

Développement d'une structure composite pour une orthèse de cheville

ACRONYME	-
MANDANT	HEIA-FR / SeSi
ÉTUDIANT-E-S	Damien Vallélian
PROFESSEUR-E-S	Emmanuel Viennet et Benoît Grelier
EXPERT-E	Jacques Miauton
No	GM_2021_TB_19
TYPE	Travail de Bachelor
CONTACT	benoit.grelier @hefr.ch

Contexte

Les accidents vasculaires cérébraux (AVC) sont malheureusement courants. Ils provoquent souvent une paralysie partielle du corps, pouvant affecter le mouvement de la marche. Les muscles de la partie inférieure de la jambe sont notamment ceux dont l'usage est le plus difficile à récupérer.

Des études cliniques ont montré que l'utilisation d'une orthèse de cheville motorisée peut être bénéfique lors des thérapies de rééducation à la suite d'un AVC, à condition toutefois que la masse de l'appareil soit limitée. Dans le cadre du projet Talaris, l'objectif de l'institut SeSi de la HEIA-FR est de réaliser une orthèse permettant d'assister le mouvement des patients en rééducation avec un poids total à la cheville inférieur à 1 kg. Pour atteindre ce résultat, le choix a été fait d'associer un vérin hydraulique, qui bénéficie d'un excellent rapport poids / puissance, à une structure en fibre de carbone légère et résistante (effort maximal de 2'000 N en sortie du vérin).

But du projet

L'objectif de ce travail est de poursuivre le développement de la structure en composite initié dans un précédent travail et de fabriquer les pièces. Cette structure permet de transformer la force fournie par le vérin en un moment autour de la cheville permettant notamment de fournir la puissance nécessaire à la propulsion (poussée sur la pointe du pied avant que le pied ne décolle du sol).

Le défi majeur est de faire le dimensionnement complet des supports plantaire et tibial ainsi que la conception et la réalisation des moules de fabrication. Cela pour ensuite fabriquer les pièces en fibres de carbone. Finalement, l'assemblage du système sera fait afin de tester son fonctionnement et ainsi prouver la viabilité du projet.



Figure 1: Concept de l'orthèse

Conception

La structure doit s'interfacer avec le corps du patient et doit pouvoir être installée dans une chaussure orthopédique, cela restreint les épaisseurs ainsi que la géométrie des supports.

La conception détaillée des supports plantaire et tibial est réalisée. Des itérations de modélisation ont été nécessaires afin d'obtenir une géométrie ergonomique et une construction suffisamment résistante.

Le dimensionnement est basé sur des simulations par éléments finis de type «Laminate» qui permettent de considérer les propriétés différentes de la fibre et de la matrice. Le lay-up ainsi mis en place assure un facteur de sécurité de 2.



Figure 2: Ensemble des pièces réalisées

Fabrication - Assemblage

Pour la fabrication des deux supports, deux moules de fabrication différents sont utilisés. Pour le support tibial, un moule en impression 3D avec du PETG a été réalisé. Pour le support plantaire, un moule en plâtre est moulé sur la pièce imprimée en 3D.

Le procédé de fabrication utilisé est le moulage au contact pour le support tibial et une infusion de tissus secs pour le support plantaire. Cette

dernière permet de gérer la fraction volumique de résine et d'obtenir des propriétés mécaniques plus élevées. La Figure 3 montre l'assemblage complet de la structure composite.



Figure 3 : Assemblage final

Conclusion

Les différentes pièces en matériaux composites ont été réalisées, cela permettant d'obtenir un premier prototype qui montre les points critiques de conception et de fabrication.

La possibilité d'assembler l'orthèse a permis de valider le dimensionnement réalisé. Les usinages sur les pièces composites sont à faire, ce point est important pour le bon fonctionnement de l'assemblage. Une validation avec des tests de résistance de l'orthèse complète doivent ensuite être mise en place afin de valider le système et pouvoir adapter les pièces en vue d'une optimisation.

Pour la fourche, une nouvelles version est a réalisée avec une révision du lay-up.

Dans l'ensemble, le projet s'est bien déroulé et les objectifs majeurs ont été atteints avec succès.