

# Le Journal de l'Orthopédie

PARUTION TRIMESTRIELLE



**Chirurgie de régularisation  
et évolutions**

**C.F.A.O.  
en podo-orthèse**

**Sports et handicap : de la  
rééducation à la compétition**

**Orthétisation  
en pédiatrie**



# Podo-orthèse

## Etude dynamique de l'appareillage des pieds neurologiques

F. CAILLET<sup>1</sup>, L. POURRET<sup>2</sup>, J. PICHON<sup>1</sup>, G. RODE<sup>1</sup>,  
D. BOISSON<sup>1</sup>

1. Hôpital Henry Gabrielle,  
Service de Rééducation, Saint Genis Laval.  
2. Etablissements Déage, Lyon.

A l'Hôpital Henry Gabrielle, nous utilisons un système d'analyse du mouvement (Vicon-Oxford Métrics) pour évaluer la marche. Il synchronise des signaux vidéo et des signaux analogiques. Cinq caméras, 50 Hz, fonctionnant en lumière infrarouge, enregistrent la réflexion de marqueurs passifs. Ces marqueurs sont collés sur la peau des membres inférieurs, en regard de repères anatomiques constants (bassin, genou, cheville, pied). Leur position est enregistrée dans l'espace, elle est suivie dans le temps au cours du déplacement du sujet. Ces marqueurs sont utilisés pour la reconstruction segmentaire des membres inférieurs. Le mouvement de chaque articulation est représenté, sous forme de graphique dans les trois plans : sagittal, frontal et horizontal. Un logiciel standardisé moyenne les cycles de marche et les normalise à 100 %. Chaque cycle de marche est l'association d'une phase d'appui et d'une phase oscillante.

**Les limites pour le pied :** ce type de logiciel donne le mouvement global du pied, puisque le pied est matérialisé par un seul segment, allant de la malléole externe à la tête du troisième métatarsien. La représentation du pied est lisible dans le plan sagittal. Le plan horizontal donne l'axe de progression du pied par rapport à la direction de déplacement du sujet. En revanche, le plan frontal est difficile à interpréter.

Des améliorations pourraient être apportées, en utilisant plusieurs petits marqueurs sur le pied. On pourrait alors séparer l'arrière pied de l'avant pied et les mouvements d'adduction et d'abduction ainsi que la pronosupination.

**Quatre contacteurs** sont collés sous le pied ou la semelle de la chaussure (talon, tête de premier métatarsien, tête du cinquième métatarsien, pulpe du gros orteil). Ils différencient les phases du cycle, les zones du pied en contact avec le sol de même que leur chronologie et leur durée de contact. Par leur intermédiaire, on peut apprécier indirectement le varus du pied.

**Les limites :** c'est un signal analogique de type « tout ou rien », la griffe du gros orteil ou l'hyperextension peut déclencher un contacteur alors que le pied n'est pas en appui. C'est le cas du pied spastique.

Il ne donne pas les pressions plantaires.

**Deux plateaux de force** sont inclus dans la piste de marche. Ils donnent la résultante de la force d'application au sol, à l'appui. Cette résultante se décompose en trois forces : verticale, latérale et antéropostérieure, elle est suivie dans le temps. Associée au déplacement du marqueur de la malléole externe de la cheville, on peut calculer les moments articulaires qui sont une appréciation des forces musculaires développées au cours du mouvement de flexion dorsoplantaire du pied.

**Les limites :** il faut obtenir lors d'une marche spontanée, le passage des pieds sur les plateaux de force, sans que le sujet soit informé de leur position dans le sol. Certains patients hémiparétiques en sont incapables.

Les résultats sont très imprécis lors d'utilisation d'une canne.

**L'électromyogramme** utilisent dix électrodes de surfaces, collées sur la partie musculaire la plus saillante, selon la cartographie de Basmadjan. Chez l'adulte, on recueille le signal électrique des trois chefs superficiels du quadriceps, des ischiojambiers internes et externes, du jambier antérieur et des muscles jumeaux externe et interne et enfin le soléaire. On peut apprécier ainsi les manifestations de l'hypertonie spastique, et les compensations musculaires.

**Les limites :** cet électromyogramme ne donne aucune information sur la force musculaire. L'intensité de l'activité musculaire peut varier avec la position de l'électrode, l'épaisseur du tissu sous-cutané et l'impédance de la peau. Parfois, on note la présence d'artéfacts, liés à la diffusion d'activité électrique de muscles de voisinage. Il faut alors vérifier auparavant l'absence de telle activité par un mouvement isolé, très souvent impossible à obtenir chez le patient hémiparétique.

