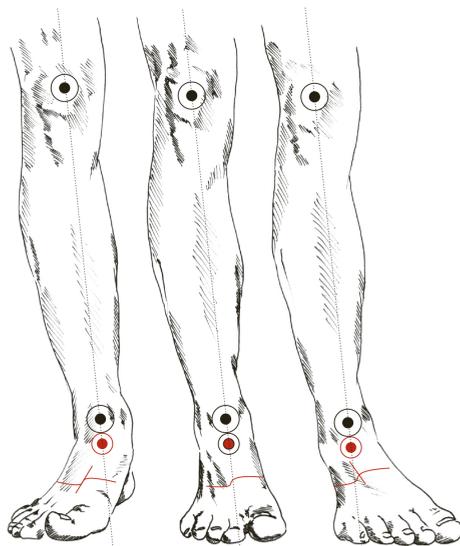


**Comprendre le pied pour  
mieux choisir ses chaussures et  
l'importance des orteils**  
*complément n°2 à l'ouvrage*

Frédéric Brigaud

# **Corriger le pied sans semelle**

**Pied pronateur, supinateur  
& prévention des entorses**



*éditions désiris*

Du même auteur

*Guide la foulée avec prise d'appui avant-pied*, DésIris, 2016

*La course à pied - Posture, biomécanique, performance*, DésIris, 2012

*La marche et la performance sportive - Optimisation de la marche, de la course, du saut...*  
DésIris, 2011

*Gestuelle dynamique du mouvement*, Jouvence, 2006

Illustrations et vidéos de Frédéric Brigaud

[www.adverbum.fr](http://www.adverbum.fr)

© Éditions DésIris

**ISBN 978-2-36403-094-7**

Aux termes du Code de la propriété intellectuelle, toute reproduction ou représentation, intégrale ou partielle de la présente publication, faite par quelque procédé que ce soit (reprographie, microfilmage, scannérisation, numérisation...) sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause est illicite et constitue une contrefaçon sanctionnée par les articles L. 335-2 et suivants du Code de la propriété intellectuelle. Toutefois, l'autorisation d'effectuer des reproductions par reprographie (photocopie, télécopie, copie papier réalisée par imprimante) peut être obtenue auprès du Centre Français d'exploitation du droit de Copie (CFC) - 20, rue des Grands-Augustins - 75006 Paris.

# Préambule

L'ouvrage dont vous commencez la lecture est un complément gratuit de *Corriger le pied sans semelle - Pied pronateur, supinateur & prévention des entorses*, référencé sous le numéro ISBN 978-2-36403-094-7 et disponible en version numérique pour 14,99 euros sur les [plateformes de vente en ligne](#) !

La lecture de l'ouvrage est nécessaire à la bonne compréhension de ce complément qui n'existe qu'en version numérique et qui sera par la suite intégré à la nouvelle édition de l'ouvrage.

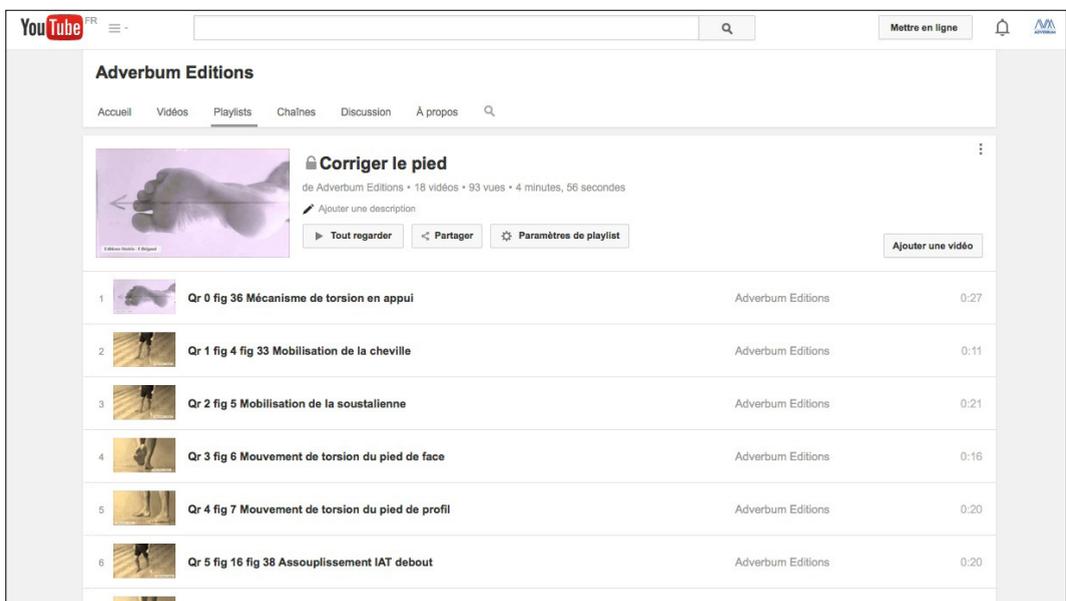
D'autres compléments seront publiés de la même manière, tenez-vous informé sur le site des éditions Déslris ([www.desiris.com](http://www.desiris.com)) ainsi que sur leur page Facebook ([www.facebook.com/desriseditions](http://www.facebook.com/desriseditions)).

Dans cet ouvrage, on écarte de la réflexion l'ensemble des malformations, déformations traumatiques ou congénitales ainsi que les atteintes neurologiques, musculaires ou encore les maladies, affections et lésions... qui altèrent le fonctionnement et la biomécanique du pied et/ou de la jambe. On ne parle ici que des défauts de statique, de posture et de maintien qui sont réversibles.

*Afin de mieux visualiser certains exercices ou mouvements, l'ouvrage comporte des flashcodes (type Qr code), codes barres en deux dimensions, qui vous permettent d'accéder à des vidéos depuis votre mobile. Vous trouverez ces flashcodes tout au long de l'ouvrage. Pour les consulter, téléchargez depuis votre smartphone une application « QR code » ou « Flashcode ». Une fois installée, lancez l'application sur votre smartphone et visez le flashcode qui vous fera accéder au contenu multimédia.*

Si vous ne disposez pas d'outils technologiques permettant de les lire ou si vous préférez les voir directement sur YouTube, voici l'url qui vous permettra de les visualiser :

<http://bit.ly/Corrigerlepied>



The screenshot shows a YouTube channel page for 'Adverbium Editions'. The main video is 'Corriger le pied' with 18 videos, 93 views, and a duration of 4 minutes and 56 seconds. Below the main video is a playlist of 6 videos:

Number	QR Code	Title	Channel	Duration
1	Qr 0 fig 36	Mécanisme de torsion en appui	Adverbium Editions	0:27
2	Qr 1 fig 4 fig 33	Mobilisation de la cheville	Adverbium Editions	0:11
3	Qr 2 fig 5	Mobilisation de la sous-talienne	Adverbium Editions	0:21
4	Qr 3 fig 6	Mouvement de torsion du pied de face	Adverbium Editions	0:16
5	Qr 4 fig 7	Mouvement de torsion du pied de profil	Adverbium Editions	0:20
6	Qr 5 fig 16 fig 38	Assouplissement IAT debout	Adverbium Editions	0:20



# Sommaire

<b>Comprendre le pied pour mieux choisir ses chaussures et l'importance des orteils</b> .....	1
Préambule .....	3
Introduction .....	7
Le mécanisme de torsion chez le félin domestique .....	7
<b>Comprendre le pied pour mieux choisir ses chaussures</b> .....	11
• La technologie est-elle en nous ou dans la chaussure? .....	11
• Les différents mécanismes et leur importance .....	12
• Comment tester la chaussure .....	31
• Passer d'une chaussure rigide et amortissante à une chaussure souple et sans amorti .....	32
<b>La place des orteils dans la marche et la course</b> .....	33
• Visualiser les effets de l'extension du premier orteil .....	33
• Ressentir la mise en tension au fur et à mesure que le talon se soulève .....	34
• Ressentir le phénomène en marchant sur place .....	35
• Déroulement du pas et mouvement des orteils .....	36
• Pour aller plus loin, la cybernétique au service de la voûte plantaire, un système autorégulé .....	38



## Introduction

Nous profitons de ce second complément pour approfondir certaines notions et en aborder de nouvelles ; “Le mécanisme de torsion chez les félins”, “Comprendre le pied pour mieux choisir ses chaussures” et “ La place des orteils dans la marche et la course”. Nous avons inclus également deux courts articles publiés dans des magazines afin de rassembler les écrits sur les chaussures.

## Le mécanisme de torsion chez le félin domestique

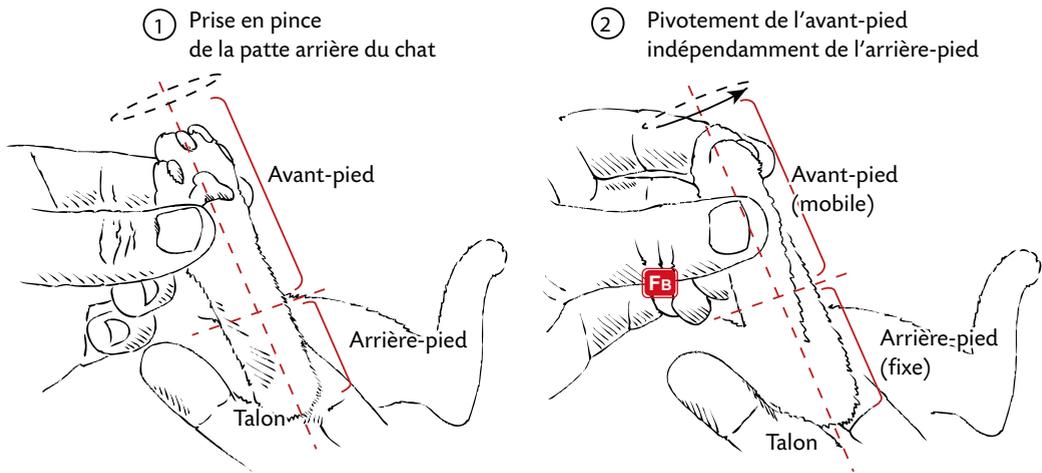
À la différence de l’homme, le chat possède un très grand pied. L’anthropomorphisme concédé à l’anatomie du chat est ici volontaire. Nous parlerons des « pieds » du chat et non de l’extrémité inférieure de ses pattes arrières afin de faciliter la compréhension et la comparaison avec le pied humain. Notre intérêt porte ici sur les mouvements entre les différentes parties constituant le pied : leurs amplitudes, leurs orientations, leurs conséquences. En se posant les questions suivantes : comment le pied du chat régule-t-il les variations du terrain, la présence de dévers, de creux ou de bosses ? Ces variations sont-elles neutralisées par un mécanisme particulier ou se répercutent-elles au reste du corps au risque de rendre instables les appuis, voire de perdre l’équilibre ?

Pour préciser notre réflexion, essayons de comprendre quels sont les mouvements présents au sein de ses membres (mécanismes articulaires) qui permettent au chat de monter aux arbres alors que le tronc présente une surface sphérique, de prendre un virage en pleine course sans perdre en adhérence alors que son corps s’incline à l’intérieur de la courbe, ou bien encore de comprendre comment s’ajustent ses appuis lorsqu’il traverse un toit pentu ? L’ensemble de son « pied » se pose-t-il à plat, prenant la forme de la surface sur lequel il se pose, ou bien reste-t-il sur la carre à l’image des skis dans une courbe ou dans un dévers ? Existe-t-il un ou plusieurs mécanismes qui lui assurent un appui optimal ?

Lorsque le chat se déplace sur un toit, la présence d’un dévers ne déstabilise pas outre mesure ses appuis. Tout simplement parce que son avant-pied pivote indépendamment de son arrière-pied (fig. 105, Qr. 19), s’ajustant ainsi au dévers, absorbant l’absence de parallélisme sans le répercuter au reste de la jambe. Son avant-pied joue une fonction d’*interface*, d’*interface neutralisatrice*, d’*élément de jonction*, entre le sol et le reste de la jambe, arrière-pied inclus. Ainsi, grâce à cette indépendance de l’avant-pied, celui-ci pivote vers l’intérieur ou l’extérieur selon les besoins indépendamment de l’arrière-pied. Il s’opère alors un mouvement de torsion au sein de son « pied ». Par ailleurs, rappelons que le chat ne pose pas les talons et se déplace exclusivement sur l’avant-pied.



