



**HAL**  
open science

## Orthèses thermoformables à l'officine

Benoît Cayeux

► **To cite this version:**

Benoît Cayeux. Orthèses thermoformables à l'officine. Sciences pharmaceutiques. 2016. dumas-01347154

**HAL Id: dumas-01347154**

**<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-01347154v1>**

Submitted on 20 Jul 2016

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

**UNIVERSITE DE PICARDIE JULES VERNE  
-FACULTE DE PHARMACIE-**

**THESE  
POUR LE DIPLOME D'ETAT DE DOCTEUR EN PHARMACIE**

Soutenue publiquement le 11 Mars 2016

Par **BENOIT CAYEUX**

**Orthèses thermoformables à l'officine.**

**JURY**

**Président :** Monsieur François MESNARD

*Professeur, Faculté de pharmacie d'Amiens.*

**Directeur de thèse :** Monsieur Gilles MAIRESSE

*Maître de conférences, Faculté de pharmacie d'Amiens.*

**Membres :** Monsieur Olivier HAMM

*Docteur en pharmacie, titulaire, Maître de stage, et titulaire du DU d'orthopédie.*

Mademoiselle Constance LECHEVALIER

*Docteur en pharmacie, assistante et titulaire du DU d'orthopédie.*

**A Monsieur François Mesnard,**

Vous me faites l'honneur de présider le jury de cette thèse,

Pour vos riches enseignements au début de notre cursus de pharmacie,

Veillez recevoir ici le témoignage de ma gratitude et de mon profond respect.

**A Monsieur Gilles Mairesse,**

Pour votre disponibilité, votre convivialité et votre gentillesse,

Pour votre proximité auprès des étudiants tout au long de nos études,

Pour m'avoir aidé et conseillé tout au long de cet exercice,

Recevez ici l'expression de toute ma reconnaissance et de mon plus grand respect.

**A Monsieur Olivier Hamm,**

Pour m'avoir accueilli à Anizy-le-château pendant mes stages officinaux,

Pour l'exemple de droiture que tu représentes pour la profession,

Pour le pharmacien génial que tu es,

Je te rends hommage en te demandant de juger mon travail,

Tu me fais l'honneur de faire partie de mon jury,

Reçois ici l'expression de mon plus profond respect.

**A Mademoiselle Constance Lechevalier,**

Pour notre relation amicale depuis le début de nos études,

Pour ta gentillesse et ta bienveillance pendant toutes nos années d'études,

Pour le formidable pharmacien que tu es devenu et qui honore notre profession,

Je te rends hommage en te demandant de juger mon travail,

Tu me fais l'honneur de faire partie de mon jury,

Reçois ici l'expression de mon plus profond respect.

**A Justine,**

Pour ton soutien indéfectible dans tout ce que j'entreprends,  
Pour ta douceur, ta gentillesse et ta joie de vivre,  
Pour les deux magnifiques enfants que tu m'as faits,  
Pour l'affection que nous nous portons, et sans quoi rien n'aurait été possible,  
Pour ton épanouissement et l'envie de te voir vivre heureuse,  
Reçoit tout mon amour et ma gratitude.

**A mes enfants, Augustine et Léon,**

Pour la joie et l'amour que vous m'inspirez,  
Votre venue au monde n'a cessé de me combler de bonheur.

**A mes parents,**

Pour les sacrifices consentis afin de m'offrir les meilleures conditions pour étudier,  
Pour votre soutien quotidien, votre présence et votre amour,  
Pour l'éducation et les convictions que vous avez su me transmettre.

**A mes frères et sœurs,**

Pour votre joie de vivre, votre solidarité et vos encouragements,  
Je vous souhaite de réussir et de vivre heureux.

**A mes grands-parents,**

Pour vos conseils et votre soutien dans les moments difficiles,  
Pour les valeurs que vous avez su nous transmettre.

**A mes beaux-parents,**

Pour l'accueil chaleureux que vous m'avez réservé,  
Pour l'amour que vous nous portez ainsi qu'à nos enfants,  
Pour tous les moments que nous passons ensemble.

**A mon beau-frère et ma belle-sœur avec Sophia et Franck,**



Pour avoir apporté une pierre à l'édifice que représente mon parcours.

**A ma famille, à mon parrain et à ma marraine,**

Pour votre présence constante et votre soutien, dans les bons moments comme dans les périodes difficiles.

**A Jean-Baptiste, Sophie, Benjamin, Geoffrey, Charles, Perrine, Pauline, Marine, Valentine et les autres,**

Pour les pharmaciens que nous sommes devenus,

Pour nos éclats de rire,

Pour les soirées étudiantes et tous les bons moments,

Pour notre réussite et pour qu'elle perdure.

**A Christine,**

Pour la transmission de votre savoir et de votre rigueur que j'essaie d'appliquer tous les jours,

Pour votre fidèle soutien depuis plus de vingt ans,

**A tous mes proches, ma famille et mes amis,**

Pour avoir contribué à façonner ce que je suis aujourd'hui,

Pour les bons moments que nous passons ensemble.

**A tous ceux qui me font le plaisir et l'honneur d'être présents à la soutenance et dans la vie de tous les jours.**

# SOMMAIRE

INTRODUCTION.....	1
I) Thérapeutique appliquée aux pathologies des membres. ....	3
A) Généralités :.....	3
B) Les orthèses au service des pathologies orthopédiques, rhumatologiques et neurologiques. .....	3
II) Généralités sur le thermoformable. ....	5
A) Pourquoi utiliser du thermoformable ?.....	5
B) Historique. ....	5
C) Trois grandes catégories de thermoformable.....	6
1) Les produits à faible étirement : .....	6
2) Les produits à étirement moyen : .....	6
3) Les produits à grand étirement : .....	6
D) Indications thérapeutiques par type de matériau. ....	7
III) Anatomio-physiologie du membre supérieur.....	8
A) Généralités :.....	8
B) Ostéologie du membre supérieur.....	8
1) Le bras : .....	8
2) L'avant-bras :.....	10
3) Le poignet :.....	11
4) La main :.....	12
C) Physiologie articulaire du bras : .....	13
2) Le coude : .....	13
3) Le poignet :.....	13
D) Physiologie articulaire de la main et des doigts :.....	14
1) Physiologie articulaire des Métacarpophalangiens (MCP) : .....	14
2) Les phalanges : .....	14
3) Le pouce : .....	15
IV) Anatomio-physiologie du membre inférieur.....	16
A) Généralités :.....	16
B) La cheville : .....	16
1) Introduction : .....	16
2) Ostéologie de la cheville : .....	17
3) Myologie et Arthrologie de la cheville :.....	18

C) Le pied. ....	19
1) Introduction : .....	19
2) Arthrologie : .....	19
3) Formes de pied : .....	21
4) Myologie : .....	22
V) Pathologies du membre supérieur et solutions orthétiques. ....	25
A) Généralités : .....	25
B) Pathologies et appareillage du coude : .....	25
1) Epicondylite ou tennis-elbow : .....	25
2) Hygroma du coude : .....	27
3) Fractures de la tête radiale : .....	28
C) Pathologies et appareillage du poignet et du Pouce : .....	29
1) Entorses du poignet : .....	29
2) Tendinite de De Quervain : .....	30
3) Rhizarthrose : .....	33
4) Syndrome du canal carpien (SCC) : .....	35
5) Cas pratique : .....	40
D) Appareillage de la main et des doigts : .....	42
1) Fractures des métacarpiens : .....	42
2) Lésions des articulations métacarpo-phalangiennes : .....	44
3) Lésions des articulations inter phalangiennes : .....	47
VI) Pathologies du membre inférieur et solutions orthétiques. ....	48
A) Généralités : .....	48
B) Hallux valgus : .....	48
1) Introduction : .....	48
2) Pathologie : .....	48
3) Traitement : .....	49
C) Quintus Varus : .....	50
1) Introduction : .....	50
2) Pathologie : .....	50
VII) Notre étude. ....	51
A) Introduction : .....	51
B) Matériel et méthode : .....	51
1) L'orthèse thermoformée d'hallux valgus : .....	51
2) La série : .....	52

3) Données cliniques :.....	52
4) Méthode :.....	52
C) Résultats : .....	53
1) Les complications :.....	53
2) Résultats analytiques au niveau du premier rayon : .....	53
D) Discussion : .....	55
E) Conclusion de l'étude sur l'hallux valgus : .....	55
VIII) Conclusion. ....	56
BIBLIOGRAPHIE .....	58
ANNEXES .....	62
ANNEXE 1.....	63
ANNEXE 2.....	66
ANNEXE 3.....	67
ANNEXE 4.....	68
ANNEXE 5.....	69
ANNEXE 6.....	71
ANNEXE 7.....	72
ANNEXE 8.....	73
ANNEXE 9.....	74
ANNEXE 10.....	75



# INTRODUCTION

L'orthèse est un appareillage qui vise à compenser une fonction absente ou déficitaire, à assister une structure articulaire ou musculaire, ou à stabiliser un segment corporel pendant une phase de rééducation ou de repos. Les premiers modèles étaient déjà employés de manière empirique dans l'antiquité et trouvent aujourd'hui des applications efficaces et concrètes dans l'orthopédie moderne. Sur des fresques égyptiennes, on retrouve des représentations d'hommes appareillant les pieds de leurs contemporains pour soulager leurs maux. Un lien très étroit existait déjà entre une pathologie et son traitement. En effet, les pathologies relevant de l'orthopédie ou de la traumatologie ont leurs thérapeutiques spécifiques. Les remèdes qui les concernent passent souvent par un appareillage orthétique adapté. Beaucoup de changements sont apparus depuis cette période où l'appareillage était taillé dans du bois et du cuir pour un patient et une pathologie bien précise.

Nous vivons aujourd'hui dans l'ère du prêt à porter, de la fabrication en série et des solutions tout en un. Il me semble légitime de réfléchir sur la place que nous donnons à la singularité. Il est admis que chaque individu est unique et sa morphologie complique parfois l'appareillage avec du matériel de série.

Je pense que c'est à nous, professionnels de santé de nous adapter à la pathologie de nos patients en fournissant un appareillage adapté avec des solutions « sur mesures ». Cela pourrait repousser les limites de l'appareillage chez les enfants et les personnes âgées mais aussi donner de nouvelles perspectives à l'orthopédie au sein de nos officines.

Ces produits existent déjà depuis 50 ans et peinent à entrer dans nos pharmacies, probablement par faute de temps ou d'une formation suffisante lors de nos études de pharmacie. Aujourd'hui le patient-consommateur de soins doit avoir cette opportunité de bénéficier d'un appareillage adapté permettant d'améliorer son observance et de mieux gérer sa pathologie. Jules Romains disait en 1923 que « le médecin qui ne peut pas s'appuyer sur un pharmacien de premier ordre est un général qui va à la bataille sans artillerie » [1]. En effet un bon diagnostic ne saurait accepter un mauvais traitement. C'est donc à nous pharmaciens de nous impliquer dans ces réseaux de médecins, chirurgiens, kinésithérapeutes, orthoprothésistes et ergothérapeutes pour y trouver notre place. Cette collaboration est possible à condition de nous former à la prise en charge orthopédique de nos patients et d'avoir les bons outils pour effectuer cette prise en charge. C'est également notre rôle de proposer aux autres professionnels de santé des solutions innovantes et personnalisées. La situation actuelle est paradoxale, car nous sommes les professionnels qui délivrons le plus d'appareillages et probablement celle qui est la moins reconnue pour son savoir-faire et son conseil en orthopédie.

Le chemin sera probablement long et semé d'embûches et j'espère que l'ensemble de la profession aura la motivation pour dynamiser l'orthopédie dans nos officines. Aujourd'hui, une disparité énorme existe entre les pharmacies. Certaines ont très peu de stock quand d'autres référencent plusieurs gammes d'orthèses dans presque toutes les tailles.

Dans ce travail, nous parlerons essentiellement du petit appareillage qui est le seul à pouvoir être délivré à l'officine, le grand appareillage sur mesures étant la spécialité des orthoprothésistes agréés. La délivrance du matériel thermoformable est une corde en plus à notre arc qui permettra certainement de dynamiser ce secteur de la pharmacie. Mais comment

pouvons-nous mettre en place un tel dispositif au sein de nos officines ? Quelles pathologies pouvons-nous traiter à l'officine et quels patients pouvons-nous appareiller ? Ou peut-on se former pour pouvoir réaliser des orthèses thermoformables ? Cette activité est-elle rentable pour les officines ?

Lors de la première partie nous détaillerons l'anatomie des membres supérieurs et inférieurs et les principales pathologies que nous pouvons appareiller. En effet, un bon diagnostic et une prescription claire est indispensable à la fabrication du bon appareillage. Faut-il une immobilisation totale ou partielle ? Le port doit être diurne, nocturne ou les deux ? L'attelle doit-elle être ligamentaire, rotulienne, ou fonctionnelle ? C'est le plus souvent à nous, pharmaciens de questionner le patient pour choisir le bon appareillage. Une bonne connaissance de l'anatomo-pathologie des membres évitera les erreurs lors de la délivrance des orthèses de série et lors de la fabrication des orthèses sur mesures.

Dans une seconde partie, nous détaillerons les différentes approches de l'appareillage dans leur contexte anatomique et les solutions orthétiques que nous pouvons mettre en place en utilisant les particularités techniques des matériaux thermoformables. Nous avons effectivement de nombreux matériaux à disposition, et certains sont plus ou moins faciles à manipuler, leur rigidité diffère également en fonction de la localisation du traumatisme. Le bon choix du matériau est indispensable pour réaliser une orthèse adaptée et pour que son port soit agréable. Nous parlerons essentiellement du matériel ORFIT<sup>®</sup>, car leurs produits offrent un large choix de matériau et d'épaisseur. Une attention toute particulière sera apportée aux orthèses pour les patients atteints d'hallux valgus et sur les solutions permettant de redresser l'hallux ou d'éviter que cette pathologie ne s'aggrave.

Enfin, nous terminerons cet exercice par une étude réalisée pendant un an sur l'efficacité des orthèses d'hallux valgus réalisées à l'officine.



# **I) Thérapeutique appliquée aux pathologies des membres.**

## **A) Généralités :**

Le mot orthopédie est inventé en 1742 par Nicolas Andry et a pour étymologie deux mots grecs, orthos : droit et païs : enfant, qui signifient « enfant droit ». Cette discipline était destinée à prévenir et corriger les infirmités chez les enfants. De nos jours, l'orthopédie possède une signification plus large et s'étend aux troubles de l'adulte.

Elle se distingue en branches :

- la chirurgie des os et de l'appareil locomoteur pratiquée par des médecins spécialisés ;
- la prévention et le traitement par des appareils ou orthèses de pathologies traumatiques, dégénératives, abdominales ou cutanées, mais aussi la correction de malformations du corps.

Ces deux branches sont complémentaires l'une de l'autre car la délivrance d'orthèses peut se faire après une intervention chirurgicale ou en attendant celle-ci. De même, il ne faut pas confondre le petit appareillage avec les orthèses qui ont pour but de soutenir une fonction défaillante de l'organisme et le grand appareillage qui est fabriqué et délivré par les orthoprothésistes. Depuis les années 50' les pharmaciens ne sont habilités à délivrer que du petit appareillage. Cela fait longtemps que les officines proposent des orthèses de série ou sur-mesures, même si l'orthopédie n'est pas au monopole pharmaceutique. Les facultés de pharmacie proposent cependant un diplôme universitaire d'orthopédie et petit appareillage pour former les pharmaciens dans ce domaine et approfondir les connaissances. Ce DU est d'ailleurs valorisé depuis quelques années car son obtention permet une équivalence avec la profession d'orthopédiste-orthésiste et donne accès à un champ de compétence élargi.

## **B) Les orthèses au service des pathologies orthopédiques, rhumatologiques et neurologiques.**

Une orthèse est un appareillage qui compense une fonction absente ou déficitaire, assiste une structure articulaire ou musculaire, ou stabilise un segment corporel pendant une phase de réadaptation ou de repos. Ces appareillages peuvent être statiques ou de stabilisation, par exemple en fixant un poignet pour permettre le mouvement des doigts. Elle peut également être articulée pour suppléer un mouvement absent ou déficitaire (comme l'orthèse dite "araignée" pour remplacer l'extension des doigts paralysés). L'orthèse permet d'obtenir un effet thérapeutique par un mode d'action mécanique. Ainsi, une orthèse au genou peut ne permettre qu'un seul mouvement possible du tibia (flexion-extension).

C'est après la seconde guerre mondiale que les orthèses fabriquées en série ont fait leur apparition. Particulièrement pratiques pour soigner les entorses au niveau du poignet ou des chevilles, elles se sont ensuite améliorées avec l'apparition des matériaux plastiques et composites pour appareiller le plus grand nombre à moindre coût. Elles sont rapidement apparues dans les pharmacies avec leur remboursement par la sécurité sociale avec la création de la LPPR (Liste des Produits et Prestations Remboursables). Les orthèses ont d'abord fait leur apparition en traumatologie, pour ensuite se diversifier au service de pathologies répandues

comme la polyarthrite rhumatoïde, l'arthrose, ou encore plus récemment dans le syndrome du canal carpien.

En effet, la conférence de consensus de 2004 sur l'entorse de cheville précise que « les orthèses stabilisatrices préfabriquées paraissent à l'heure actuelle le traitement le plus adapté de l'entorse de cheville y compris pour les entorses sévères. Elles permettent de bloquer les mouvements de rotation et de varus valgus mais autorisent la flexion-extension de la cheville » [42]. Les entorses de cheville sont un problème de santé publique en raison de leur fréquence (6000 cas par jour en France) et également des sources de complications secondaires invalidantes. Les orthèses de cheville permettent une bonne cicatrisation des entorses de cheville en limitant les douleurs et les rechutes.

Dans le syndrome du canal carpien qui est une compression ou une irritation du nerf qui passe dans le tunnel carpien et qui touche entre 1 et 3% de la population, les orthèses de poignet droites font également partie du traitement des formes modérées. Ces orthèses permettent la mise au repos du poignet, en particulier pendant la nuit. Les laboratoires ont inventé des orthèses spécifiques dans le but de soulager cette pathologie. En revanche, l'angle d'inclinaison efficace de l'orthèse dépend de la personne à appareiller, ce qui limite l'appareillage avec du matériel conventionnel.

Enfin, dans les pathologies dégénératives comme la polyarthrite rhumatoïde, l'appareillage des membres fait partie intégrante du traitement, en particulier lors des poussées inflammatoires. D'autres orthèses dites « de fonction » sont utilisées pour permettre au patient de se servir de ses mains, en particulier lorsque les phalanges subissent un coup de vent cubital, ou que le pouce subit une déformation.

Les orthèses sont des traitements à part entière dans les pathologies traumatiques, rhumatismales ou encore dans les syndromes canaux. Cependant, il est difficile d'appareiller tous les patients avec du matériel de série. Certaines personnes doivent porter leur orthèse jour et nuit et le confort est indispensable pour que le protocole de port soit respecté. Des solutions sur mesures permettent de pallier les limites de l'appareillage standard. Ces solutions incluent des matériaux thermoformables que nous allons détailler dans ce travail.

## **II) Généralités sur le thermoformable.**

### **A) Pourquoi utiliser du thermoformable ?**

Pendant tout cet exercice, nous partirons du principe qu'une « bonne orthèse » doit être efficace et adéquate, réalisée ou disponible dans les meilleurs délais, elle doit être facile à mettre et à retirer, légère et d'entretien pratique, de conception simple, être modifiable ou modelable facilement et être esthétique et confortable pour le patient. C'est dans cet esprit que nous tenterons d'objectiver l'intérêt des orthèses sur mesures, et en particulier d'étudier les cas dans lesquels nous pourrions les mettre à profit.

Aujourd'hui en pharmacie, plus de 98% des appareillages vendus sont fabriqués en série par des laboratoires qui rivalisent d'ingéniosité pour confectionner des orthèses pouvant être portées par le plus grand nombre et justifiant souvent d'une efficacité dans plusieurs pathologies. La qualité de fabrication des orthèses de série a beaucoup progressé ces dernières années, cependant, elles sont parfois inadaptées aux pathologies complexes ou aux patients sortant des standards actuels. L'orthèse est un agent thérapeutique à part entière et nous illustrerons pendant cet exercice l'intérêt des orthèses sur mesures par des cas pratiques comme celui de Madame D.I atteinte d'une maladie de Madelung.

### **B) Historique.**

Les produits thermoformables sont d'apparition relativement récente. Le premier à arriver sur le marché est le Polysar<sup>®</sup> en 1966 découvert fortuitement par Ernest Jack Buckler et Michael Hugh Richmond de la société Canadienne Polysar Limited (annexe 1). Cette société fut le premier fabricant mondial de matière première pour la confection de pneumatiques. Ces nouvelles matières se distinguent par une température de ramollissement très basse (entre 55 et 80°C) et sont malléables dans l'eau chaude. Depuis les années 70, d'autres fabricants ont mis au point de nouveaux matériaux plus élastiques rendant le travail de moulage plus facile. Nous avons aujourd'hui une petite dizaine de fournisseurs de thermoformable avec pour chacun d'entre eux des particularités. Parmi eux nous avons Orfit<sup>®</sup>, celui dont nous allons surtout parler, Adhesia<sup>®</sup> (qui commercialise le X-lite<sup>®</sup> qui est biodégradable), Rolyan<sup>®</sup>, Thuasne<sup>®</sup> (qui fait essentiellement des prédécoupés pour le moment), Aquaplast<sup>®</sup> et Polyform<sup>®</sup> pour les plus connus.

Trois grands types de thermoformables se sont distingués en fonction de leurs indications thérapeutiques et du type de membre touché. Ces produits sont composés des mêmes matières premières avec des concentrations différentes en polyisoprène et polycaprolactone. Ces différences de dosages leur donnent des capacités d'étirement différentes car certaines restent très rigides quand d'autres deviennent malléables. Il est effectivement difficile de manipuler une plaque de grande taille sur une cheville ou une jambe alors que celle-ci est molle comme du chewing-gum et inversement. Il est aussi très difficile de faire un moulage de doigt avec une plaque rigide et non étirable. C'est pour cette raison qu'il convient d'utiliser le bon matériau pour un membre et une pathologie précise.

## **C) Trois grandes catégories de thermoformable.**

Il existe trois grandes catégories de thermoformables :

### 1) Les produits à faible étirement :

Les produits à faible étirement sont les premiers apparus sur le marché. Ils n'ont que très peu de mémoire élastique et sont d'une épaisseur supérieure à 2 mm. Les cinq principaux produits sont :

- le Polysplint<sup>®</sup> A (ancien Polysar<sup>®</sup>)
- le San Splint<sup>®</sup>
- l'Orthoplast<sup>®</sup>
- le Synergie<sup>®</sup>
- l'Easy-Fit<sup>®</sup>

Leur température de ramollissement se situe aux alentours de 75°C, et leur positionnement se fait la plupart du temps à l'aide d'une bande élastique. Leur précision de moulage est faible et la fixation d'adjonctions (velcros, fermetures, renforts,...) se fait par rivetage, collage ou dégradation du matériau au trichloréthylène. Ces matériaux sont de moins en moins utilisés à part l'Easy-fit<sup>®</sup> qui possède des propriétés d'autocollage et une souplesse supérieure [2].

### 2) Les produits à étirement moyen :

Les produits à étirement moyen représentent la deuxième génération. Leur épaisseur est souvent élevée et leur température de ramollissement se situe autour de 65°C. Les principaux produits sont :

- le Rolyan<sup>®</sup>
- le San Splint<sup>®</sup>
- le San Splint<sup>®</sup> polyform
- le Polysplint<sup>®</sup> B
- l'Orfit Flex<sup>®</sup>

Leur mise en œuvre s'effectue par utilisation de la pesanteur et du lissage car un étirement trop important provoque un déchirement de cette matière [2].

### 3) Les produits à grand étirement :

Les produits à grand étirement sont apparus sur le marché au début des années 80 et ont révolutionné les applications et les possibilités d'appareillage. Ils existent en plusieurs épaisseurs allant de 1,6 mm à plus de 4 mm en plusieurs perforations et depuis peu en plusieurs couleurs. Les principaux produits sont :

- l'Orfit<sup>®</sup>
- l'Aquaplast<sup>®</sup>
- le Plastan<sup>®</sup>, seul produit français arrêté en 1989
- le Memory<sup>®</sup>

Ils sont thermo-indicateurs car leur teinte change lors de l'échauffement pour devenir légèrement transparent. Leur température de ramollissement va de 55°C à 60°C. Ils sont composés presque exclusivement de polycaprolactone, ce qui leur donne une grande élasticité. Leur mise en œuvre s'effectue par étirement et fixation de la matière première par auto collage. Il est toujours possible d'effectuer des renforts en collant des bandes à la chaleur sèche. Toutes les fixations se feront à la chaleur sèche (chalumeau, flamme ou décapeur thermique). Ces matériaux possèdent une grande mémoire élastique, ce qui permet de faire toutes les retouches à postériori (100% pour l'Orfit<sup>®</sup>, 97% pour l'Aquaplast<sup>®</sup> et 87% pour le Memory<sup>®</sup>) [2].

## **D) Indications thérapeutiques par type de matériau.**

Les différentes caractéristiques des produits thermoformables nous donnent les utilisations le plus adaptées à chaque type et à chaque zone d'appareillage. Les orthèses destinées à traiter des grandes surfaces telles que les corsets, les orthèses thoraco-brachiales, les attelles postérieures du membre inférieur ou encore les attelles nécessitant une immobilisation avec une forte ductilité seront réalisées avec des produit de faible étirement ou avec des produits de fort étirement mais de forte épaisseur (ex : Orfit<sup>®</sup> Eco 3,2mm ou Orfit<sup>®</sup> Color 3,4mm).

Les orthèses chirurgicales utilisées dans les ruptures de tendons ou en post-opératoire seront effectuées avec des produits à étirement moyen qui ne vont pas coller sur les pansements et que l'on applique par pesanteur et par lissage (ex : Rolyan<sup>®</sup>, San Splint<sup>®</sup> polyform, Orfit Flex<sup>®</sup>).

Les orthèses de posture ou de correction seront réalisées avec des matériaux souples avec une épaisseur différente en fonction de la longueur du segment à appareiller. L'Orfit Classic<sup>®</sup>, l'Orfit Color<sup>®</sup> de faible épaisseur ou encore l'Orfit Light<sup>®</sup> conviendront parfaitement pour réaliser ce type d'appareillage.

En conclusion, ces trois types de matériaux peuvent être utilisés indifféremment tout en respectant ces mises en garde. Les matières à faible étirement ont une faible fidélité au moulage et sont donc difficiles à utiliser sur les petits segments. Il est obligatoire d'utiliser la pesanteur pour le thermoformé d'étirement intermédiaire, ce qui le rend difficile à utiliser pour la confection des orthèses en position de fonction. Il est parfois plus simple avec la multitude de produits disponibles d'utiliser le thermoformable de grand étirement avec une perforation et une épaisseur adaptée.

Les domaines d'application sont vastes car des appareillages de type CIV (Corset d'Immobilisation Vertébral) en plastique thermoformable sont apparus depuis que l'élargissement du LPPR l'a autorisé le 11/01/1992 [39].

De plus, toute une gamme de prédécoupés est disponible sur le marché pour l'appareillage de la main et du pied. Dans tous les cas, il est impératif pour les personnes diplômées en PAO (Petit Appareillage Orthopédique) de saisir l'opportunité pour devenir compétent dans l'application et l'adaptation de tous ces nouveaux produits, de façon à éviter toute polémique préjudiciable à la profession. Il est souvent nécessaire de s'entraîner plusieurs fois avant de réussir une orthèse correcte et un entraînement régulier est nécessaire pour demeurer compétent dans ce domaine.