Des fils conducteurs sont utilisés pour les muscles profonds (jambier postérieur) et les muscles de petit volume.

**Cas clinique :** Mr M., 24 ans, présente une Maladie de Charcot Marie Tooth. Il a un déficit musculaire des fléchisseurs dorsaux et plantaires des pieds avec des troubles de la proprioception. Ce déficit est asymétrique. Ses pieds sont creux varus avec une griffe des orteils, responsable de lésions cutanées par conflit avec la chaussure. Il se plaint d'une instabilité à la marche. Quatre types d'orthèses plantaires, décrites ci-après, ont été essayées.

Sa marche a été enregistrée pieds-nus et ensuite chaussée avec l'orthèse plantaire la plus confortable, d'après le patient. Ces conditions de marche ont été comparées.

## Quatre orthèses plantaires de conceptions différentes pour un même patient

L. POURRET  
Société DEAGE - LYON.

### Introduction

Notre rôle est de réaliser, à la demande du prescripteur, l'appareillage ou l'orthèse la mieux adaptée au patient.

Dans ce cas expérimental de pathologie neurologique, nous pouvions proposer plusieurs solutions.

Fallait-il privilégier par le biais d'attelles postérieures, l'aide à la déficience des releveurs, sans véritable contrôle des appuis plantaires ? Fallait-il proposer une paire de chaussures orthopédiques palliant également au déficit des muscles jambiers, avec tous ses avantages au niveau du contrôle des appuis ? ou simplement des orthèses plantaires ? La dernière solution a été retenue.

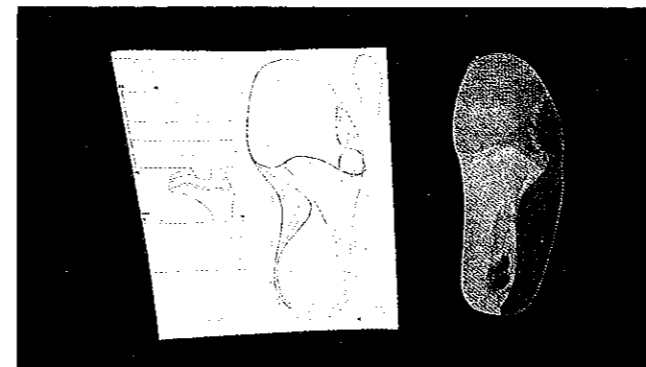
Nous avons ainsi souhaité améliorer les appuis de notre patient, lui apporter confort plantaire et stabilité, sans chercher à réellement modifier sa marche.

Le but était donc de soutenir les pieds creux, en contrôlant le varus et en soulageant les appuis douloureux particulièrement sous les têtes des cinquièmes métatarsiens.

Nous avons proposé à notre patient quatre types différents d'orthèses plantaires avant qu'il ne se soumette à l'étude dynamique.

### Semelles classiques, non moulées, sur empreintes encrées réalisées en charge sur un pédigraphe

Celles-ci sont élaborées à partir d'une base synthétique tissulaire enduite de résine. Les éléments de soutien sont en liège latex et l'élément pronateur en mousse d'EVA. Le recouvrement



des orthèses est en tissu à base de fibres polyester polyamide et polyuréthane. Ce type de matériau offre plusieurs avantages par rapport au cuir. Un traitement fongicide et bactéricide et une excellente résistance à l'abrasion et à la transpiration sont ses atouts principaux.

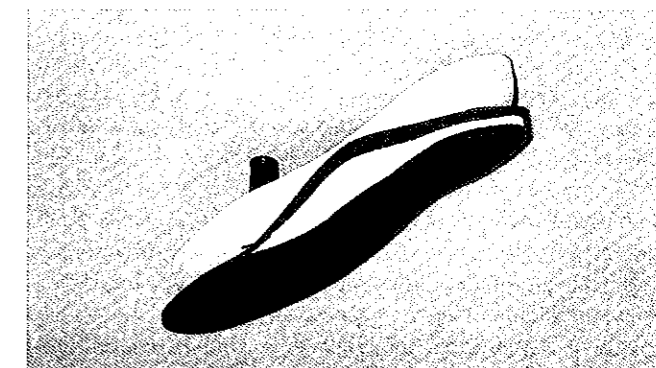
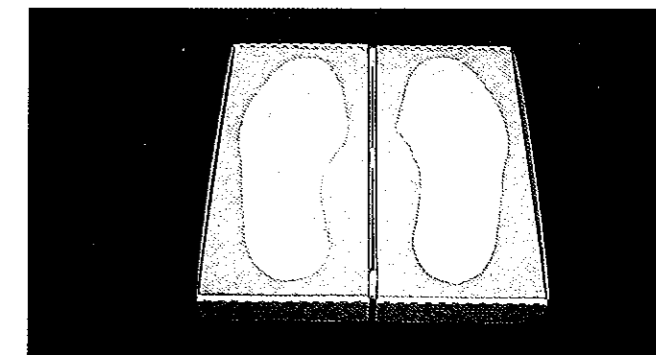
Cette semelle classique nécessite une grande compétence du professionnel pour sculpter et définir les emplacements exacts de soutien et de correction.