Qr. 19 : Mécanisme de torsion chez le félin domestique

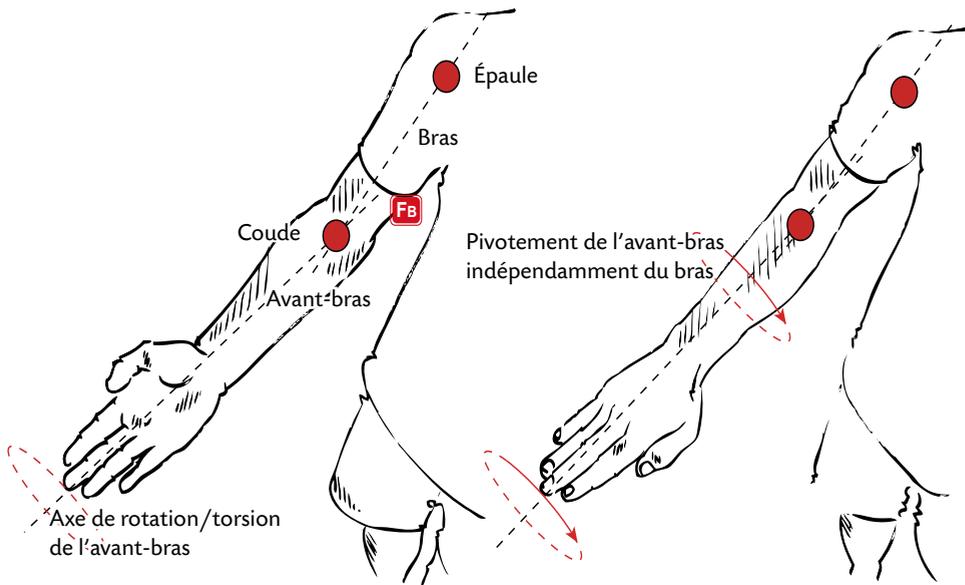


**Fig. 105 - Mouvement de rotation de l'avant-pied indépendamment de l'arrière-pied de la patte arrière du chat**

Pour visualiser ce phénomène, comparons-le à notre avant-bras qui possède également un mécanisme de torsion nous permettant d'orienter la main vers le bas ou le haut (pronation/supination). Faites le test suivant (fig. 106) : le coude droit plié à 90° et la main ouverte, orientez successivement votre main vers le bas puis le haut. Vous remarquerez alors que l'avant-bras et la main pivotent de concert indépendamment du bras et que, lorsque vous posez votre main gauche sous le coude, celui-ci ne bouge pas durant la réalisation de ces mouvements. Des mouvements de l'avant-bras rendus possibles grâce aux différentes articulations qui composent le coude et le poignet. Ce mécanisme au niveau de notre avant-bras nous permet d'ajuster l'orientation de la main sans avoir à mobiliser le bras (via l'épaule). Si ce mécanisme était bloqué, nous serions très limités dans nos mouvements et devrions compenser ce blocage en mobilisant l'épaule sans parvenir pour autant à égaler l'efficacité et l'économie que nous octroie ce mécanisme de torsion. De façon comparable, l'avant-pied du chat s'incline/pivote indépendamment de l'arrière-pied pour s'ajuster aux dévers du terrain<sup>1</sup> et assurer un contact optimal avec le sol. Le chat peut ainsi traverser un toit pentu sans pour autant diminuer la surface en contact avec le sol. À cela s'ajoutent la mobilité et l'indépendance de ses « doigts de pied ».

Imaginons maintenant qu'un fabricant de chaussures élabore une chaussure pour les chats à l'image des chaussures pour les humains. Des chaussures qui engloberaient et unifieraient l'avant-pied et le talon, et dont la semelle rigide bloquerait par conséquent ce mécanisme de torsion entre l'avant-pied et l'arrière-pied. Dès lors, pour monter aux arbres, dans les courbes ou en présence de dévers, l'avant-pied du chat ne s'ajusterait plus. Son adhérence s'en trouverait affectée et ses appuis deviendraient instables. Il prendrait alors appui sur « le bord » interne ou externe de la chaussure, limitant la surface en contact avec le sol et faisant apparaître de nouvelles contraintes au sein du pied et des articulations sus-jacentes

1. Dans la limite des amplitudes du mouvement de torsion.



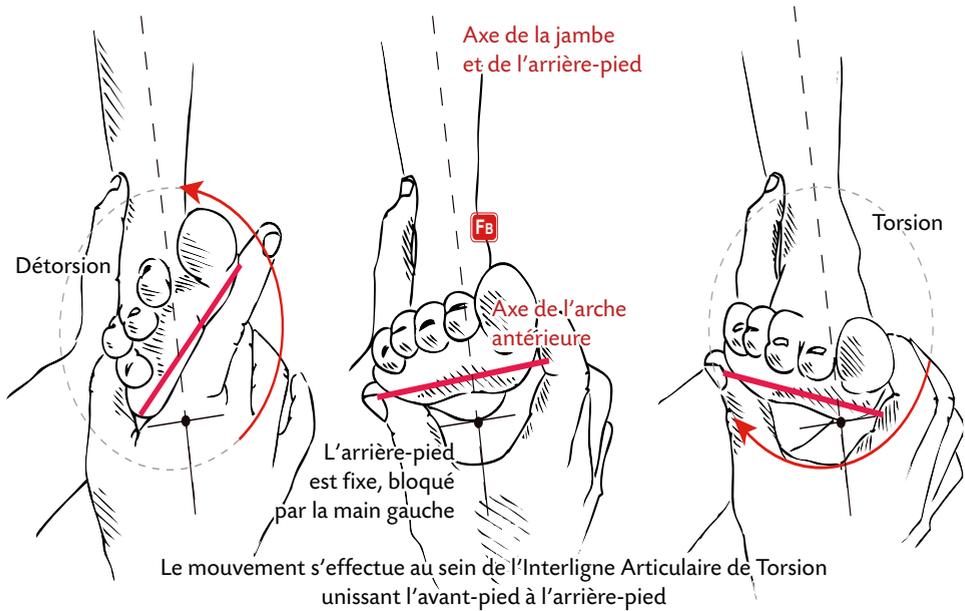
**Fig. 106 -** Pivotement de l'avant-bras et de la main indépendamment du bras. Mouvement de torsion.

c'est-à-dire la cheville, le genou et la hanche, pour prendre en charge l'absence de parallélisme entre l'avant-pied et le sol... Par ailleurs, il est à noter que, chez le chat, l'articulation sous-talienne est très peu mobile, elle ne peut donc compenser par un mouvement d'inversion ou d'éversion l'absence de parallélisme à ce niveau.

Dès lors, pour respecter au mieux la biomécanique du pied du chat, il faudrait non pas développer une chaussure semblable à celle fabriquée actuellement pour l'homme, mais des chaussures ayant des caractéristiques spécifiques. Des chaussures qui respecteraient le mécanisme de torsion entre l'avant-pied et l'arrière-pied et suffisamment souples pour qu'elles n'altèrent, ni ne modifient, ou ne freinent ce mécanisme. Il faudrait également qu'elles permettent l'écartement des doigts. Une chaussure qui ne soit finalement qu'une interface entre le sol et le pied, le protégeant des aspérités, et qui augmenterait si nécessaire la qualité du grip. Ce n'est qu'en comprenant et en respectant cette biomécanique du pied que nous serions en mesure de créer un modèle de chaussure qui lui soit pleinement adapté et ne lui nuise pas.



Qr. 8



**Fig. 107 - Mouvement de torsion du pied**

Qu'en est-il chez l'homme ? Le pied de l'homme possède-t-il une telle biomécanique ? Il y a celle que l'on nous enseigne et celle qui colle davantage à la réalité et que l'on exploite plus ou moins. Les pièces osseuses et les articulations qui composent le pied de l'homme et du chat diffèrent seulement dans leur longueur et leur forme<sup>1</sup>, mais remplissent des fonctions assez semblables. En prenant notre pied dans les mains, nous remarquons qu'il possède également un mécanisme de torsion entre l'avant-pied et l'arrière-pied (Qr. 8). Il nous est possible de mobiliser l'avant-pied indépendamment de l'arrière-pied, et ainsi tordre le pied comme si l'on cherchait à l'essorer (fig. 107). Un mouvement de torsion que l'on produit facilement et sans force. Le degré de torsion est plus faible que chez le chat mais très présent puisque nous pouvons pivoter notre avant-pied de 40° vers l'intérieur et de 20° vers l'extérieur (amplitude qui fluctue d'un individu à l'autre. Mesure prise ici chez un adolescent de 15 ans). Notre avant-pied, au même titre que celui du chat, est une *interface neutralisatrice*, un *élément de jonction* entre le sol et le reste de la jambe, arrière-pied inclus.

Ce mécanisme de jonction fonctionne pleinement dès que l'on est en appui avant-pied (en appui au niveau de l'arche antérieure du pied, tête des métatarsiens), c'est-à-dire dès que le talon décolle légèrement du sol. Comme chez le chat, cette mécanique permet d'incliner la jambe en appui sans que l'avant-pied (arche antérieure) ne décolle, et de garder ainsi une surface toujours maximale en contact avec le sol. Par ailleurs, chez l'homme, à la différence du chat, l'utilisation de ce mécanisme de torsion en appui avant-pied s'accompagne d'un important déplacement latéral du talon par rapport à l'avant-pied qui modifie instantanément la forme du pied, l'arche interne se creusant ou s'aplatissant selon le degré de torsion (fig. 7, 8, 35, 51, 76).

1. Et leur nombre.

Mais que se passe-t-il lorsque l'on chausse des chaussures rigides? Subitement, ce mécanisme de torsion se trouve bloqué<sup>1</sup> et nécessite d'être compensé par la mise en mouvement d'autres articulations dont l'articulation sous-talienne. Tout gainage de la « cheville » devient alors difficile, voire impossible (fig. 56, 57, 103, 104). Rappelons que la prévention des entorses de la cheville dépend de la capacité de gainage de cette articulation et non de sa mise en mouvement. Par ailleurs, si la forme du pied n'évolue plus (fig. 71, 72), sa musculature s'affaiblit et son système ligamentaire se rigidifie, le pied se fige.

Nos chaussures rigides limitent les mouvements physiologiques du pied et génèrent des mécanismes compensatoires. Il ne nous viendrait pas à l'esprit de bloquer ce mécanisme chez le chat dès lors que l'on a compris toute son importance, alors pourquoi le bloquer chez l'homme? Ces différents éléments biomécaniques renforcent le fait que nous avons plus d'intérêt à produire une prise d'appui avant-pied et maintenir le talon décollé du sol, ne serait-ce que légèrement. Nous possédons ainsi davantage de marge de manœuvre dès que nous nous déplaçons et que le terrain devient technique. Mais cela nous amène également à réfléchir sur la qualité/les bienfaits/la pertinence de nos chaussures actuelles qui devraient libérer la biomécanique du pied et non l'altérer. Reste alors à tester les différents degrés de liberté que nous octroient ou non la chaussure.

❖ Le mécanisme de torsion est également présent au niveau des pattes avant du chat, assez semblable à celui que l'on retrouve chez l'homme au niveau de l'avant-bras, mais avec une mobilité plus importante au niveau du « poignet ». D'un point de vue strictement anatomique et biomécanique, les pièces osseuses composant les pattes du chat diffèrent de celles de l'homme dans leur forme, leur longueur, tout comme les articulations qui les unissent, mais en restant très proches dans leur fonctionnement. Toutefois, la combinaison des mouvements qu'elles autorisent permet de remplir cette fonction d'interface entre le sol et le reste de la patte.

## Comprendre le pied pour mieux choisir ses chaussures

### • La technologie est-elle en nous ou dans la chaussure?

Pour choisir une chaussure, il faut avant tout connaître le fonctionnement du pied, ses mouvements intrinsèques, leurs intérêts et ce qu'ils permettent, pour voir si la chaussure autorise ces différents mouvements. Il est important d'avoir conscience que le corps possède une forte capacité de compensation qui permet au pied de fonctionner même s'il est victime de blocages, de déséquilibres, voire d'absence de contrôle de ses mouvements.

Notez par ailleurs que, en raison de sa musculature, de la mobilité des différentes pièces osseuses qui le composent et de ses nombreux capteurs sensoriels, le pied comporte toutes les ressources nécessaires pour maintenir sa structure, s'adapter à la forme du terrain et assurer un appui efficace. En dehors de toutes pathologies, le pied n'a pas besoin d'orthèse pour fonctionner.

1. L'avant-pied ne peut plus pivoter indépendamment de l'arrière-pied et ajuster son orientation selon l'inclinaison de la jambe ou la présence d'un dévers.

### La qualité de l'appui, sa stabilité et sa précision dépendent de la liberté des mouvements intrinsèques du pied et de leur contrôle.

Cependant, la plupart des chaussures, par leur conception, ne respectent pas pleinement le fonctionnement du pied mais au contraire l'altèrent. Ces chaussures tentent de remplacer/suppléer certaines de ses ressources, ce qui a pour conséquence d'affaiblir sa musculature et de rigidifier sa structure. De plus, il faut être conscient que, grâce à son amorti, la chaussure nous autorise un comportement qui ne serait pas possible d'adopter pieds nus, nous permettant ainsi de courir et de marcher au-delà de nos capacités sans avoir à nous soucier dans une certaine mesure de la qualité de la gestuelle mise en œuvre.