### **III) Anatomie-physiologie du membre supérieur.**

#### **A) Généralités :**

D'une manière générale, une description anatomique n'aurait aucun sens si l'on ne comprenait pas les différentes missions de la partie de corps que nous étudions. En effet, le membre supérieur peut s'apparenter à un bras télescopique composé de deux segments qui sont le bras et l'avant-bras, articulés autour du coude et articulé à ses deux extrémités par des complexes articulaires à grands degrés de liberté : l'épaule et le poignet. C'est un outil extrêmement performant divisé en plusieurs segments et qui aura pour tâche : la préhension, la communication, l'exploration. Le membre supérieur n'est pas un membre portant, c'est un membre suspendu au tronc par un petit os qui est la clavicule, et tous ses étages sont indispensables à son bon fonctionnement [2].

Toutes ces fonctions ne seront exploitables qu'en association, car si le bras télescopique ne fonctionne pas, la main n'a aucune utilité et inversement, si la main ne fonctionne pas, le bras ne sera pas capable d'assumer ses fonctions. Toute l'approche de l'appareillage devra tenir compte de cette complémentarité, et bien faire la distinction entre « l'utilité » qui est la préservation de ces fonctions et « le luxe » qui serait la préservation des capacités idéales.

Notre premier objectif sera toujours de préserver la fonction, qui dépend de l'âge et du contexte socioculturel du patient, et une bonne compréhension de la prescription médicale. Les pathologies sur ce membre sont souvent très invalidantes et leur retentissement sur la vie privée et professionnelle du patient sont lourdes. Il est difficile d'imaginer pouvoir conduire, couper sa viande ou même mettre ses chaussettes avec un seul bras et un appareillage adapté sera indispensable pour retrouver une mobilité optimale. Ces généralités restent valables pour l'appareillage de série.

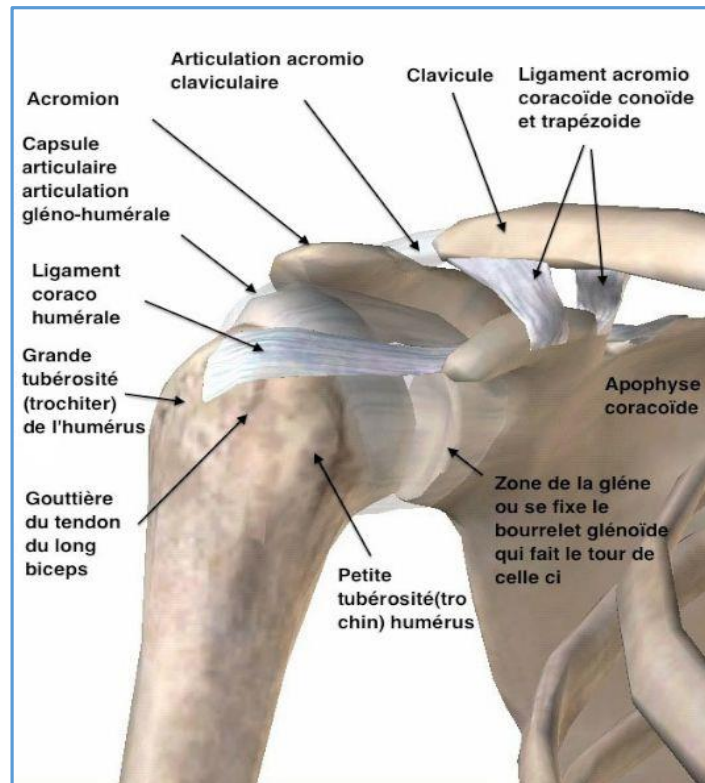
#### **B) Ostéologie du membre supérieur.**

##### 1) Le bras :

Attaché au tronc au niveau de l'épaule, le bras ne comporte qu'un seul os : l'humérus. La particularité de cet os est de présenter à son extrémité proximale une articulation glénoïdienne, qui permet de très grandes amplitudes de mouvement, dans tous les plans de l'espace. L'articulation gléno-humérale est une articulation mobile (diarthrose) de type énarthrose. Le faible recouvrement de la tête humérale par la cavité glénoïdale est compensé par la présence d'éléments de renforcement (figure 1) :

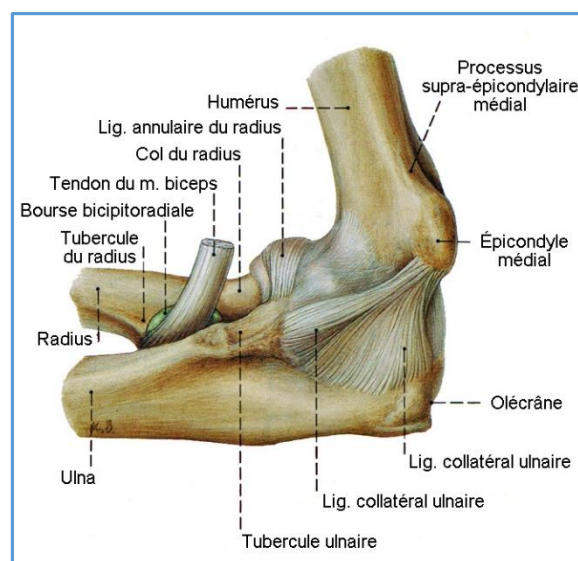
- le bourrelet glénoïdal : anneau fibro-cartilagineux qui repose sur le bord de la cavité glénoïdale et permet d'en augmenter la surface et la profondeur ;
- les ligaments gléno-huméral, coraco-huméral et acromio-coracoïdien ;
- les tendons du long biceps et du long triceps.

C'est cette articulation que donnera à la main son espace d'exploration.



*Figure 1: Schéma de l'Épaule*  
*Unité de Rééducation et de Chirurgie de l'épaule de la Clinique*  
*Fontvert à Avignon*

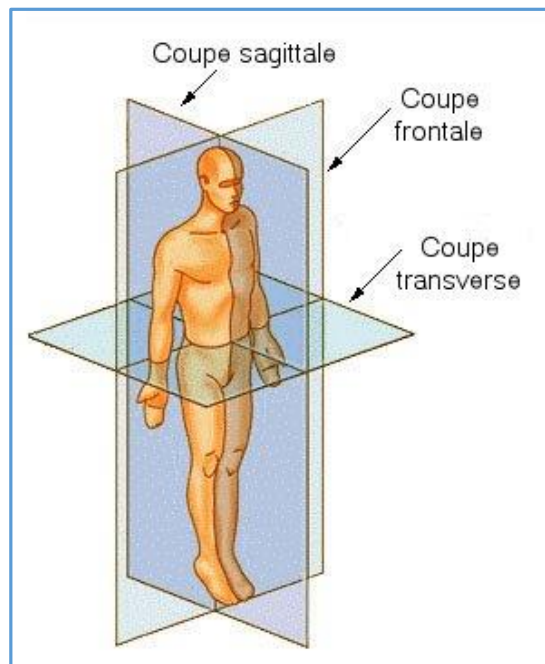
A son extrémité distale, nous trouvons deux surfaces articulaires qui s'opposent aux deux os de l'avant-bras : le condyle pour le radius et la trochlée (poulie) pour l'Ulna. Ces deux zones de contact forment les articulations huméro-radiales et huméro-ulnaires (figure 2). Une troisième articulation entre le radius et l'ulna est située au niveau du coude pour former l'articulation radio-ulnaire.



*Figure 2 : Schéma de l'articulation du coude*  
*Encyclopédie du corps humain*

## 2) L'avant-bras :

L'avant-bras est composé de deux os : à l'extérieur le radius et à l'intérieur l'ulna dans la position anatomique de référence (figure 3). L'ulna s'articule à son extrémité proximale avec la trochlée de l'humérus et c'est lui qui dirige le mouvement de flexion-extension du coude. Le radius s'articule avec l'ulna et vient s'entourer autour de ce dernier en passant au-dessus lors des mouvements de pronation. La superposition des deux os de l'avant-bras modifie le volume de ce dernier et cette contrainte devra être prise en compte lors de l'appareillage.



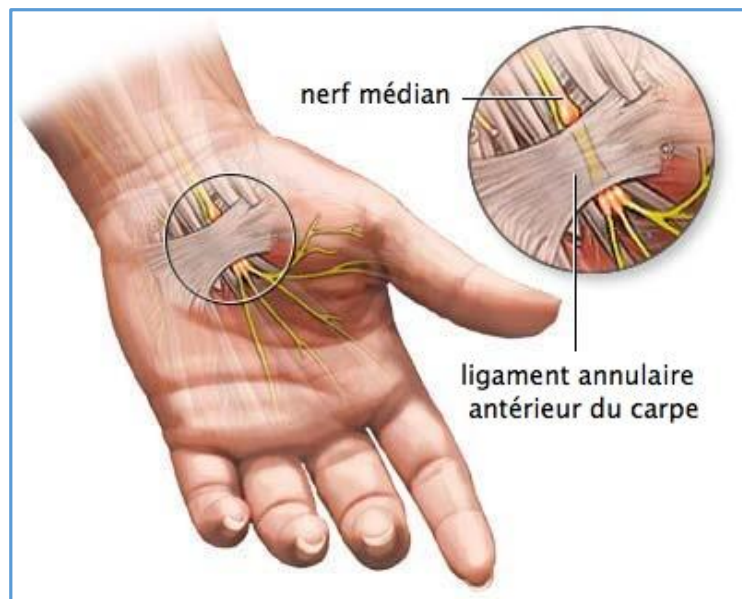
*Figure 3 : Position anatomique de référence ou position de Troisier  
Encyclopédie Academic*



### 3) Le poignet :

Celui-ci est composé par la pièce articulaire du carpe lui-même composé de huit os en deux rangées. La première est constituée du scaphoïde, du semi-lunaire ou lunatum, du triquetrum ou pyramidal, et du pisiforme. La deuxième rangée comprend le trapèze, le trapézoïde, le grand os ou capitatum, et l'os crochu ou hamatum. Ces os sont unis par de nombreux ligaments interosseux. Certains, comme le ligament scapho-lunaire et le ligament triangulaire ont un rôle mécanique prépondérant et sont fréquemment lésés dans les traumatismes du poignet. Les traumatismes les plus fréquentes sont le plus souvent des fractures du scaphoïde ou des luxations du semi lunaire.

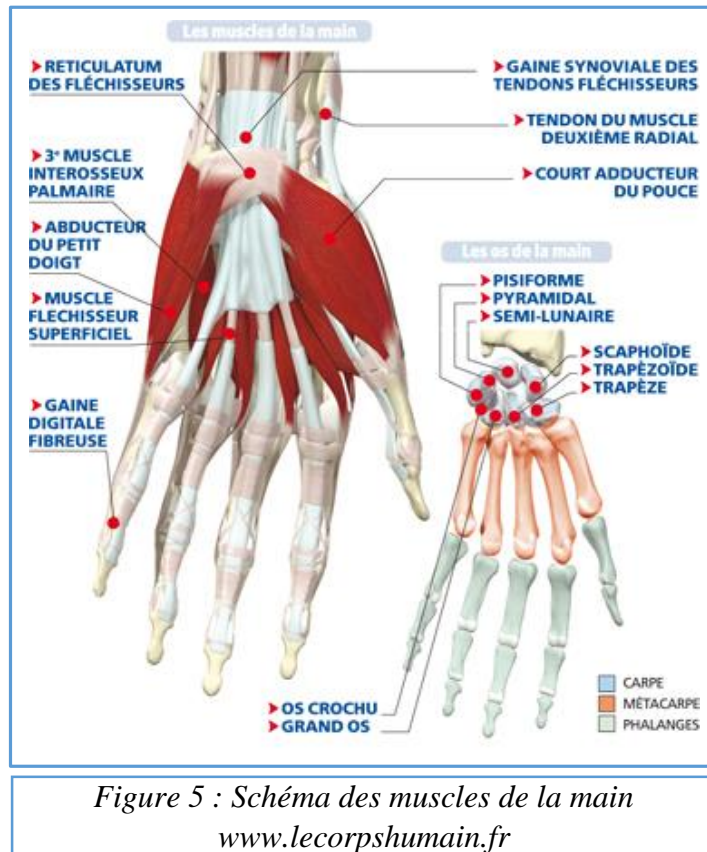
L'ensemble des os du carpe forme une gouttière à concavité antérieure dont les berges sont formées par le tubercule du scaphoïde en dehors et le pisiforme et l'apophyse unciforme de l'os crochu en dedans. Le ligament annulaire antérieur est tendu entre les deux berges et ferme ainsi le canal carpien dans lequel passe le paquet vasculo nerveux médian (figure 4). L'épaississement de cette membrane provoque une compression du nerf médian connue sous le nom de syndrome du canal carpien avec un tableau de paresthésies et parésies.



*Figure 4 : Schéma du passage du nerf médian et du ligament annulaire antérieur du carpe.*

#### 4) La main :

Elle est composée par les cinq métacarpes numérotés de 1 à 5 et eux-mêmes reliés aux phalanges par les articulations métacarpo-phalangiennes. Les phalanges sont au nombre de quatorze et se séparent en trois catégories : les proximales, prolongées par les médianes (le pouce n'en a pas), et les distales qui forment l'extrémité des doigts (figure 5).



De nombreux muscles concourent à la mobilité et la souplesse de la main. Les muscles extrinsèques situés dans l'avant-bras transmettent les mouvements aux mains et aux doigts, par l'intermédiaire de longs tendons qui cheminent soit sur la paume (tendons fléchisseurs), soit sur le dos de la main. Les muscles extrinsèques situés dans la main transmettent les mouvements précis des doigts. Les muscles interosseux, se distinguent selon leur situation, en dorsaux (dos de la main) ou palmaires (paume), et permettent respectivement d'écarter et de rapprocher les doigts. Les muscles lombricaux, présents entre chacun des 5 doigts, participent à la flexion et à l'extension tandis que les muscles thénariens servent à la mobilisation du pouce et les muscles hypothénariens à celle de l'auriculaire.

Les doigts sont un cas particulier car ils ne comportent pas de muscles, mais uniquement des ligaments et des tendons, provenant des muscles de la main et de l'avant-bras. Les quatre derniers doigts comportent ainsi chacun deux tendons longs, de flexion et d'extension, provenant des muscles de l'avant-bras. Le pouce est contrôlé par des tendons de muscles, extenseurs et fléchisseurs, et deux ligaments principaux (latéral interne et latéral externe) [3].

## **C) Physiologie articulaire du bras :**

### 1) L'épaule :

Les mouvements fondamentaux de l'articulation de l'épaule peuvent être décrits par rapport à l'omoplate :

- l'adduction est un mouvement de translation qui rapproche le membre de l'axe du corps ;
- l'abduction fait l'inverse, c'est-à-dire qu'elle éloigne l'omoplate du rachis ;
- la rotation (mouvement de sonnette ou de bascule) peut se faire vers le haut ou vers le bas ;
- l'inclinaison antérieure ;
- l'élévation qui est un mouvement de translation verticale portant l'omoplate vers le haut comme lorsqu'on hausse les épaules ;
- l'abaissement, mouvement inverse portant l'omoplate vers le bas.

Les mouvements peuvent aussi être étudiés en fonction de l'articulation principale de l'épaule, l'articulation scapulo-humérale. Il est alors possible d'individualiser des mouvements complémentaires [4] :

- l'antépuulsion ou la flexion qui correspond à l'élévation antérieure du bras. Son amplitude est de  $50^\circ$  ;
- l'abduction est un mouvement qui écarte le bras du plan sagittal médian. Son amplitude est de  $180^\circ$  ;
- l'adduction est un mouvement qui rapproche le bras du plan sagittal médian et le porte obliquement en avant du tronc ;
- la rotation interne lorsque la face antérieure de l'humérus s'oriente en dedans ;
- la rotation externe lorsque la face antérieure de l'humérus s'oriente en dehors.

### 2) Le coude :

Le complexe articulaire du coude n'autorise qu'un seul mouvement par rapport au plan sagittal dans un axe frontal : la flexion extension. Les muscles moteurs de l'extension sont au nombre de deux et sont innervés par le nerf radial. Ces deux muscles sont l'Anconé, qui n'a qu'un rôle accessoire et le triceps brachial. Les muscles moteurs de la flexion sont également au nombre de deux et sont le biceps brachial et le muscle brachial.

### 3) Le poignet :

Il existe trois types de mouvements essentiels dans les mouvements du poignet :

- la flexion-extension : en flexion, la paume de la main se rapproche de la face ventrale de l'avant-bras. En extension, la face dorsale de la main se rapproche de la face dorsale de l'avant-bras ;
- l'adducto-abduction ou pronosupination : l'amplitude de l'adduction (face inférieure du radius orientée en dedans) est limitée à  $45^\circ$  et celle de l'abduction à  $15^\circ$  ;
- la circumduction : qui correspond à des mouvements complexes associant flexion-extension et adduction-abduction.

## **D) Physiologie articulaire de la main et des doigts :**

La main de l'Homme a la particularité d'être l'organe distal d'un membre qui s'est libéré depuis l'acquisition de la station bipède. Rappelons à ce sujet que les Primates actuels les plus proches de nous ont une station quadrumane, ils se déplacent en appui sur les pieds et les doigts des mains fléchis, ou en se suspendant par les doigts fléchis en crochets autour du support (la brachiation) ; cela explique la différence de rapport de la longueur des membres chez les singes et l'Homme, chez eux les membres supérieurs sont plus longs que les inférieurs, chez nous c'est l'inverse.

Chez l'Homme, hors situations particulières, la main n'est pas en appui au cours de la déambulation. Cette libération a permis le développement de la préhension manuelle. Cette préhension est indissociable de la sensibilité, aussi bien tactile qui est extrêmement fine en particulier (au niveau des pulpes) que proprioceptive, sans laquelle elle ne peut se faire de façon correcte. La main est alors un système effecteur terminal qui possède 23 degrés de liberté à elle seule. Elle est unique dans le monde animal en permettant l'opposition de chaque doigt avec le pouce et forme une véritable arme de préhension par sa force et sa précision.

### 1) Physiologie articulaire des Métacarpophalangiens (MCP) :

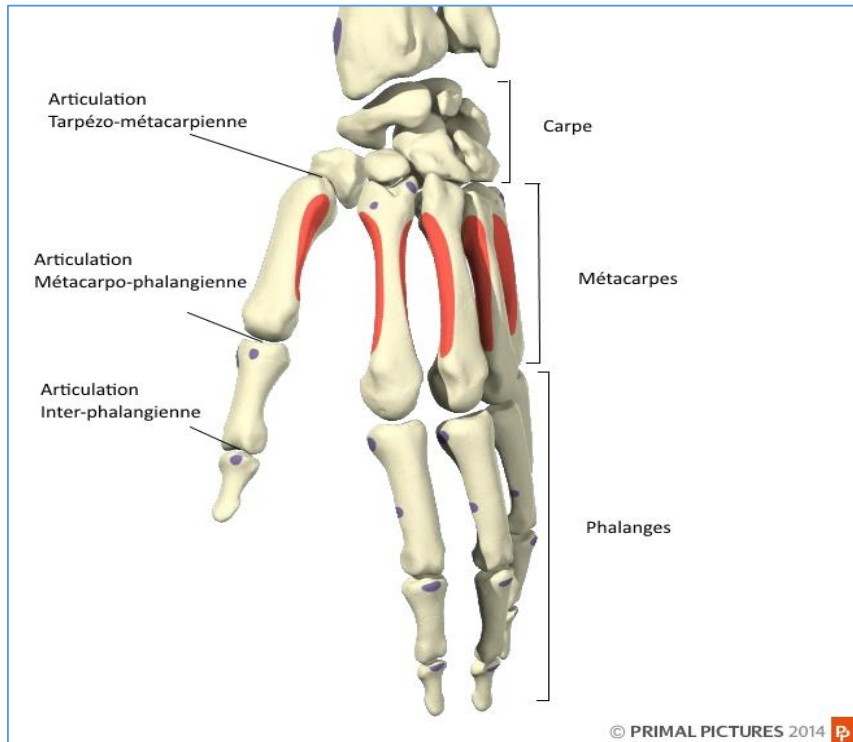
Les articulations MCP permettent la flexion-extension et l'abduction-adduction des doigts. Cette flexion est de 90° au niveau du deuxième doigt et indispensable dans les prises digito-palmaires. Elle est limitée par les ligaments latéraux et la tension des tendons extenseurs. En extension, la première phalange se redresse sur le métacarpien correspondant. L'amplitude est de 30 à 40° en actif et jusqu'à 70° en passif.

L'abduction-adduction (l'écartement et le rapprochement des doigts par rapport à l'axe de la main) n'est possible que si les articulations MCP sont étendues. Si elles sont fléchies, ces mouvements sont impossibles suite à la mise en tension des ligaments latéraux. L'amplitude est dans ce sens de 20 à 30°. Des mouvements de rotation axiale s'associent aux mouvements d'abduction adduction qui ne sont jamais purs. Les traumatismes et les lésions sur ces articulations sont fréquents, notamment dans les maladies inflammatoires chroniques ou les fractures.

### 2) Les phalanges :

Les phalanges ne sont mobiles qu'en flexion extension et sont reliées entre elles par les articulations inter-phalangiennes. La flexion varie de 100° à 120° au niveau des inter-phalangiennes proximales et est inférieure à 90° au niveau des inter-phalangiennes distales. L'extension est nulle pour l'inter-phalangienne proximale qui est maintenue par la plaque palmaire. Cette extension est inférieure à 10° en actif pour l'inter-phalangienne distale et peut atteindre 30° en passif.

La plaque palmaire est un fibrocartilage très résistant solidement ancré entre la face palmaire de P1 et de P2 par l'intermédiaire des « check reins » qui servent d'intersection à la poulie A3 qui encadre la gaine des fléchisseurs (figure 6). La plaque palmaire est tendue en extension et glisse sur la face antérieure de la première phalange en flexion. Les traumatismes en hyper-extension sont à l'origine d'entorses de la plaque palmaire [7].



*Figure 6 : Schéma de la main et de l'articulation du pouce*

### 3) Le pouce :

Chez un sujet sain, le pouce est opposable à toutes les autres phalanges. L'opposition du pouce chez l'homme est unique dans le monde animal et indispensable à la préhension de la main. L'ensemble du squelette du pouce est appelé colonne du pouce et est composé du scaphoïde, du trapèze, du 1<sup>er</sup> métacarpien (M1), de la phalange proximale (P1) et phalange distale (P2) du pouce. Ces os sont articulés autour des articulations trapézo-métacarpiennes, métacarpo-phalangiennes, et inter-phalangiennes [5].

L'articulation trapézo-métacarpienne est unique par son mécanisme à emboîtement en selle (ou à emboîtement réciproque). En effet, elle s'effectue au moyen de surfaces convexes et concaves s'emboîtant parfaitement et permettant un grand degré de liberté [6].

## **IV) Anatomio-physiologie du membre inférieur.**

### **A) Généralités :**

Les membres inférieurs doivent assurer plusieurs fonctions différentes, parfois même apparemment contradictoires [37]:

- un rôle antigravitaire et d'appui (comme deux racines) pour la stabilité et la solidité de la posture.

- une tâche plus subtile, intermédiaire entre posturale et dynamique, dans le redressement et le déroulement du corps en verticalité, avec la pression active des pieds au sol en repousser induisant, par le réflexe tonique postural, un allongement de la colonne vertébrale et la soutenant dans son auto grandissement.

- la mission dynamique de la locomotion, de la mobilité dans l'espace.

Nous nous contenterons d'étudier l'anatomio-physiologie de la cheville et du pied qui nous intéressera plus particulièrement dans l'appareillage sur mesures. Dans cette description nous nous intéresserons tout particulièrement aux origines des traumatismes et des pathologies de la cheville et du pied.

### **B) La cheville :**

#### 1) Introduction :

La cheville établit le carrefour entre l'axe vertical du corps et l'axe horizontal pied-sol. Cette articulation est possible via l'articulation entre l'axe du tibia-fibula et l'astragale (talus). Cette conformation articulaire permet un mouvement sur le plan sagittal en flexion (plantaire) / extension (dorsale). Dans un plan frontal, l'abduction éloigne l'extrémité du pied de l'axe du corps (comme Charlie Chaplin) et l'adduction la rapproche. Selon un axe horizontal

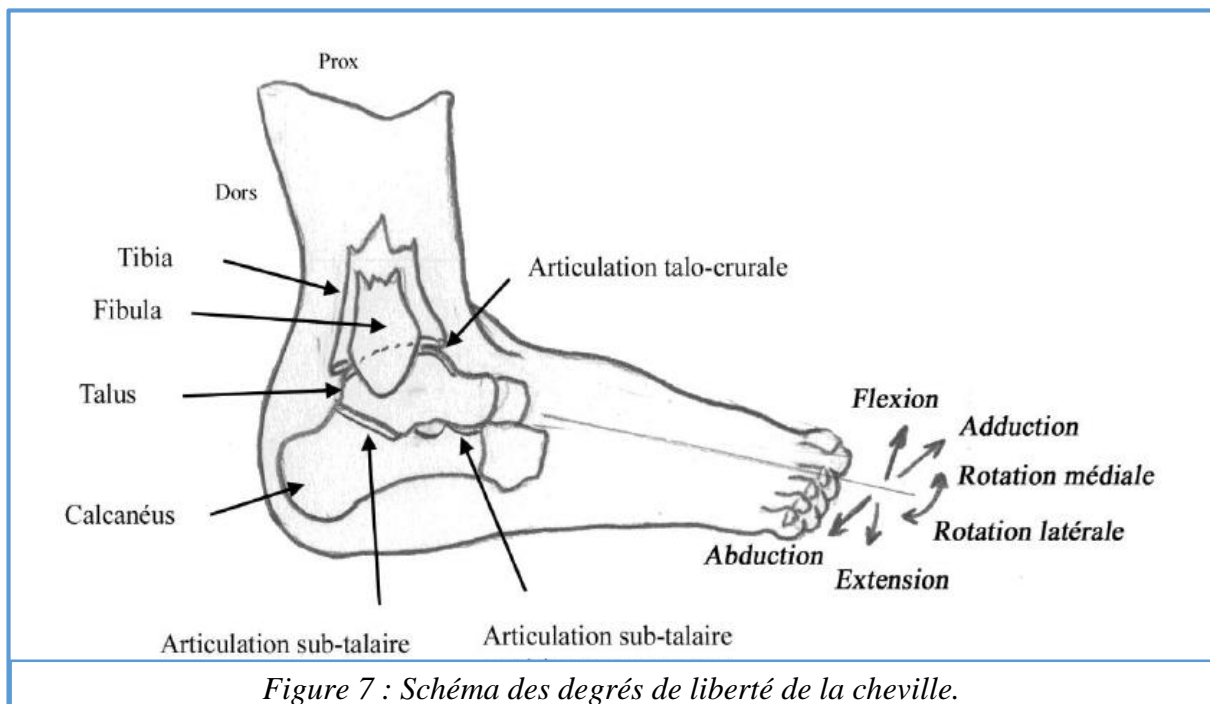


Figure 7 : Schéma des degrés de liberté de la cheville.

passant par le deuxième orteil, la rotation médiale porte la face plantaire en regard de l'axe médian du corps et la rotation latérale est inverse [8] (figure 7).

La plupart du temps, les mouvements sont combinés. Les deux mouvements les plus fréquents qui permettent d'adapter la position du pied à la marche, notamment en terrain accidenté ou en pente, sont l'inversion et l'éversion (figure 8). L'inversion est une combinaison de l'extension ou flexion plantaire, de l'adduction et de la rotation médiale. L'éversion est une combinaison de la flexion (ou flexion dorsale), de l'abduction et de la rotation latérale. Bien sûr, les autres combinaisons de mouvements sont également possibles. Dans cette description nous nous intéresserons tout particulièrement aux origines des traumatismes et des pathologies de la cheville et du pied.

