

Vaissaud, Yoko ¹ (yoko.vaissaud@henallux.be) ; Clercx, Nicolas ² (nicolas.clercx@helb-prigogine.be) ; Prato, Angel ¹ (angel.pratomoreno@henallux.be) ; D'Ans, Pierre ² (pierre.dans@helb-prigogine.be) ; Busegnies, Yves ² (yves.busegnies@helb-prigogine.be)

Introduction

La semelle podologique est composée d'une ou plusieurs couches de matériaux conçues et façonnées par le podologue, afin de rétablir un déroulement optimal du pied, réduire les points d'hyperpression plantaire (prévention chez le patient diabétique par exemple) et optimiser l'absorption des chocs (amortissement). Les polymères utilisés pour les semelles sont choisis en fonction de leurs propriétés telles que la dureté ou la densité. Malgré l'évolution actuelle de la conception assistée par ordinateur, le choix des matériaux et de certaines de leurs géométries (forme de coupe, épaisseur) se fait de manière empirique, selon l'expérience du podologue.

Objectifs

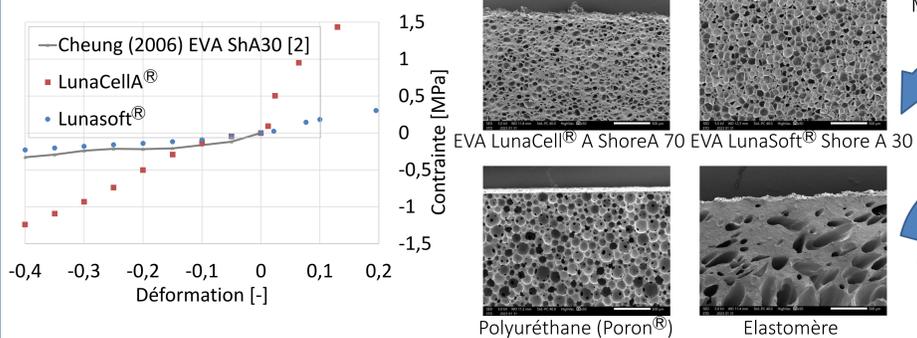
Le projet Podomat a commencé à optimiser cette procédure de conception, en construisant une base de données cohérente de matériaux podologiques, avec les lois de comportement nécessaires à la prédiction des cartes de pression plantaire pour différents empilements de matériaux.

Approche : 3 axes d'activités

- Mesure expérimentale des lois de comportement (traction/compression)
- Simulations numériques capables de prédire la carte de pression sous le pied
- Mesure de la pression plantaire dans des situations utiles pour valider le modèle.

Mesure des propriétés des matériaux

- Essais de traction et compression : copolymère éthylène-acétate de vinyle (EVA), polyuréthane, élastomères.
- Observation des microstructures observations (porosité ouverte/fermée) au MEB (microscope électronique à balayage).



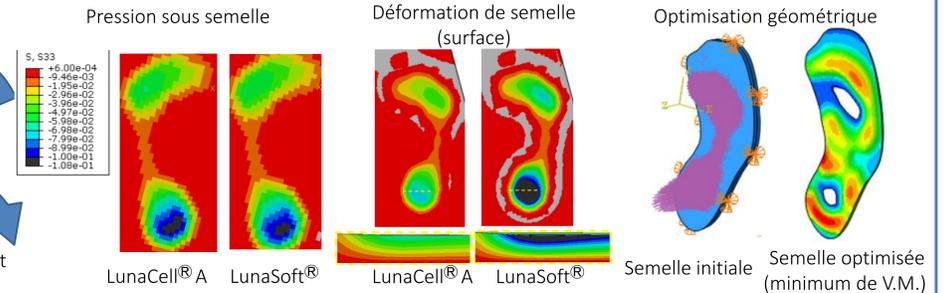
Perspective

- Base de données matériaux : EVA (45-65 Sh), polyuréthane, élastomère
- Amélioration de la précision
- Mesure d'autres propriétés (coeff. Poisson, propriétés viscoélastiques)

Finite Element Method (FEM)

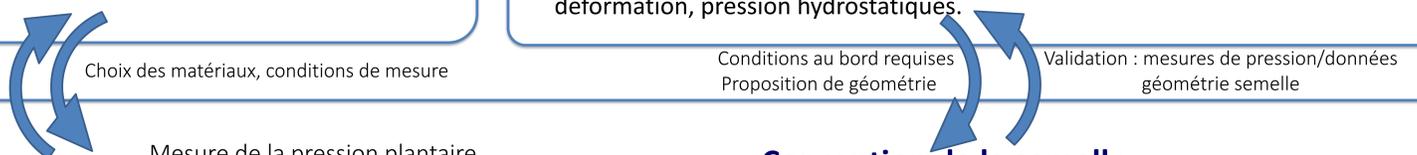
Pour cette première étape, les lois statiques des matériaux sont introduites à partir de mesures. En utilisant la simulation FEM, nous étudions :

- l'influence des matériaux
- une solution de conception pour atténuer le maximum de contrainte



Perspective

- Validation des méthodes de simulation par des données expérimentales (lois matériaux, pression plantaire et sous la semelle). Confirmation de l'influence des matériaux et de la géométrie
- Identification d'un critère physique pour la solution numérique : énergie de déformation, pression hydrostatiques.