### La chaussure peut nous amener à développer et entretenir une gestuelle de moindre qualité sans en avoir conscience.

Ainsi, nous sommes en droit de nous interroger sur ce qui est le plus important : le résultat – parcourir une distance en un temps minimal en accordant peu d'intérêt à la gestuelle – ou développer une gestuelle de qualité dans un souci d'efficacité et de préservation de l'organisme.

Nous vous proposons ici de comprendre la fonction de chaque mécanisme existant au niveau du pied et de voir comment ils peuvent être altérés par une chaussure rigide et épaisse. Nous expliquerons également ce que nous entendons par chaussure rigide et épaisse qui altère la biomécanique du pied et chaussure fine et souple qui respecte cette biomécanique.

Nous cherchons à vous donner les moyens de choisir en connaissance de cause mais également de mieux comprendre l'intérêt du « pied nu » ou du « comme pied nu » avec l'utilisation de chaussures souples et fines. C'est en comprenant les tenants et les aboutissants de chaque élément que nous serons plus à même de savoir vers quoi tendre et pourquoi. Ce n'est pas « quoi faire » mais davantage quel type de pied et niveau d'interaction avec le milieu extérieur souhaitons-nous développer ?

- Les différents mécanismes et leur importance

#### *Importance du feedback. La perception*

Le pied est richement doté de capteurs sensoriels qui nous informent en permanence et instantanément de la pression qui s'exerce sous le pied, pour ne pas dire de la pression que l'on exerce sous le pied, de la nature du terrain et du niveau d'agression des tissus via la douleur (système nociceptif). Un niveau d'agression qui ne dépend pas seulement des aspérités du sol mais également de notre façon de prendre appui, de notre comportement...

Ces différents repères sensoriels nous donnent les moyens d'agir et d'interagir plus efficacement et rapidement, et ainsi d'ajuster dans un souci d'efficacité et de préservation du corps la longueur des pas, la cadence (nombre de pas par minute), la prise d'appui... mais également la durée de la sortie ou de l'entraînement, ou encore l'allure en fonction de ses capacités du moment (niveau technique, fatigue, condition physique...). Ce retour sensitif est un gain en subtilité. Prenons à titre de comparaison l'importance du toucher au niveau

des doigts dans la pratique de l'escalade, sans lequel le grimpeur ne pourrait apprécier la qualité d'une prise, son adhérence, sa forme mais également la pression qu'il exerce. Des sensations essentielles afin d'ajuster le positionnement et l'orientation de ses doigts pour ne pas glisser. Tout comme la tension qui parcourt la musculature et les tendons de sa main, de son bras et de son corps en général, qui le renseigne également sur la qualité de sa prise et la conduite à tenir. Autant d'informations conscientes et inconscientes qui le guident. Il suffit que ses doigts soient gourds en raison du froid pour qu'il perde en précision. Il en est de même pour le retour sensitif qui provient des pieds. Lors de la marche ou de la course, il nous informe en permanence des contraintes que l'on applique sur le corps, et par conséquent de la conduite à tenir. Sans cela, nous perdons toute interaction avec le milieu qui nous entoure et notre gestuelle peut alors être inappropriée.

Ce retour sensitif (fig. 108), qui est le seul lien direct entre le sol et notre corps, nous renseigne sur :

- **La qualité de la prise d'appui**, avec la présence ou non d'un impact (onde de choc).
- **La qualité de la conduite de l'appui** (stabilité, équilibre, précision) et de la propulsion en fonction de la localisation, de la répartition et de l'évolution de la pression sous le pied.
- **La symétrie des appuis**, différence d'appui entre le pied droit et le pied gauche.
- **Le type de sol** sur lequel nous nous déplaçons : dur, souple, élastique, chaud, froid, humide, sec, glissant...

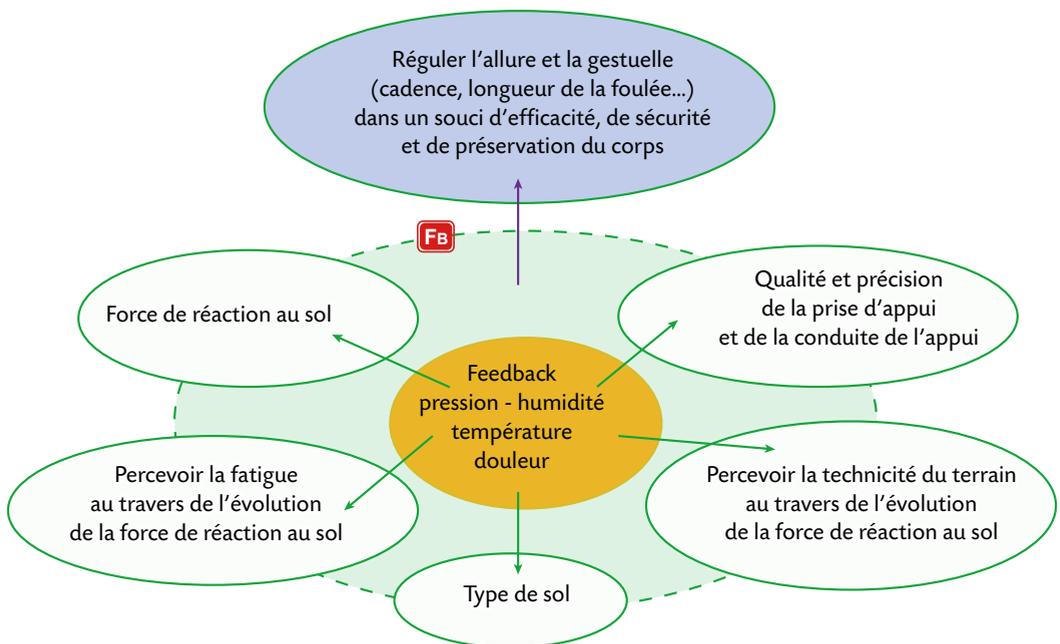


Fig. 108 - Comment le feedback nous amène à réguler notre comportement

Une source d'informations qui nous amène à ajuster notre gestuelle en fonction de la nature de la surface sur laquelle on se déplace, de l'action que l'on mène et de la situation dans laquelle on se trouve dans un souci d'efficacité et de préservation du corps.

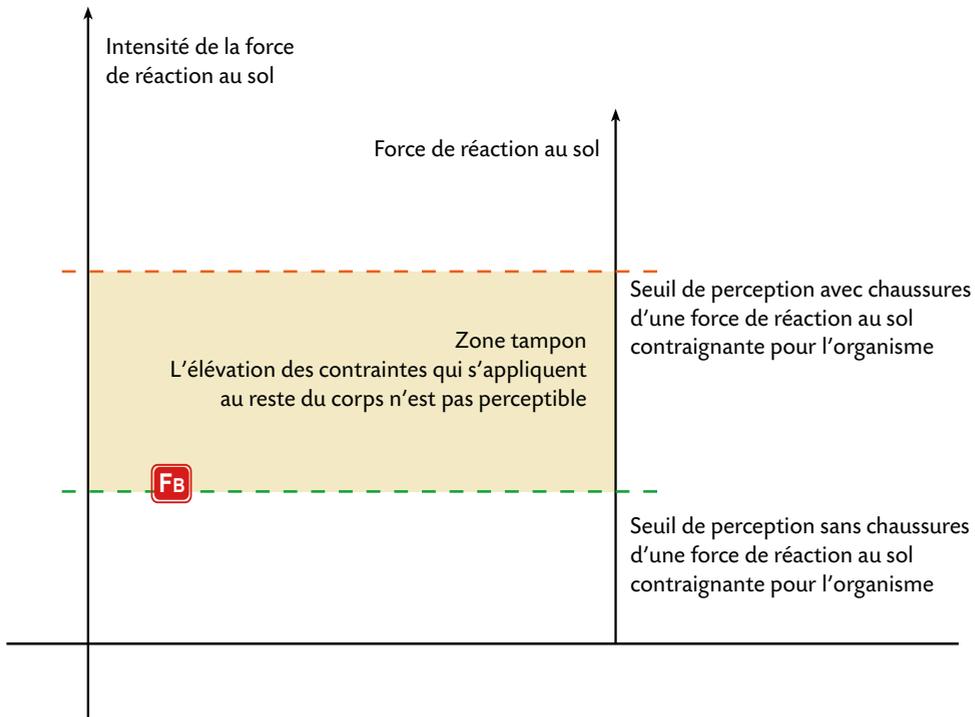


Fig. 109

### Comment la chaussure limite le retour sensitif ?

La semelle – selon sa composition, son épaisseur, son niveau d'amortissement, et l'étalement de la pression sous le pied – endort/anesthésie/limite le retour sensitif et autorise par conséquent une démarche moins efficace, voire inadaptée. En ce sens qu'il devient possible de taper des pieds sans en avoir conscience, ce qui est ni économique, ni efficace. Ainsi, quelle que soit la surface sur laquelle le pied se pose et quelle que soit la qualité de la gestuelle mise en œuvre, la pression qui s'exerce sous le pied varie très peu. Pour comprendre ce phénomène, effectuer une série de bondissements sur place en atterrissant sur les talons pieds nus puis avec des chaussures comportant un fort amorti. Plus la semelle comporte de l'amorti, plus il est possible d'atterrir sur les talons sans pour autant avoir mal à ce niveau. Ce qui n'est pas possible pieds nus ou avec des chaussures sans amorti. Cependant, si cela reste confortable pour les pieds grâce à l'amorti présent dans la semelle, l'onde de choc lors de l'impact en atterrissant sur les talons se propage dans le reste du corps sans être perçue à sa juste valeur. Le seuil de perception est repoussé, élevé, mais l'impact sur le reste du corps reste semblable (fig. 109).

Ainsi, une personne qui est obligée de porter des chaussures de plus en plus amortissantes pour ne pas avoir mal aux pieds au-delà d'un certain kilométrage ou à partir d'une certaine allure doit voir en cela le fait que ses capacités physiques et techniques sont inadaptées/insuffisantes pour le moment<sup>1</sup>. Lorsque l'on entend : « *Plus vous faites du long, plus il vous faut de l'amorti* », en réalité il faut comprendre ceci : « *Comme vous n'avez pas les capacités physiques et techniques de faire du long, portez des chaussures avec un bon amorti. Elles vous assureront un appui confortable et vous permettront de ne pas percevoir l'impact mécanique des défauts présents dans votre foulée.* » Ce qui n'est pas sans conséquence pour l'intégrité du corps puisqu'en endormant les capteurs sensoriels qui informent à chaque pas ou à chaque foulée de la qualité de la gestuelle, on ne permet plus à la personne de ressentir ses propres limites et de pouvoir ainsi adapter sa gestuelle et son allure en fonction de ses capacités.

Nous sommes face à un choix, adapter notre comportement afin de respecter ses limites de fonctionnement ou faire fi de tout cela et ne s'attacher qu'au résultat (chronomètre, distance, temps...). La chaussure risque de devenir alors un produit dopant où la fin justifie les moyens, où le résultat prime sur le reste, devenant un objectif et non une conséquence.

### **Conséquences d'une perte de sensibilité**

- Absence de retour sensitif sur la qualité du terrain, de la prise d'appui, de la conduite de l'appui, l'évolution de la gestuelle... Augmentation du stress mécanique sur l'ensemble du corps.

### **Comment vérifier que ce mécanisme n'est pas altéré ?**

- Marcher/courir sur une surface qui présente des reliefs, pieds nus puis avec des chaussures, afin de percevoir le degré d'atténuation du retour sensitif. Effectuer quelques bonds sur place pour prendre conscience du « degré d'endormissement » des capteurs sensoriels.

### **Importance de la mobilité et de l'étalement de l'arche antérieure**

L'arche antérieure du pied, située à la base des orteils, est par nature mobile en raison du mouvement existant entre les différents éléments qui la composent (tête des métatarsiens) ; ce n'est donc pas un bloc rigide comme on a tendance à le croire. Sa forme évolue instantanément en fonction de la surface sur laquelle elle se pose ; elle se creuse, se bombe, s'aplatit, s'incline. Cette adaptabilité présente plusieurs intérêts (fig. 110), elle :

- assure un contact maximum de l'ensemble de l'avant-pied avec le sol (congruence entre le sol et l'avant-pied) et participe à la stabilité de l'appui. L'arche antérieure se moule à la surface du terrain évitant ainsi tout déséquilibre ou bascule du pied et le grip (l'accroche) s'en trouve augmenté ;
- absorbe/neutralise, dans une certaine mesure, les irrégularités du terrain sans les répercuter au reste de la jambe<sup>2</sup> ;
- limite l'apparition de zone d'hyperpression au niveau de l'arche antérieure grâce à une meilleure répartition de la pression au cm<sup>2</sup> ;

---

1. Une même personne, selon son niveau d'apprentissage, de maîtrise, de contrôle et d'interaction avec son corps, est plus ou moins à même de développer une dynamique corporelle efficace lui permettant de ne pas utiliser des chaussures amortissantes pour un résultat égal.