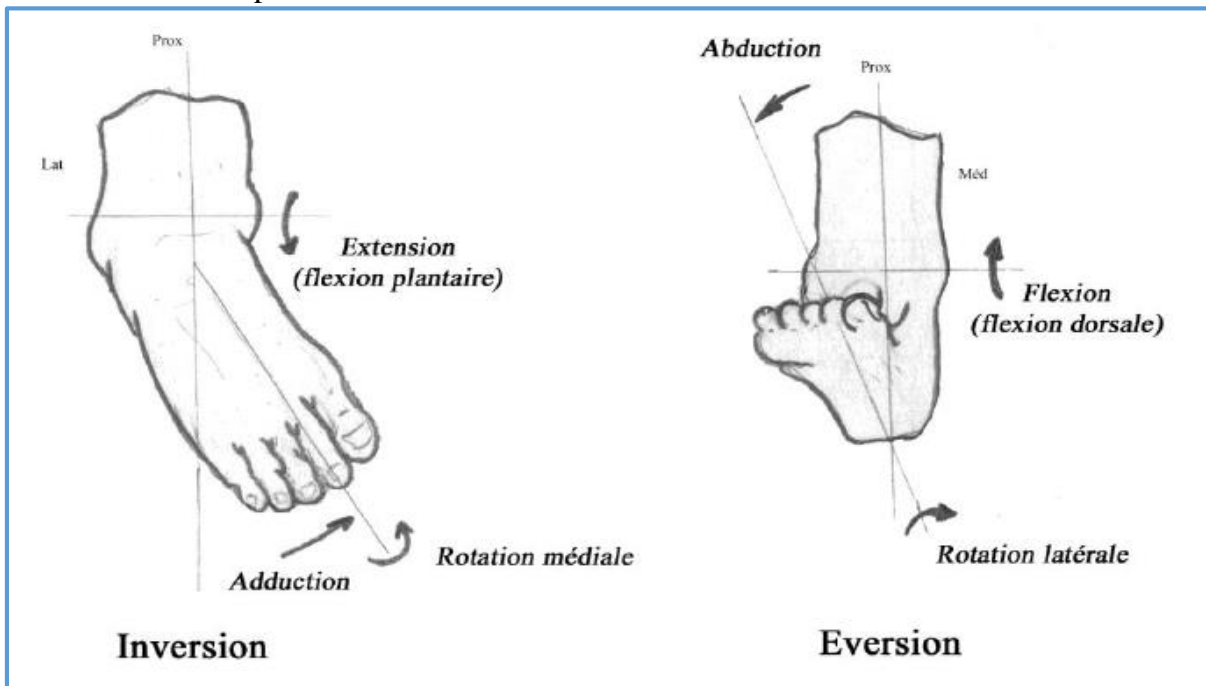
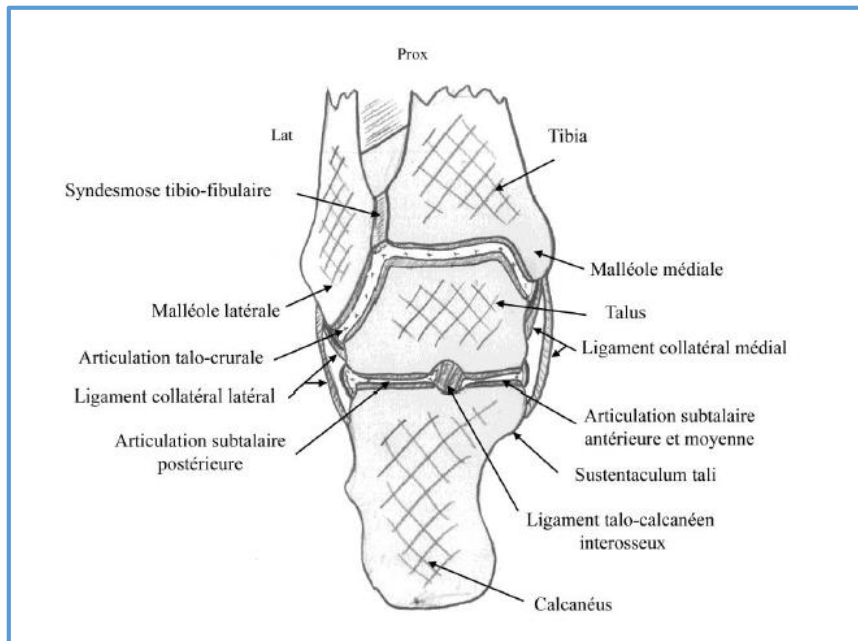


Figure 8 : Schéma des mouvements du pied

## 2) Ostéologie de la cheville :

L'articulation talo-crurale unit la face inférieure de l'extrémité inférieure du tibia, la face latérale de la malléole médiale ou tibiale et la face médiale de la malléole latérale ou fibulaire avec la trochlée du talus qui est composée de la face supérieure, de la portion cartilagineuse de la face médiale et de la portion cartilagineuse de la face latérale. L'ensemble de cette articulation ressemble au principe de menuiserie du tenon et de la mortaise (figure 9).





*Figure 9 : Représentation ostéologique de la cheville*

L'articulation subtalaire unit les trois surfaces cartilagineuses inférieures du talus avec les trois surfaces supérieures du calcaneus. L'articulation unissant les deux surfaces postérieures est située en arrière du sinus du tarse dessinés par les deux sillons correspondant de chaque os. Les surfaces antérieure et moyenne sont très proches et peuvent être considérées comme fonctionnellement similaires. Elles sont situées en avant du sinus du tarse. La surface antérieure est située sur la face supérieure du surplomb osseux que représente le sustentaculum tali.

### 3) Myologie et Arthrologie de la cheville :

La plupart des muscles de la cheville sont longs et situés à la jambe. Ils sont réunis en quatre loges musculaires. Il existe une loge postérieure superficielle, une loge postérieure profonde, une loge latérale et une loge antérieure. Ils se terminent tous sur les os du pied. Certains ont non seulement une action sur la cheville, mais également une action sur les orteils. Les fléchisseurs plantaires sont en plus grand nombre, de par la nécessité de déployer davantage de force dans la phase de propulsion de la marche, par rapport à la phase de réception ; propulsion pendant laquelle la cheville effectue un mouvement d'extension (figure 10).



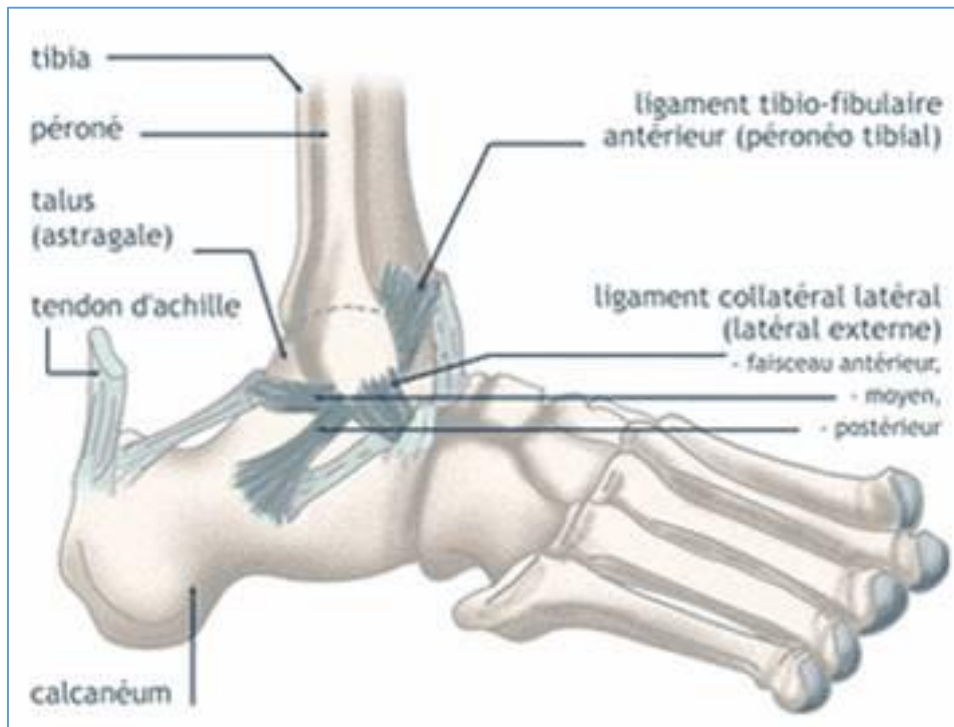


Figure 10 : Ligaments et tendons de la cheville [9]

Ce surnombre des fléchisseurs plantaires permet également la compensation du léger déséquilibre antérieur du corps en position debout ainsi que, par ailleurs, une stabilisation active de la cheville elle-même (avec resserrement de la pince malléolaire) comparativement plus instable en extension [36].

Les dysfonctionnements de la cheville sont, le plus fréquemment, d'origine :

- fonctionnelle simple, avec de fréquentes raideurs dues au raccourcissement du triceps.
- traumatique dans l'entorse, souvent externe (étirement, voire déchirure des faisceaux du ligament latéral externe lors d'une supination du pied trop importante).

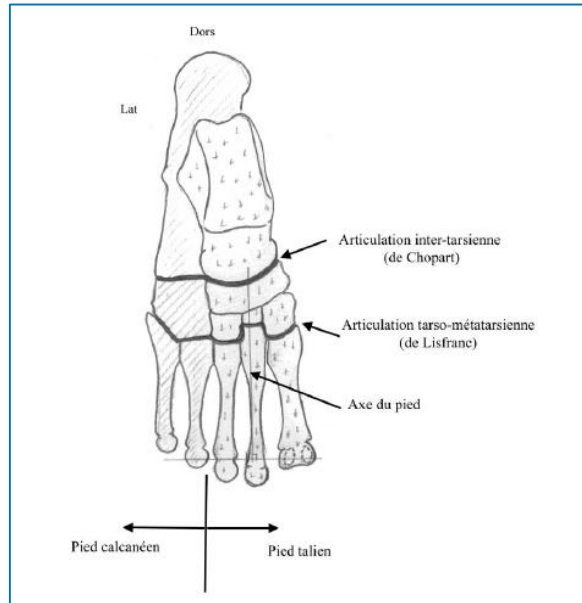
## **C) Le pied.**

### 1) Introduction :

Le pied est la partie distale du membre inférieur. Il est orienté vers l'avant et permet l'appui au sol et la marche. Il est constitué de plusieurs pièces osseuses articulées entre elles. L'axe du pied est tracé sur le deuxième orteil.

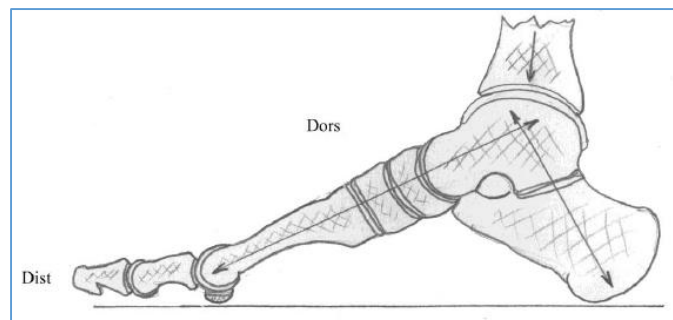
### 2) Arthrologie :

Les os du pied sont divisés en os du tarse postérieur (calcanéum et talus), du tarse antérieur (naviculaire, cunéiformes et cuboïde), du métatarse et des orteils. Le talus est positionné au-dessus du calcanéum (articulation subtalaire) et déborde ce dernier en dedans. Il est articulé en avant avec le naviculaire, lui-même articulé avec les trois cunéiformes qui sont eux-mêmes articulés avec les trois premiers métatarsiens et les trois premiers orteils (figure 11).



*Figure 11 : Schéma arthrologique du pied*

Cet ensemble peut être appelé le pied talien. Ainsi, il existe un alignement de ces pièces osseuses du talus aux têtes des trois premiers métatarsiens. En vue médiale, il existe donc une arche médiale représentée par cet alignement sur l'hallux et le calcanéum (figure 12).



*Figure 12 : Coupe Verticale passant par l'axe du premier métatarsien*

Le calcanéum est positionné sous le talus et s'articule avec le cuboïde, lui-même articulé avec les deux derniers métatarsiens et les deux derniers orteils. Cet ensemble peut être appelé le pied calcanéen. Il existe alors un alignement entre le calcanéum et les deux derniers métatarsiens. L'articulation intertarsienne ou de Chopart est représentée par l'articulation entre le talus et le calcanéum d'une part et le naviculaire et le cuboïde d'autre part. L'articulation tarsométatarsienne ou de Lisfranc est représentée par la ligne brisée entre le cuboïde et les trois cunéiformes d'une part et les cinq métatarsiens d'autre part.

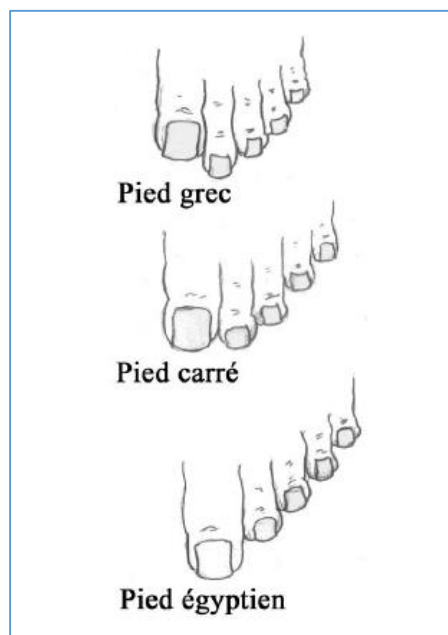
En position de repos (en dehors de la marche), le pied appui sur le sol au niveau de la tubérosité postérieure du calcanéum, au niveau des faces inférieures des têtes des quatre derniers métatarsiens et au niveau des sésamoïdes sous la tête du premier métatarsien. Approximativement, le poids du corps se distribue vers le calcanéum à 70%, vers chaque tête des quatre derniers métatarsiens à 5% et vers la tête du premier métatarsien à 10%. Bien entendu, lors de la marche, le pied s'élève par une flexion plantaire et l'individu appui exclusivement

sur les têtes métatarsiennes jusqu'à la fin du pas où seule la tête du premier métatarsien est encore au sol et subit la totalité des pressions exercées.

Ces forces d'appui exercées augmentent encore sous certaines conditions, comme la course ou le port de chaussures à talons. L'application prolongée de ces forces peut être responsable de certaines pathologies comme l'arthrose et l'hallux valgus.

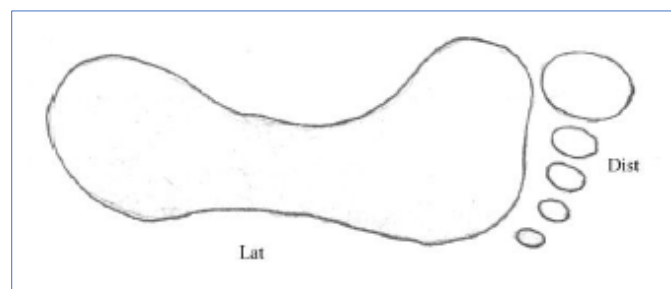
### 3) Formes de pied :

Il est possible de définir diverses formes du pied en fonction de la longueur des orteils. Les plus fréquentes sont le pied égyptien où l'hallux est plus long que le deuxième orteil, le pied carré où ces deux orteils sont de même longueur et le pied grec où le deuxième orteil est plus long que l'hallux (figure 13).



*Figure 13 : Schéma des différents types de pied*

Par ailleurs, l'empreinte du pied au sol, examinée lors de la podoscopie, montre l'appui calcanéen qui se prolonge en avant et en dehors par l'appui sur l'arche latérale, tandis que l'empreinte disparaît au niveau de l'arche médiale. Plus en avant, l'empreinte se poursuit transversalement par l'appui sous les têtes des métatarsiens et des orteils (figure 14).



*Figure 14 : Empreinte du pied humain physiologique*

#### 4) Myologie :

En dehors des muscles longs déjà décrits, il existe, comme à la main, des muscles intrinsèques. Le tendon du muscle court fibulaire court sur la face latérale du pied proximal pour se terminer sur le processus styloïde du cinquième métatarsien (figure 15).

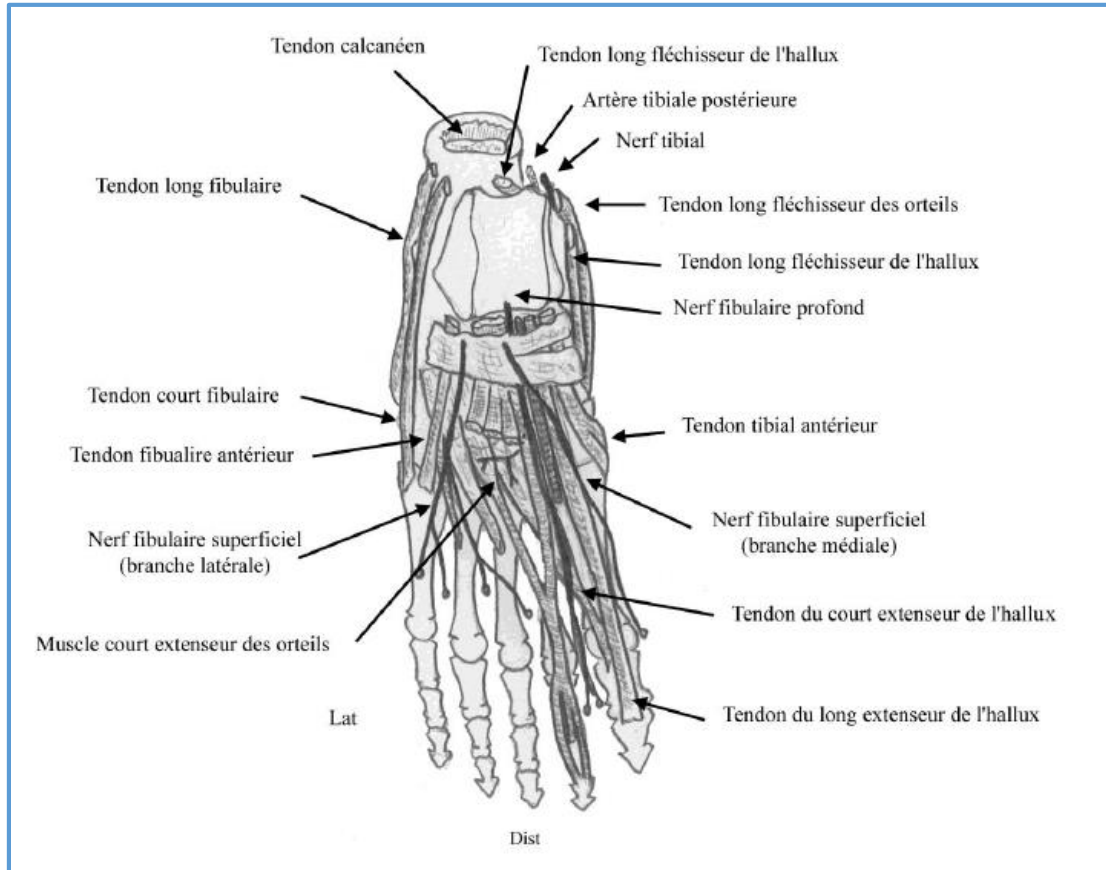
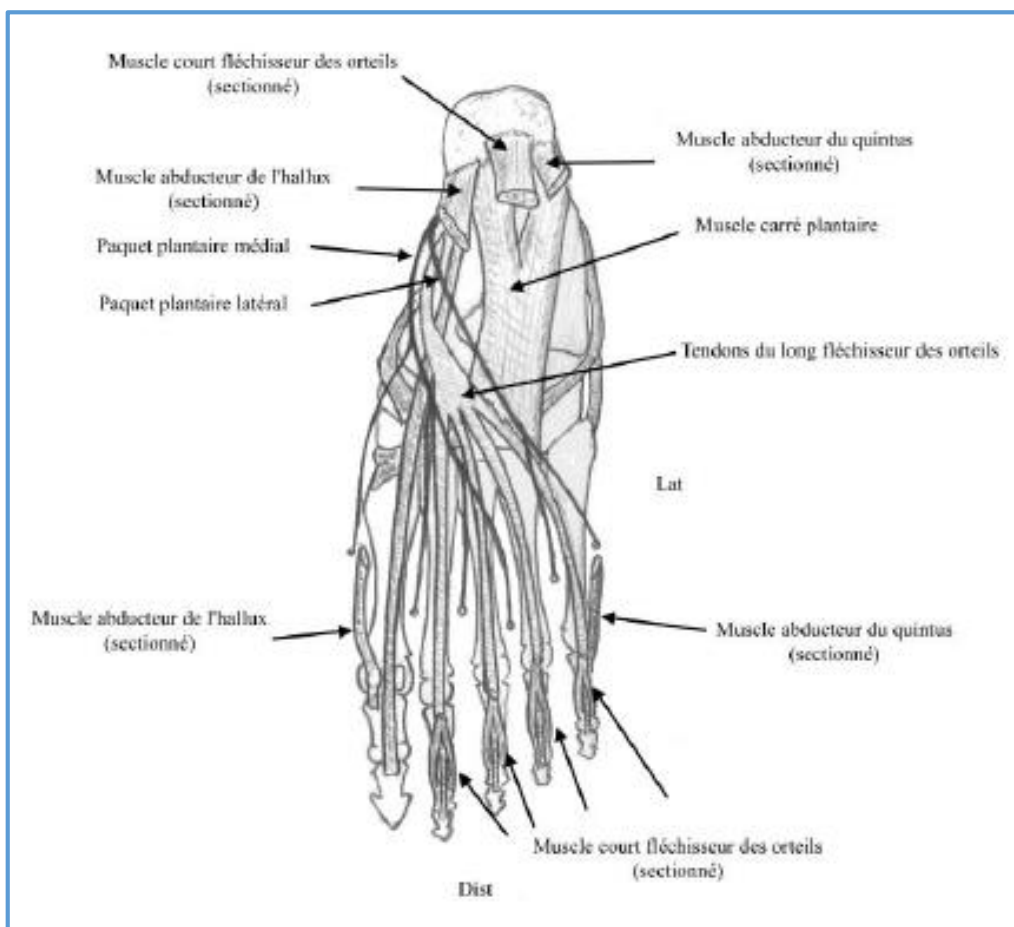


Figure 15 : Vue dorsale du pied

Plus précisément, le tendon du muscle long extenseur de l'hallux longe la face dorsale du premier métatarsien pour se terminer sur la face dorsale de la base de la deuxième phalange de l'hallux. Il est alors extenseur de l'articulation interphalangienne de l'hallux. Les tendons du muscle long extenseur des orteils se dirigent chacun vers les orteils correspondants pour se terminer par un vinculum sur la face dorsale de la deuxième phalange de chaque orteil et par des bandelettes latérale et médiale sur la face dorsale de la troisième phalange de chacun des orteils. Ce muscle est alors l'extenseur principal des orteils.

Au niveau du métatarse se placent les muscles courts fléchisseurs de l'hallux, adducteur de l'hallux et les muscles interosseux dorsaux et plantaires. Le muscle court fléchisseur des orteils s'insère sur la face plantaire de la tubérosité postérieure du calcaneum, se dirige vers l'avant pour se diviser en plusieurs tendons vers chacun des orteils longs sur lesquels ils se terminent par deux languettes latérales et médiales sur les deuxième phalanges (figure 16).

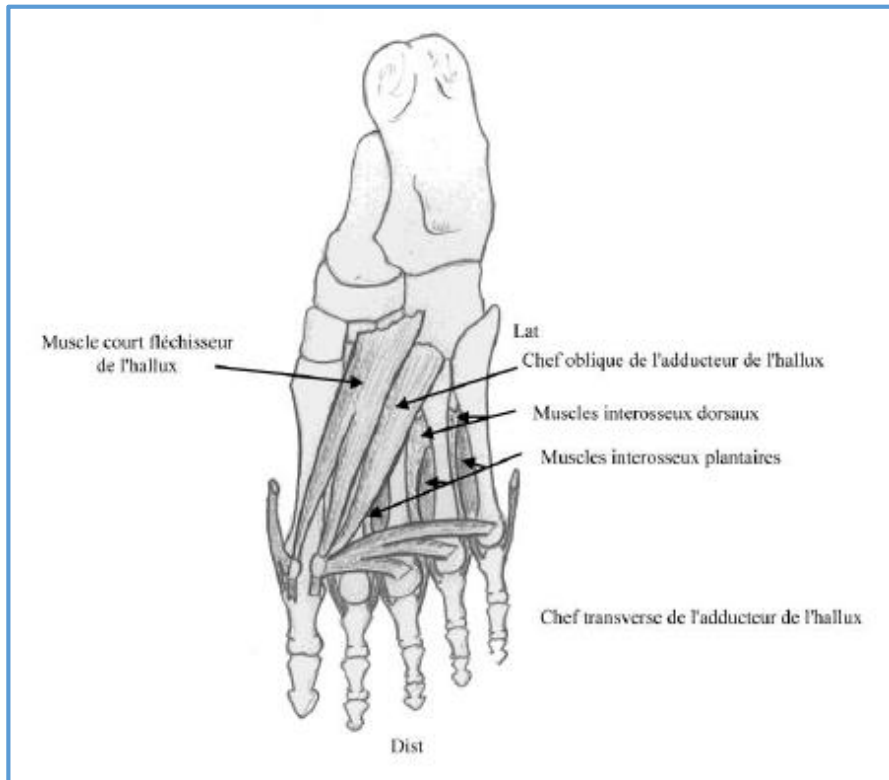


*Figure 16 : Vue plantaire des tendons et muscles du pied*

Le muscle abducteur de l'hallux s'insère sur le tubercule postéro-médial de la tubérosité postérieure du calcaneum pour se former le bord médial du pied et se terminer sur le sésamoïde médial où il se poursuit par une languette tendineuse vers la base de la première phalange de l'hallux et par une bandelette tendineuse vers la face médiale de la base de cette même phalange. Le muscle abducteur du quintus s'insère sur le tubercule postéro-latéral de la tubérosité postérieure du calcaneum et longe le bord latéral du pied pour se terminer à la face latérale de la base de la première phalange de cet orteil. Le tendon du muscle long fléchisseur des orteils se divise en plusieurs tendons pour chacun des orteils longs où ils se terminent sur la face plantaire de la base des troisièmes phalanges de ces orteils. Ils cheminent ainsi en profondeur des tendons du muscle court fléchisseur des orteils, puis au sein de la décussation de ces derniers. Il est complété en arrière par le muscle carré plantaire qui s'insère en deux faisceaux sur les tubercules de la tubérosité postérieure calcanéenne pour se diriger vers l'avant et se terminer sur le tendon du long fléchisseur des orteils. Le tendon du muscle long fléchisseur de l'hallux se dirige vers l'avant pour cheminer ensuite en profondeur du chef médial du court fléchisseur de l'hallux, puis entre les sésamoïdes et se terminer à la face plantaire de la base de la deuxième phalange de l'hallux.

Le tendon du muscle tibial postérieur croise la face plantaire du naviculaire où il forme un sillon pour se terminer en plusieurs bandelettes tendineuses sur les os du tarse. Le tendon du

muscle long fibulaire croise la face plantaire du cuboïde où il forme un sillon, puis se dirige en avant et en dedans pour se terminer sur la face médiale du premier cunéiforme et du premier métatarsien répondant ainsi aux insertions du muscle tibial antérieur. Le muscle court fléchisseur de l'hallux s'insère sur les faces plantaires des os du tarse antérieur, puis se dirige vers l'avant en se divisant en deux faisceaux vers chacun des sésamoïdes de l'hallux où ils se poursuivent par des expansions vers la face plantaire de la base de la première phalange de l'hallux (figure 17).



*Figure 17 : Vue plantaire des muscles profonds du pied*

Le muscle adducteur de l'hallux est décrit en deux chefs. Le chef oblique accompagne le bord latéral du court fléchisseur de l'hallux vers le sésamoïde latéral. Le chef transverse s'insère sur les têtes des troisième, quatrième et cinquième métatarsiens et se dirige transversalement en dedans vers le sésamoïde latéral [40].

