; Ruina Ma
- Contributions méthodologiques à l'analyse musculo-squelettique de l'humain dans l'objectif d'un compromis précision performance ; These de Doctorat ; Antoine Muller

Compétences : Programmation, Matlab, Simulink, Simscape, Commande

- **Contact :** Abdelbadiâ CHAKER; Abdelbadia.chaker@eniso.u-sousse.tn;
Sami Bennour: sami.bennour@eniso.u-sousse.tn

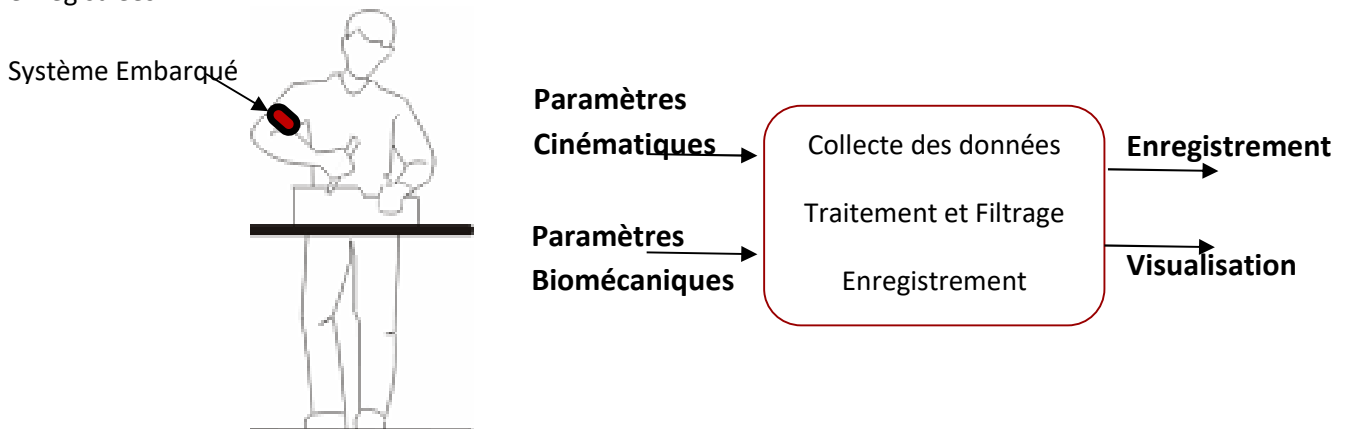
Sujet 6: Conception et réalisation d'un système embarqué de suivi des paramètres cinématiques et biomécaniques d membre supérieur (PFE-Master)

Encadrant : Abdelbadia Chaker

Candidature : <https://goo.gl/forms/HxqkphgEEDJEI4X23>

Mise en situation

Ce projet vise à concevoir un système embarqué de suivi de paramètres articulaires (position, vitesse et accélération) et biomécanique (EMG) du membre supérieur d'un travailleur en activité. L'objectif final est d'évaluer le risque de développement de trouble musculosquelettique dû au tâches répétitives de travail. Le système sera capable de fournir les données en ligne ou de les stocker dans sa mémoire. Une interface graphique sera développée pour la communication et la visualisation des données enregistrées :



Travail demandé

- Une identification des différents paramètres à suivre et des contraintes de fonctionnement.
- Le choix des capteurs des paramètres articulaires et biomécaniques (EMG, Centrale inertielle ...),.
- Un dossier de conception du circuit est ainsi élaboré.
- La réalisation du système intelligent sera alors effectuée en s'appuyant sur ce dossier. Le système sera capable de fournir les données en ligne ou de les stocker dans sa mémoire.
- Réaliser une interface graphique sera développée pour la communication et la visualisation des données enregistrées :

Livrable

- Dossier conception détaillé ; /Prototype du système embarqué ; /l'interface de visualisation

Bibliographie :