2. Arrière-pied inclus.

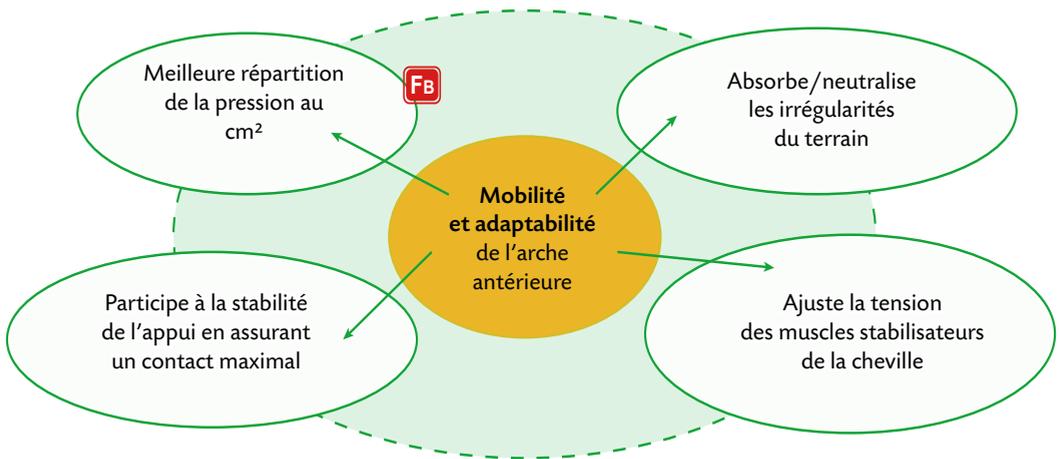


Fig. 110

- ajuste/régule la tension au sein des muscles qui stabilisent latéralement la « cheville »<sup>1</sup>.

### Comment la chaussure limite la mobilité et l'étalement de l'arche antérieure ?

- Rigidité de la semelle, impossibilité de creuser ou bomber la semelle au niveau de l'arche antérieure du pied. L'arche antérieure garde la même forme quelle que soit la surface sur laquelle se pose le pied.
- Épaisseur et mollesse de la semelle, aspect amortissant.
- Étroitesse de la « boîte à orteils » qui empêche l'étalement latéral de l'arche antérieure.

### Conséquences d'une mobilité et d'un étalement restreints

- Affaiblissement de la musculature intrinsèque du pied.
- Affaiblissement des muscles participant à la stabilité latérale de la « cheville ».
- Perte d'élasticité des éléments de jonction unissant les différentes pièces qui composent l'arche antérieure. Le pied se rigidifie progressivement.
- Zones d'hyperpression en cas d'absence d'étalement de l'arche antérieure.
- Instabilité de l'appui, bascule latérale du pied autour de l'appui.

### Comment vérifier que la mobilité et l'étalement ne sont pas altérés ?

- Marcher/courir avant-pied, le talon légèrement décollé, sur une surface présentant des formes différentes, l'arche antérieure doit épouser la forme du terrain et s'étaler dans la chaussure sans contrainte. L'avant-pied ne doit pas être comprimé.
- Creuser et bomber manuellement la chaussure au niveau de l'arche antérieure sans effort (fig. 111).

1. Contrôle et stabilisation de l'articulation talo-calcaneo-naviculaire. Rappelons qu'une partie des muscles qui contrôlent la stabilité dite « de la cheville » s'insère sur l'avant-pied.

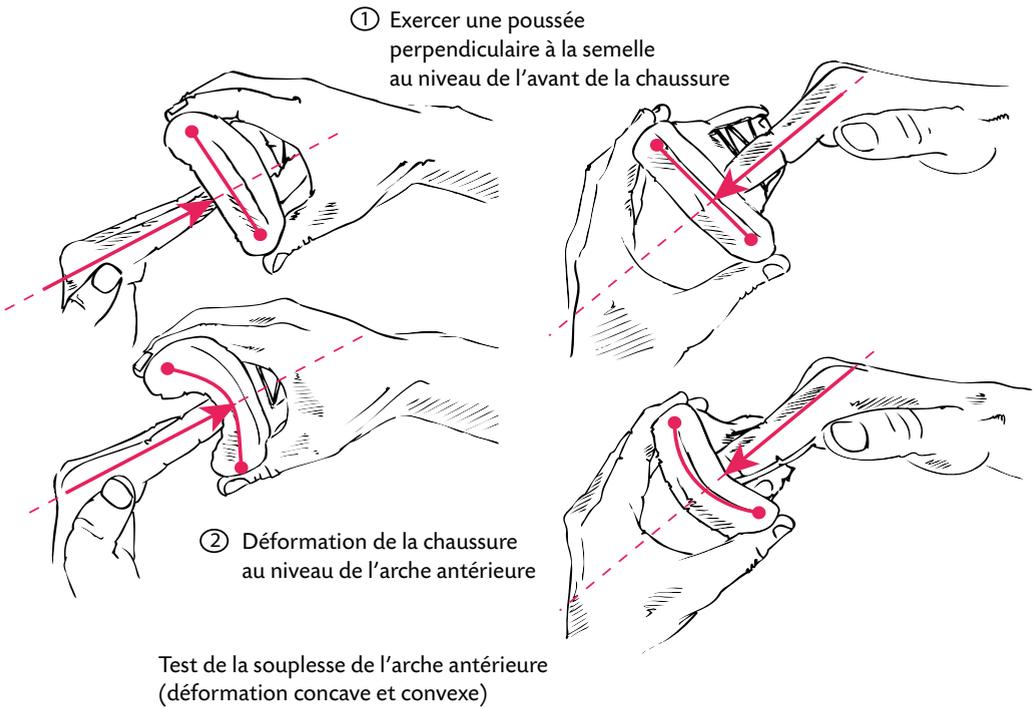


Fig. 111 - Souplesse de l'arche antérieure

## Importance de l'extension des orteils durant la phase aérienne et la phase d'appui

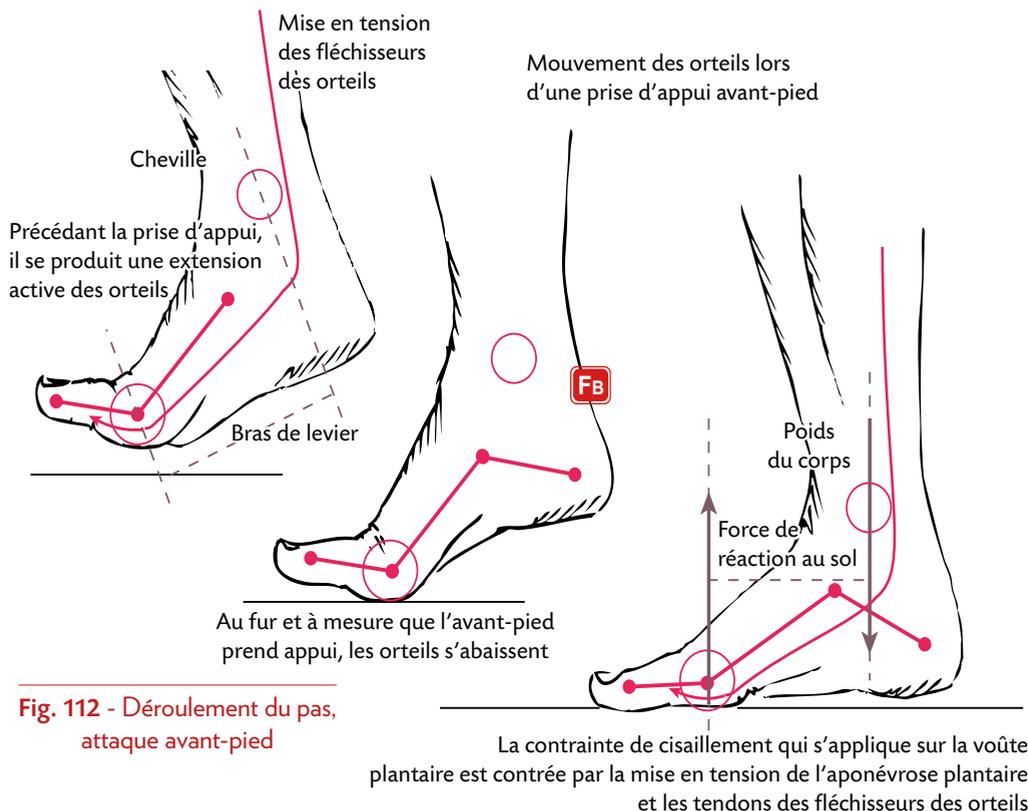
Pieds nus, durant la phase aérienne et la phase d'appui, les orteils se mobilisent spontanément et indépendamment du reste du pied. Leurs mouvements participent à la qualité de l'appui et au maintien de la structure.

Précédant la prise d'appui proprement dite, les orteils se redressent (extension des orteils), ce qui a pour effet de :

- présenter l'arche antérieure pour prendre appui dans la course avant-pied. Rappelons que l'arche antérieure est la zone la plus large du pied et qu'elle se situe loin en avant de l'articulation de la cheville. Cette localisation très antérieure crée un bras de levier conséquent qui agit comme une sorte de *démultiplicateur* de force et nous assure un maximum de finesse pour gérer l'amortissement lors de la prise d'appui ;
- mettre en tension l'aponévrose plantaire et les tendons des fléchisseurs des orteils<sup>1</sup> qui agissent comme des raidisseurs longitudinaux du pied (fig. 112). La voûte plantaire<sup>2</sup> est

1. Les muscles longs fléchisseurs dont le long fléchisseur des orteils (LFO).

2. La forme de la voûte plantaire dépend du degré de torsion entre l'avant-pied et l'arrière-pied. La mise en tension des fléchisseurs des orteils et de l'aponévrose plantaire, à l'image de la corde d'un arc, rigidifie longitudinalement la voûte plantaire sans faire évoluer le degré de torsion. La tension s'adapte en fonction du degré de torsion.



**Fig. 112 - Déroulement du pas, attaque avant-pied**

- alors davantage soutenue, prête à supporter les contraintes d'écrasement lors de la prise d'appui (cf. « La place des orteils dans la marche et la course »);
- participer à l'amortissement de la force de réaction au sol. Une fois l'arche antérieure en appui, les orteils s'abaissent et viennent au contact du sol adaptant de fait la tension de l'aponévrose plantaire et des fléchisseurs des orteils à la forme du terrain et à l'inclinaison du pied par rapport au sol. La voûte plantaire s'allonge longitudinalement au fur et à mesure que les orteils s'abaissent, la longueur de l'aponévrose plantaire entre la tête des métatarsiens et du talon augmentant; un phénomène mécanique de faible amplitude.
- Durant la phase d'appui, l'extension passive des orteils (fig. 113, 125) résultant du déroulement du pas a plusieurs conséquences :
- ajuster la tension et la longueur de l'aponévrose plantaire et des fléchisseurs des orteils<sup>1</sup>. La tension au sein de l'aponévrose plantaire augmente progressivement avec l'extension passive des orteils raccourcissant la longueur entre le talon et la tête des métatarsiens. L'architecture du pied est plus ou moins raidie longitudinalement;
  - augmenter le grip et participer à l'équilibre et à la stabilité<sup>2</sup>, les orteils s'ancrent plus ou moins fortement dans le sol tout en s'adaptant à la forme du terrain.

1. La tension des fléchisseurs des orteils évolue également en fonction du degré de flexion de la cheville.

2. Les orteils sont des régulateurs de posture qui ne devraient s'activer qu'en cas de besoin. Leur rôle n'est pas de compenser des déficits provenant d'autres secteurs.