Cette conformation est indispensable à la compréhension de la physiopathologie de l'hallux valgus. Dans cette pathologie, la phalange proximale se déplace latéralement par rapport à la tête métatarsienne et exerce une pression contre celle-ci, la repoussant médialement et résultant en une augmentation de l'angle intermétatarsien. Progressivement, la capsule métatarso-phalangienne médiale se distend et la capsule latérale se rétracte, ce qui provoque une amplification de la déformation, évoluant vers son irréductibilité. Lors de cette déviation, le complexe des sésamoïdes qui se trouve normalement sous la tête métatarsienne reste en place mais perd sa congruence articulaire avec la tête métatarsienne de par le déplacement médial de cette dernière. On peut observer une pronation de l'orteil signant l'instabilité métatarso-phalangienne.

## **V) Pathologies du membre supérieur et solutions orthétiques.**

### **A) Généralités :**

Les pathologies affectant le membre supérieur sont aussi diverses que fréquentes. Elles sont soit traumatiques, rhumatologiques, ou encore d'origine canalaire. Nous ne parlerons dans cette partie que des pathologies dont le traitement est éventuellement orthétique. Nous n'évoquerons pas les plaies de la main ou encore les brûlures dans cette partie. Dans ces pathologies les orthèses sont des agents thérapeutiques à part entière. La prescription doit exprimer les effets mécaniques recherchés, le site d'application et les conditions d'utilisation des orthèses. L'idéal étant de préciser leurs indications ainsi que ses buts thérapeutiques avec une description suffisamment précise.

Comme pour tout traitement, une surveillance à la recherche d'éventuelles complications et une évaluation de l'efficacité est indispensable.

En effet, nous allons dans cette partie énumérer les principales pathologies rencontrées à l'officine en proposant une solution orthétique sur mesure adaptée. Un protocole de port sera systématiquement proposé en fonction de chaque pathologie.

### **B) Pathologies et appareillage du coude :**

#### 1) Epicondylite ou tennis-elbow :

##### •Pathologie :

Le terme de tennis-elbow ne résume pas à lui seul l'ensemble de la pathologie douloureuse chronique du coude. Le terme d'épicondylalgie chronique est mieux adapté car il correspond à un surmenage des muscles épicondyliens. Les autres douleurs chroniques du coude représentent de véritables enthésopathies d'où le terme d'épitrachéite, tendinite, olécranite, etc.

L'épicondylite est de loin l'atteinte la plus fréquente puisque plusieurs études ont montré que 50% des joueurs de tennis présentaient au moins une fois une épicondylite avec une durée moyenne de deux ans et demi, mais le sport et en particulier le tennis n'est pas spécifique de ces lésions du coude. A des degrés variables, 3 types de lésion peuvent s'associer pour provoquer une épicondylalgie :

- une tendinopathie d'insertion ou enthésopathie en raison de l'insertion du cône des muscles épicondyliens, zone de faiblesse musculaire, et en raison de la stabilisation du coude par les épicondyliens en extension, l'épicondylite est une véritable pathologie de la préhension qui est donc à relier avec le volume du manche, du marteau ou de la raquette.

- une arthropathie huméro-radiale, car le surmenage mécanique peut engendrer des lésions cartilagineuses et per articulaires.

- une pathologie du nerf radial créant un véritable syndrome canalaire par un épaissement de l'aponévrose du court supinateur ou arcade de Frohse. Cette atteinte neurologique est très rare, représentant 5% des épicondylalgies.

Le diagnostic est clinique par la palpation qui retrouve une douleur épicondylienne irradiant vers l'avant-bras sur le relief de l'épicondyle le plus souvent à 2 cm sous le relief osseux sur le tendon d'insertion.



Trois tests spécifiques réveillent et aggravent la douleur épicondylienne. Ils sont recherchés, coude en extension complète, position de tension maximale des muscles. Ces positions sont : l'extension et la supination du poignet et l'extension contrariée du majeur et de l'index [10].

• Traitement :

Le traitement de la récurrence est avant tout préventif. Il faut mettre le patient au repos et instaurer un traitement associant une immobilisation, de la physiothérapie et des infiltrations locales de corticoïdes.

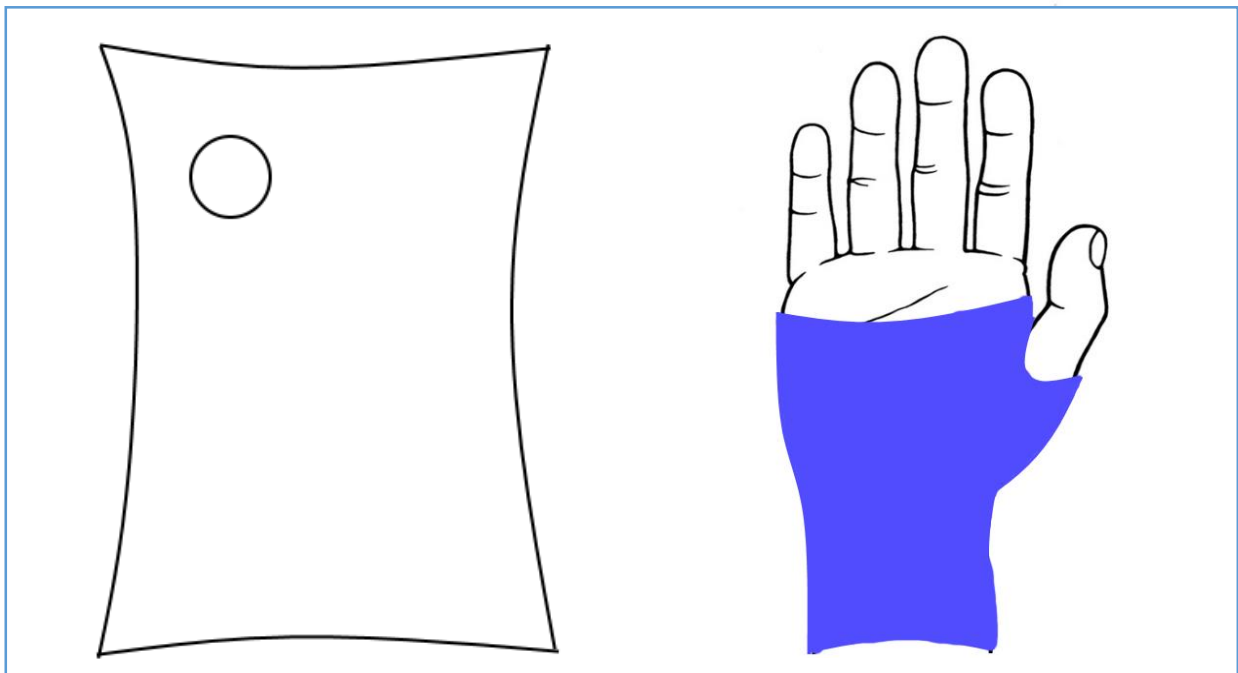
Pour soulager la douleur et contrôler l'inflammation, le repos est toujours indiqué en cas de geste stéréotypé : suppression des gestes aggravant la symptomatologie pendant 3 semaines. Certains traitements physiothérapeutiques ont une action bénéfique hormis ionisation et ultra-sons. Les massages transverses profonds sont effectués perpendiculairement au tendon pendant 15 mn.

L'infiltration ne doit pas être pratiquée en première intention chez les sportifs ou chez le travailleur de force pour ne pas fragiliser les tendons. La chirurgie garde une place limitée dans le traitement de l'épicondylalgie.

C'est toujours après l'échec d'un traitement conservateur de 6 mois à 1 an.

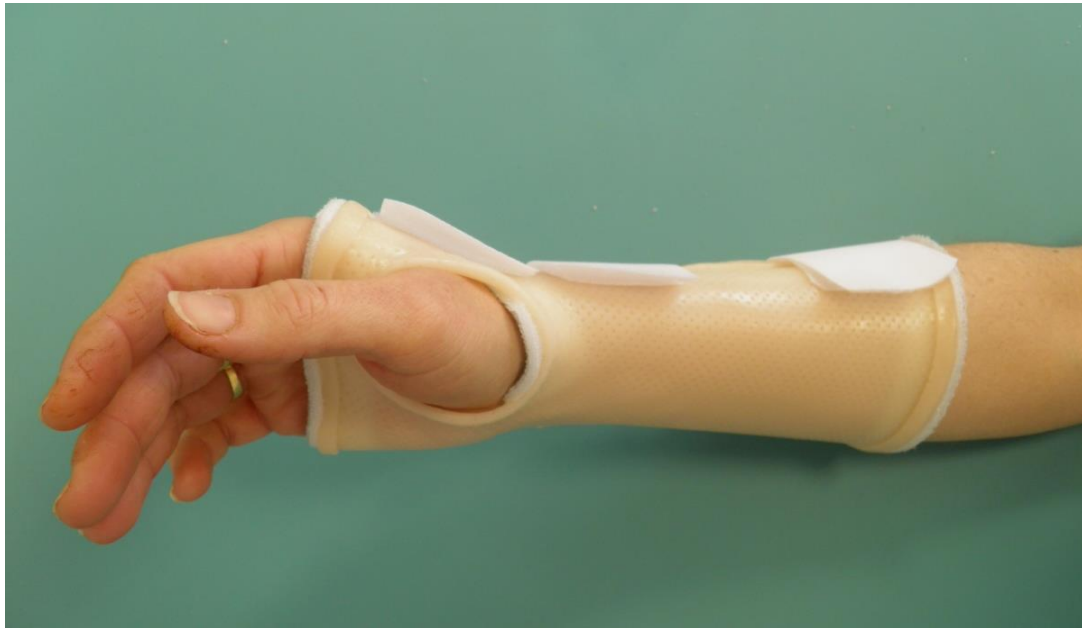
• Solution orthétique :

La solution orthopédique a pour but la diminution de la douleur (antalgie) et la diminution des tensions sur l'insertion des muscles épicondyliens. Elle est obtenue par la mise au repos en bloquant les mouvements du poignet grâce à une orthèse thermoformable (figure 18 et 19) sur-mesure ou une orthèse de série de poignet (maintien en légère extension).



*Figure 18: Orthèse de poignet thermoformée*





*Figure 19: orthèse thermoformée de poignet en extension 20°*

Pour les cas les plus bénins, une simple diminution de l'activité est suffisante. Dans les cas plus graves ou en cas de récurrence, une immobilisation du coude en flexion à 90° peut être envisagée pendant quelques jours en complément de l'orthèse en extension. La réalisation d'une grande attelle pour épicondylite thermoformée permet de combiner l'immobilisation du coude à 90° et le repos du poignet en extension (annexe 2). En revanche, dans les deux cas, la prévention de la récurrence est améliorée par le port d'un bracelet épicondylien qui vient soulager la traction qui s'exerce sur l'insertion naturelle du muscle. Ces bracelets sont disponibles de série chez de nombreux laboratoires (Thuasne, Gibaud, Donjoy...).

Il est également possible de les réaliser sur mesures en particulier chez les patients ayant un avant-bras très volumineux et pour qui l'appareillage de série n'est pas adapté (culturistes, ou certains sportifs de haut niveau) (annexe 3) [11].

## 2) Hygroma du coude :

### •Pathologie :

Il s'agit de l'apparition en arrière du coude, d'une tuméfaction ronde qui correspond au gonflement d'une bourse habituellement vide. Cette bourse séreuse est une cavité close qui facilite le glissement de la peau sur l'os lors de la flexion du coude. Cette poche peut s'enflammer, les parois fabriquent alors du liquide synovial et la tuméfaction apparaît : on parle d'hygroma ou de bursite (figure 20) [12].

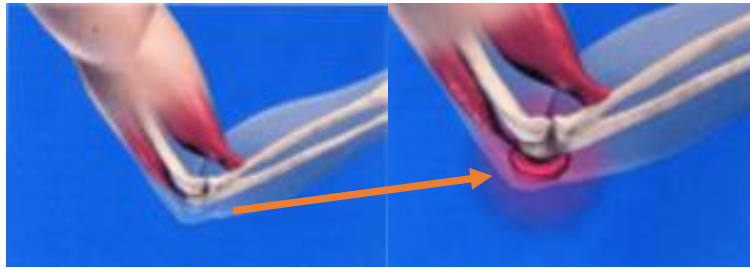


Figure 20 : Schéma de l'apparition d'un hygroma du coude

Cette inflammation est souvent due à de petits traumatismes répétés, l'hygroma touche alors des sujets plutôt masculins dont l'âge moyen est de 35 ans. Un rhumatisme peut également être à l'origine (polyarthrite...), une pathologie à microcristaux comme la goutte ou une infection virale. Enfin, une cause toujours à éliminer est l'infection qui débute souvent à partir d'une petite lésion cutanée. Dans cette pathologie, une radiographie devra être réalisée et peut mettre en évidence une épine olécrânienne.

• Traitement :

Devant un hygroma les traitements sont nombreux mais peuvent être hiérarchisés de la façon suivante :

- arrêt des mouvements répétés ou des microtraumatismes.
- poche de glace quelques minutes par jour en alternance avec des pansements alcoolisés légèrement compressifs.
- prise d'anti-inflammatoires par voie orale.
- immobilisation du coude en extension quelques jours.

En dernier recours, une intervention chirurgicale pourra être envisagée mais reste rarement nécessaire.

• Solution orthétique :

Le port d'une orthèse de coude en extension de série ou thermoformée peut être envisagée. Les orthèses de série ont l'avantage d'être réglables et sont articulées, en revanche, elles sont très encombrantes et difficiles à positionner avec une seule main. Les orthèses sur mesure sont beaucoup plus fines mais ne sont pas réglables en amplitude.

3) Fractures de la tête radiale :

Cette fracture représente un tiers des fractures du coude et n'est que très rarement appareillée. En effet il a été mis en évidence qu'une rééducation fonctionnelle immédiate était plus efficace que le port d'une orthèse d'immobilisation du coude. Une mise au repos du bras en écharpe à visée antalgique est possible entre les séances de rééducation. Les fractures déplacées devront la plupart du temps être opérées.

## **C) Pathologies et appareillage du poignet et du Pouce :**

### 1) Entorses du poignet :

#### • Pathologie :

L'entorse du poignet est la résultante du mouvement forcé de l'articulation du carpe. Quand le squelette résiste, il n'y a pas de fracture mais une élongation ou une déchirure du ligament. S'il s'agit d'une simple élongation, on parle d'entorse bénigne, si les ligaments sont déchirés, il s'agit d'une entorse grave.

Le terme d'entorse a un sens différent dans le langage courant et dans le langage médical. En effet, dans le langage courant, l'entorse est assimilée le plus souvent à la survenue d'un traumatisme du poignet mais ne préjuge en rien de la lésion exacte qui peut être également une fracture. Dans le langage médical, l'entorse est uniquement la lésion des ligaments [13]. Il en résulte souvent un problème d'appréciation des lésions du poignet car il n'y a en fait aucune relation directe entre la gravité d'une lésion et la douleur ressentie. Il est classique de dire que des entorses parfois graves entraînent peu de douleurs et donc, diminuent l'importance de la prise en charge immédiate. Lors d'une entorse isolée, le poignet n'est pas déformé. Il peut apparaître un hématome au niveau de la face dorsale du poignet ou un œdème c'est à dire un gonflement des tissus sous cutanés. Parfois, il n'y a aucun signe clinique. Seule une douleur existe à la pression directe de la zone atteinte. En cas de doute, il faudra toujours immobiliser le poignet par une simple attelle antérieure et consulter un spécialiste. Nous distinguerons deux types d'entorses du poignet : les entorses scapho-lunaire et les entorses luno-pyramidales.

Les entorses scapho-lunaires sont le plus souvent celles des jeunes sportifs ayant subi un traumatisme du poignet lors d'une chute en hyper-extension en inclinaison ulnaire ou radiale [14]. La rupture du ligament scapho-lunaire est préjudiciable à la stabilité de l'unité scapho-lunaire dont il est le stabilisateur principal. Le bon diagnostic et un traitement adapté est indispensable à la prise en charge de ces entorses bénignes ou graves afin d'éviter les complications à long terme de ces traumatismes. En effet, dans le temps et sous les forces de compression transmises au carpe, l'espace scapho-lunaire tend à s'ouvrir d'avantage. Le scaphoïde et le lunatum se figent dans leur position, ce qui entraîne rapidement une arthrose de la partie postérieure de la glène radiale. Certains tests cliniques permettent d'identifier les lésions scapho-lunaires. Nous citerons principalement la recherche d'un signe d'irritation synovial du scaphoïde identifié lors de la pression de la tabatière du scaphoïde. Le signe de la sonnette du scaphoïde qui consiste à palper avec le pouce la saillie palmaire du scaphoïde mais sa sensibilité est faible. Le test du ballotement scapho-lunaire qui met en évidence des mouvements anormaux entre le scaphoïde et le lunatum et enfin la manœuvre de flexion du poignet/extension des doigts ou manœuvre de Watson qui fait apparaître un ressaut douloureux et brutal.

Les entorses luno-pyramidales sont plus rares que leur symétrique scapho-lunaire et c'est souvent à distance de l'accident initial que les patients consultent car la gêne n'apparaît que progressivement. L'accident initial est le plus souvent une chute sur l'éminence hypothenar en inclinaison cubitale et flexion dorsale.

La douleur interne est toujours présente lors des mouvements d'inclinaison latérale ou de rotation, réveillée par le "signe du ballotement" semi-lunaire pyramidal. Il existe une perte importante de la force musculaire. Le ressaut interne n'est retrouvé qu'une fois sur deux.

#### • Traitement :

Le traitement de l'entorse du poignet se limitera aux entorses bénignes à l'officine, les entorses graves étant soignées en milieu hospitalier. Il ne faudra cependant pas prendre ces lésions à la légère, car ces entorses mal soignées ont tendance à récidiver ou à laisser des douleurs chroniques lorsque les protocoles de port ne sont pas respectés. Il conviendra d'utiliser des orthèses de taille adaptée en veillant à ce qu'elles soient confortables pour le patient. En effet, l'observance est indispensable et une belle attelle inconfortable est inutile si le patient ne la porte pas. Une étude de la satisfaction des patients à l'égard des orthèses de main et de poignet (FA Allaert, Dijon - France), montre que 30% des patients ne respectent pas leur protocole de port [15]. La prise d'analgésiques et/ou d'anti-inflammatoires est possible pendant quelques jours et un glaçage quotidien ou pluriquotidien est intéressant en particulier en cas d'œdème important. La mise au repos est indispensable pendant un minimum de deux semaines.

#### • Solution orthétique :

La délivrance d'une orthèse adaptée à la morphologie du patient est essentielle lors de la phase de repos. Il existe aujourd'hui nombre de marques et d'attelles de série pour l'immobilisation du poignet et il est souvent possible de trouver son bonheur dans les gammes actuelles. Le seul mot d'ordre pour la délivrance est le maintien et le confort car ces attelles devront au moins au départ être portées jour et nuit. Cependant, ces orthèses ont encore certaines limites, en particulier chez les personnes ayant un œdème important ou encore chez les jeunes enfants qui sont par conséquent automatiquement plâtrés en l'absence d'orthèses adaptées.

La solution du thermoflexible est dans ces circonstances très intéressante mais nécessite de faire deux attelles la plupart du temps lorsque l'œdème est important. Ces deux attelles pourront être réalisées à quelques jours d'intervalle (le plus souvent 6 à 8 jours).

La réalisation de l'orthèse pourra se faire avec ou sans maintien du pouce en fonction des douleurs du patient lors de la mobilisation.

## 2) Tendinite de De Quervain :

#### • Historique :

Frédéric de Quervain, chirurgien Suisse a décrit en 1895 la ténosynovite du long adducteur et du court extenseur du pouce deux descriptions antérieures ont été signalées, celle de Tillaux c'est le " aïe " crépitant et celle de Grais en 1893 sous le terme de " maladie de lavandière ".

On voit donc déjà l'importance de la pathologie professionnelle, fréquente chez les secrétaires, les couturières, les blanchisseuses et dans la pratique de certains sports ou de certaines activités manuelles comme le sécateur ou le jardinage. L'apparition au décours d'une grossesse est également fréquente. La prédominance féminine est nette et l'âge de survenue se situe entre 40 et 50 ans [16].

• Pathologie :

La tenosynovite de De Quervain est une inflammation de la gaine des tendons du pouce (long adducteur et court extenseur) au bord externe du poignet. La physiopathologie correspond à un conflit entre le contenu et le contenant avec un épaissement et une sténose de la coulisse ostéo-fibreuse qui entoure le long adducteur et le court extenseur du pouce.

Le frottement des tendons est à l'origine de la symptomatologie et s'entretient ensuite d'elle-même par le frottement répété des tendons qui augmentent de volume dans un tunnel inextensible. La tuméfaction douloureuse, parfois visible et palpable, traduit l'épaississement du tunnel et du tissu synovial qui recouvre les tendons. Le premier symptôme est la douleur à la face externe du poignet, pouvant irradier dans le pouce et à l'avant-bras. La douleur s'amplifie en utilisant la main avec le pouce. Un gonflement peut apparaître au même endroit, avec parfois des sensations de crépitements. Le test de Finkelstein (figure 21) qui positionne le poignet en position ulnaire est pratiquement toujours positif [17]. Les douleurs s'accompagnent parfois de fourmillements sur le dos du pouce et de la main.



*Figure 21 : Schéma du test de Finkelstein*

• Traitement :

Le traitement est avant tout médical et entraîne la guérison dans 80% des cas. Il doit associer une mise au repos du pouce la journée avec un arrêt des circonstances favorisant, des anti-inflammatoires par voie orale et locale et une mise au repos pendant la nuit. Le port des orthèses devra être effectif pendant un à trois mois. La chirurgie reste une solution en cas d'échec du traitement médical mais le risque d'apparition d'une algodystrophie post-chirurgicale est à prendre en compte (figure 22) [17].



*Figure 22 : Schéma de la zone affectée dans la tendinite de De Quervain*

• Solution orthétique :

Les attelles utilisées dans la tendinite de De Quervain doivent nécessairement maintenir le pouce. Les orthèses diurnes pourront être plus souples pour laisser la main atteinte libre mais maintenue. Pour les orthèses nocturnes, il sera préférable d'immobiliser le poignet avec le pouce dans une orthèse rigide. De nombreuses marques proposent des orthèses « fonction » souples. Nous citerons la Gibaud Manugib® De Quervain qui offre un maintien poignet + pouce et qui peut être utilisée jour et nuit, ou encore la Thuasne Rhizoimo® qui ne maintient que le pouce et qui devra être associée à une orthèse rigide poignet + pouce pour la nuit. La solution thermoformable permet de positionner le poignet dans la position la plus antalgique possible (figure 23 et 23'). Dans ce cas, nous réaliserons deux orthèses. La première servira à immobiliser le pouce la journée et la seconde immobilisera le poignet avec le pouce en position anatomique de repos (annexe 4 et 5).



*Figure 23 : Orthèse thermoformée du pouce*

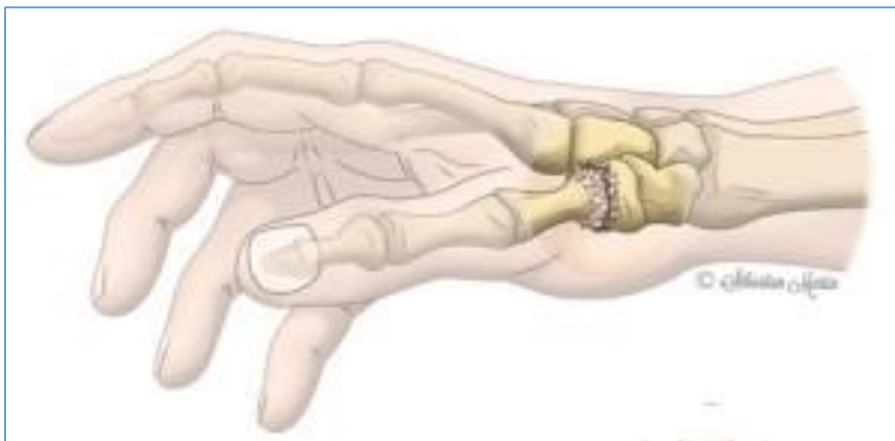


*Figure 23' : Orthèse thermoformée poignet/pouce*

### 3) Rhizarthrose :

#### • Pathologie :

La rhizarthrose ou arthrose de la base du pouce qui touche 20% des femmes est une pathologie très fréquente, souvent bien tolérée. Elle correspond à l'usure chronique du cartilage qui recouvre le trapèze et le premier métacarpien à la base du pouce. C'est cette articulation qui permet l'opposition du pouce avec les autres doigts. La rhizarthrose est l'apanage de la femme de 50 à 60 ans avec une atteinte souvent bilatérale, à des stades cliniques et radiologiques différents. La rhizarthrose peut être responsable de douleurs, évoluant par crises parfois intenses, situées à la racine du pouce (près du poignet) et réveillées par la pression directe et le mouvement. Un enraidissement progressif du pouce s'installe avec une diminution de l'ouverture entre le pouce et l'index et entraînant un manque de force de la pince pouce-index. Une déformation du pouce par « fabrication » d'os au niveau de l'articulation malade peut être associée avec une posture caractéristique appelée « pouce en Z ». Le diagnostic est clinique mais la radiographie permet de confirmer cette pathologie et d'en apprécier le stade.



*Figure 24 : Schéma de la Rhizarthrose*



• Traitement :

Le traitement médical doit être suffisamment prolongé (au moins 6 mois) et associe la prise d'antalgiques et anti-inflammatoires, le port d'une orthèse de repos rigide la nuit, et une autre souple la journée. L'ergothérapie permettant d'économiser la colonne du pouce et les infiltrations dont la répétition doit être évitée pour ne pas risquer d'abimer le système capsulo-ligamentaire peuvent être associées. Dans les cas les plus graves, un traitement chirurgical peut être pratiqué.



*Figure 24' : Schéma d'une main atteinte d'une rhizarthrose vs main normale*

• Solution orthétique :

L'appareillage d'une rhizarthrose fait souvent appel à deux orthèses. La première, rigide permet d'immobiliser le premier rayon pendant la nuit. La seconde, plus souple, est utilisée la journée pour réduire l'amplitude du pouce et de limiter l'inflammation de la colonne du pouce. Cette orthèse souple est souvent de série, composée de néoprène. La solution thermoformable permet de s'adapter à la pathologie et à l'anatomie du patient (schéma 24'').



*Figure 24'' : Orthèse de pouce thermoformée*



#### 4) Syndrome du canal carpien (SCC) :

##### • Pathologie :

Le syndrome du canal carpien correspond à la compression du nerf médian au poignet. Le nerf médian assure la sensibilité des pulpes du pouce, de l'index et du majeur. Il assure également l'innervation motrice de certains muscles du pouce : les muscles thénariens. Le canal carpien est une zone anatomique située entre les os du carpe en arrière et un épais ligament en avant, le ligament annulaire antérieur. Le nerf médian passe dans ce canal inextensible, accompagné par les 9 tendons fléchisseurs des doigts, fléchisseurs profond et superficiel de chaque doigt long et long fléchisseur propre du pouce.

Lorsque le canal se rétrécit, soit par une cause externe (arthrose-fracture) ou si la synoviale qui entourent des tendons s'épaissit, apparaît un conflit contenu-contenant. Le premier élément qui souffre est le nerf. Le passage de l'influx électrique est ralenti, et les symptômes sensitifs apparaissent. Le syndrome du canal carpien est très fréquent dans l'ensemble de la population, particulièrement lors de la grossesse et chez les femmes d'une cinquantaine d'années. Les travailleurs de force surtout effectuant un geste répétitif, (conditionnement, emballage...) sont plus souvent atteints que la population générale. Dans certains cas, la prise en charge en maladie professionnelle est possible. Enfin, certaines maladies qui augmentent l'épaisseur des tendons sont plus souvent associées à un syndrome du canal carpien : hypothyroïdie, polyarthrite rhumatoïde, amylose, diabète...