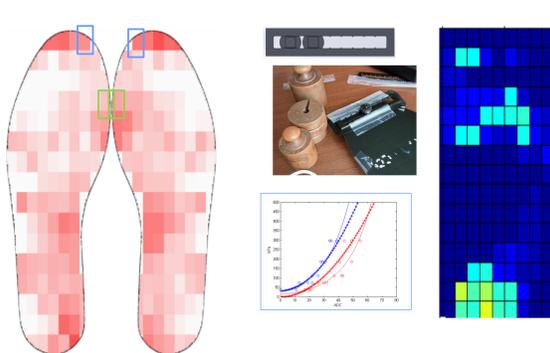
Mesure

Pression baropodométrique



© WINPOD WIFI de Medicauteurs[3]

Mesure de la pression plantaire
→ Etalonnage de 118 capteurs résistifs

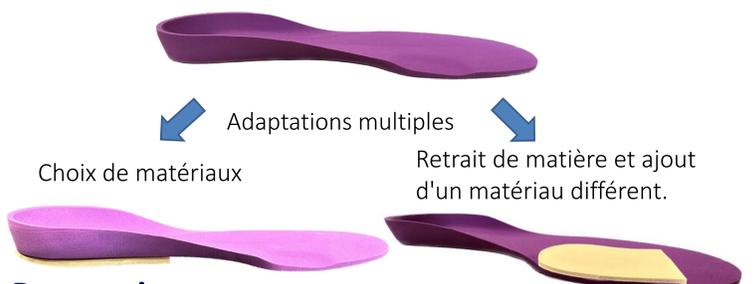


Perspective:

Pression plantaire – pression sous semelle

Conception de la semelle

Correction de la semelle podologique liée à l'empreinte du pied + analyse podologique



Perspective

Déterminer quel est le meilleur type de matériaux à utiliser pour une situation donnée (famille et épaisseurs)

Conclusion et perspectives

Après un an de recherche, le cadre de travail en conditions statiques est établi. Pour les travaux futurs, il est prévu de recueillir davantage de données sur les matériaux et des cartes de pression dans des configurations bien connues, afin d'enrichir la base de données et de valider la simulation FEM. Une extension envisageable est une étude pour le cas dynamique (propriétés viscoélastiques, simulation dynamique, mesure de la pression), nécessaire à appréhender le pied en situation de marche ou de course.

Remerciements

- Support financier : FRHE
- Prof. Terakado, National Institut of Technology, Hakodate College (Japon) : coordination des mesures MEB en collaboration avec Nagaoka University (Japon)
- Ce travail a utilisé l'équipement de recherche du projet MEXT, permettant l'utilisation public d'infrastructures de recherche avancées [Program for supporting construction of core facilities, Grant Number PMXS04409007].

References

- [1] Antoine Perrier. Conception et évaluation d'un modèle biomécanique, éléments finis, patient spécifique, du pied humain. Applications en podologie, orthopédie et diabétologie : applications en podologie, orthopédie et diabétologie. Sciences agricoles, Université Grenoble Alpes, 2016.
- [2] Jason Tak-Man Cheung and Ming Zhang, Finite Element Modeling of the Human Foot and Footwear, 2006 ABAQUS Users' Conference.
- [3] <https://www.medicapteurs.com/fr/>

Institution	Adress	Researchers
Haute Ecole Libre de Bruxelles (HELB) - Ilya Prigogine, Section Podologie	Route de Lennik 808 B-1070 BRUXELLES	Clercx, Nicolas (nicolas.clercx@helb-prigogine.be) D'Ans, Pierre (pierre.dans@helb-prigogine.be) Busegnies, Yves (yves.busegnies@helb-prigogine.be)
Haute Ecole de Namur Liège Luxembourg (HENALLUX) – Ecole d'ingénieurs Pierrard – Virton, Belgique	Rue d'Arlon 112 B-6760 VIRTON	Vaissaud, Yoko (yoko.vaissaud@henallux.be) Prato, Angel (angel.pratomoreno@henallux.be) Lecointre, Julien (julien@julien.lecointre@henallux.be)