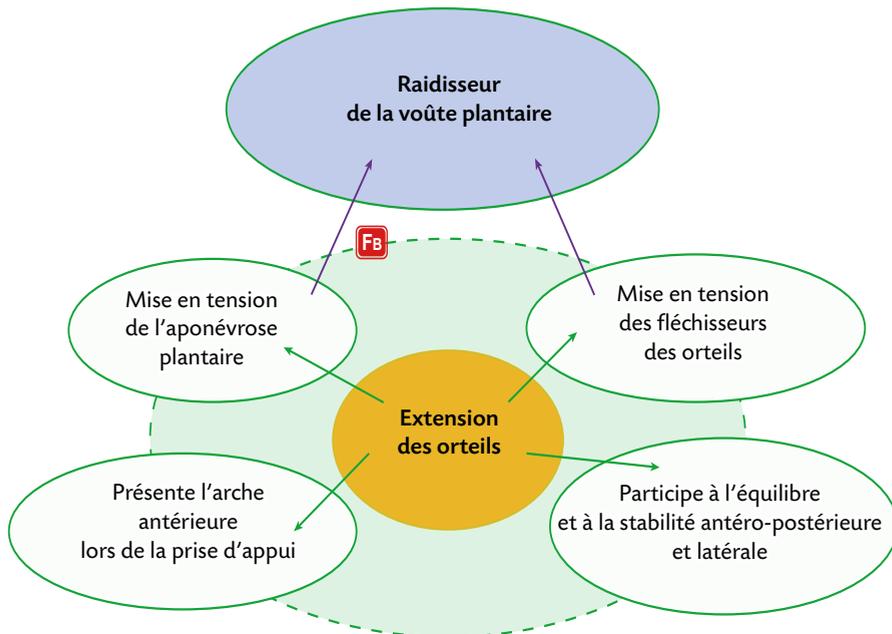


Fig. 113

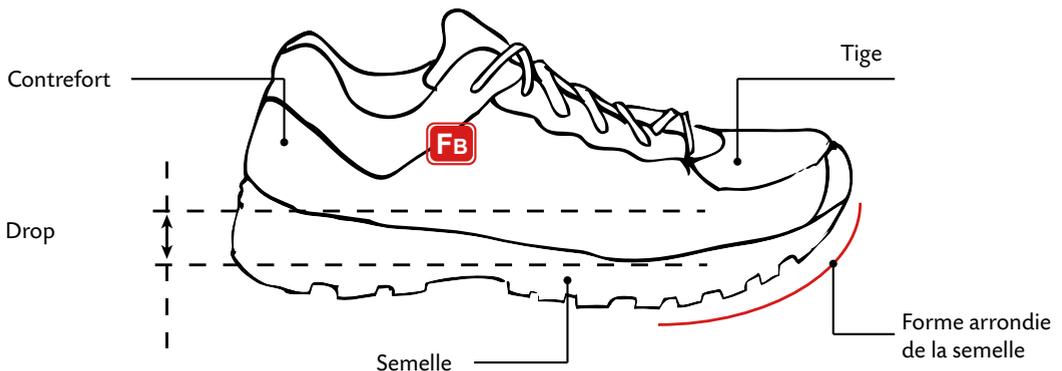


Fig. 114 - Les différentes parties d'une chaussure

### Comment les chaussures limitent ce mécanisme ?

- Une semelle et une tige<sup>1</sup> rigides bloquent/limitent le mouvement des orteils.
- Une hauteur réduite de l'espace dédié aux orteils.
- La forme arrondie de la semelle (fig. 114) au niveau de l'avant-pied empêche/limite l'extension passive des orteils durant le déroulé du pas. Dans ce cas, le point de bascule du pied se déplace vers l'avant au fur et à mesure que le talon décolle au lieu de rester au niveau de l'arche antérieure.

1. La tige est la partie en tissu (mesh) ou en cuir qui recouvre le pied et maintient la chaussure au pied.

Test de la souplesse au niveau des orteils

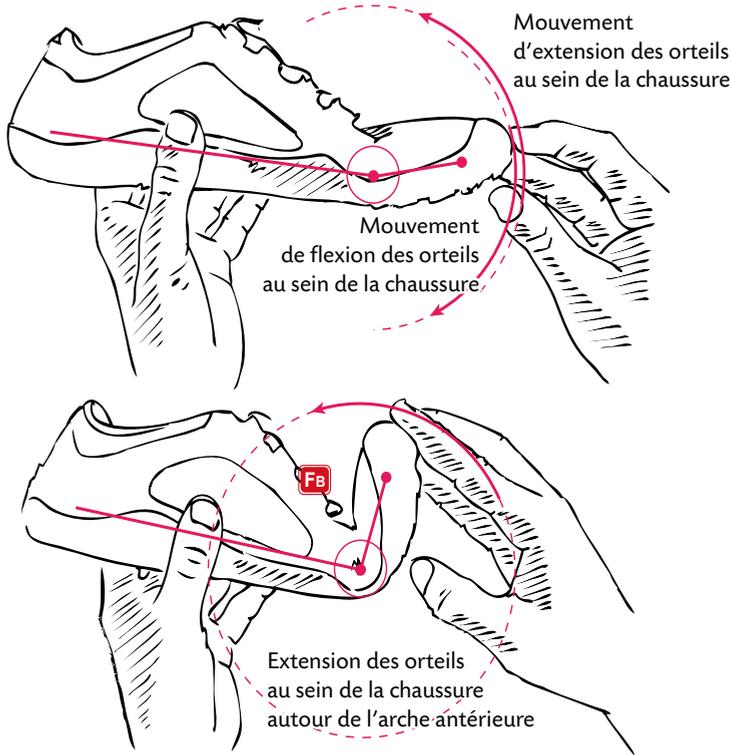


Fig. 115 - Souplesse au niveau des orteils

### Conséquences d'une extension limitée des orteils

- Altération du mécanisme de raidissement longitudinal de l'architecture du pied.
- Affaiblissement des muscles fléchisseurs des orteils (commun et long fléchisseur propre des orteils) et de l'aponévrose plantaire car moins sollicités.
- Tendance à l'allongement antéropostérieur permanent de la voûte plantaire<sup>1</sup> lors de la prise d'appui et en appui.
- Perte d'équilibre antéropostérieur et latéral, les orteils ne pouvant se mobiliser et s'ancrer dans le sol pour rattraper des déséquilibres trop importants.

### Comment vérifier que ce mécanisme n'est pas altéré ?

- Stepper sur place avec et sans chaussures et vérifier que les orteils produisent un mouvement de flexion/extension au fur et à mesure que le pied s'incline sans que cela ne crée un pli au niveau de la tige irritant la peau à la base des orteils.
- Le mouvement d'extension des orteils en l'air ne doit pas être limité dans son amplitude par la chaussure et ne doit pas nécessiter plus d'effort.
- Manuellement, pouvoir plier la chaussure au niveau des orteils sans effort (fig. 115).

1. À ne pas confondre avec la forme de l'arche interne qui est l'expression du degré de torsion entre l'avant-pied et l'arrière-pied.

- ❖ Les ongles des orteils ne doivent pas s'agripper dans le tissu de la chaussure. Notez que le recul de la chaussure lors d'une prise d'appui talon, associé à des orteils bloqués dont les ongles frottent contre le tissu, cisaille ces derniers, un phénomène mécanique qui facilite l'apparition des « ongles noirs ». Phénomène identique chez le coureur avant-pied qui « traîne des pieds », la chaussure reculant à chaque prise d'appui.

### **Importance de la torsion du pied durant la phase d'appui**

En appui avant-pied, le mouvement de torsion du pied<sup>1</sup> permet d'orienter et d'incliner la jambe sans contrainte et avec un maximum d'amplitude. L'avant-pied, comme nous l'avons évoqué à plusieurs reprises dans l'ouvrage, devient une *interface neutralisatrice*, un *élément de jonction* entre le sol et le reste de la jambe, une véritable charnière qui assure un appui optimal et un ajustement permanent des tensions au sein des muscles qui stabilisent latéralement la « cheville ». L'appui gagne en stabilité, en équilibre et en précision, en absorbant également les dévers du terrain (fig. 116). Un mécanisme qui facilite le gainage et la protection des articulations sus-jacentes (sous-talienne, cheville, genou). Un mouvement de torsion qui a pour conséquence de modifier instantanément la forme du pied et qui nécessite une chaussure souple et adaptable pour ne pas contraindre cette évolution (fig. « Souplesse latérale de la chaussure »). Ainsi, en fonction du degré de torsion, l'arche interne et la voûte se creusent ou s'aplatissent, le talon se déplace latéralement par rapport à l'avant-pied, la hauteur du cou-de-pied et la longueur du pied varient (fig. 71, 72).

#### **Comment la chaussure limite ce mécanisme ?**

- Rigidité de la semelle limitant le mécanisme de torsion (essorage).
- Rigidité de la semelle limitant le déplacement latéral du talon par rapport à l'avant-pied.
- Présence d'une voûte plantaire au sein de la chaussure qui bloque le mécanisme de torsion (fig. « Appui et inclinaison de la jambe »).

#### **Conséquences d'un blocage de la torsion en appui**

- Affaiblissement du gainage articulaire de l'ensemble de la jambe et de l'articulation sous-talienne en particulier (cf. Complément « Gainage de la cheville, chaussures et prévention des entorses' », test des genoux en X). Notez que pour recouvrer le gainage de l'articulation sous-talienne, il ne suffit pas de marcher et de courir pieds nus, cela nécessite un travail conscient et orienté.
- Diminution de l'amplitude du mouvement de la jambe en appui (marge de manœuvre) et mise en tension plus rapide du système ligamentaire : sous-talienne, cheville, genou, hanche.
- Instabilité de l'appui lorsque le terrain présente des dévers.

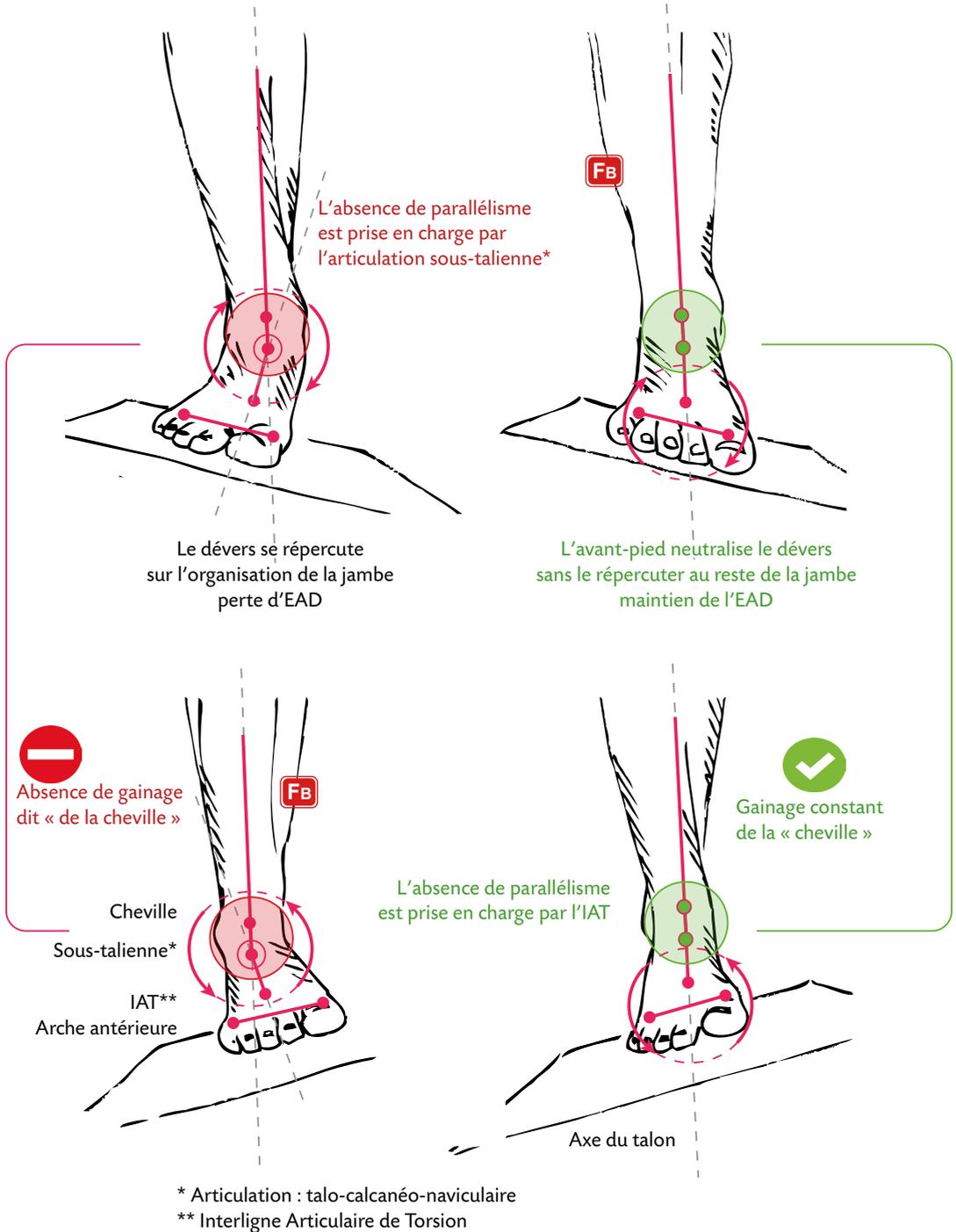
#### **Comment vérifier que ce mécanisme n'est pas altéré ?**

- Pouvoir tordre la chaussure longitudinalement et latéralement sans aucun effort (fig. 117).
- Chausser la chaussure et vérifier que le talon peut se déplacer latéralement en appui avant-pied sans être limité lors d'un mouvement de torsion et de détorsion.

---

1. Mouvement de torsion entre l'arrière-pied et l'avant-pied en appui.

Fig. 116 - Engagement et désengagement de la sous-talienne



- Produire un appui avant-pied sur un plan incliné latéralement (dévers interne et externe) sans et avec chaussures afin d'apprécier l'indépendance du mécanisme de torsion. S'il est limité, l'arrière-pied bascule, entraîné par la rigidité de la chaussure.