Le syndrome du canal carpien se traduit au début par des signes subjectifs comme les fourmillements, une sensation d'engourdissement et parfois des douleurs du pouce, de l'index et du médus, voire des douleurs ascendantes vers l'avant-bras et le coude. L'atteinte des 2 mains est très fréquente. Le plus souvent, ces signes apparaissent en deuxième partie de la nuit et réveillent vers 3h du matin. Ils disparaissent en secouant la main pendant quelques minutes. Ultérieurement l'atteinte des fibres motrices entraîne une diminution de la force de préhension du pouce avec un lâchage des objets dans la vie quotidienne. L'examen retrouve aussi des signes objectifs avec un trouble de la reconnaissance des petits objets les yeux fermés (aiguille, bouton de chemise...), une diminution du volume musculaire à la base du pouce. La pression du nerf médian ou la mise en flexion forcée du poignet entraîne l'apparition ou l'accentuation des troubles.

##### • Traitement :

Le traitement est fonction de l'importance de la compression, c'est à dire de la sévérité des signes cliniques et électriques. Le traitement médical débute par la mise en place d'une attelle nocturne. Des orthèses de série comme la Manugib® canal carpien permettent la mise au repos nocturne de la main et du poignet. En revanche, ces orthèses sont la plupart du temps difficiles à supporter toute la nuit. Par conséquent, la réalisation d'une orthèse de repos thermoformée permet la mise au repos de toute la main et du poignet en position de repos. Une infiltration de corticoïdes type Altim® peut être réalisée si les symptômes persistent. Il s'agit d'un traitement symptomatique qui fait dégonfler le contenu du canal carpien en diminuant la synovite, et soulage temporairement. Mais le plus souvent, les signes réapparaissent après quelques mois. Les infiltrations ne doivent pas être trop répétées et la chirurgie devient alors

nécessaire pour faire baisser définitivement la pression dans le canal carpien et libérer le nerf médian. L'intervention consiste à ouvrir l'épais ligament antérieur qui ferme le canal. La synoviale qui entoure les tendons peut être enlevée lorsqu'elle est épaissie ou pathologique. Cette intervention est réalisée sous anesthésie du membre supérieur locale pure ou loco-régionale et en ambulatoire.

• Solution orthétique :

Dans le SCC modéré ou en attendant la chirurgie, le médecin pourra prescrire le port d'une attelle de poignet. Le principe de l'immobilisation est le port de l'attelle lors des périodes d'inactivité diurnes et nocturnes. L'orthèse pourra être portée de façon à stabiliser le poignet en position neutre afin que la pression intracanaulaire soit la plus faible possible. En effet, l'immobilisation permet d'éviter de « couder » le canal étroit et sténosant dans lequel se situe le nerf médian. Elle permet également un relâchement musculaire diminuant les contraintes (augmentation de volume des structures, vascularisation...). L'orthèse sera portée avec 30° d'extension et 10° de déviation cubitale afin d'atténuer la ténosynovite des tendons fléchisseurs (Agence Nationale d'Accréditation et d'Evaluation en Santé., 1997). L'orthèse pourra ou non immobiliser le pouce en fonction des douleurs décrites par le patient. La durée du port de l'orthèse sera déterminée en fonction de l'étiologie et de l'évolution clinique (de 6 semaines jusqu'à 12 mois). L'immobilisation par une attelle de repos est tout à fait justifiée dans l'apparition d'un SCC au cours de la grossesse en raison de son caractère transitoire ou après une sollicitation intensive inhabituelle de la main. Suite à une prescription d'une attelle de repos dans le cadre d'un SCC, deux solutions orthétiques pourront être proposées [18] :

- Les orthèses de série :

Les orthèses de série sont commercialisées par les laboratoires d'orthopédie. Elles sont fabriquées en série, de manière industrielle et sont, dans la plupart des cas, disponibles en plusieurs tailles. Il est important de faire le tri dans l'immense gamme d'orthèses de poignet disponibles sur le marché. En effet, les orthèses de série sont considérées comme des dispositifs de classe I au regard de la directive européenne 93/42 (ou 2007/47) relative au marquage CE des dispositifs médicaux. Elles doivent donc faire l'objet d'une déclaration par le fabricant qui s'engage à établir la documentation technique permettant d'apporter la preuve de la conformité de ces produits aux exigences essentielles du marquage CE (respect des conditions de conception et de fabrication, résultats des analyses de risque...), et à mettre en œuvre des procédures d'assurance qualité.

Ces orthèses apparaissent sur la liste des produits et prestations remboursables (LPPR). Cependant, toutes ces orthèses ne sont pas équivalentes en termes de qualité. Tout d'abord, je conseillerai de proscrire les solutions adaptables et ambidextres (type Thuasne « Le Poignet® », l'attelle « Poignet Ambidextre » de Herdegen ou encore l'ambidextre « Robé médical »). Selon F. Degez, (kinésithérapeute au centre de la main de l'hôpital d'Angers), seule l'orthèse ambidextre, Néo Confort® du fournisseur Ezy wrap, est l'une des rares à bloquer correctement les articulations carpo-métacarpiennes mais elle n'est disponible qu'en taille unique. Cependant nous préférons privilégier les orthèses se différenciant par des modèles droits ou gauches permettant d'avoir le meilleur positionnement possible. Cela nécessite de stocker davantage de modèles mais leur efficacité est souvent nettement supérieure en termes de confort et d'immobilisation. Nous ne parlerons pas des orthèses commercialisées sur internet avec des noms plus ou moins originaux et dont la qualité est souvent à la hauteur du prix. Je rappellerai

aussi que certains modèles commercialisés en pharmacie par des laboratoires n'étant pas experts en orthopédie ont causé de graves brûlures chez plusieurs patients. Dans le syndrome du canal carpien nous préférons utiliser les modèles de série suivants :

- La manu Immo® Thuasne :

Elle permet une stabilisation du poignet et de l'extrémité inférieure de l'avant-bras. Le système de scratch est simple et celle-ci est disponible en cinq tailles dont un modèle junior (figure25) [19].



*Figure 25 : Orthèse manu Immo®*

- La manu Vario® Thuasne :

Elle permet un renforcement antérieur et dorsal (baleinée des deux côtés). Et celle-ci est réglable en trois positions. Cependant elle est moins agréable à porter à long terme que la manu Immo® (figure 26) [19].



*Figure 26 : Orthèse manu Vario®*

- Manugib<sup>®</sup> Canal Carpien, Gibaud :

Elle est la seule orthèse spécifiquement créée pour le syndrome du canal carpien. Elle a la caractéristique d'être réglable en flexion et en extension à plus ou moins 20°. L'extension pour la mise au repos des doigts est réglable et/ou amovible. Cette orthèse est à porter la nuit et est disponible en quatre tailles. Elle est très efficace mais encombrante et difficile à supporter toute la nuit (figure 27) [20] (annexe 6).



*Figure 27 : Manugib Canal carpien<sup>®</sup>*

- Respigant<sup>®</sup> Donjoy :

Cette orthèse permet une très bonne immobilisation du poignet à 20° avec un maintien jusqu'aux articulations métacarpo-phalangiennes. Elle est disponible en quatre tailles et a l'avantage d'être très légère (moins de 500g). Sa texture en lycra en fait une des plus confortables du marché (figure 28).



*Figure 28 : Respigant<sup>®</sup> Donjoy*

- Les orthèses thermoformées :

L'intérêt de ces orthèses thermoformées, par rapport aux orthèses de série, est le repos des articulations métacarpo-phalangiennes permettant de réduire la sollicitation des muscles intrinsèques de la main qui peuvent irriter le nerf médian à la sortie du canal carpien. Plusieurs formes d'orthèses sont réalisables pour l'appareillage d'un patient atteint d'un syndrome du canal carpien.

• Orthèse poignet/pouce thermoformée (figure 29):

L'orthèse est réalisée avec de l'Orfit 2mm Non Sticky (NS). Le poignet et le pouce sont immobilisés. Cette orthèse permet de relâcher le canal carpien et d'immobiliser le pouce. Elle est très utile dans les SCC associés aux rhizarthroses ou dans les SCC douloureux et irradiant dans le pouce.



*Figure 29 : Orthèse poignet/pouce thermoformée*

• Orthèse palmaire 20° thermoformée (Figure 30) :

Cette orthèse est réalisée avec de l'Orfit d'épaisseur 3,2mm. Elle permet d'immobiliser la main et les doigts en plus du poignet. Cette orthèse est réalisée avec un moulage pesant avec la main en position de réception et les doigts légèrement en extension. Elle permet une mise au repos complète de la main et du poignet pendant les phases de repos. Elle est très efficace dans les douleurs associées au syndrome du canal carpien et se porte essentiellement la nuit (annexe 8).



*Figure 30 : Orthèse palmaire thermoformée 20°*

- Orthèse poignet 20° thermoformée (figure 31):

L'orthèse est réalisée avec de l'Orfit color®. Seul le poignet est immobilisé. Cette orthèse est très facile et rapide à positionner et permet de relâcher le canal carpien. Elle est cependant moins efficace dans le syndrome du canal carpien que les orthèses main/poignet (annexe 7).



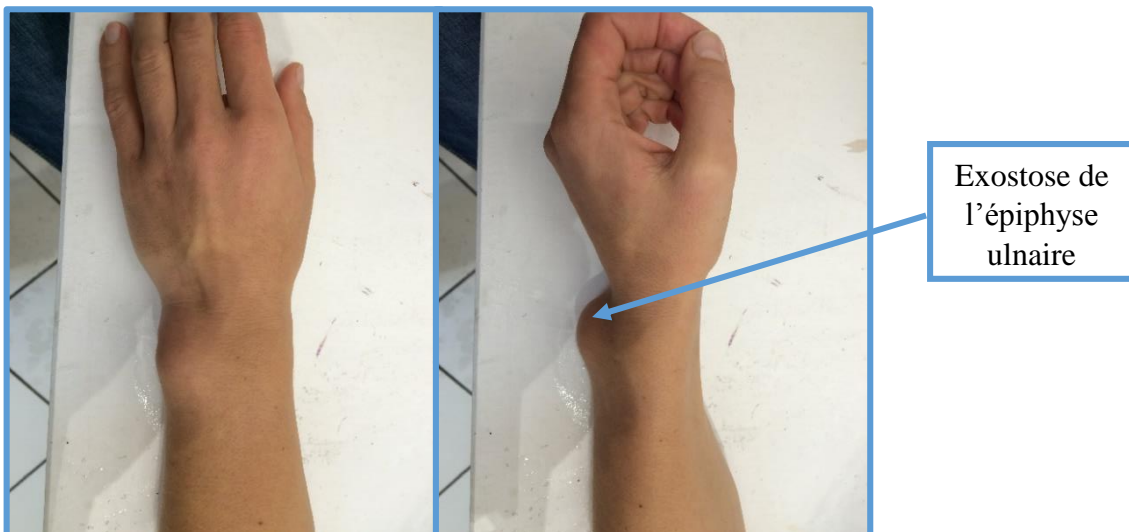
Figure 31 : Orthèse poignet thermoformée 20°

#### 5) Cas pratique :

Le 07/10/2015,

Mme D.I, 39 ans, atteinte d'une maladie de Madelung (radius curvus) provoquant une « subluxation antérieure spontanée et progressive du poignet » [32].

Il s'agit d'une déformation du poignet et de l'avant-bras qui peut être congénitale ou acquise. La maladie congénitale est transmise par un gène dominant à pénétrance incomplète. Les femmes sont quatre fois plus atteintes que les hommes [33]. L'atteinte est uni ou bilatérale mais souvent asymétrique (figure 32).



Exostose de l'épiphyse ulnaire

Figure 32 : Photo du poignet de Mme D.I

Dans le cas présent, Mme D.I souffre de douleurs inflammatoires au niveau du poignet. Elle a beaucoup de mal à trouver un appareillage de série adapté car toutes les orthèses qu'elle a déjà essayé appuient sur l'exostose située au niveau du poignet. Son médecin traitant lui préconise de porter une orthèse de poignet thermoformée pour la soulager, en complément de son traitement anti-inflammatoire.

Nous réalisons alors cette orthèse sur mesures avec de l'Orfit® Light 2mm, puis nous l'appliquons à chaud sur la main et le poignet (figure 33) [34]. Pour éviter le frottement sur le styloïde ulnaire, nous insisterons sur cette zone en réchauffant l'orthèse pour laisser une bonne place à l'exostose. Nous avons décidé pour plus de confort de poser l'orthèse en superposé pour éviter les plis au niveau du bras lors de la fermeture de l'orthèse. Un mois plus tard, nous prenons des nouvelles de notre patiente qui semble soulagée de ses douleurs et de l'orthèse qu'elle ne porte plus que quelques heures dans la journée.



*Figure 33 : Orthèse thermoformée de Mme D.I*

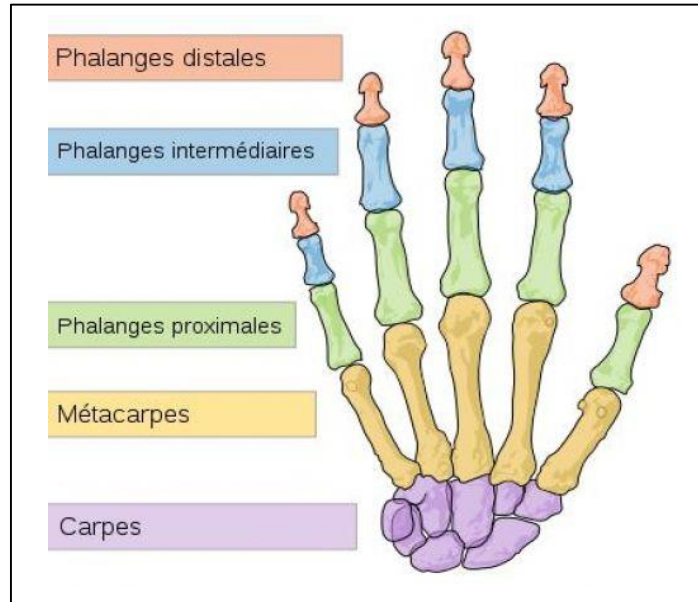


## **D) Appareillage de la main et des doigts :**

### 1) Fractures des métacarpiens :

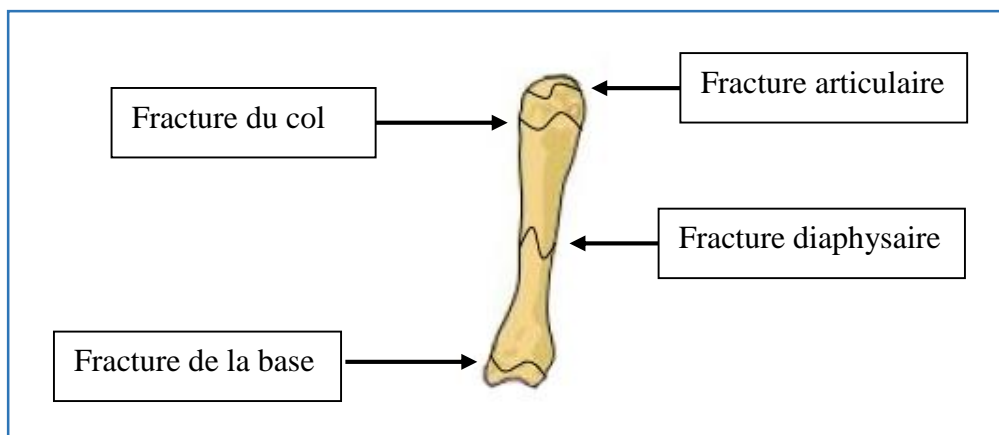
#### • Pathologie :

Les fractures des métacarpiens représentent plus de 30% des fractures de la main [21]. Dans leur majorité, ces fractures sont peu déplacées et stables. Seulement 25% d'entre elles relèvent du traitement chirurgical (figure 34) [22].



*Figure 34 : Schéma de la main*

Les fractures métacarpiennes se différencient en quatre type : Les fractures de la base, les fractures diaphysaires, les fractures du col et les fractures articulaires de la tête des métacarpes (figure 35).



*Figure 35 : Schéma des différents types de fractures métacarpiennes*

Les fractures articulaires sont potentiellement instables et source d'arthrose secondaire, contrairement aux fractures extra-articulaires qui ne présentent pas de risque important de déplacement secondaire si le traitement est correctement conduit [23]. Cette consolidation



rapide entraîne parfois un abus d'immobilisation en cas de traitement orthopédique ou en l'absence de rééducation et des séquelles démesurées par rapport à l'atteinte initiale peuvent retentir sur la fonction de la main. Comme l'écrivait Swanson en 1970, « Les fractures des métacarpiens peuvent se compliquer d'une déformation à la suite d'une absence de traitement, d'une raideur à la suite d'un excès de traitement et à la fois d'une déformation et de raideurs à la suite d'un traitement inadapté ».

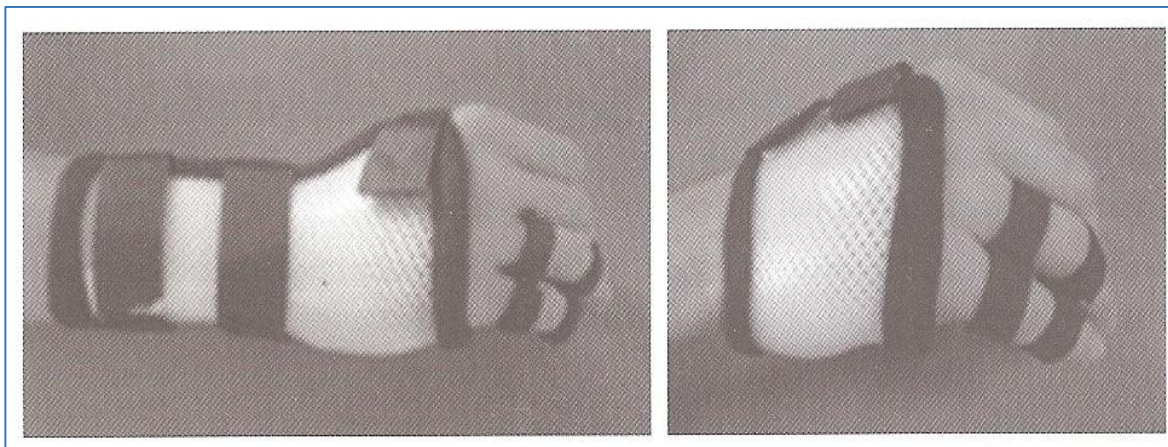
• Traitement :

Devant les effets iatrogènes de l'immobilisation, deux grands types de traitements se dégagent : la mobilisation protégée active immédiate dans le cas de fractures non ou peu déplacées stables (le traitement fonctionnel), et l'ostéosynthèse minutieuse dans le cadre de fractures déplacées, secondée par une mobilisation protégée postopératoire immédiate. Notre démarche thérapeutique dépendra alors du type de lésion observée. L'impératif étant de permettre la mobilisation précoce du doigt atteint sans perturber la cicatrisation osseuse. Le traitement orthopédique et plus particulièrement le traitement basé sur l'utilisation d'orthèses thermoformables qui s'adaptent idéalement à la morphologie du patient permet de libérer les articulations non concernées par la fracture.

Il est possible de réaliser une orthèse permettant la mobilisation précoce car c'est cette méthode qui permet d'obtenir les meilleurs résultats. En revanche, ce traitement n'est possible qu'en cas de fracture stable en l'absence de douleurs trop intenses. Cette orthèse permet alors la cicatrisation osseuse tout en entretenant la mobilité des articulations métacarpophalangiennes en flexion/extension dans un premier temps (les doigts étant maintenus par une syndactylie). Dans ce cas, l'évolution doit être contrôlée pour limiter les risques de déplacement secondaire.

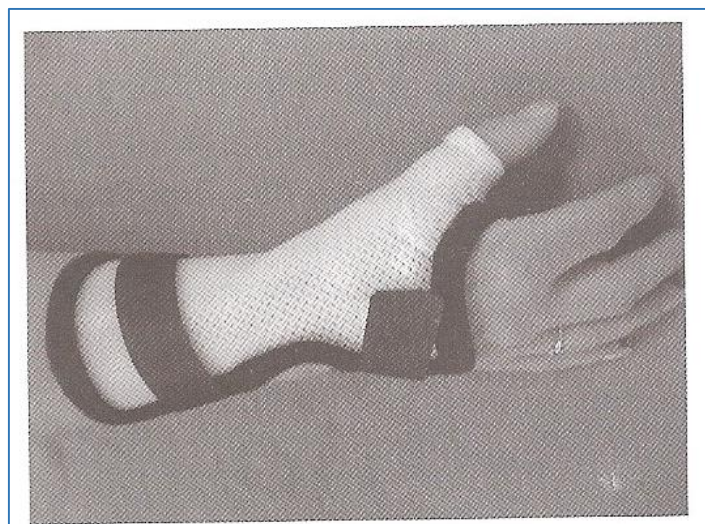
• Solution orthétique :

Les fractures métacarpiennes sont souvent difficiles à appareiller avec les orthèses de série. La solution thermoformée permet de protéger la zone métacarpienne en associant une syndactylie des phalanges concernées. Dans ce type de traumatisme, les orthèses thermoformables sont appropriées car elles permettent d'immobiliser le patient « à la demande » du médecin qui a prescrit cette orthèse. Les fractures instables des métacarpiens seront appareillées avec des orthèses dites « de Thomine » (Figure 36 gauche) qui placent le poignet en extension 30° et l'AMP à 70°, associé à une syndactylie laissant les articulations inter-phalangiennes libres. Les fractures stables seront appareillées avec un simple gantelet métacarpien associé à une syndactylie (Figure 36 droite).



*Figure 36: Orthèses d'immobilisation métacarpienne*

Pour les fractures stables de la base du premier métacarpe, une orthèse immobilisant le poignet et le pouce pourra être réalisée. Elle laissera l'articulation interphalangienne du pouce libre (Figure 37).



*Figure 37 : Orthèse poignet pouce thermoformée*

Ces orthèses devront dans tous les cas être portées le moins longtemps possible pour commencer la rééducation dans les 48h à 4 jours après le traumatisme. Elle pourra cependant être conservée la nuit pour éviter les douleurs nocturnes

## 2) Lésions des articulations métacarpo-phalangiennes :

### • Pathologie :

Ces traumatismes surviennent majoritairement lors de la pratique des sports de ballon, notamment lorsque la main entre en contact direct avec la balle comme instrument de frappe ou de propulsion, pour des sports tels que le volley-ball, le basket-ball, le handball, le rugby, etc. Les traumatismes professionnels sont également fréquents, en particulier lors de l'utilisation

d'outils motorisés, ou du port ou de chute de charges lourdes. Une autre cause de lésion des axes digitaux est la percussion accidentelle du doigt lors d'une chute ou lorsqu'il se situe sur la trajectoire soit de la balle (football) soit d'un mouvement effectué (professionnel ou sportif). Ces lésions sont le plus souvent consécutives à un geste brusque ou inadapté, parfois très violent, pouvant entraîner des lésions graves.

Trois types de lésions principales peuvent être observés :

- les entorses, particulièrement fréquentes, qui correspondent à la lésion d'un seul plan capsulo-ligamentaire, sans perte de congruence articulaire ;
- les luxations, qui sont la conséquence d'une rupture complète des plans capsulo-ligamentaires, avec perte de la congruence articulaire ;
- les fractures, qui peuvent accompagner la luxation sont plus graves et leur diagnostic est difficile.



*Figure 38 : Radiographie d'une entorse grave du deuxième et troisième rayon avant et après traitement.*

**• Traitement :**

Le traitement des luxations et/ou fractures de l'articulation métacarpo-phalangienne est chirurgical. Ces lésions sont rares et souvent difficiles à identifier. Cependant les entorses qui sont plus fréquentes peuvent tout à fait être traitées à l'officine avec un matériel approprié.

Le traitement des entorses MP repose sur une syndactylie (figure 39) qui devra être portée 8 à 15 jours dans les entorses bénignes et jusqu'à 45 jours dans les entorses graves. Le port de cet appareillage pourra être accompagné d'une prise d'antalgiques et d'un glaçage journalier en cas d'œdème important.



*Figure 39 : Syndactylie du deuxième et troisième rayon.*

Dans les entorses graves ou en post-op dans le cadre des luxations ou fractures de l'AMP, une orthèse de type « AMP stop » (figure 40) pourra être associée à la syndactylie et permettra de garder l'AMP en flexion tout en évitant l'hyperextension des doigts longs. Cette orthèse sera portée 3 à 6 semaines. [24]



*Figure 40 : Orthèse AMP stop des deux premiers rayons de la main gauche.*

### 3) Lésions des articulations inter phalangiennes :

#### • Pathologie :

L'entorse de l'articulation interphalangienne (IPP) signifie l'allongement d'un ligament jusqu'à sa déchirure : il s'agit alors d'une entorse grave. Les entorses des articulations des doigts sont extrêmement fréquentes, notamment lors des activités sportives ou des jeux de ballon en particulier dans le cadre scolaire chez l'enfant et l'adolescent.

Le plus souvent le doigt se "retourne à l'envers", entraînant une déchirure de la plaque palmaire qui est un ligament situé face palmaire. Une déchirure d'un ligament latéral est très souvent associée. Après le geste forcé, le blessé ressent une douleur souvent importante associée à une impotence fonctionnelle du doigt traumatisé. Une ecchymose bleuâtre apparaît souvent face palmaire en regard de l'articulation blessée.

La radiographie du doigt est utile. Soit le cliché face profil est normal, soit il existe un arrachement osseux. Cet arrachement témoigne de l'importance du traumatisme, mais il n'est pas préjudiciable et il ne modifie pas le traitement.

#### • Traitement :

Le but du traitement est de favoriser la consolidation des ligaments et de retrouver une articulation mobile et stable. Les ligaments rompus doivent être protégés pendant la période de cicatrisation (3 à 6 semaines) : Au début, une attelle maintient l'articulation en extension pendant 8 à 10 jours. Cette attelle de Stack (ou Staxx) (figure 40) ne prend que l'articulation concernée laissant libres les articulations voisines, l'interphalangienne distale et l'articulation métacarpo-phalangienne.



*Figure 40 : Attelle de Stack*

L'attelle est ensuite ôtée et le doigt est solidarisé avec le doigt voisin par syndactylie. Nous préférons les syndactylies thermoformées aux syndactylies en Elastoplast® car celles-ci sont difficiles à enlever, en particulier lorsque le doigt est encore douloureux.

Il n'est pas rare que le doigt reste gonflé plusieurs mois après le traumatisme car la réparation des ligaments atteints est longue. Les séquelles sont peu fréquentes mais il peut apparaître un enraidissement de l'articulation touchée voir plus rarement une instabilité de cette même articulation nécessitant une nouvelle orthèse en extension nocturne.



## **VI) Pathologies du membre inférieur et solutions orthétiques.**

### **A) Généralités :**

Les pathologies du membre inférieur sont également très diverses, mais souvent beaucoup plus délicates à appareiller que pour le membre supérieur. En effet, il est difficile d'immobiliser un genou ou une cheville avec le matériel thermoformable pour des raisons mécaniques, et parce que l'immobilisation se fait majoritairement à l'aide de plâtres directement à l'hôpital. En revanche les petites pathologies du pied et des orteils s'appareillent très facilement et les orthèses thermoformables s'avèrent très utiles dans des pathologies particulières comme l'hallux valgus, les orteils en marteau ou encore les lésions des orteils. Nous verrons dans cette partie quelques pathologies pouvant être appareillées avec du matériel thermoformable pour terminer cet exercice par l'étude que nous avons réalisé sur l'hallux valgus.