Toutefois définir les mesures pour obtenir un soulagement et une modification des appuis reste du domaine de l'approximatif et du savoir faire.

Ainsi ces semelles ont retenu l'attention de notre patient surtout pour la bonne correction de l'arrière-pied et pour leur faible encombrement dans les chaussures. En revanche, il a noté très peu d'amélioration au niveau du confort de ses appuis antérieurs.

### Semelles en mousses de polyéthylène sur empreintes moulées

Celles-ci sont élaborées à partir des moulages plantaires rectifiés. La base de ces orthèses est un matériau amortisseur, plus particulièrement à visée antivibratoire.

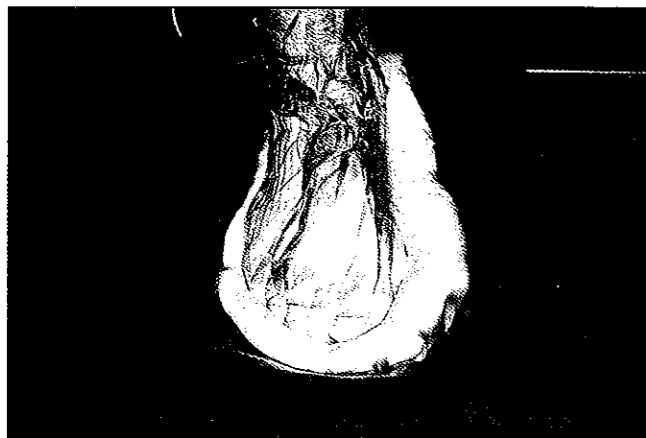


Les éléments de soutien sont composés de deux densités de mousse de polyéthylène, la plus faible étant en contact avec le pied. L'élément pronateur est toujours en mousse d'EVA. Après essai, notre patient a apprécié le confort de ces semelles, mais regretté la moins bonne contention des arrière-pieds et l'épaisseur accrue des orthèses au niveau des avant-pieds.

### Orthèses plantaires monobloc en résine coulée

Le moulage peut être effectué directement sur nature après avoir placé sous vide le pied dans un sac PVC. L'expansion de la résine permet ainsi d'obtenir un parfait modelage des contours et

de la face plantaire. Dans le cas présent, compte tenu de l'éloignement du patient de notre laboratoire à Lyon, le moulage a été effectué à l'aide d'une boîte d'empreinte en polystyrène expansé dans laquelle nous avons coulé une résine.



Ces orthèses sont réalisées à partir d'une résine de polyuréthane liquide (polyol et isocyanate) qui est coulée sous le positif rectifié. Il est possible de contrôler la dureté et la densité.

La base des semelles est constituée d'un matériau amortisseur de 2 mm. Elles sont recouvertes d'un tissu lycra bi-extensible sur une trame polyester. Le contact est soyeux et le toucher sec à la transpiration. Ces semelles sont très précises et respectent parfaitement la physiologie du moulage. Il s'agit là de résines thermodurcissables dont la polymérisation est irréversible. Il faut ainsi respecter formellement les dosages et vérifier précisément le taux d'hygrométrie. Ces manipulations sont donc très délicates et conditionnent les résultats escomptés.

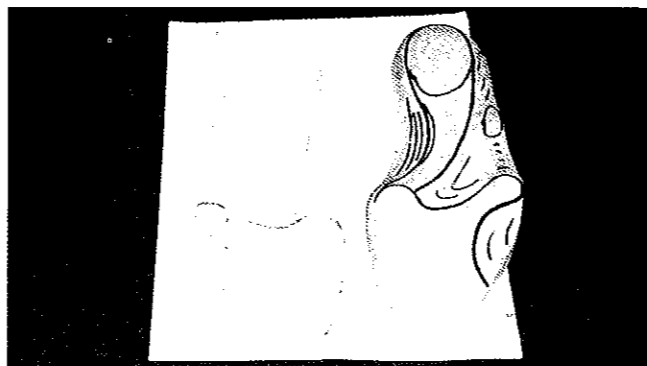
Le patient a apprécié la précision et le confort des orthèses, mais, du fait de leur mono-densité, il a regretté le manque de fermeté des éléments de contention de l'arrière-pied.