- <https://learn.adafruit.com/ahrs-for-adafruits-9-dof-10-dof-breakout>

Compétences : Conception électronique, Programmation, Matlab, Commande

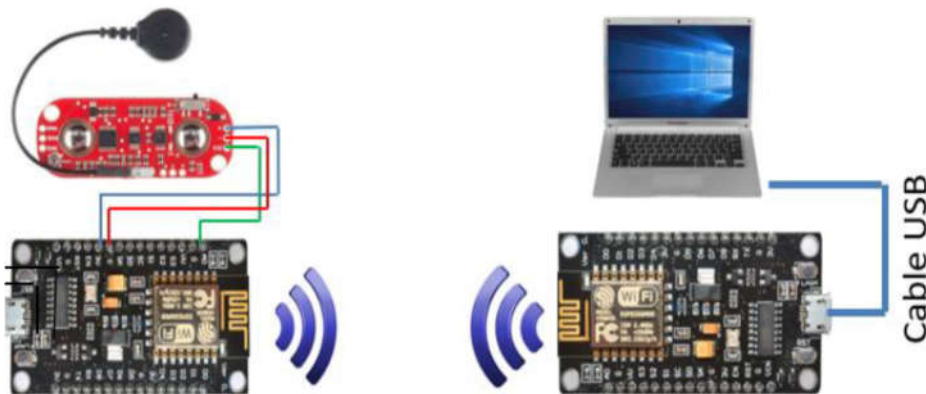
Sujet 7: Développement et réalisation d'un système embarqué pour la mesure de la force musculaire

Encadrant : Sami Bennour

Candidature : <https://goo.gl/forms/HxqkphgEEDJEI4X23>

Description :

Ce projet consiste à la réalisation d'un système embarqué pour la mesure de la force musculaire à partir d'un signal électromyogramme (EMG). Ce signal est détecté par des électrodes placées sur les muscles. Ces électrodes sont équipées par un dispositif électronique permettant l'acquisition et le traitement de signal et le transmet à distance via un module Wifi vers l'ordinateur. Les données seront manipulées et utilisées comme entrées d'un modèle musculaire pour donner en sortie une valeur de la force musculaire à l'aide des interfaces graphiques réalisées sous le logiciel MATLAB.



Etat du projet :

Le projet a été proposé dans le cadre d'un projet semestriel dont la partie hardware a été mise en place. Reste à faire :

- Finaliser la partie hardware
- Développer la partie interface
- Mesure et test

Mots clés : système embarqué, force musculaire, signal électromyogramme (EMG), cheville, module Wifi, modèle musculaire, MATLAB.

Compétences : Programmation, Electronique, Commande

Profil : Mécatronique

Remarque : Le projet est extensible pour master MIS

CHU « Fattouma Bourguiba » Monastir

Service de Médecine Physique de Rééducation et de Réadaptation Fonctionnelle



Dr. Zohra Ben Salah Frih

Professeur
Chef de Service
Tel : 1750
Mail : zohra.bensalah@rns.tn

Dr. Anis Jellad

Professeur
Tel : 1753
Mail : anisjellad@gmail.com

Dr. Soumaya Boudokhane

Professeur Agrégée
Tel : 1866
Mail : soumaya.boudokhane@gmail.com

Dr. Sana Salah

Professeur Agrégée
Tel : 1753
Mail : sanasalah@live.fr

Dr Houda Migaou Miled

Assistant Hospitalo-Universitaire
Tel : 1866
Mail : houdamigaw@hotmail.fr

☎ 216 73 461 144

☎ 216 73 460 678

Sujet 8:

Conception et réalisation d'un outil d'analyse des paramètres de marche en se référant au Locomètre type Satel®

Encadrement

Dr Sami Bennour

Ecole nationale des ingénieurs de Sousse

Dr Sana SALAH

Faculté de Médecine de Monastir

Service de Médecine Physique et de Réadaptation CHU Monastir

Candidature

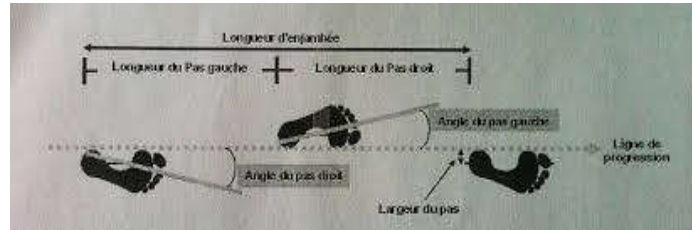
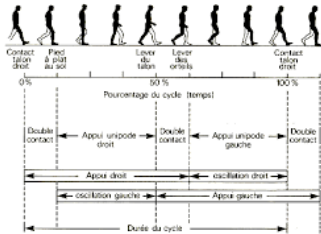
Candidature : <https://goo.gl/forms/HxqkphgEEDJEI4X23>