### **B) Hallux valgus :**

#### 1) Introduction :

L'hallux valgus est une déformation complexe puisque non seulement on retrouve une angulation du premier rayon [27], mais encore une rotation du premier métatarsien sur son axe telle que l'avait décrite Broca [28]. L'hallux valgus constitue alors une désaxation du premier rayon souvent secondaire à un varus métatarsien, élément primitif, qui conditionne le valgus du premier orteil. Dans le langage populaire, on qualifie cette saillie douloureuse du terme de « oignon ». [29]

#### 2) Pathologie :

L'hallux valgus est une pathologie souvent insidieuse car elle met la plupart du temps de nombreuses années à se mettre en place, et finit par devenir très handicapante pour le chaussage et pour la marche. Elle provoque des lésions osseuses et ostéoarticulaires comme l'exostose développée sur la face médiale (interne) de la tête du premier métatarsien. Cette exostose apparaît comme une saillie plus ou moins volumineuse, constituée par un os avec des géodes remplies de graisse et recouvertes de néo-cartilage irrégulier. L'ensemble de ces lésions provoque un désaxage osseux hypertrophiant et désaxant la première phalange et entraînant des lésions arthrosiques.



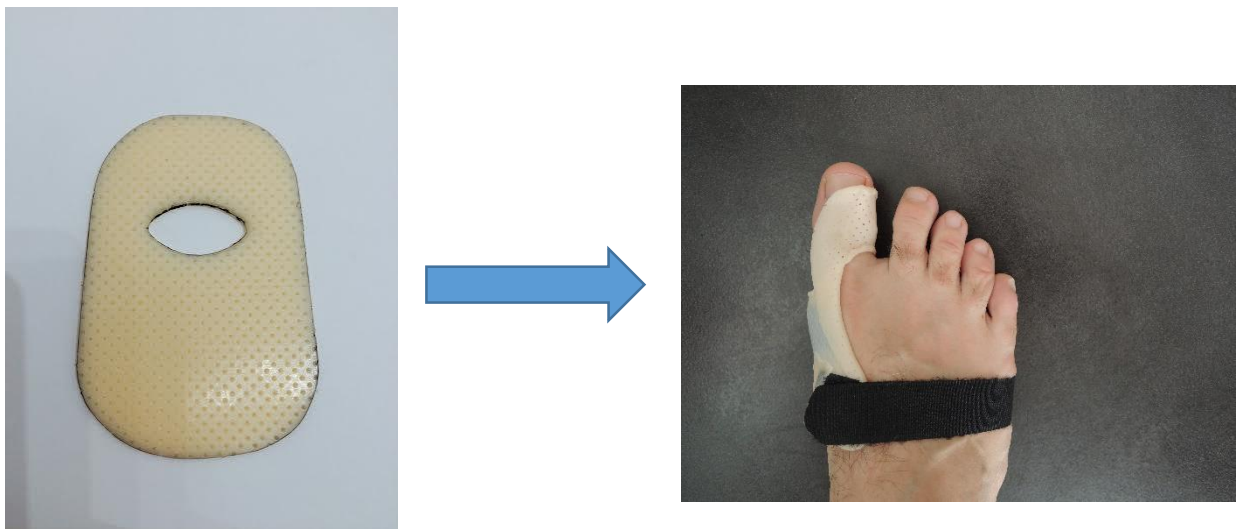
*Figure 41 : Photos de pieds atteints d'un hallux valgus*

Les lésions sont également tendineuses et ligamentaires car l'extenseur propre du gros orteil accentue la déformation, et sa rétractation la fixe car il finit par devenir fonctionnellement adducteur. Pour finir, les lésions cutanées et sous cutanées liées au frottement de la chaussure en regard de l'exostose fait apparaître un épaissement épidermique induré puis, dans les tissus sous dermiques une bursite. Cette bursite peut évoluer pour son propre compte : simple réaction congestive au début, puis inflammatoire, parfois même une bursite suppurée pouvant ainsi contaminer dans les cas extrêmes l'os sous-jacent. Un durillon peut également apparaître sur le bord interne de la deuxième phalange.

### 3) Traitement :

Le seul traitement permettant de supprimer l'exostose et de remettre l'orteil dans l'axe est chirurgical. En revanche, il semble possible de diminuer la progression de la déformation à l'aide d'orthèses de port diurne ou nocturne venant faire un bras de levier sur l'hallux (figure 42).

Ces orthèses souples sont disponibles de série dans de nombreux laboratoires (Epitact® orthèse correctrice...), mais il est également possible de les réaliser sur mesures afin d'exercer la pression désirée sur l'orteil en fonction de la sensibilité de chacun. Ces orthèses doivent être portées toutes les nuits pendant une durée d'au moins 20 mois. Elles sont réalisées avec une orthèse de type « barbabapa » et sont moulées à chaud sur le pied du patient (Cf chapitre Notre étude) [41].



*Figure 42 : Appareillage avec une orthèse d'hallux valgus*

## **C) Quintus Varus :**

### 1) Introduction :

Le quintus varus est une déformation spécifique du 5e métatarsien de l'avant pied identique à celle de l'hallux valgus mais en sens inverse, comme reflétée dans un miroir : la « tête » de cet os vient frotter sur le bord externe de la chaussure, ce qui entraîne la formation d'une « bosse » inflammatoire douloureuse, et parfois une déviation du 5e orteil en dedans vers le 4e orteil [30].

Dans certains cas, le 5e orteil peut se positionner au-dessus du 4e orteil (quintus varus « supraductus ») ou en dessous de celui-ci (quintus varus « infraductus »).

### 2) Pathologie :

Le quintus varus est une anomalie congénitale présente dès la naissance (très fréquente) [31]. Cependant, il peut aussi être causé par un traumatisme ancien, une pathologie inflammatoire et est assez souvent en rapport avec la pression exercée par la chaussure sur la tête du 5e métatarsien. Cette pathologie entraîne les mêmes symptômes que l'hallux valgus dans l'autre sens, car nous observerons un métatarsus valgus au niveau du 5<sup>ème</sup> métatarse et une déformation en varus du petit orteil [35].

### 3) Traitement :

Le port d'un séparateur d'orteil ou d'une petite orthoplastie pourra soulager les douleurs de frottement liées à la marche dans la journée, mais il sera également possible de positionner une orthèse thermoformée corrective pour redresser légèrement l'orteil en question. L'orthèse sera identique à l'orthèse corrective d'hallux valgus mais en plus petit pour s'adapter au format du petit orteil. Le protocole de port sera : toutes les nuits pendant 20 mois avec rendez-vous de contrôle tous les trois mois.



## **VII) Notre étude.**

### **A) Introduction :**

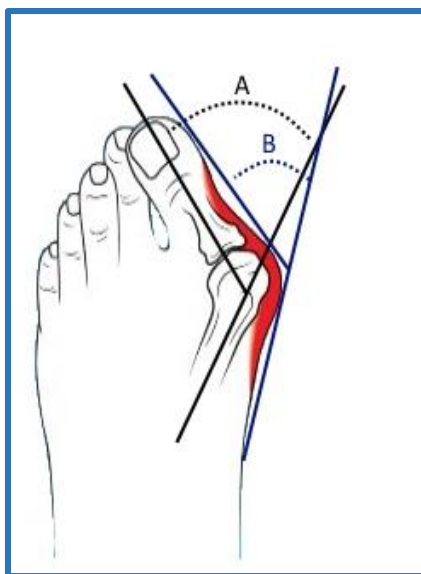
Etude prospective d'efficacité des orthèses correctives d'hallux valgus thermoformées réalisée du 30 juin 2014 au 30 octobre 2015. Etude réalisée à la pharmacie Cayeux à Rang-du-Fliers (62). Dans cette étude, nous appellerons l'angle du valgus métatarso-phalangien, l'angle de déviation de l'hallux.

### **B) Matériel et méthode :**

#### 1) L'orthèse thermoformée d'hallux valgus :

L'orthèse correctrice d'hallux valgus thermoformée est une orthèse réalisée sur mesures dans un matériau thermoformable. Nous avons choisi pour la réalisation de ces orthèses, l'Orfit<sup>®</sup> qui est commercialisé par le laboratoire Gibaud en France. Ces orthèses sont d'abord découpées dans des plaques entières (de préférence de l'Orfit sticky 2mm) pour former un « Barbapapa » qui sera ensuite chauffé dans l'eau chaude à 70° puis travaillé directement sur le pied du patient à chaud. Des velcros sont ensuite fixés sur l'orthèse pour maintenir l'orthèse sur le pied pendant la nuit.

Pour cette étude débutée le 30 juin 2014, nous nous sommes intéressés uniquement aux personnes souffrant d'un hallux valgus avec un angle d'hallux valgus apparent supérieur à 20° (mesuré à l'extérieur du pied B avec un rapporteur). Cet angle est par ailleurs légèrement minimisé par rapport à l'angle osseux mesuré de manière radiologique A [25] (figure 43). Les patients ont été appareillés pendant une durée minimale de un an avec une visite de contrôle trimestrielle à la pharmacie. A chaque visite l'angle d'hallux valgus a été mesuré sans consultation des valeurs précédentes dans un souci d'impartialité. Les sensations de gêne ou de douleurs ont été notifiées dans le dossier de chaque patient. Certaines orthèses ont été modifiées en cas de douleur ou redressées lorsque l'évolution était satisfaisante.

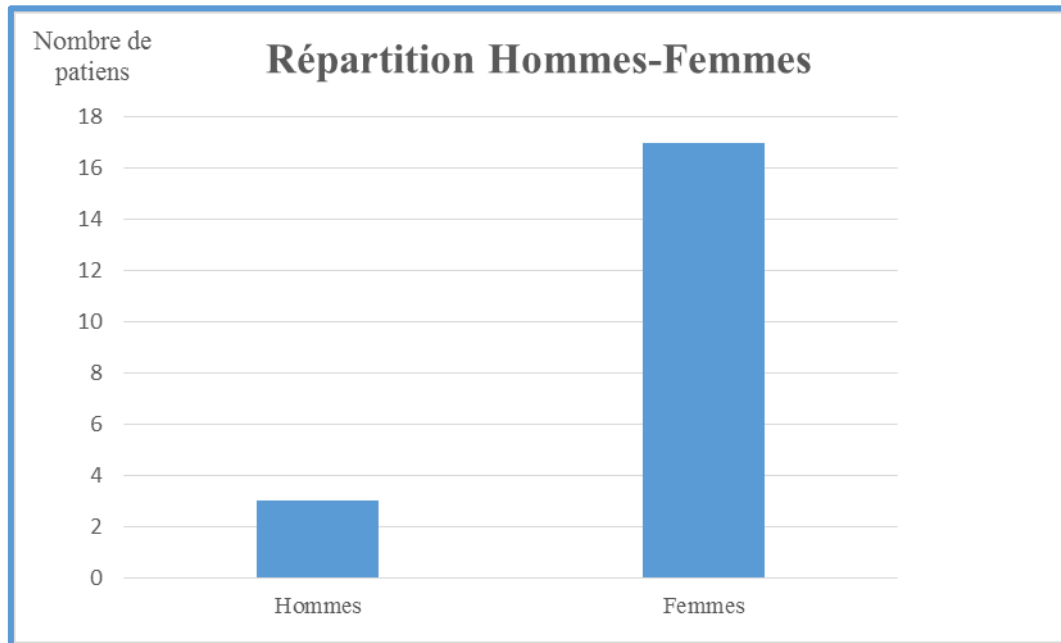


*Figure 43 : Mesure de l'angle de déviation de l'hallux.*

## 2) La série :

Du 30 juin 2014 au 30 octobre 2015, 24 pieds chez 20 patients (17 femmes et 3 hommes) ont été appareillées avec une orthèse d'hallux valgus thermoformée à la pharmacie Cayeux à Rang-du-Fliers. Il s'agit de 13 pieds droits et 11 pieds gauches.

L'âge moyen était de 54,8 ans (étendue de 24 à 78 ans), avec un angle de déviation moyen initial de 31,6° (étendue de 20 à 44°). Sur l'ensemble de la série, aucun patient n'est diabétique.



## 3) Données cliniques :

Avant le port de l'orthèse, l'hallux valgus a été qualifié douloureux par 46% des patients et a été décrit comme handicapant pour le chaussage par 81% des patients appareillés. L'oignon était rouge et inflammatoire dans 19% des cas.

## 4) Méthode :

Les 20 patients représentant les 24 pieds étaient revus par le même examinateur, avec un recul minimum de trois mois et au maximum 6 mois, le recul moyen étant de 3,9 mois. Tous les hallux valgus ont été mesurés à chaque rendez-vous de contrôle réalisé tous les 3 mois sans prise en compte des résultats précédents.

Les résultats étaient appréciés selon les trois critères cliniques de GROULIER (Annexe 10), adaptés à la pratique officinale :

- Le résultat au niveau du premier rayon a été évalué en étudiant la correction de la déformation ;

- Les résultats sur les troubles statiques de l'avant pied ont été évalués par l'influence de l'orthèse sur les métatarsalgies, les cors et durillons présents au niveau plantaire ou sur les orteils ;

- L'activité fonctionnelle des patients a été jugée d'après la faculté au chaussage et à la marche (sportive ou quotidienne) ;

Nous n'avons pas utilisé de critères radiologiques dans cette étude.

## **C) Résultats :**

### 1) Les complications :

Aucune complication grève n'a été à déplorer à la suite du port de l'orthèse. En revanche, 90% des patients ont ressenti des douleurs nocturnes lors des deux premières semaines de port de l'orthèse avec des sensations de tiraillement les obligeant à retirer l'orthèse la nuit. Ces douleurs ont spontanément régressé après une à quatre semaines de port. Deux patients ressentent encore des douleurs et des démangeaisons pendant la nuit après un mois de port de l'orthèse. Ces douleurs n'ont pas nécessité d'interruption de port de l'orthèse mais ces personnes ne les laissent pas toute la nuit. Il semble que l'application d'une mousse protectrice dans l'orthèse diminue cette sensation de démangeaison mais celle-ci se salit rapidement et il est nécessaire de la changer au minimum tous les trois mois. Une personne a décidé d'arrêter de porter l'orthèse pour se faire opérer, nous l'avons donc retirée de cette étude qui porte sur les patients appareillés pendant au moins un an.

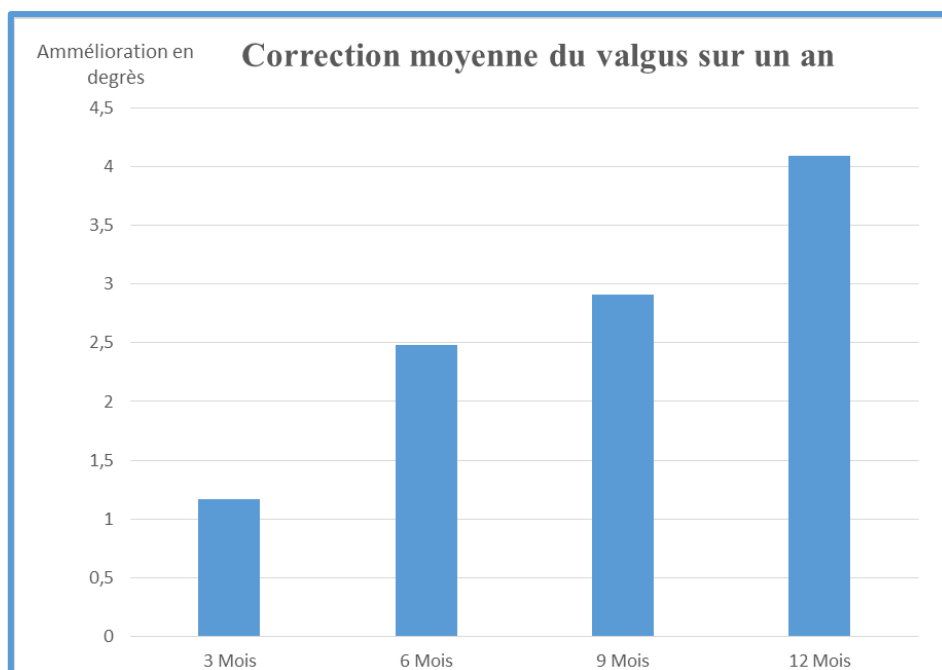
Parmis l'ensemble des patients traités pendant cette année, aucune ulcération ou plaie n'a été à déplorer au niveau de l'orthèse, nous avons aussi profité de cette période pour traiter les ongles atteints par des mycoses. Il était systématiquement recommandé d'hydrater les pieds régulièrement à l'aide d'une crème appropriée pour limiter les risques d'apparition de plaies au niveau de l'orthèse.

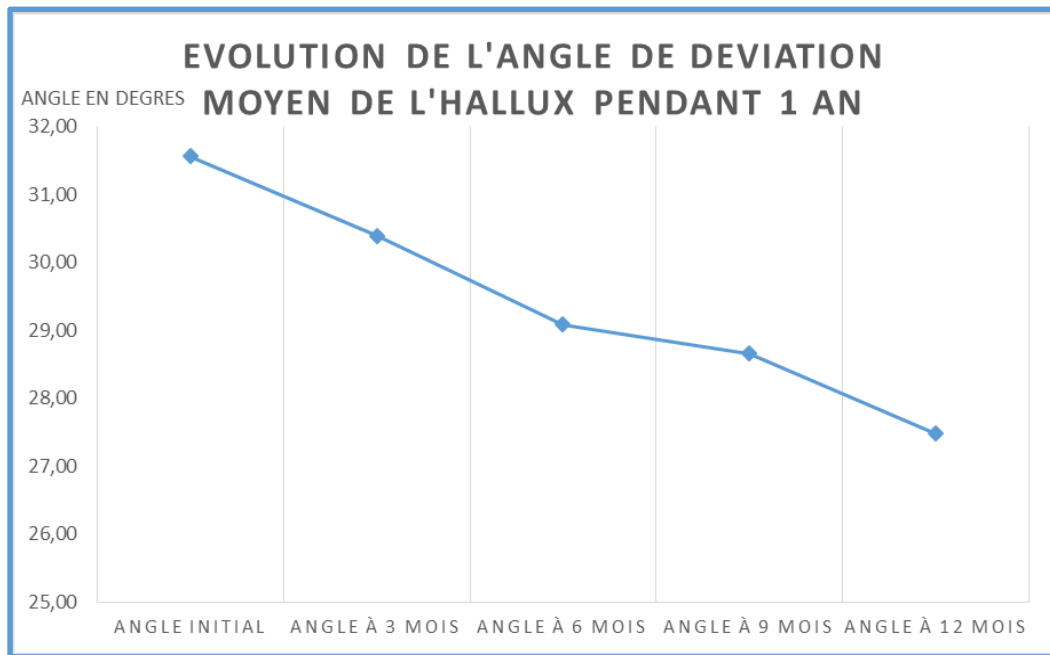
### 2) Résultats analytiques au niveau du premier rayon :

#### a) Correction de la déformation :

Le valgus métatarso phalangien a été corrigé en moyenne de  $4,1^\circ$  (soit une amélioration de 13%) sur un an avec une étendue de  $0^\circ$  à  $8^\circ$ . Chez deux personnes (deux pieds), nous n'avons constaté aucune amélioration de l'angle de déviation, ces deux patients ont plus de soixante ans. Trois personnes (quatre pieds) ont eu une amélioration d'au moins 6 degrés, ces trois patients ont moins de quarante ans [38].

Chez les personnes de moins de quarante ans, le valgus a été corrigé en moyenne de  $5^\circ$ .





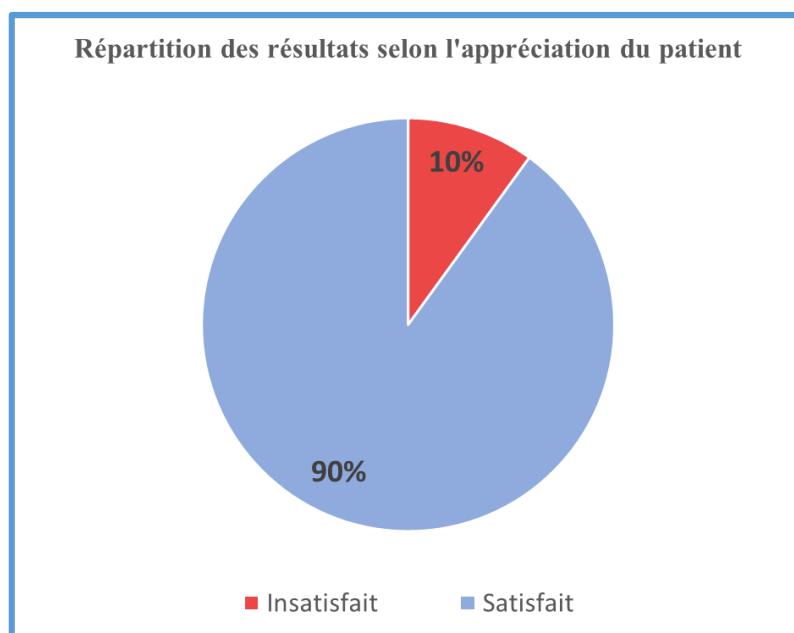
b) La douleur :

Après un an de port de l'orthèse, 16% des patients déclarent avoir encore un hallux valgus douloureux (contre 46% au début). La majorité des patients déclarent ressentir moins de frottement dans la chaussure et deux patients déclarent ne plus avoir de gêne liée au frottement entre l'hallux et la deuxième phalange.

c) Activité fonctionnelle :

Après un an, 58% des patients déclarent être gênés pour le chaussage (contre 81% au début). Quatre personnes ont pu recommencer la marche à pied, l'une d'entre elle ne pouvait plus marcher plus de 30 minutes.

d) Satisfaction :



## **D) Discussion :**

Le résultat global permet de dire que ces orthèses thermoformables apportent une amélioration en général de plus de quatre degrés en moyenne sur un an. Cependant ces orthèses sont normalement prévues pour être portées pendant une durée d'au moins 20 mois pour un résultat optimal. Il semble qu'il y ait une corrélation entre l'âge des patients et la diminution de l'angle du valgus métatarso-phalangien dans notre étude et il est effectivement facile de constater que les patients les plus jeunes voient une efficacité supérieure à celle des patients plus âgés. Les patients ayant eu les plus grands progrès ont moins de 40 ans, et chez une patiente de 26 ans, nous avons pu voir une correction de 8°.

Les deux personnes n'ayant vu aucune modification avaient un angle initial de plus de 40°. Les patients atteints d'un hallux valgus inférieur à 30° initialement semblent avoir une meilleure efficacité de l'orthèse que les personnes ayant un hallux valgus supérieur à 40°.

Il est indispensable d'adapter l'orthèse tous les trois mois et de la retravailler lorsque nous avons une diminution de l'angle de déviation de l'hallux pour la redresser légèrement. Ce traitement se fait sur du long terme et il est nécessaire de commencer doucement en redressant l'orthèse progressivement en vue d'améliorer l'observance.

Le sujet idéal pour le port de ces orthèses serait un sujet jeune (moins de 40 ans) avec un hallux valgus modéré (inférieur à 30°).

Il serait intéressant de comparer l'efficacité de ces orthèses sur mesures à l'efficacité des orthèses de série type « Epitact », même si cela s'avère difficile. Par expérience, les orthèses souples et élastiques sont rarement supportées par le patient tant elles sont douloureuses à porter.

## **E) Conclusion de l'étude sur l'hallux valgus :**

L'orthèse thermoformée d'hallux valgus permet une amélioration fonctionnelle du premier rayon. Elle permet de corriger l'angle du valgus métatarsophalangien en particulier lorsque la déviation est faible ou modérée. Cette alternative semble intéressante en particulier pour des sujets jeunes ou pour des personnes refusant de se faire opérer.

Il serait intéressant de visionner les résultats après 20 mois de port de l'orthèse car certains patients commencent tout juste à voir une amélioration. Il est indispensable pour la réalisation de ce type d'appareillage d'avoir affaire à une personne habituée et formée aux produits thermoformés pour éviter le risque de plaie au niveau du pied, et pour cette raison nous déconseillerons le port de ce type d'orthèses aux patients diabétiques.

## **VIII) Conclusion.**

Depuis la création des orthèses de série dans les années 50', l'appareillage n'a cessé d'évoluer et équipe aujourd'hui toutes nos pharmacies. L'invention des matériaux thermoformables en 1966, permettant de faciliter la réalisation des orthèses sur mesures, marque un nouveau virage dans l'appareillage orthopédique. Pendant les années 90', l'apparition des matières plus fines à moyen et grand étirement donne le coup de pouce nécessaire à la commercialisation des orthèses thermoformables au sein de nos officines. En effet, il est aujourd'hui possible de réaliser une orthèse sur mesures en quelques minutes pour que le patient puisse ressortir de la pharmacie avec son appareillage.

L'appareillage est un outil thérapeutique à part entière, le suivi des patients appareillés est probablement aussi important que l'appareillage lui-même. En conséquence, la prise de mesures, l'évaluation de la gêne ou de la douleur est une part essentielle de la délivrance de l'appareillage. Cette partie de la réalisation de l'orthèse est un premier avantage par rapport aux orthèses de série qui sont délivrées de manière plus systématique.

L'étude que nous avons réalisée, bien que critiquable par le faible nombre de 20 patients appareillés lors de cette période témoigne de l'efficacité de ces orthèses, et de l'engouement qu'elles représentent. C'est en particulier lors de cette étude que j'ai compris l'importance, pour être efficace, de délivrer une orthèse confortable pour le patient qui devient de ce fait beaucoup plus observant. Presque tous les patients que nous avons appareillés avaient déjà essayé des orthèses de série souples ou rigides et tous les ont arrêtées, faute de confort ou à cause des douleurs qu'elles entraînaient. En effet la solution thermoformable est « moulée » directement sur le patient. Cette caractéristique permet d'éviter les points de pression qui rendent d'ordinaire les attelles difficiles à porter sur le long terme (en particulier pour les orthèses de port nocturne).

Nous sommes encore limités par certaines contraintes dans l'appareillage de série chez les enfants et pour les personnes ayant des déformations au niveau des articulations ou des membres. Une simple syndactylie rigide de série se révèle parfois être un carcan très gênant pour le patient. La solution « sur mesures » permet de limiter et de résoudre ces problèmes et de confectionner un appareillage adapté à toutes les pathologies. Le rôle du pharmacien est alors renforcé dans la prise en charge car ces orthèses permettent de faire valoir notre savoir-faire auprès des autres professionnels de santé. J'ai effectivement pu constater l'intérêt des praticiens pour ces orthèses et nombre d'entre eux n'hésitent plus à spécifier « thermoformable » ou « sur mesures » sur leurs prescriptions, en particulier lorsque leurs patients ont été déçus par l'appareillage de série ou faute de trouver un appareillage adapté. Ce type d'initiative permet à mon sens de renforcer le rôle important du pharmacien dans l'observance du traitement orthétique dans une période où la législation sur la délivrance de ces appareillages est permissive et peu encadrée.

Enfin, cette perspective nouvelle doit encourager les officinaux à tenter l'aventure du thermoformable qui correspond à une véritable attente des praticiens et de leurs patients. Cette spécialité au cœur de l'officine est en lien direct avec les nouvelles missions du pharmacien décrites dans la loi HPST, en termes d'accompagnement et de conseil. Il est indispensable que les pharmaciens s'investissent dans ce domaine car si nous ne répondons pas à cette demande, d'autres le feront à notre place. Le pharmacien doit être au traitement, ce que le médecin est au

diagnostic, ce que l'infirmière est au soin, ce que la diététicienne est à l'alimentation et ce que le kinésithérapeute est à la rééducation. Notre place n'attend que nous, et il suffira de s'investir dans ce domaine pour prouver que nous sommes capables d'évoluer.

# **BIBLIOGRAPHIE**

- [1] Knock ou le triomphe de la médecine, théâtre.  
Jules Romains - 1923
- [2] Module orthèses thermoformables formation continue Orthophar. 2014
- [3] La main, un formidable outil de préhension  
[www.lecorpshumain.fr](http://www.lecorpshumain.fr)  
Consulté le 11/07/2014
- [4] Anatomie fonctionnelle (Tome I). Membre supérieur  
Maloine
- [5] Fonction du pouce.ppt Professeur Gilbert Versier  
Service de chirurgie orthopédique Saint-Mande
- [6] Cour de biomécanique du pouce PCEM 2 – UPJV
- [7] Rééducation de la main - Tome 2 – Grégory Mespilé  
Edition Sauramps médical
- [8] [Coursenligne.u-picardie.fr/ines/foadF/paes/32331/Cheville.pdf](http://Coursenligne.u-picardie.fr/ines/foadF/paes/32331/Cheville.pdf)
- [9] Schéma du service d'orthopédie de l'Institut Pasteur Brest.
- [10] IFCM : Institut français de chirurgie de la main  
<http://www.institut-main.fr/epicondylite-ou-tennis-elbow-46.html>  
Consulté le 11/07/2014
- [11] Orthèses de la main et du poignet / Protocoles de rééducation.