### **Importance de la torsion du pied durant la phase aérienne**

Durant la phase aérienne, phase précédant la prise d'appui, le mécanisme de torsion permet de présenter spontanément l'avant-pied parallèle au sol indépendamment de l'arrière-pied (cf. fig. 77 et 78, vidéo torsion du pied en l'air Qr. 17). Cette adaptabilité volontaire ou inconsciente assure un contact optimal.

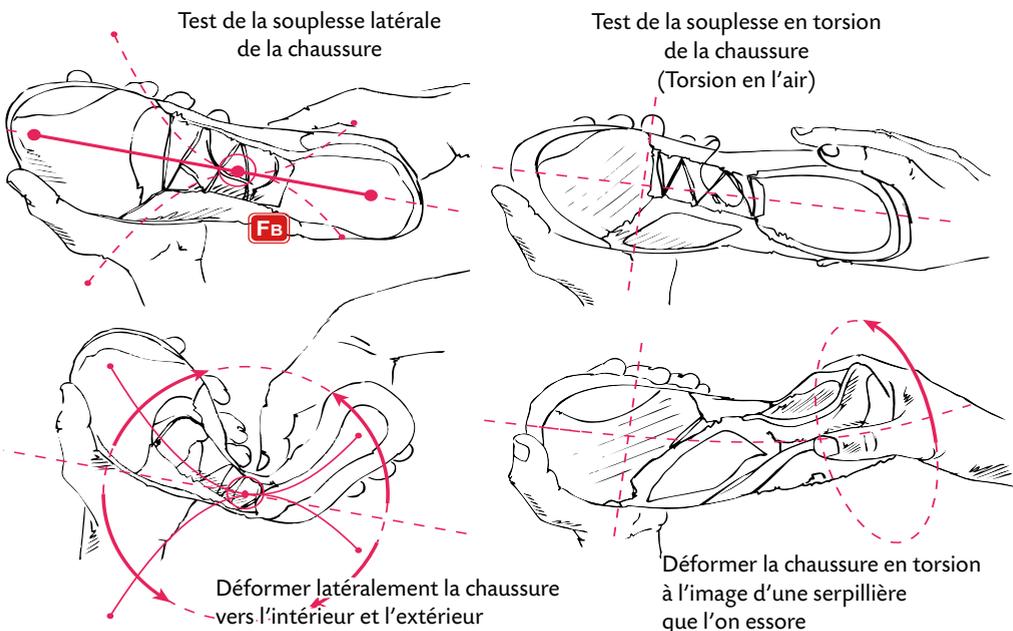


Qr. 17

### **Comment la chaussure limite/altère ce mécanisme ?**

- Rigidité de la semelle qui limite le mécanisme de torsion (essorage), l'évolution de la forme de l'arche interne, de la hauteur du cou-de-pied et de la longueur du pied.
- Présence d'une voûte plantaire au sein de la chaussure.

**Fig. 117 - Souplesse latérale et longitudinale de la chaussure**



### Comment vérifier que ce mécanisme n'est pas altéré ?

- Pouvoir tordre la chaussure longitudinalement sans aucun effort (fig. « Souplesse latérale et longitudinale de la chaussure »).
- Absence de voûte plantaire au sein de la chaussure.
- Chausser la chaussure et pouvoir produire un mouvement de torsion du pied sans être limité par la chaussure.

### Importance de respecter l'anatomie du pied

La forme de la chaussure doit respecter l'anatomie du pied. Le pied a une forme triangulaire dont la base se situe au niveau des orteils et le sommet au niveau du talon et non l'inverse (fig. 118). Les orteils doivent pouvoir s'étaler lors de l'appui tout comme l'arche antérieure. Le talon est étroit et arrondi.

- ❖ Les chaussures pointues modifient l'orientation des orteils et, par conséquent, la localisation de la pression qui s'exerce sur eux lors du déroulement du pas. Le gros orteil déroule alors sur son bord interne ce qui favorise l'apparition d'un hallux valgus.

### Importance de la forme arrondie du talon

Selon l'orientation et l'inclinaison de la jambe et la présence ou non de dévers, le talon (pied) se présente plus ou moins incliné latéralement par rapport au sol. Sa forme naturellement arrondie autorise une prise d'appui et un déroulé aussi bien central, interne ou externe (fig. 119 - Appui et inclinaison de la jambe) sans qu'il ait besoin de se verticaliser permettant ainsi de maintenir le gainage dit « de la cheville » sans que celle-ci ne « se casse » vers l'intérieur ou vers l'extérieur (fig. 56 et 57).

### Comment la chaussure limite/altère ce mécanisme ?

- Une semelle large et plate sous le talon.
- Un contrefort qui bloque le talon perpendiculairement à la semelle rigide et plate.
- Une semelle rigide qui unifie l'avant-pied et l'arrière-pied.

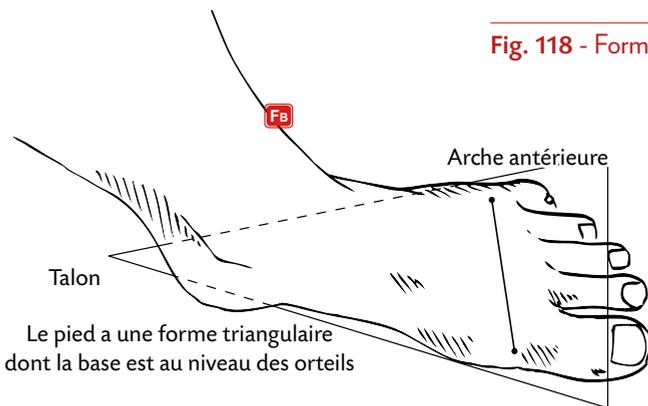
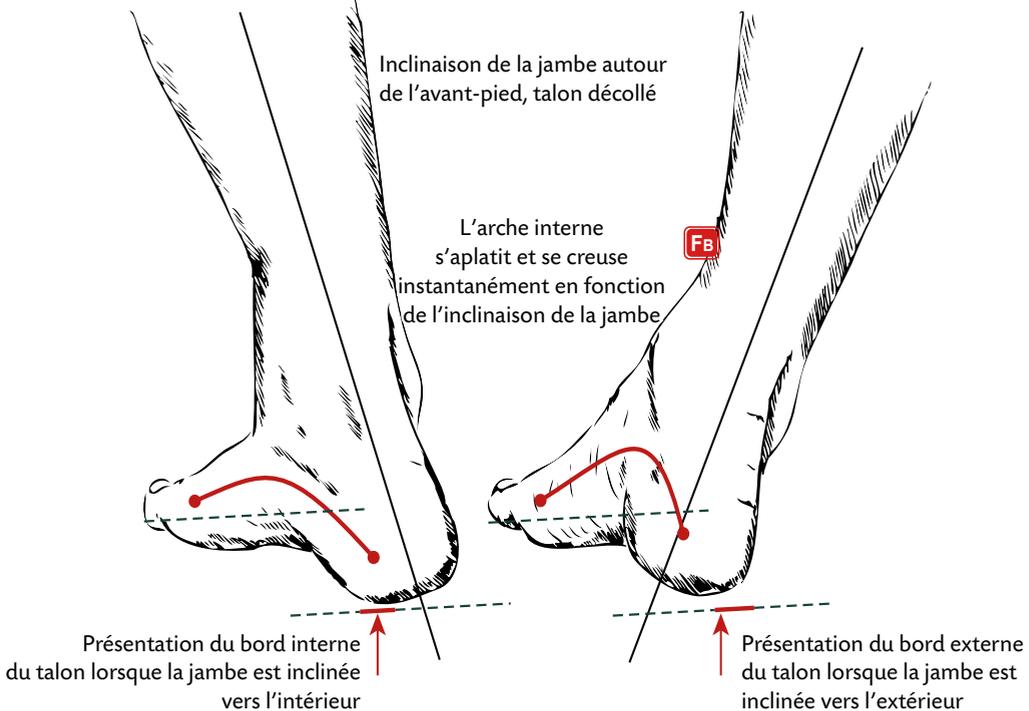


Fig. 118 - Forme du pied

**Fig. 119 - Appui et inclinaison de la jambe**



❖ Les chaussures comportant un talon large et plat associé à des contreforts rigides qui unissent l'arrière-pied à la semelle rigide verticalisent le talon par rapport au sol et désengagent la sous-talienne à chaque appui. Le maintien du gainage de la « cheville » dépend de la forme du talon de la chaussure, de la présence de contreforts au niveau du talon et du mécanisme de torsion.

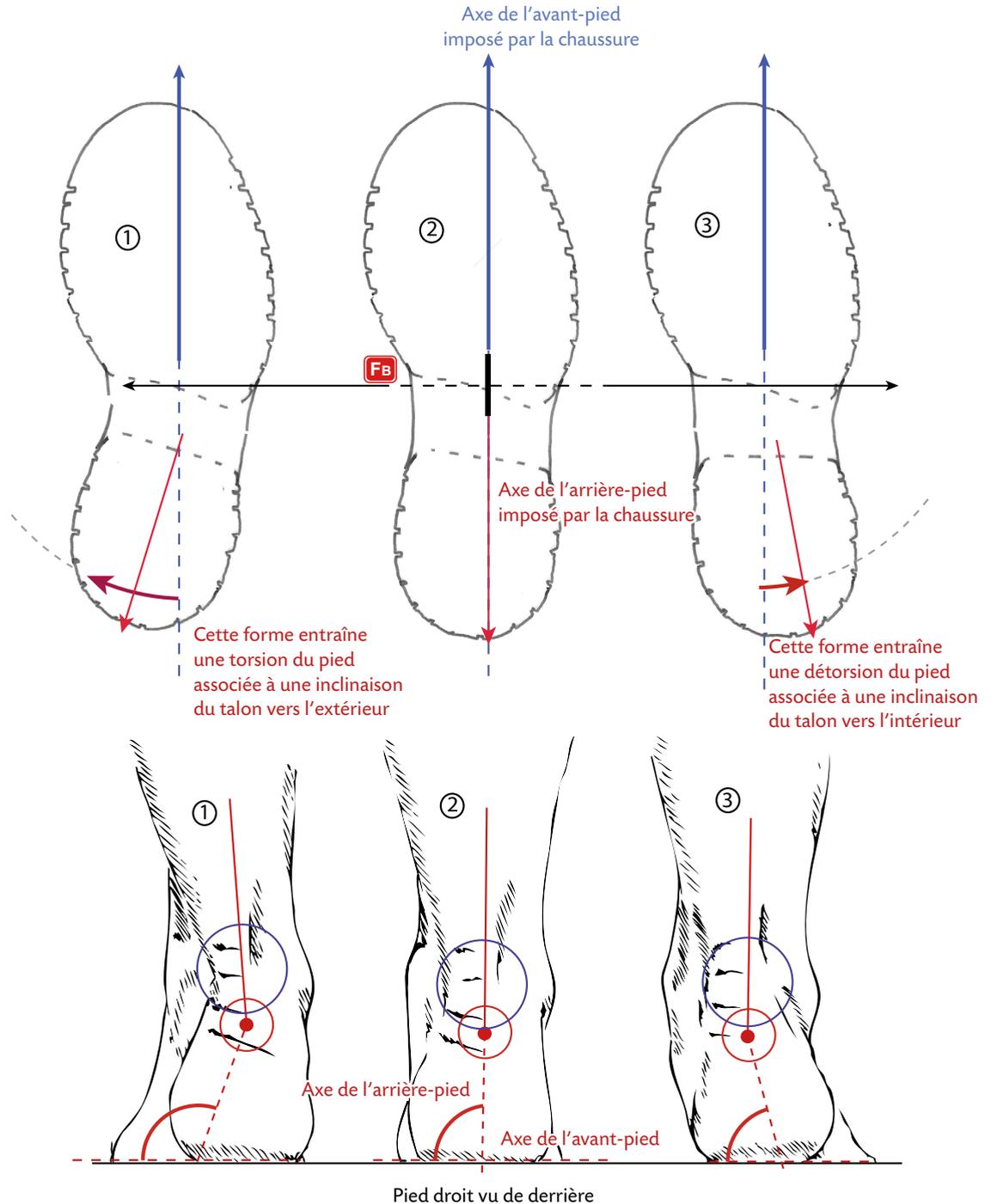
### Comment vérifier que ce mécanisme n'est pas altéré ?

- Forme arrondie de la chaussure, elle doit permettre un appui latéral (bord interne, bord externe du talon) sans entraîner une bascule du talon.
- Absence de contrefort rigide qui bloque le talon du pied dans la chaussure.
- Possibilité de produire une torsion du pied en l'air et en appui.