### Orthèses plantaires en composites thermoformables

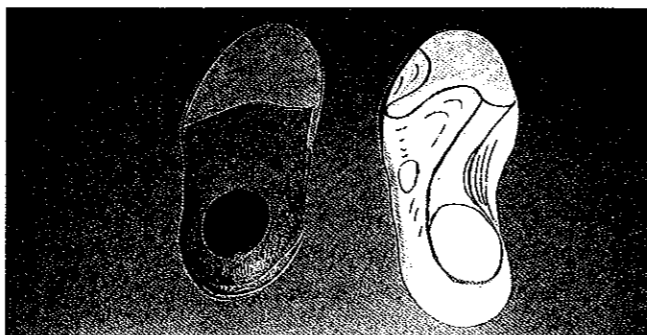
Nous nous sommes servis, pour les mêmes raisons que précédemment, du positif rectifié en résine.

Ces orthèses sont composées de matériaux thermoplastiques qui, combinés entre eux, permettent d'obtenir un ensemble plus ou moins élastique et plus ou moins correcteur. Dans le cas présent l'assemblage des matériaux choisis réunit :

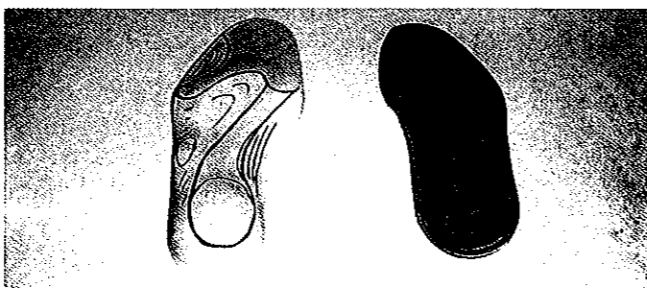
- Une mousse de polyéthylène de 3 mm d'épaisseur, bleue, antiallergique, d'une densité de 50 kg/m<sup>3</sup> et d'une dureté de 25 shore A, est en contact avec le pied.



- Un élastomère de caoutchouc, à cellule ouverte, hyperélastique et résistant à la compression, est placé sous le polyéthylène à l'avant-pied. Elle restitue le maximum d'énergie.
- Une autre mousse de polyéthylène, d'une densité de 200 kg/m<sup>3</sup>, d'une dureté de 95 shore A, est placée à l'arrière-pied. Elle permet d'assurer un bon calage du calcaneum.
- Une pastille d'élastomère de caoutchouc, absorbant en partie les chocs et les vibrations, est placée sous le talon.
- Une résine de polyester, assemblée entre deux grilles non tissées en polyamide, d'une épaisseur de 0,8 mm, compose le noyau de la semelle et assure par thermosoudage l'assemblage des différents matériaux de l'arrière-pied jusqu'au niveau des têtes métatarsiennes.



- Le renfort inférieur des semelles est assuré par une autre résine polyester, qui, thermosoudée avec la précédente résine, constitue la partie composite. Cette dernière résine, d'une épaisseur de 1,3 mm est recouverte d'un tissu résistant aux frottements avec la première des chaussures.



Une fois testées, ces semelles ont remporté le plus large succès. Immédiatement, du fait de la précision du noyau semi-rigide assurant une certaine nervosité et un bon contrôle de la supination au niveau de l'arrière et du medio-pied, du fait également de l'assemblage des différents matériaux de confort, notre patient s'est senti soulagé et bien plus stable en statique comme en dynamique.

Le respect précis des éléments rétrocapitaux assuré par les résines de polyester a permis, au niveau des avant-pieds ronds et hyperlaxes, de largement diminuer les douleurs sous les têtes métatarsiennes.

Ces orthèses requièrent, de la part du podo-orthésiste, une bonne connaissance des matériaux, un équipement de thermosoudage, un autre pour le thermoformage sous vide, et surtout une grande disponibilité. Une bonne méthodologie de la fabrication est indispensable, mais la principale difficulté réside essentiellement dans la façon de retoucher les positifs.

### Conclusion

Cette dernière fabrication donne indiscutablement de bons résultats de confort et de tenue. Elle peut être appliquée de manière plus générale, et en particulier dans l'élaboration des orthèses plantaires de chaussures orthopédiques. Mais pour cela, il faut prendre des moulages systématiquement, et réaliser deux paires d'orthèses : une, pour la fabrication des chaussures en mono-densité ferme résistant aux contraintes du montage, et une autre, en matériaux composites aux multiples propriétés de confort, de contention, de précision...