Michel Merle, Micheline Isel. Elsevier Masson, 2012.

[12] IFCM : Institut français de chirurgie de la main

<http://www.institut-main.fr/hygroma-du-coude-47.html>

Consulté le 08/06/2015

[13] SOS main

<http://www.mainetpoignet.com/chirurgie-du-poignet/les-entorses-du-poignet/>

Consulté le 08/06/2015

[14] Rééducation de la main et du poignet : Anatomie fonctionnelle et technique. Elsevier Masson. Société française de rééducation de la main, 2013, 228-235.

[15] Étude de la satisfaction des patients à l'égard des orthèses de main et de poignet : à propos de 957 délivrances en pharmacie d'officine. FA Allaert - Dijon – France, 2013.

[16] <http://www.institut-main.fr/tendinite-de-quervain-71.html>

[17] <http://www.la-main.ch/pathologies/tendinite-de-de-quervain/>

[18] Thèse : Le Syndrome du Canal Carpien et sa Prise en Charge à l'Officine. Clémence Merlet. Univ Angers. 12 juin 2013.

[19] <http://www2.thuasne.fr/thuasne/front/site/france/pid/4368>

Consulté le 01/07/2015

[20] <https://www.gibaud.com/p-8/main-poignet-manugib-canal-carprien.htm>

Consulté le 01/07/2015

[21] Stern PJ. Fractures of the metacarpals and Phalanges. In : Green's operative Hand Surgery. 5th ed. 2005, 227-341.

[22] Comtet JJ, Lorge P, Deroche P. Méthodes non sanglantes dans le traitement des fractures fermées. In : Comtet JJ, editor. Traumatismes ostéo-articulaires fermés des doigts. Cahier enseignement, SOFCOT, vol. 47. Paris : Expansion Scientifique Française ; 1994, 4-9.

[23] Rééducation de la main. Tome 2. Pathologies traumatiques et courantes de la main. Grégory Mespilé. Sauramps Médical, 2013.

[24] Entorses et luxations des métacarpophalangiennes des doigts longs. Christian Dumontier Institut de la Main & hôpital St-Antoine, Paris

[25] Image : <http://www.doucet-podologie.fr/les-pathologies/>

Consulté le 10/09/2015

[26] Pathologie ostéo-articulaire du pied et de la cheville. 3<sup>ème</sup> édition. Maurice Bouysset. 23 janvier 2004

[27] Pathologie du pied : Lelievre J., Lelievre J.F ;

Masson, Paris, 1981

[28] Broca P. : Des déformités de la partie antérieure du pied produites par l'action de la chaussure.

Bull. Soc. Anat., 1952, 27, 47-60

[29] Schnepf J. : Hallux valgus.

Encyclo. Med. Chir., Paris, 1984, Appareil Locomoteur, 14, 126.

[30] <http://icp-paris.fr/icp-paris-quintus-varus%7C30%7C1%7C>

Consulté le 10/09/2015

[31] Orthopédie pédiatrique: membre inférieur et bassin. Carlioz H., Kohler R.,

Elservier-Masson – 2005.

[32] Traitement chirurgical de la maladie de Madelung: Apport de l'ostéotomie de raccourcissement et de réorientation. Belmoubarik A., EUE - 2011.

[33] <http://www.institut-main.fr/maladie-de-madelung-67.html>

Consulté le 20/09/2015

[34] Orthotic Intervention for the Hand and Upper Extremity.

MaryLynn A. Jacobs, Noelle M. Austin. 2014

[35] Syndromes douloureux atypiques. Steven D. Waldman, Julie Cosserat, John Scott & Co.

Elservier Masson – 2010.

[36] Module pratique d'orthopédie et de traumatologie. Anne Marie Abo.

Esteem. 2003

[37] Cours d'Anatomie-Physiologie PCEM 1. UPVJ. 2008-2009.

[38] Cour, pdf, Traitement des données avec Microsoft EXCEL.

Vincent Jalby Septembre 2012

[39] Liste des produits et prestations (LPP). [www.ameli.fr](http://www.ameli.fr)

[40] Atlas d'anatomie humaine 6<sup>ème</sup> édition.

Frank H. Netter. Elsevier – Masson.

[41] Site internet de la pharmacie du Meygal de Saint Julien Chapeuil (43). Onglet attelles thermoformées.

Consulté le 21/09/2015

[42] Actualisation 2004 de la conférence de consensus : l'entorse de cheville au service d'urgence.

# **ANNEXES**

# ANNEXE 1

Brevet sur la découverte du thermoformable Polysar [archives Canada]

4,386,187

1

## **THERMOFORMABLE POLYMER BLEND COMPOSITION COMPRISING STYRENE POLYMER, OLEFIN POLYMER AND BLOCK COPOLYMER**

### **CROSS-REFERENCE TO RELATED APPLICATION**

This application is a continuation-in-part of copending application Ser. No. 158,351, filed on June 11, 1980, now abandoned.

### **BACKGROUND OF THE INVENTION**

This invention relates to a polymer blend comprising a polyolefin such as polyethylene or polypropylene as the major component, a styrene polymer as a secondary component and a suitable compatibilizer therefor. More particularly, the invention relates to polymer blends which have a combination of useful properties including thermoformability, resistance to fats, ductility, low temperature impact strength, printability, relatively low cost and other characteristics which make them attractive materials for use in many applications such as packaging, plastic dinnerware, non-packaging containers, refrigerator liners, etc. The blends may be shaped into such final products by any of the known thermoplastic forming techniques such as injection molding, thermoforming, stamping, forging, solid phase forming, rotary molding or the like.

Processes for shaping or molding plastic sheets into various useful articles by forming heated thermoplastic materials over cavities and having the sheet take the shape of the cavity have been known for some years. Most commercially available machinery for such processes is designed in such a way that the thermoplastic sheet is fed through an oven and heated to bring it to a thermoformable temperature. The sheet is heated to a softening point and then advanced to a forming station. Other machines have been developed which condition the sheet directly from the extruder to the proper thermoforming temperature by means of a series of rolls, which can either be heated or cooled. In either case, the forming station is outfitted with molds of the desired shape, and the heated thermoplastic material is either draped over the male mold or formed into the female cavity, thus taking on the shape of the predetermined design. Depending upon the detail of the part being made, the forming machine can be equipped with processing assists such as vacuum and/or air pressure and/or plug assists and/or match molds.

Among the low-cost thermoforming plastic resins, polystyrene (usually impact-modified polystyrene) is the most commonly used resin because it is easy to process. Impact polystyrene grades also exhibit good impact strength and low temperature qualities. In most commercial thermoforming units, the polystyrene sheet is heated outside of the thermoforming station to its softening or melting point and then advanced into the station for the thermoforming process. Styrene polymers, in contrast with the olefin polymers, have a wide range of thermoformable temperatures and can easily be brought up to the thermoforming temperature without appreciable sag and then advanced to a thermoforming station in a relatively stable condition.

However, by contrast, olefin polymers such as polyethylene, polypropylene or ethylene-propylene copolymers have a relatively sharp melting point and, thus, when heated outside of the forming station to a thermo-

2

formable temperature, a sheet thereof will not support its own weight and will sag, making it extremely difficult to advance the sheet into the thermoforming station. Therefore, thermoforming of materials such as polypropylene or polyethylene is sufficiently difficult that it is not practical on conventional equipment.

Nevertheless, olefin polymers such as polypropylene and polyethylene have many attractive properties and, hence, it would be a great advantage to be able to process these polymers on conventional thermoforming equipment. The cost advantages of thermoforming over injection molding are well known to those experienced in polymer processing. Therefore, certain processes have been developed in the art wherein polypropylene is heated to a temperature below its crystalline melting point, i.e., the sheet is heated to a temperature below the point where it will sag, and then it is transferred into the thermoforming press or station. The forming press thus contains a sheet of polypropylene that has been partially heated to a temperature below its softening point and, as a result, is somewhat stiff for conventional forming apparatus. Hence, it is necessary to use a press which exerts considerable pressure so as to be able to form the polypropylene sheet into the desired detail part since it has not been heated to its normal thermoforming temperature. This is known as the solid phase forming process.

Other proposals have been advanced in the art for the use of certain expensive, specialized machinery designed to thermoform olefin polymers in view of their sharp melting point, such as rotary machines.

The present invention takes into account all of these problems and provides a polymer blend or alloy which can be readily formed on conventional machinery. That is, the blends of the invention incorporate the basic beneficial properties of olefin polymers such as chemical and fat resistance, high temperature properties (in the case of polypropylene), room temperature ductility and relatively low cost with the desirable properties of impact styrene polymers such as impact strength, low temperature properties, thermoformability and stiffness. The major component in the polymer blends of the present invention is the olefin polymer, whereas most of the prior art teachings heretofore concerned the addition of a polyolefin to a styrene polymer base material in order to modify its properties.

Exemplary of such prior art is U.S. Pat. No. 4,031,166 of Bronstert et al, which describes an impact-resistant thermoplastic having a major portion (70-99% by weight) of a styrenic polymer, and a minor portion (from 1 to 30% by weight) of an alpha-olefin polymer, preferably polyethylene, but also including polypropylene, polyisobutylene and copolymers of two or more alpha-olefins, together with copolymers of vinyl aromatic and diene hydrocarbons. The result is a product which has the essential characteristics of polystyrene, but which also has some of the advantages of the other constituent material.

U.S. Pat. No. 3,810,957 of Lunk discloses a molding composition of high impact strength and good oxidative stability formed by physically blending 75 to 85 weight percent of a styrenic polymer and from 30 to 15 weight percent of a selectively hydrogenated block diene copolymer. U.S. Pat. No. 3,459,830 describes a polymeric composition having improved resistance to oxidation, weathering, ozone and solvents, and comprising a major portion (100 parts by weight) of a polystyrene-

a free radical polymerization initiator. Rubber modified polystyrene, more commonly known as impact polystyrene, may be produced by polymerizing rubber dissolved in styrene monomer by either a bulk process, a suspension process or a combination of bulk and suspension processes. Some impact polystyrene is also produced by mechanical blending of rubber with polystyrene but such products are not suitable for use in this invention. Examples of rubbers used in the manufacture of impact polystyrene include the styrene-butadiene rubbery polymers, the thermoplastic rubbery block vinylidene aromatic hydrocarbon-conjugated diolefin polymers, polybutadienes and polyisoprenes. Limited use is also made of ethylene-propylene-diene rubber. Numerous other rubbers have been described as usable for this purpose but have not been commercially developed. Preferred rubbers are the polybutadienes, including those prepared with an alkyl lithium catalyst and those prepared with a Ziegler Natta catalyst. The amount of rubber incorporated into the impact polystyrene may be from 1 to about 15% by weight and more usually is from about 4 to 10% by weight. Impact polystyrenes frequently also contain a small amount of a lubricant to improve the moulding characteristics. Such lubricants include mineral oils, paraffin waxes and organic esters such as butyl stearate. The amount of such lubricants incorporated into the impact polystyrenes is usually from about 1 to about 5 weight per cent.

In the process of this invention, a masterbatch is formed by blending an impact polystyrene with rubber, filler and oil. The impact polystyrene will contain from 1 to 15 weight per cent of a rubber selected from polybutadiene, polyisoprene, thermoplastic rubber block vinylidene aromatic hydrocarbon-conjugated diolefin polymers and ethylene-propylenediene rubber as hereinbefore described. The impact polystyrene must contain some grafted rubber and does not include mechanical blends of crystal polystyrene with rubber.

Suitable rubbers to be blended with the impact polystyrene in the process of forming the masterbatch are polymers of a diolefinic hydrocarbon which include styrene-butadiene rubbers containing up to 45 weight per cent of bound styrene, a blended product containing an average of from 40 to 60 weight per cent of bound styrene and being a blend of (a) styrenebutadiene rubber containing from 15 to 35 weight per cent of bound styrene and (b) styrene-butadiene polymer containing from 75 to 95 weight per cent of bound styrene, polybutadiene rubber, high cis-1,4 polyisoprene, natural rubber, thermoplastic rubber block copolymers comprising vinyl- or vinylidene-substituted aromatic hydrocarbon polymer blocks and conjugated diolefin polymer blocks, ethylene-propylene-diene rubbers or mixtures thereof. Preferred rubbers include the styrene-butadiene rubbers, the polybutadienes and the thermoplastic rubbery block copolymers. The amount of rubber added to the impact polystyrene is from 1 part by weight to about 40 parts by weight based on 100 parts by weight of the impact polystyrene. Preferred amounts of rubber are from 5 parts to 25 parts by weight per 100 parts by weight of the impact polystyrene. Suitable fillers for forming the masterbatch include the inorganic mineral fillers such as calcium or magnesium carbonates, calcium sulphate, clays, aluminum silicate, silica, talc, mica, vermiculite, asbestos fibres and glass fibres. Suitable fillers also include naturally derived products such as particulate starch, wood

sawdust and the various wood flours. Also included as suitable fillers are the small sized, essentially spherical glass beads having an average diameter range of about 10 to about 60 microns. Mixtures of these fillers may also be used, for example mixtures of glass beads and an inorganic mineral filler are suitable. Quantities of filler added to the impact polystyrene are from 10 to 200 parts by weight per 100 parts by weight of impact polystyrene. Preferred amounts of filler are from 25 to 100 parts by weight. Suitable oils that may be added to form the masterbatch include the mixed naphthenic-aromatic oils and, when colour is not a problem, the highly aromatic oils. The amount of oil is from 1 to 40 parts by weight per 100 parts by weight of impact polystyrene, and preferably from 5 to 25 parts by weight.

The masterbatch of impact polystyrene, rubber, filler and oil is prepared by any suitable method wherein the impact polystyrene can be melted or fluxed and the other components can be well mixed with and dispersed in the molten polystyrene. For example, the high impact polystyrene can be fed to a hot two-roll mill, maintained at a temperature of at least about 110°C to about 160°C, preferably from 120°C to about 150°C, fluxed on the mill rolls and the rubber filler and oil added separately or as a combination of any two or three components. The mixture is maintained on the hot mill rolls until good dispersion is obtained. The masterbatch can be removed as sheet product and used, per se, or can be pelletized. The masterbatch can also be prepared in an internal mixer such as a Banbury mixer, using a temperature of about 110°C to about 160°C, preferably about 120°C to 145°C. The masterbatch can also be prepared in an extruder providing that adequate mixing is achieved with the extruder.

In the process of this invention, the masterbatch is mixed with a polystyrene composition to yield the final product. The masterbatch is preferably supplied to this mixing operation in pellet form. The mixing with the polystyrene composition can then be achieved with equipment readily available in the thermoplastics industry. Pellet form masterbatch can be dry mixed with pellet form polystyrene composition in a tumbler and the mixed pellets then fed to the shaping equipment, optionally via a heated extruder. Pellet form masterbatch can be metered into the hopper of a heated extruder and pellet form polystyrene can be separately metered into the same hopper of the extruder, the mixing then being achieved within the barrel of the heated extruder. The extruder may be used solely for the mixing or can be part of a forming machine such as an injection moulding machine, as is well known in the art. Pellet form masterbatch can be metered into a heated extruder which forms a part of the process for the manufacture of polystyrene. For example, a devolatilizing extruder is frequently used to remove the final traces of monomer from polystyrene compositions, whether produced by a bulk polymerization process or a suspension process or a combined bulk/suspension process. The masterbatch can be added to this extruder for mixing with the polystyrene composition. Mixing of the masterbatch with the polystyrene composition can also be achieved on a hot mill or on a Banbury mixer, if such are available.

The polystyrene composition to be mixed with the masterbatch is selected from crystal polystyrene and impact polystyrenes. Various grades of crystal polystyrene may be used. An impact polystyrene when used will usually contain a relatively low proportion of rub-

**United States Patent** [19]

[11] **3,976,608**

**Buckler et al.**

[45] **Aug. 24, 1976**

- [54] **FILLED THERMOPLASTIC**
- [75] Inventors: **Ernest Jack Buckler; Michael Hugh Richmond**, both of Sarnia, Canada
- [73] Assignee: **Polysar Limited**, Sarnia, Canada
- [22] Filed: **Apr. 15, 1975**
- [21] Appl. No.: **568,328**

- [30] **Foreign Application Priority Data**  
 May 7, 1974 Canada ..... 199182

- [52] **U.S. Cl.** ..... **260/4 AR; 260/5; 260/17.4 R; 260/33.6 AQ; 260/33.6 UA; 260/42.56**
- [51] **Int. Cl.<sup>2</sup>** ..... **C08K 5/01; C08L 1/02; C08L 3/02; C08L 7/00**
- [58] **Field of Search**.... **260/4, 5, 33.6 AQ, 33.6 UA, 260/42.56, 876 R, 17.4 R, 880 R**

- [56] **References Cited**  
**UNITED STATES PATENTS**

3,284,542	11/1966	Carrock et al. ....	260/4 R
3,654,219	4/1972	Boyer et al. ....	260/42.56
3,846,360	11/1974	Needham .....	260/42.56

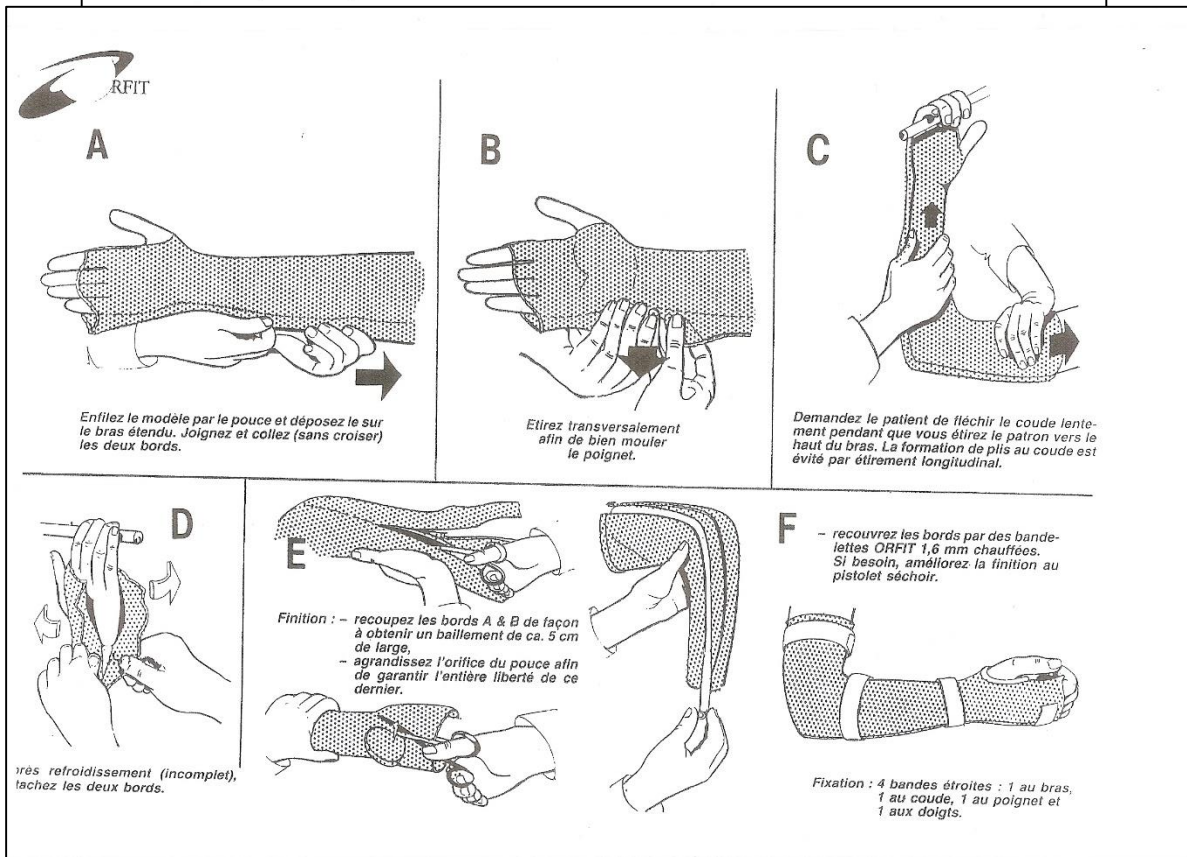
*Primary Examiner*—Lewis T. Jacobs  
*Assistant Examiner*—H. H. Fletcher  
*Attorney, Agent, or Firm*—Stevens, Davis, Miller & Mosher

- [57] **ABSTRACT**  
 A filled thermoplastic composition is produced by first preparing a masterbatch of an impact polystyrene, a rubber, an oil and a filler and by secondly mixing the masterbatch with a polystyrene composition. The filled thermoplastic composition has acceptable properties.

**10 Claims, No Drawings**

## ANNEXE 2

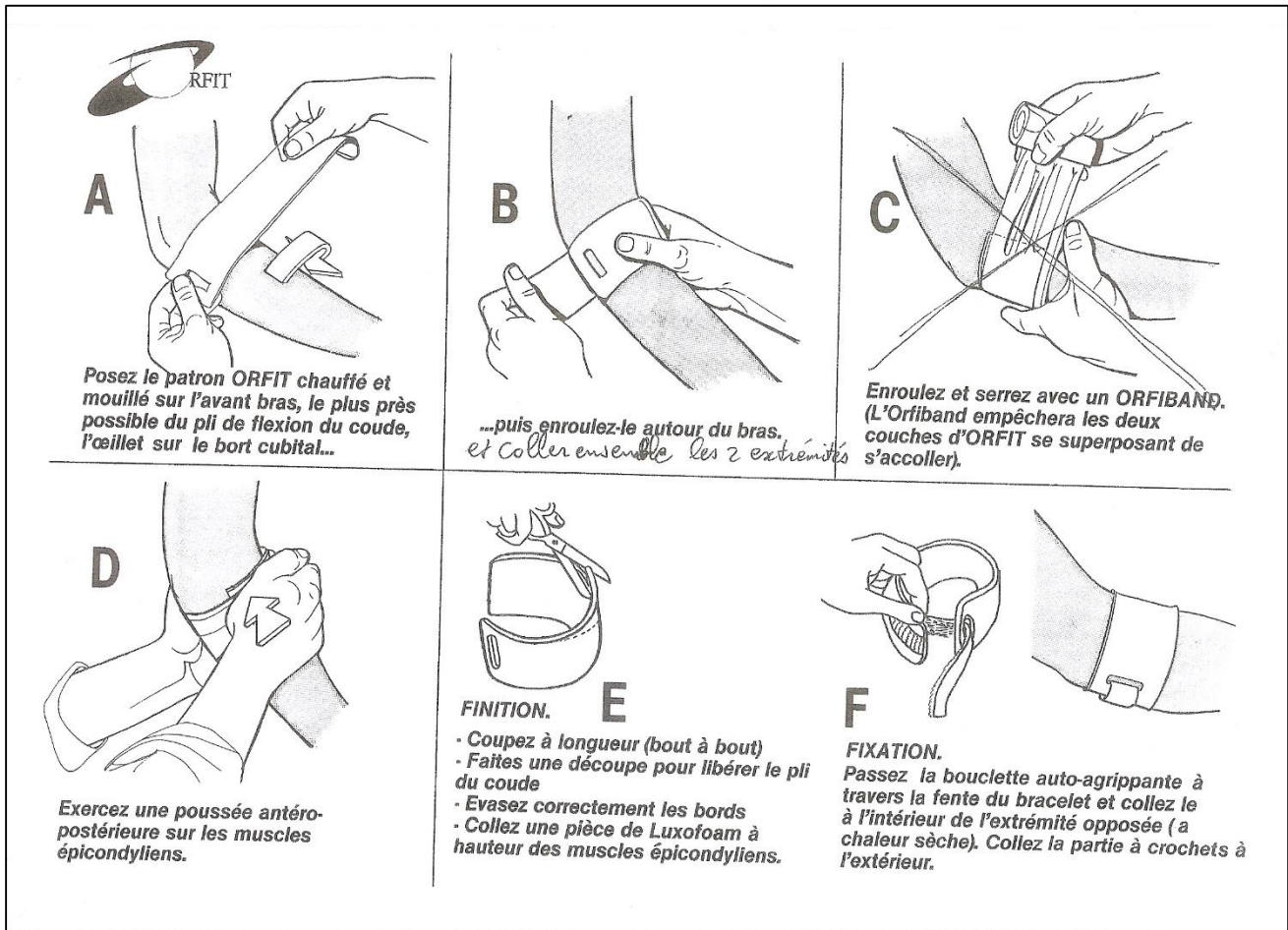
**Schéma de la réalisation d'une grande attelle pour épicondylite thermoformée [2].**





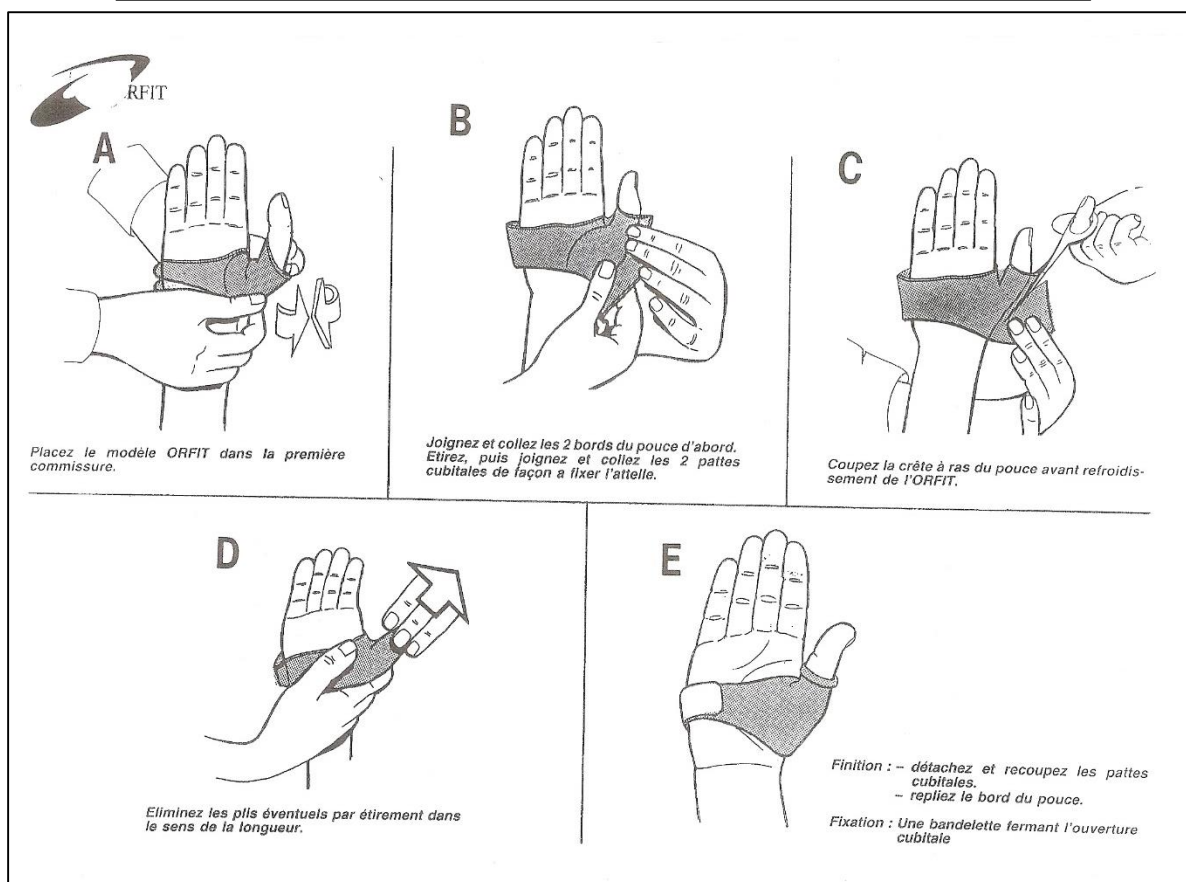
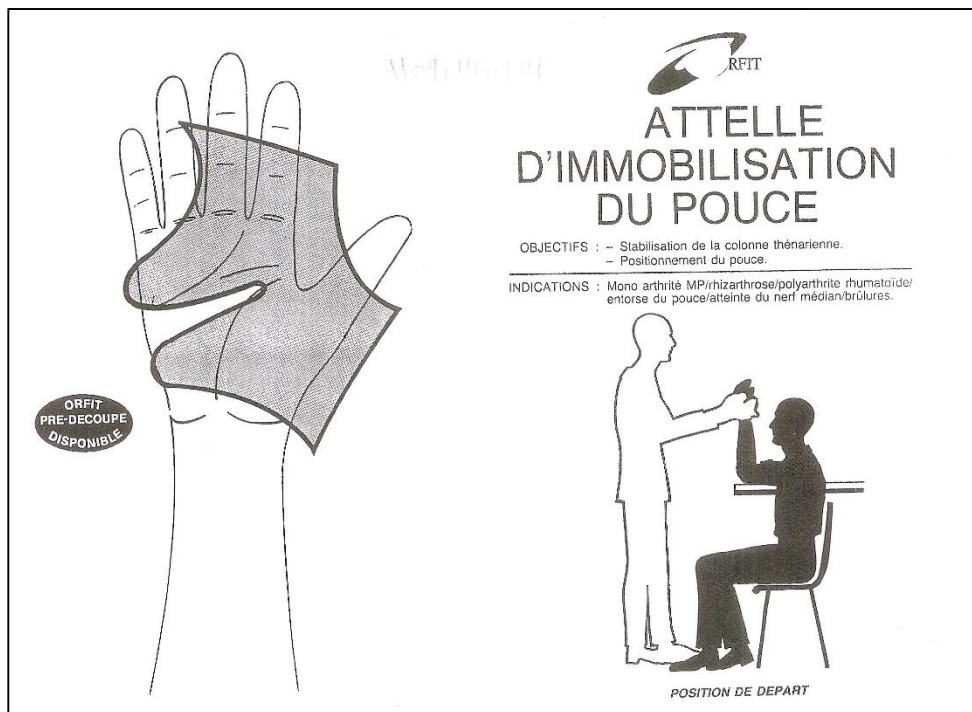
## ANNEXE 3