Le Locomètre Satel® analyse les patterns de marche. Le but de cette analyse est d'effectuer le bilan de la fonction locomotrice d'un sujet en objectivant tous les paramètres spatiaux et temporels de la locomotion. Le principe de cette méthode repose sur l'enregistrement du déplacement longitudinal de chaque pied au cours d'un parcours de marche pouvant varier de 7 à 18 mètres, selon l'objectif de l'exploration. A partir des signaux de sortie du dispositif, l'ordinateur affiche de façon synchrone et simultanée la courbe des déplacements de chaque pied en fonction du temps et présente un tableau récapitulatif de tous les paramètres spatio-temporels des différents cycles de marche du patient (*valeurs moyennes, écarts types, % asymétries*).

Les paramètres analysés sont :

- Cadence de marche
- Longueur d'enjambée
- Vitesse de marche
- Longueur des pas droit, Longueur des pas gauche
- Durées des cycles de marche de chaque pied

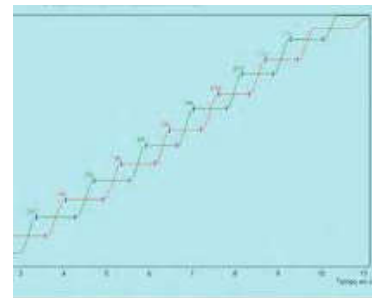
- Durées des phases d'appuis de chaque pied
- Durées des phases de balancements de chaque pied
- Durées des double appuis (phase de propulsion)
- Vitesses de balancement instantanées de chaque pied
- Vitesses de ramener instantanées de chaque pied
- Vitesses de passage instantanées de chaque pas



Pour analyser la marche, il est indispensable de relier le patient à l'appareil en l'attachant par des bandes en Velcro placées au niveau de ses avant pieds. Ces bandes sont-elles mêmes reliées à des fils placés sur des bobines dans le Locomètre.

Attacher le patient à des fils pourrait retentir sur sa marche et influencer les résultats et les mesures, le rembobinage des fils est lui-même source d'une perte de temps

Améliorer les acquisitions en libérant le patient de ses attaches peut offrir plus de flexibilité dans les mesures en se rapprochant plus des conditions physiologiques.



Travail demandé :

- Conception du système
- Choix du matériel
- Réalisation partie hardware
- Développement partie informatique
- Test et Mesure

Mots clés : système embarqué, Marche, Interface.

Compétences : Programmation, Electronique, Commande, CAO

Profil : Mécatronique, Electronique

Remarque : Le projet est extensible pour master MIS

Sujet 9: Etude ergo-biomécanique du poste de travail chez les dentistes

Encadrant : Sami Bennour

Candidature : <https://goo.gl/forms/HxqkphgEEDJEI4X23>

Problématique :

Les TMS (trouble musculosquelettiques) en milieu dentaire constituent un problème de santé au travail important pour la profession. En effet, la recherche en matière de TMS admet actuellement que dans le secteur de la dentisterie, les troubles musculo-squelettiques sont à l'origine d'un absentéisme important, d'une baisse de productivité notable et peuvent à l'extrême pousser aux départs précoces de la profession. Les TMS sont en plus d'apparition de plus en plus précoce même au cours du cursus d'apprentissage.

Le domaine dentaire est soumis à une double contrainte en ce qui a trait à l'aménagement. En effet, pour empêcher que des aérosols générés lors d'un traitement ne se déposent sur d'autres équipements et produits et pour prévenir la propagation des infections, tout équipement devrait être « caché ». Il devrait donc y avoir le moins d'articles possible sur les comptoirs. Tout est donc « caché » dans des tiroirs, ce qui fait qu'on est toujours penché pour y accéder. Par ailleurs, en dentisterie, on utilise bon nombre de produits et il arrive souvent, qu'en début de traitement, on ne connaisse pas tous les produits dont on aura besoin. Et donc on sera amené à les chercher au cours de l'acte.

Une autre origine aux problèmes d'épaules chez les dentistes est celui de la "livraison arrière" du matériel. Ainsi que le choix de l'abord du patient par voies postérieure en arrière de la tête du patient ou par voies antérieure.