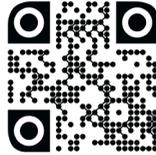
### Importance de la forme de la semelle

L'angle que forme l'axe de l'arrière-pied et l'axe de l'avant-pied dans le plan horizontal détermine le degré de torsion du pied et, par conséquent, l'inclinaison de l'arrière-pied par rapport à l'avant-pied et au sol. Ainsi la forme de la semelle dans le plan horizontal détermine l'inclinaison latérale du talon (fig. 120). Cela peut se traduire également par une pression plus prononcée sur la partie interne ou externe de l'avant-pied ou du talon dans la chaussure, ou encore par une instabilité à l'appui. Plus la chaussure est rigide, plus elle impose son degré de torsion. Ainsi, certaines chaussures rigides mal conçues entraînent une bascule du pied vers l'intérieur et un désengagement de l'articulation sous-talienne.

Fig. 120 - Forme de la chaussure et degré de torsion



**Le plus biomécanique** - Imaginez une chaussure présentant la configuration suivante : une semelle large et plate au niveau du talon, avec un contrefort rigide qui le maintient à la verticale, et dont la forme produit une détorsion (3) du pied en plaçant le talon à l'extérieur de l'axe de l'avant-pied. Dans ce cas de figure, la forme de la semelle amène le talon à s'incliner vers l'intérieur alors qu'il est maintenu à la verticale par le contrefort. En plus d'être inconfortable, cette chaussure désengage la sous-talienne et favorise un effondrement du pied.



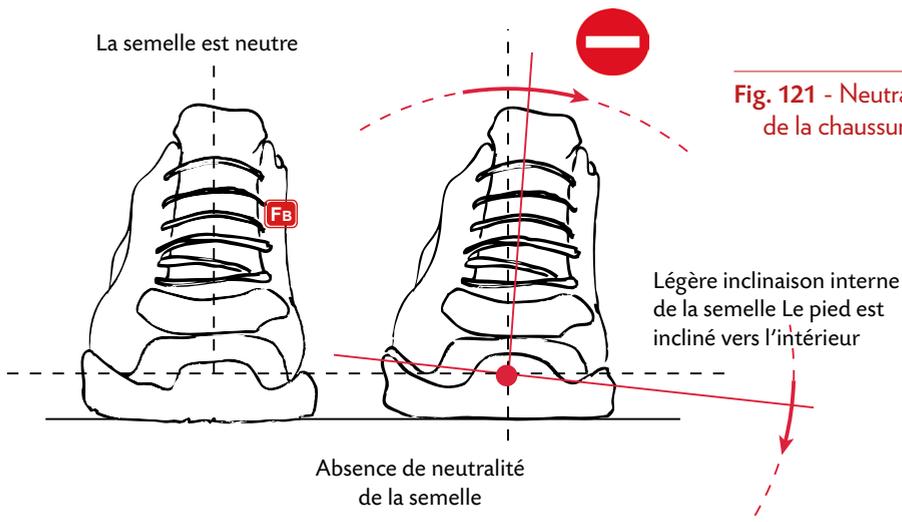
Qr. 14

### Importance de l'absence d'un maintien de la voûte plantaire

La forme de l'arche interne du pied évolue instantanément en fonction du degré de torsion du pied, elle n'en est que l'expression. Elle doit donc être libre et non maintenue/bloquée (fig. 119, Qr. 14) (cf. « Le mécanisme de torsion chez le félin domestique »).

### Neutralité de la chaussure

La chaussure doit être neutre en ce sens qu'elle ne doit générer aucune bascule du pied vers l'intérieur ou l'extérieur, ni entraîner le pied vers l'avant ou l'arrière. Or on trouve fréquemment sur le marché des modèles de chaussures qui entraînent une bascule du pied vers l'intérieur (fig. « Neutralité de la chaussure ») due à une légère inclinaison de la semelle de ce côté qui aurait pour vocation la protection du ligament latéral externe de la cheville. Une chaussure fine, souple et sans amorti, ne devrait pas présenter ce type de problème.



### **Comment vérifier que la chaussure est neutre ?**

- Chausser la chaussure et ressentir la présence ou non d'une inclinaison qui se traduit par une sensation semblable à la présence d'un dévers interne permanent (fig. 121). Un phénomène accentué si la chaussure est rigide.

### ***Importance de ne pas limiter les mouvements d'inversion/éversion au niveau de la sous-talienne.***

Les mouvements d'inversion/éversion permettent d'orienter le pied par rapport à la jambe en cas de besoin. Les restreindre entraîne une instabilité de l'appui et des mouvements compensatoires au sein des articulations sus-jacentes, notamment au niveau du genou.

### **Comment la chaussure limite/altère ce mécanisme ?**

- Une chaussure montante au niveau ou au-dessus de la cheville limite les mouvements de l'articulation sous-talienne.

### **Comment vérifier que ce mécanisme n'est pas altéré ?**

- Effectuer des mouvements d'inversion/éversion du pied en l'air sans contrainte ni frottement.

### ***Importance de ne pas limiter les mouvements de flexion/extension de la cheville***

Les mouvements de flexion/extension permettent d'incliner le pied par rapport à la jambe. Les restreindre entraîne des frottements importants et modifie la répartition du degré de flexion au niveau de la jambe.

### **Comment la chaussure limite/altère ce mécanisme ?**

- Une chaussure montante au niveau ou au-dessus de la cheville limite les mouvements de la cheville.

### **Comment vérifier que ce mécanisme n'est pas altéré ?**

- Effectuer des mouvements de flexion/extension du pied en l'air sans contrainte.

### ***Chaussures sans drop***

La présence d'un drop (différence de hauteur entre l'avant-pied et le talon) modifie la façon de marcher mais aussi la répartition du degré de flexion/extension entre la cheville, le genou et la hanche. On peut facilement observer ce phénomène en regardant de profil les femmes qui marchent avec des talons hauts pour se rendre compte de l'impact de la présence d'un talon sur la démarche. La présence d'un talon facilite l'attaque talon, que ce soit dans la marche ou la course ; plus le talon est élevé, plus l'attaque talon est marquée et précoce dans la marche.

### ***Les prétendues technologies***

La chaussure se dote, grâce à des renforts, des formes particulières ou encore en raison de la matière qui la compose, de prétendus effets qui, comme nous l'avons précédemment

évoqué, tentent d'améliorer la stabilité des appuis, le déroulé du pas, le retour élastique (effet ressort)... ou encore de pallier des déficits. Ce n'est donc plus une chaussure que l'on porte mais une orthèse. À croire que l'être humain ne possède pas toutes ces qualités ! Cependant, les effets sont-ils réels ou tout du moins aussi prononcés qu'on nous le laisse croire ? Nous vous proposons quelques tests simples et reproductibles qui vous aideront à le découvrir en partie.

### ***Test de la stabilité de la chaussure***

Avant de commencer ce test, chauffez-vous en courant sur place cinq minutes puis faites quelques pas chassés. Maintenant que vous êtes « chaud », vous allez pouvoir tester l'influence des chaussures sur votre stabilité. Vous répéterez cette opération pour chaque chaussure testée. Un test à faire chez vous sur un sol dur, du carrelage de préférence.

1. Pieds nus, les bras croisés au niveau des épaules et les pieds parallèles. Mettez-vous en équilibre sur la jambe droite et effectuez 10 mouvements de flexion/extension puis faites de même en appui sur la jambe gauche. Évaluez alors la facilité ou la difficulté avec laquelle vous parvenez à tenir en équilibre sur une jambe. Ce niveau d'équilibre et de stabilité pieds nus sera votre référentiel à partir duquel vous évalueriez l'influence de vos différentes chaussures ; ces capacités pouvant être améliorées ou au contraire altérées par le port des chaussures. Par ailleurs, lors de ce test, vous risquez de percevoir une différence notable entre la jambe droite et la jambe gauche. Une asymétrie qu'il vous faudra bien sûr travailler.

2. Afin de relâcher les tensions consécutives à la réalisation du test, courez quelques instants sur place avant de chausser votre première paire de running, la plus fine. Puis effectuez le test de flexion/extension sur une jambe, les bras croisés, et évaluez l'influence de cette chaussure sur votre équilibre et votre stabilité.

3. Une fois le test réalisé, déchaussez-vous, courez sur place quelques instants puis chaussez votre seconde paire. Reproduisez le test et évaluez l'influence de cette paire sur votre équilibre et votre stabilité. Et ainsi de suite jusqu'à arriver à votre paire la plus épaisse. Vous terminerez cette succession de tests par, de nouveau, un test de flexion/extension pieds nus.

### **Plusieurs résultats sont possibles :**

- Je suis plus équilibré et stable pieds nus.
- La chaussure améliore mon équilibre et ma stabilité.
- La chaussure me déséquilibre et me rend instable.
- Plus la chaussure est épaisse, plus je suis instable.
- ...

### **Comment puis-je interpréter ces résultats ?**

- La chaussure augmente votre stabilité. Elle est donc comparable à une cale ou à un tuteur que l'on place entre le sol et le pied pour pallier des déficits musculaires. Dès lors, ce n'est plus une chaussure mais une orthèse, puisque, selon le *Larousse*, une « orthèse est un appareil orthopédique destiné à soutenir une fonction locomotrice déficiente et fixé contre la partie atteinte (attelle, gouttière, corset, plâtre, etc.) ». Une chaussure qui

augmente votre stabilité est comparable à un plâtre que l'on porte pour maintenir une articulation ; les muscles n'étant plus sollicités, ils s'atrophient.

- Deuxième possibilité, la chaussure augmente l'instabilité. La chaussure n'a pas pour objectif de créer des instabilités contre lesquelles nous devrions lutter. Dans ce cas, la sollicitation du système musculaire stabilisateur est accrue, diminuant son efficacité.
- Troisième possibilité, cela ne change rien. Le niveau d'équilibre et de stabilité est semblable pieds nus ou chaussés. Retenez que le meilleur niveau de stabilité devrait être pieds nus et que la chaussure ne doit ni augmenter ni diminuer ces capacités.

### Test du ressort

Les marques de chaussures mettent souvent en avant le dynamisme, la relance dont vous bénéficiez si vous chaussez leur modèle. On peut lire des phrases de cet ordre : « *La semelle emmagasine puis libère l'énergie à chaque foulée.* » Vous avez même pu voir certaines publicités où l'on présente l'effet ressort d'une semelle en laissant tomber une boule sur la matière dont elle est composée et constater que celle-ci rebondit nettement plus que sur une semelle classique, laissant entendre que vous allez bénéficier de cet effet ressort. Nous vous proposons pour cela un premier test qui vous donnera les moyens de comparer facilement les différents modèles que vous avez en votre possession. Un test qu'il vous sera possible de reproduire également en magasin, sur un sol dur de préférence.

1. Pieds nus, effectuez une trentaine de petits bondissements sur place à une fréquence de 180 ppm (pas par minute). Bondissements qui s'effectuent spontanément avant-pied. Utilisez un métronome (que vous trouvez sur internet) pour vous assurer de reproduire une cadence identique à chaque test. Le dynamisme de vos appuis pieds nus sera votre référentiel à partir duquel vous évalueriez « l'effet ressort » de vos différentes chaussures. Vous serez alors à même de déterminer si les chaussures dynamisent vos appuis ou au contraire vous donnent l'impression de « rebondir » dans du sable... Vous en profiterez également pour quantifier la dépense énergétique ; si vos chaussures nécessitent par exemple davantage d'énergie pour maintenir une cadence à 180 ppm ou au contraire nettement moins.

2. Chaussez votre première paire de chaussures, effectuez une trentaine de bondissements sur place à 180 ppm en les comparant à ceux que vous avez effectués pieds nus. Il est essentiel que vous gardiez une cadence identique à chaque test.

3. Puis chaussez votre seconde paire, et ainsi de suite...

4. Vous pouvez également reproduire ce test en utilisant une corde à sauter. L'objectif étant de percevoir l'amortissement et le retour élastique de la chaussure à chaque prise d'appui qui, ici, s'effectue avant-pied.

Vous complétez cette première analyse par un test sur une piste d'athlétisme. Revenons pour cela quelques années en arrière lors du salon de l'UTMB<sup>TM1</sup>. Un coureur souhaitait savoir si ses chaussures influençaient sa foulée. Alors, plutôt qu'un long discours, nous sommes allés ensemble sur la piste d'athlétisme de Chamonix, munis des deux paires de chaussures qu'il voulait comparer. Il a commencé par un test de flexion/extension sur une

---

1. UTMB : Ultra Trail du Mont Blanc.

jambe pour évaluer l'influence de ses chaussures sur son équilibre et sa stabilité. Test que nous avons évoqué précédemment. Puis il a réalisé quatre tours de piste en courant.

Le premier tour pieds nus, le deuxième tour chaussé de sa première paire de running, le troisième tour chaussé de sa seconde paire, la plus épaisse, et le quatrième tour de nouveau pieds nus. Une fois le dernier tour effectué, son opinion était faite, l'une des paires lui donnait l'impression de s'enfoncer dans du sable et l'obligeait à relancer à chaque foulée sans qu'il ne bénéficie d'aucun retour élastique. Il a donc tout naturellement écarté cette paire tant elle diminuait la réactivité et la stabilité de ses appuis, et augmentait le travail musculaire.

