

## Développement d'une structure déformable en composite pour un exosquelette de cheville

ACRONYME	GM_1920_TB_34_YERLY_VNE_GBE
MANDANT	HEIA-FR / SeSi
ÉTUDIANT-E-S	Robin Yerly
PROFESSEUR-E-S	Emmanuel Viennet et Benoît Grelier
EXPERT-E	Christophe Emmenegger
No	34
TYPE	Travail de Bachelor
CONTACT	robin.yerly@edu.hefr.ch

### Contexte

Le cycle de la marche dépend du travail synchronisé de nombreux muscles, tendons et ligaments se trouvant dans toute la jambe. Si l'un d'entre eux vient à ne plus remplir ses fonctions, le cycle entier se voit perturber et peut dans certains cas, rendre la marche impossible.

Dans ce cas, les orthèses de cheville sont des supports orthopédiques venant assister, voire remplacer une articulation endommagée ou ne pouvant simplement plus remplir ses fonctions. Ces soutiens sont généralement passifs (non-motorisés) et ne remplacent donc pas les muscles potentiellement touchés (*Figure 1*).

Une orthèse motorisée joue alors les deux rôles de la rééducation : le soutien articulaire d'une orthèse classique et l'assistance musculaire.

Dans le projet Talaris de la HEIA-FR, un actionneur hydraulique a été développé pour une orthèse de cheville. Il a pour objectif de restaurer la mobilité du pied en flexion.

### But du projet

L'objectif principal de ce travail est le développement d'une structure composite transformant le travail linéaire d'un vérin hydraulique en un moment autour de la cheville générant l'impulsion nécessaire à la marche.

Pour des raisons de confort et d'ergonomie, le système doit être aussi léger que possible, d'où l'utilisation de matériaux composites et plus particulièrement de fibres de carbone. Ces dernières, en plus d'être légères (env. 200g/m<sup>2</sup>), sont également en mesure de supporter la force produite par l'unité hydraulique (2'000N) nécessaire pour la poussée plantaire.



Figure 1: Orthèse passive pour cheville

## Concept

Pour un fonctionnement correct, l'assemblage doit être conçu en 5 structures au minimum :

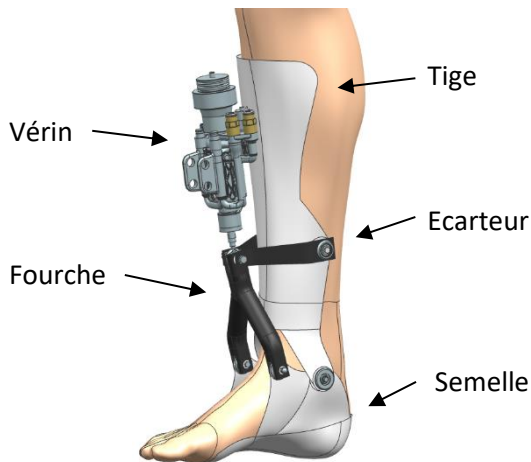


Figure 2 : Vue d'ensemble du mécanisme

La fourche subissant directement les efforts du vérin est l'élément le plus critique de l'assemblage et sa conception est le défi principal de ce travail.

## Conception détaillée

L'assemblage final est le résultat d'un travail sur les formes, les épaisseurs de composite, les éléments de pivot et les inserts.

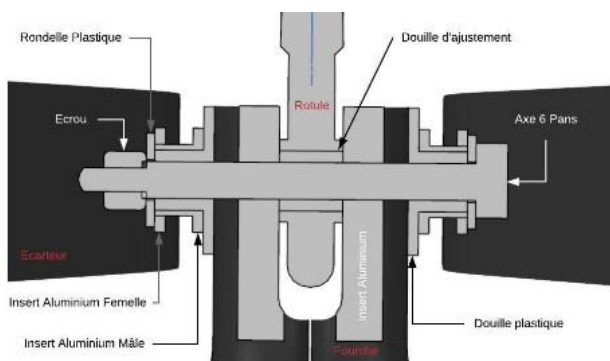


Figure 3: Liaison Ecarteur-Vérin-Fourche

Afin d'avoir une validation approximative mais rapide des dimensions calculées, des simulations simplifiées du fonctionnement ont été effectuées sur les éléments prioritaires de l'assemblage (fourche et écarteur).

## Moulage

En plus du projet en lui-même, le principe de moulage d'une petite structure creuse avec une fibre pré-imprégnée (ou Prepreg) est une innovation pour l'école. Cette technique demande l'utilisation d'un moule fermé résistant à la pression ainsi qu'à de hautes températures, d'où la nécessité d'une carcasse scellée en aluminium.

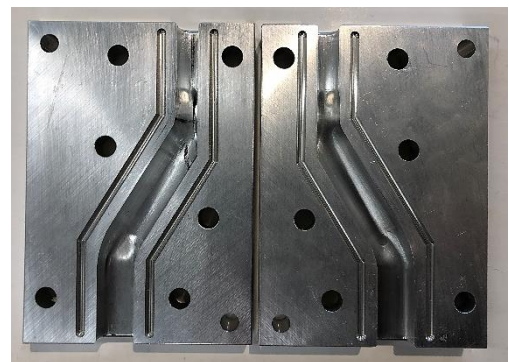


Figure 4 : Moule en aluminium pour fibres pré-imprégnées

## Test mécanique

Le dernier travail pour la validation de la fourche est le test sous compression de son prototype. Dans un premier temps, la fourche se doit de supporter la charge de fonctionnement, soit 2'000N, sans montrer de signe de faiblesse. Un deuxième test vient ensuite compresser la fourche jusqu'à sa destruction afin d'avoir une valeur critique réelle et de définir les endroits faibles de la pièce.

## Conclusion

Ce travail a permis de mettre en évidence les difficultés d'intégration d'un système mécanique mobile sur le corps humain. Un test d'utilisation à long terme sur un individu dans le besoin serait utile pour valider le prototype et permettre son évolution dans de prochaines versions.