Besoins :

Proposer des solutions ergonomiques non seulement organisationnelles mais aussi d'ordres biomécaniques relatifs à la conception du matériel de travail.

Compétences : Modélisation, conception, CAO

Profil : Mécatronique

Remarque : Le projet est extensible pour master MIS

Proposition Sujet PFE

Développement d'une main robotique à trois doigts

Encadrant : Housseem Saafi et Houssein Lamine

Contact : houssein.lamine@gmail.com/ houssem.saafi@gmail.com

Lieu : Laboratoire de mécanique de Sousse, Eniso

La conception de mains robotiques pour des opérations de saisie et/ou de manipulation dextre reste aujourd'hui une problématique complexe.

Dans ce sujet, les candidats doivent proposer une conception mécanique d'une main robotique à trois doigts dont le schéma simplifié est représenté dans la figure 1. Cette main possède quatre degrés des libertés définis comme suit :

- Un mouvement de flexion-extension par doigt (trois en total).
- Un mouvement de rotation autour de l'axe de la paume pour les deux doigts opposés au pouce fixe.

On note que les deux premiers doigts possèdent une cinématique identique. En total, quatre servo-moteurs sont nécessaires pour la commande de la main. D'un côté, Un câble par doigt, connecté au servo-moteur, assure le mouvement de flexion. De l'autre, un câble élastique assure le mouvement d'extension. Les deux mouvements des rotations autour de l'axe de la paume sont conjugués pour les deux doigts. Ce mouvement est réalisé à l'aide des deux pignons identiques. Les majorités des composantes de la main seront réalisés à l'aide de l'impression 3D.

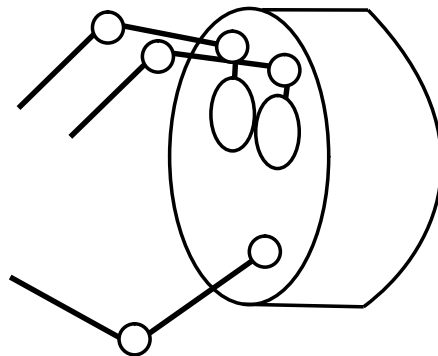


Figure 1 : Schéma simplifié d'une main robotique à trois doigts.

En plus de la conception de la main, les candidats doivent établir la commande en position de la main à l'aide d'une carte Arduino liée à un PC. La main sera testée pour la prise des objets simples tels qu'une balle, une canette ou un verre

Réalisation d'un véhicule à deux roues instrumenté (2 étudiants)

Encadré par Ajmi Houidi (ISSAT)



Ce projet de fin d'études consiste à étudier et concevoir un système formé par un véhicule à deux roues (V2R) du type bicyclette commandable à distance. L'utilisateur de ce dispositif peut imposer la vitesse d'avance ainsi que l'angle de braquage.

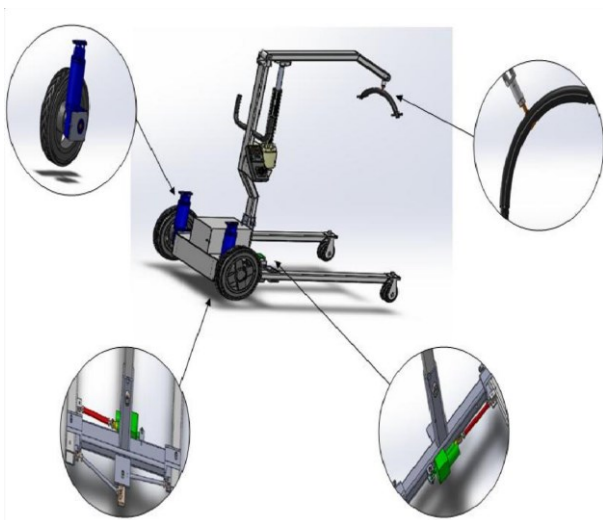
Le système est doté d'un système de commande et d'un système d'acquisition gyroscopique permettant de mesurer les différents paramètres cinématiques qui serviront pour implanter des algorithmes de contrôle pour assurer la stabilité du système.