### Schéma de la réalisation d'un bracelet épicondylien thermoformé [2].



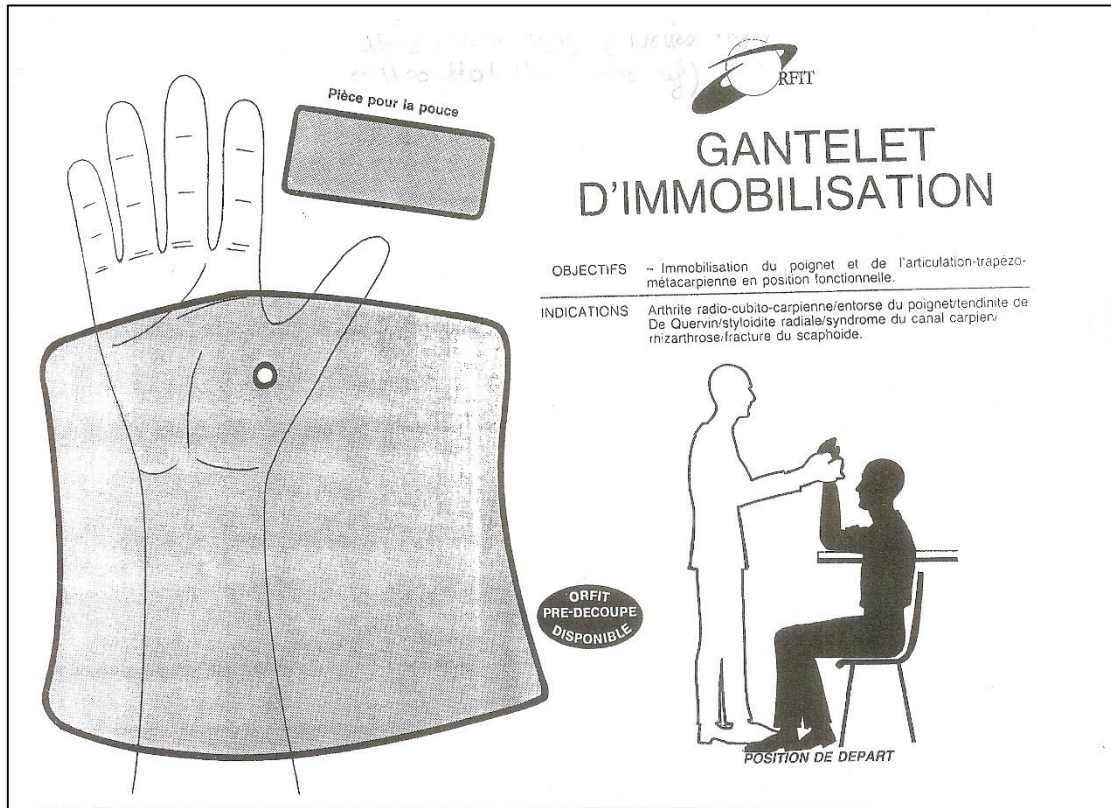
## ANNEXE 4

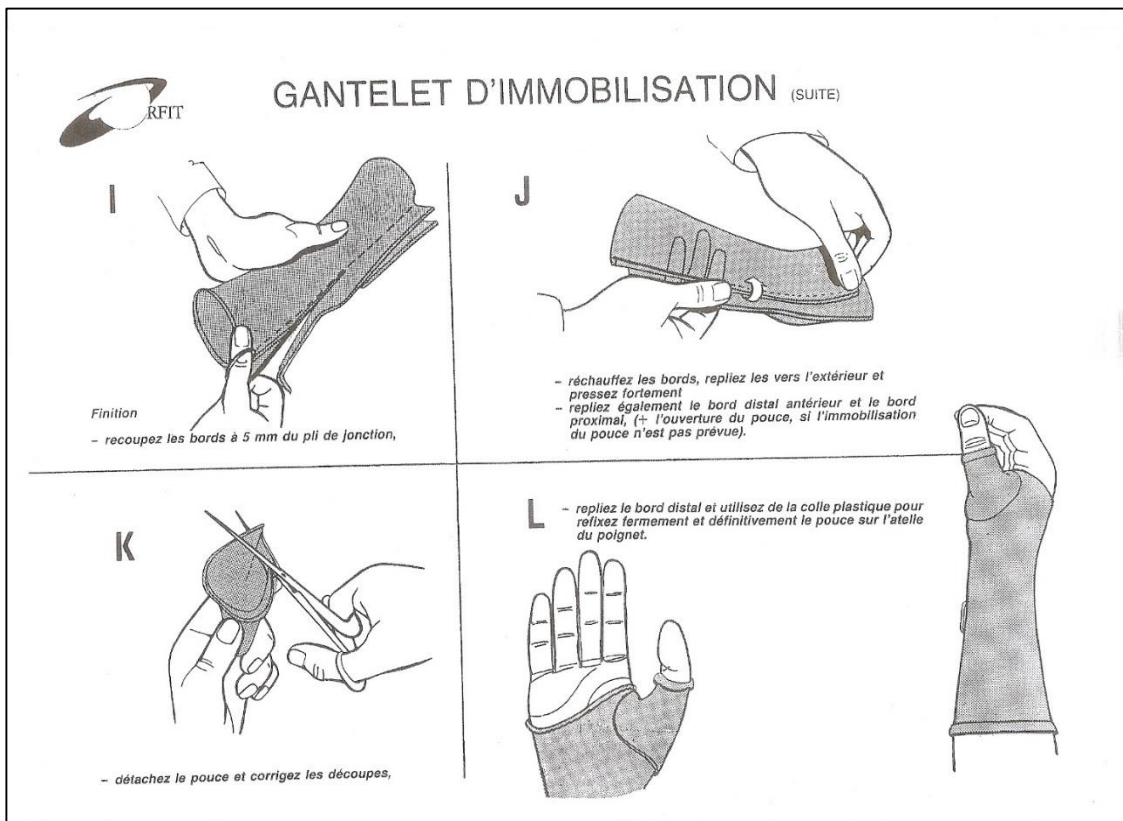
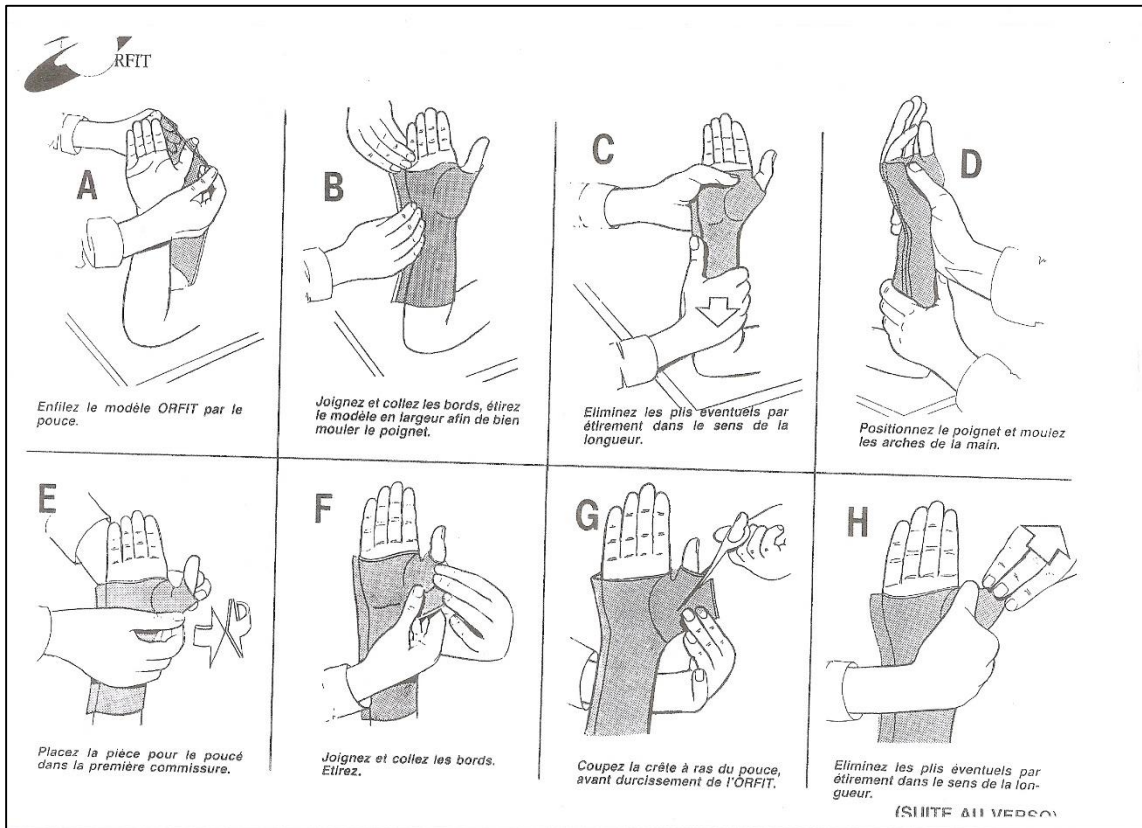
### Schéma de la réalisation d'une attelle d'immobilisation du pouce thermoformée [2].



## ANNEXE 5

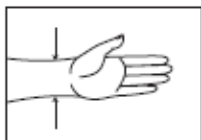
Schéma de la réalisation d'une attelle poignet/pouce thermoformée [2].







# ANNEXE 6



Prise de mesure :  
circonférence en cm.

GIBAUD S.A.S.  
BP 78 - 73, rue de la Tour  
42002 SAINT-ETIENNE Cedex 1  
FRANCE  
www.gibaud.com



## MANUGIB® CANAL CARPIEN

L'orthèse sera délivrée et utilisée sur prescription médicale. En cas de doute sur les modalités d'application et d'utilisation n'hésitez pas à interroger votre médecin et / ou votre applicateur, pharmacien, orthésiste, orthopédiste.



### INDICATION(S) :

- Orthèse de repos poignet main :
- Réglage, selon prescription, de la flexion palmaire (0, 20°), de la flexion dorsale (0, 20°) du poignet, de la flexion de la palette métacarpo-phalangienne.
- Possibilité d'ablation, selon prescription, de la palette métacarpo-phalangienne.
- Indications :
- Syndrome du canal carpien non chirurgical (orthèse à porter au repos et la nuit).
- Séquelles traumatiques et pathologies dégénératives du poignet.

### AVANTAGES

#### D'UTILISATION :

- L'orthèse permet d'éviter les postures de flexion-extension excessives (les postures incorrectes) qui provoquent le syndrome du canal carpien.
- L'angulation poignet main est réglable entre +20° et -20° selon les recommandations du médecin et le ressenti du patient au cours de l'utilisation.
- Absence de pression sur la zone du canal carpien et dégagement de la styloïde cubitale pour un confort optimum.
- Extension amovible et adaptable au niveau des doigts selon avis médical.
- Coussins antiglisse contribuant au confort et à la stabilité.

### MISE EN PLACE :

- En complément de la prise de mesure, un essayage est nécessaire pour une adaptation correcte et une bonne compréhension de la mise en place.
- L'orthèse sera ensuite mise en place de façon identique à la première application réalisée par le professionnel de santé.

- 1- Choisir la taille correspondant à la prise de mesure.
  - 2- Si limite de taille, choisir la taille supérieure
  - 3- Ouvrir complètement la sangle sous l'avant-bras.
  - 4- Desserrez les deux autres sangles supérieures.
  - 5- Enfiler les doigts sans le pouce dans l'orthèse par-dessous comme un gant (B).
  - 6- Veillez à ce que la zone entre le pouce et l'index vienne buter sur le bord inférieur de l'orthèse (B).
  - 7- Une légère tension des sangles est suffisante pour assurer l'efficacité de l'orthèse.
  - 8- Régler l'angle de l'articulation selon le conseil du médecin. Si besoin vous pourrez faire varier cette angulation en fonction de votre niveau de confort.
- Remarque : la barre métallique qui permet l'extension des doigts est conforme en fonction du confort. Cette barre est

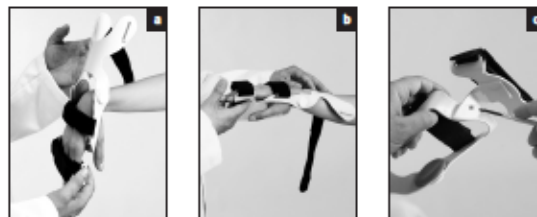
également amovible (dévissage) se conformer à l'avis du médecin (C).

### CONTRE INDICATIONS ET LIMITE D'UTILISATION :

- Tout traumatisme nécessitant un traitement orthopédique spécifique (plâtre, résine ou la réalisation d'une chirurgie).
- L'orthèse ne doit pas être directement mise en contact avec une lésion cutanée.

### CONSERVATION ET ENTRETIEN :

- Conserver l'orthèse à l'abri d'une source de chaleur excessive.
- Lavage des parties plastiques et des sangles en textiles à l'eau tiède savonneuse (maximum 40°C). Sécher loin d'une source de chaleur excessive (ni radiateur, ni sèche linge, ni micro-onde).



### TAILLES :

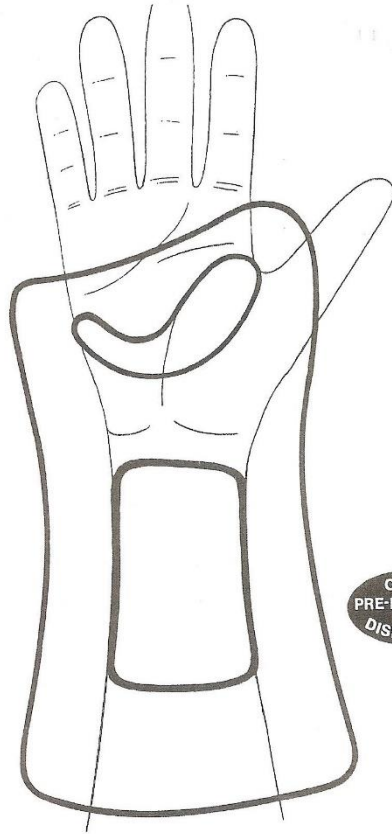
Pour déterminer la taille, mesurer la circonférence du poignet et se reporter au tableau de taille ci-dessous :

Circonférence du poignet en cm	<14	14-16	17-20	21-24
Taille	1D	2D	3D	4D
	1G	2G	3G	4G

Mise en place de l'orthèse Manugib® Canal Carpien

# ANNEXE 7

## Schéma de la réalisation d'une orthèse de poignet



ORFIT  
PRE-DECOUPE  
DISPONIBLE



### ATTELLE DE MAINTIEN DU POIGNET

OBJECTIF : Positionnement du poignet en position fonctionnelle.

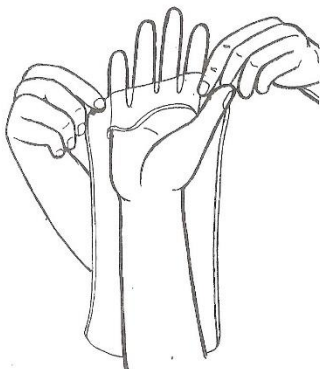
- INDICATIONS :
- Paralysies (nerf radial, polyneurite, hémiplegie, plexus brachial, etc...)
  - Lésions tendineuses.
  - Utilisée comme attelle de support pour montages dynamiques pro-extension.



POSITION DE DEPART



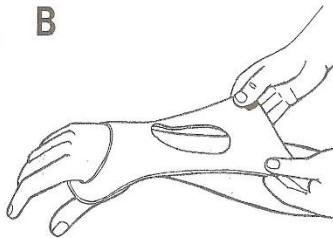
A



Enfilez le modèle ORFIT par sa fente et veillez à ce que la patte palmaire ne soit pas tournée vers l'intérieur. (pointe vers le bas)

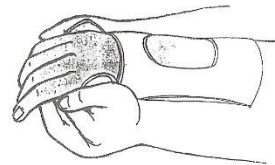
Positionnez le poignet et moulez convenablement les arches de la main.

B



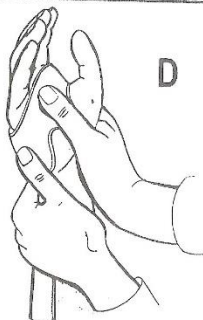
Posez la main et réalignez correctement la partie dorsale sur l'avant-bras.

C

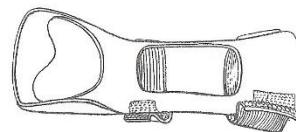


Repliez les deux pattes transversales vers le haut et de façon symétrique. Aplatissez les afin d'obtenir une double épaisseur à cet endroit.

D



E

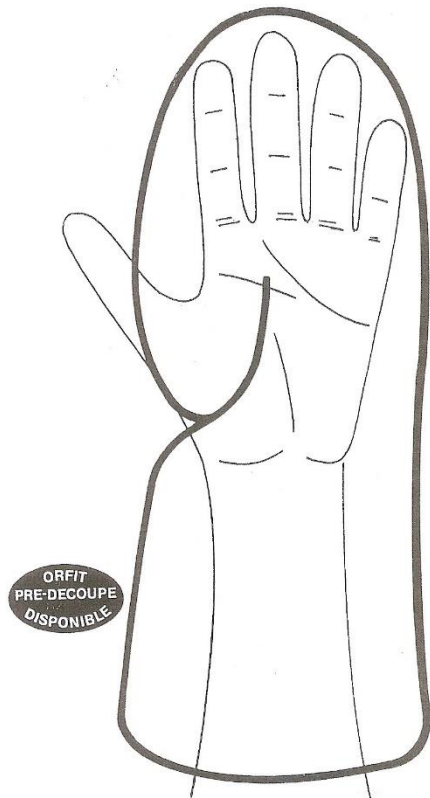


Finition : - recoupez et arrondissez les bords, - repliez le bord distal vers l'extérieur.

Fixation : - une bande large autour du bras, - une bande étroite facultative autour du poignet, ainsi qu'autour de la main.

# ANNEXE 8

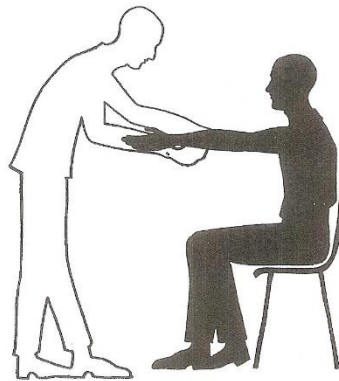
## Schéma de la réalisation d'une orthèse palmaire



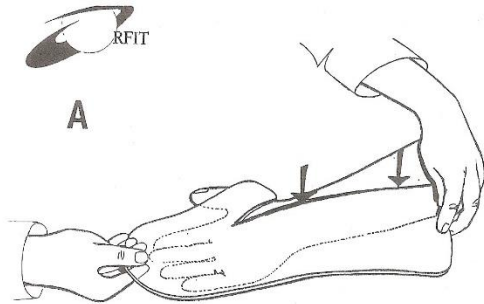
### ATTELLE DE REPOS EN INTRINSEQUE PLUS

OBJECTIFS : Positionnement du poignet, de la main et des doigts, soit en position de repos, de fonction ou en "intrinsèque plus"

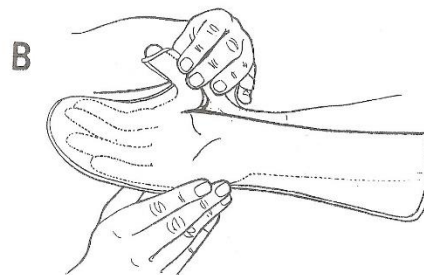
INDICATIONS : - Paralysies flasques (plexus, hémiplegie).  
- Atteintes lésionnelles post-traumatiques.  
- Brûlures.



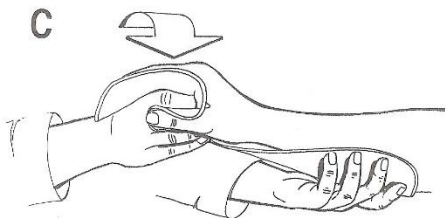
POSITION DE DEPART



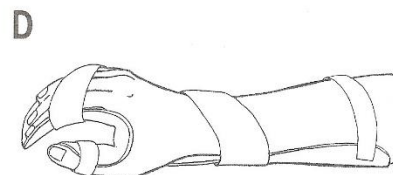
POSEZ LE PATRON EN OBLIQUE SUR L'AVANT-BRAS Tourné en supination.



Positionnez, puis moulez le pouce.



Avant refroidissement complet de l'ORFIT, tournez la main en pronation et remodelez l'avant-bras.



Finition : - Recoupez les bords,  
- Evasez le bord proximal.

Fixation : - une bande large au poignet et une aux doigts,  
- une bande étroite au bras et une au pouce.

## **ANNEXE 9**

Lettre d'une patiente de 25 ans appareillée par une orthèse corrective d'hallux valgus.

Juliette S

le 23 Juin 2015

En Janvier 2015, j'ai consulté un podologue. Lors de cette consultation, il me diagnostique un hallux valgus à gauche et à droite. Etant jeune (25 ans), il me conseille de débiter le port d'orthèses la nuit sinon le risque d'être opérée s'imposera à moi. Il m'explique que le processus sera très long (il faut compter environ 2 ans) puisque « l'on gagne un degré par mois » et me conseille de faire des orthèses sur mesure.

Je me rends par la suite à la pharmacie de Rang-du-Fliers afin d'acheter ces orthèses. Benoit CAYEUX me propose de les faire sur mesure et de les adapter tous les 3 mois en fonction de l'évolution.

Une fois de plus, on m'informe de la lenteur du processus, du côté non esthétique et des douleurs au départ.

Initialement, j'étais à 27 et 28 degrés de déviation ce qui semblait important pour mon âge.

Pour vous faire part de mon ressenti, les premières semaines ont été difficiles puisque je sentais que « ça tirait », je les desserrais parfois la nuit jusqu'à les enlever.

Après 3 mois d'utilisation, je me rends de nouveau à la pharmacie. Les résultats sont spectaculaires ; je m'en étais déjà aperçue à l'œil nu mais n'y croyait pas. Les mesures indiquent 21 et 22 degrés de déviation. Aujourd'hui, il m'est toujours difficile de les mettre toute la nuit. En effet, la matière me fait transpirer et me gratte. Je les garde environ 5h par nuit.

Juliette S



## ANNEXE 10

<b>ÉTAT DU PREMIER RAYON : 40 POINTS</b>	
VALGUS DU GROS ORTEIL	Normal (10° à 20°) : 20 points Discret (20° à 25°) : 15 points Récidive/Varus : 0 point
DOULEURS SUR EXOSTOSE	Disparue : 10 points Rare : 6 points Génante : 0 point
MOBILITE DU GROS ORTEIL	Normal (FD 60° à 90° et FP 0° à 30°) : 10 points Réduite : 6 points Raideur gênante : 0 point
<b>ÉTAT DE L'AVANT PIED : 20 POINTS</b>	
METATARSALGIES	Disparues : 10 points Réduites : 5 points Permanentées : 0 point
METATARSUS VARUS	Inférieur à 10° : 10 points Compris entre 10° et 15° : 8 points Supérieur à 15° : 0 point
<b>FONCTIONNEL : 10 POINTS</b>	
CHAUSSAGE	Normal : 10 points Adapté : 5 points
<b>SCORE FINAL</b>	
0 à 23 points : Mauvais 24 à 48 points : Passable 49 à 57 points : Bon 58 à 70 points : Très bon	

Résultats analytiques selon GROULIER

BENOIT CAYEUX

# Orthèses thermoformables à l'officine.

THESE POUR LE DIPLOME D'ETAT DE DOCTEUR EN PHARMACIE  
UNIVERSITE DE PICARDIE JULES VERNES

**LE 11 MARS 2016**

**Mots clés** : Orthèse, Thermoformable, Orthopédie, Sur mesures, Attelle, Appareillage, Hallux Valgus.

## RESUME

---

Les pathologies faisant appel à du matériel orthopédique sont fréquentes. Le matériel utilisé dans nos pharmacies ne cesse d'évoluer pour devenir de plus en plus confortable et performant. Les rayons orthopédiques sont aujourd'hui monnaie courante dans les pharmacies et représentent certainement le secteur le plus dynamique de nos officines. Les lois sur les bonnes pratiques de 2005 et 2007, rendent obligatoires la détention du D.U d'orthopédie pour les pharmaciens désirant vendre du matériel orthopédique dans leurs officines. Ce diplôme nous permet d'obtenir l'équivalence du diplôme d'orthopédiste orthésiste pour la délivrance du matériel de série ainsi que la confection et la délivrance du petit appareillage sur mesures. Mettons à profit cette opportunité de développer l'orthopédie dans nos officines en proposant des solutions sur mesures réalisées à l'aide d'orthèses thermoformables. Cette solution pourrait repousser les limites de l'appareillage chez les enfants et les personnes âgées mais aussi donner de nouvelles perspectives à l'orthopédie au sein de nos officines.

---

## **JURY**

**Président** : Monsieur François MESNARD

*Professeur, Faculté de pharmacie d'Amiens.*

**Directeur de thèse** : Monsieur Gilles MAIRESSE

*Maître de conférences, Faculté de pharmacie d'Amiens.*

**Membres** : Monsieur Olivier HAMM

*Docteur en pharmacie, titulaire, Maître de stage, et titulaire du DU d'orthopédie.*

Mademoiselle Constance LECHEVALIER

*Docteur en pharmacie, assistante et titulaire du DU d'orthopédie.*