Dans le cadre de ce projet l'étudiant est demandé de faire les tâches suivantes:

1. Etude bibliographique sur la modélisation dynamique, la commande et l'étude de la stabilité d'un véhicule à deux roues
2. La conception d'un véhicule à deux roues en utilisant le logiciel SolidWorks
3. Etude de l'instrumentation du véhicule
4. Implantation de l'algorithme de commande en utilisant le logiciel Matlab
5. Déploiement de l'algorithme en utilisant une carte Raspburry ou arduino
6. Réalisation pratique du système et validation expérimentale

Réalisation d'un système de manutention pour personnes à besoins spécifiques (1 étudiants)

Encadré par Ajmi Houidi (ISSAT)

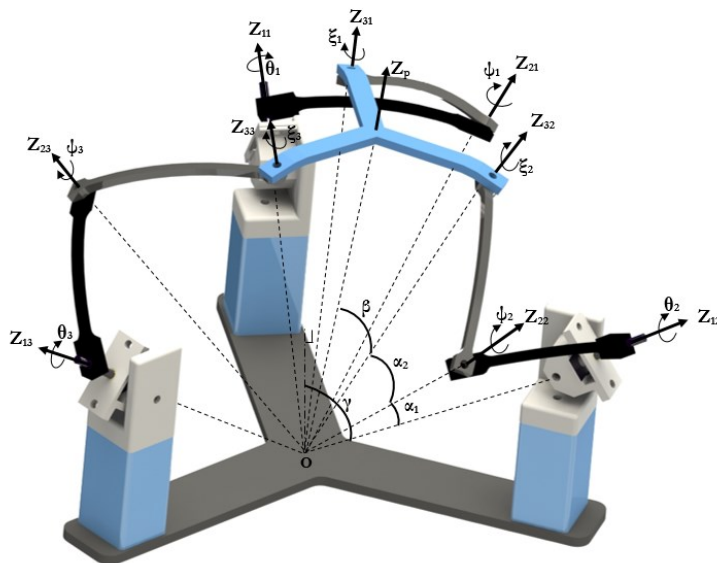


La conception de la partie mécanique de ce système a été étudiée durant deux projets de fin d'études lancés successivement durant les années universitaires 2014/2015 et 2015/2016. L'objectif de ce projet de fin d'études est de :

- développer l'analyse de la valeur des conceptions existantes de la partie mécanique en optimisant la solution proposée
- réaliser un prototype de la conception finale
- Etudier la partie commande et puissance du système
- Réalisation pratique et montage des essais pour la validation et la mise en marche

Etude et réalisation d'une commande haptique en utilisant deux robots sphériques 3_RRR (2 étudiants)

Encadré par Ajmi Houidi (ISSAT)



L'objectif de ce projet de fin d'études est la réalisation d'une commande haptique entre deux robots sphériques 3_RRR. Un robot sphérique 3_RRR est formé d'une base, d'une plate-forme mobile et de 3 chaînes cinématiques formées chacune par deux pièces liées entre elles par une liaison rotoïde (R). La condition de montage de ce robot est que tous les axes des liaisons sont concourants en un point désigné par le centre du robot et qui est le centre de mouvement sphérique de la plateforme.

L'un de deux robots sera considéré comme étant maître alors que l'autre sera considéré comme esclave. L'utilisateur applique un mouvement désiré au niveau de la plate-forme du premier robot. Le premier objectif de la commande haptique est d'amener le second robot à faire le même mouvement.

Lors de la réalisation du mouvement par le second robot il va certainement être sollicité à un torseur d'effort qui résiste à son mouvement. Dans ce cas l'utilisateur doit sentir la valeur de l'effort lors de son action sur la plate-forme du premier robot. Ce retour d'effort sera le second objectif de la commande haptique.

Actuellement on dispose dans le Laboratoire de Mécanique de Sousse de deux robots du type 3_RRR fabriqués en utilisant la technique de l'impression 3D. Le travail demandé dans ce projet peut être résumé par les points suivants:

- Etude bibliographique sur les robots sphériques 3_RRR

- Etude de la conception des robots existants actuellement dans un objectif d'améliorer sa rigidité structurale
- Etude de l'instrumentation du système formé par les deux robots dans un objectif de réaliser les deux objectifs précédemment cités
- Mise en pratique du premier objectif (transfert de mouvement)
- Etude de la mise en pratique du second objectif (retour d'effort)