**La technologie est en nous, pas dans la chaussure.**

## **Déformations et usures**

Plus la chaussure est épaisse, plus elle est susceptible de se déformer et d'imprimer progressivement et plus ou moins rapidement des défauts de posture et de technique. Des déformations qui s'exacerbent au fil du temps, enfermant la personne dans ses défauts.

### • Comment tester la chaussure

#### **Mouvements que l'on effectue avec la chaussure dans les mains**

La chaussure ne doit limiter aucun de ces différents mouvements.

1. Mouvement de flexion/extension au niveau des orteils.
2. Souplesse de la semelle au niveau de l'arche antérieure.
3. Souplesse de la semelle au niveau du talon.
4. Mouvement de torsion longitudinale.
5. Déformation latérale interne et externe.
6. Mouvement de torsion associée à une déformation latérale interne et externe.
7. Souplesse de la tige dans son ensemble et au niveau du talon.

#### **Éléments que l'on observe la chaussure dans les mains**

1. Largeur de la boîte à orteil.
2. Drop.
3. Épaisseur de la semelle.
4. Forme et largeur de la semelle au niveau du talon.

#### **Mouvements que l'on effectue avec la chaussure au pied**

La chaussure ne doit limiter aucun de ces différents mouvements.

1. Flexion/extension volontaire des orteils le pied en l'air.

2. Flexion/extension passive des orteils en appui; stepper, marche et course sur place sur une surface plane puis inclinée.
3. Souplesse de l'arche antérieure. Marcher sur une surface creuse et bombée.
4. Torsion longitudinale. Effectuer un mouvement de torsion volontaire du pied en l'air.
5. Torsion associée à une déformation latérale interne et externe de la chaussure. Effectuer un mouvement de torsion/détorsion en appui avant-pied.
6. Torsion en présence d'un dévers. Prendre un appui avant-pied sur un plan incliné afin de reproduire un dévers (interne et externe).
7. Inversion/éversion du pied. Pied en l'air, orienter le pied vers l'intérieur et l'extérieur.
8. Flexion/extension de la cheville. Pied en l'air, orienter le pied vers le haut et le bas.
9. Test de stabilité.
10. Test de ressort.

- **Passer d'une chaussure rigide et amortissante à une chaussure souple et sans amorti**

Les sentiers de montagne sont assez révélateurs de la qualité de la gestuelle et nombreux sont les randonneurs qui tapent fortement des pieds en descente, une gestuelle rendue possible en raison des chaussures épaisses et amortissantes qu'ils portent. Si ces randonneurs venaient dans les mêmes conditions à chausser de but en blanc des chaussures fines et souples, ils se feraient mal aux pieds, leur démarche et leurs pieds étant inadaptés.

Marcher avec des chaussures souples, fines et sans amorti, qui respectent les différents points évoqués précédemment, nécessite un temps d'apprentissage et d'adaptation de l'organisme et implique d'être davantage responsable et à l'écoute de son corps. Un temps d'adaptation pour que le pied retrouve de la souplesse (mobilité entre les différentes pièces osseuses qui le compose) et se renforce musculairement et architecturalement puisque la localisation et la répartition de la pression s'exercent différemment selon que nous soyons pieds nus ou chaussés. Retenons que courir/marcher pieds nus (ou « comme pieds nus ») ou avec des chaussures rigides et épaisses ne développe pas le même type de pied ni n'autorise la même gestuelle.

Passer d'une chaussure rigide à une chaussure souple n'est pas anodin car le pied va être sollicité et fonctionner différemment.

## La place des orteils dans la marche et la course

Nous proposons ici d'approfondir l'effet raidisseur des tendons des fléchisseurs des orteils présenté précédemment.

On a peu de considération pour les orteils alors qu'ils jouent, comme nous l'avons évoqué, un rôle important dans le maintien de l'architecture du pied et l'amortissement de la force de réaction au sol lors de la prise d'appui. Il n'y a pas seulement les mouvements volontaires de flexion/extension mais également les mouvements d'extension induits lors du déroulement du pas. Une extension des orteils induite par la bascule du pied autour de l'arche antérieure dès que le talon décolle du sol. Il existe un lien étroit entre les muscles fléchisseurs et les muscles extenseurs des orteils.

L'extension des orteils, qu'elle soit volontaire ou la conséquence du déroulement du pas, met en tension les tendons des muscles fléchisseurs des orteils et fait varier par leur intermédiaire les tensions qui s'exercent longitudinalement (d'avant en arrière) sur l'architecture osseuse du pied. Par ailleurs, l'aponévrose plantaire, bien connue chez les coureurs mais souvent à leur détriment, qui s'insère sous le talon et à la base des orteils, voit également sa tension varier en fonction du degré d'extension des orteils. En couissant sous l'arche antérieure, elle fait varier la longueur qui sépare le talon et la tête des métatarsiens, élevant ou abaissant la voûte plantaire.

Cet ensemble, tendon et aponévrose plantaire, agit comme des raidisseurs longitudinaux, en ce sens qu'il renforce la structure (la voûte) et lutte contre son écrasement longitudinal. Un mouvement d'extension des orteils auquel nous ne prêtons pas d'attention mais qui pourtant n'est pas dénué d'effet. Pour vous rendre compte de ces phénomènes mécaniques, nous vous proposons de réaliser les tests suivants.

### • Visualiser les effets de l'extension du premier orteil

Une tierce personne se place devant vous, debout de profil (gauche), les pieds nus, en légère fente pied droit devant, les talons en appui au sol. Placez-vous au niveau du pied droit de la personne et, à l'aide de votre pouce gauche, soulevez lentement son gros orteil afin de produire une extension de celui-ci indépendamment des autres puis rabaissez-le (fig. 122). Reproduisez plusieurs fois le mouvement et observez ce qui se passe au niveau du pied de la personne :

- l'arche interne se creuse longitudinalement au fur et à mesure que le gros orteil se soulève et inversement. La tête du premier métatarsien se rapproche du talon et la longueur du pied diminue ;
- le tendon du fléchisseur propre du gros orteil apparaît sous la voûte plantaire. Si vous placez le pouce de votre main droite à ce niveau, vous ressentez la mise en tension de ce tendon. Attention à ne pas appuyer trop fortement sur le tendon car cela peut devenir douloureux pour la personne. Le pouce est là pour percevoir une mise en tension et non pour exercer une pression à ce niveau ;

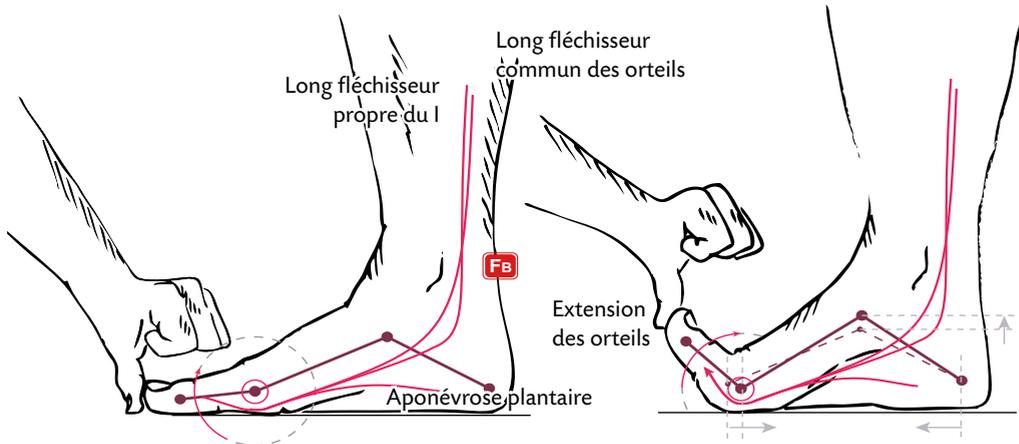


Fig. 122 - Effet raidisseur

Effet « raidisseur longitudinal » de l'aponévrose plantaire et des fléchisseurs des orteils. La longueur du pied diminue et la voûte s'élève et se creuse longitudinalement

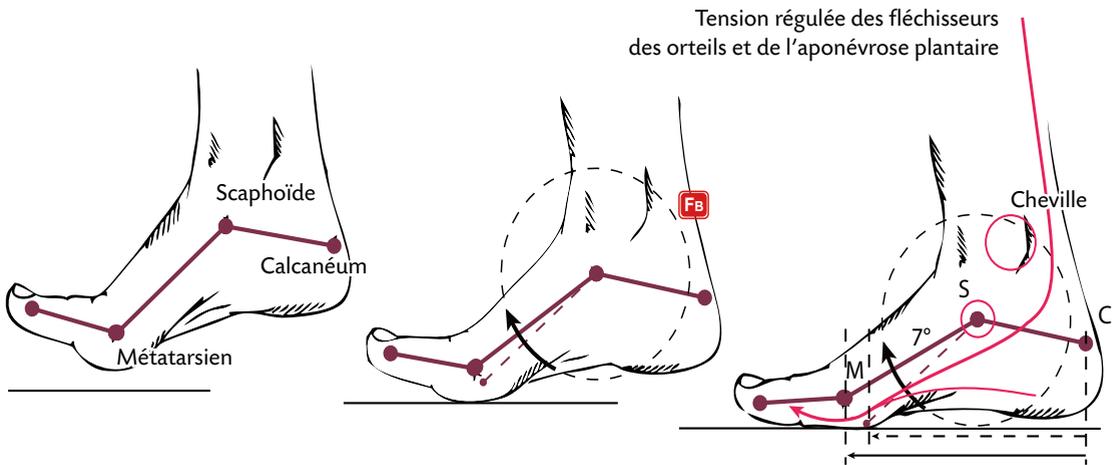
- au fur et à mesure que vous soulevez le gros orteil, la pression sous la tête du premier métatarsien augmente, un phénomène difficile à observer visuellement mais que la personne dont vous mobilisez l'orteil peut ressentir.

Maintenant, passez au second orteil afin de percevoir les effets de son extension sur l'architecture du pied. Comme pour le premier orteil, l'extension passive met en tension le tendon et « raidit » longitudinalement le pied.

- Ressentir la mise en tension au fur et à mesure que le talon se soulève

Placez-vous face à la personne et demandez-lui de positionner ses pieds l'un à côté de l'autre en laissant un espace entre les deux pieds afin de pouvoir placer les doigts de votre main gauche sous la voûte plantaire de son pied gauche. Demandez à la personne d'effectuer des mouvements de stepper, c'est-à-dire de décoller alternativement les talons du sol tout en gardant l'avant-pied en contact avec celui-ci. Le pied bascule autour de son arche antérieure entraînant une extension des orteils. Votre main gauche accompagne le mouvement sans l'altérer et cherche à ressentir la mise en tension du tendon du fléchisseur propre du gros orteil chaque fois que le talon décolle du sol. Vous pouvez également demander à la personne de décoller simultanément les talons. Dans les deux cas, si la main est correctement placée, vous ressentirez la mise en tension des tendons. Cependant, il faut noter que la mise en tension des tendons des fléchisseurs des orteils due à leur extension est contrebalancée en partie par l'extension de la cheville qui rapproche l'insertion proximale des muscles fléchisseurs.

Fig. 123 - Allongement de la voûte



La voûte plantaire s'allonge au fur et à mesure que l'avant-pied prend appui et que les orteils s'abaissent

À présent, la personne se positionne en fente avant et effectue des mouvements de stepper. Ressentez l'influence de l'inclinaison de la jambe et donc du degré de flexion de la cheville sur la mise en tension des fléchisseurs des orteils.

### • Ressentir le phénomène en marchant sur place

Demandez à la personne de marcher sur place en gardant les doigts de votre main gauche au contact de sa voûte plantaire gauche. Lors de ce mouvement, la prise d'appui s'effectue spontanément au niveau de l'arche antérieure du pied avec les orteils relevés. La tension des tendons des muscles fléchisseurs des orteils augmente progressivement avec l'appui. La personne laisse descendre le talon jusqu'à ce qu'il vienne effleurer le sol sans le poser.

À chaque prise d'appui, il se produit une extension des métatarsiens (métatarsiens et cunéiformes) qui participe au mécanisme d'amortissement de la force de réaction au sol. Une fois l'arche antérieure en appui, les orteils s'abaissent et viennent au contact du sol adaptant de fait la tension de l'aponévrose plantaire et des fléchisseurs des orteils à la forme du terrain et à l'inclinaison du pied par rapport au sol. La voûte plantaire s'allonge légèrement longitudinalement au fur et à mesure que les orteils s'abaissent, la longueur de l'aponévrose plantaire entre la tête des métatarsiens et du talon augmentant (fig. 123). Une extension des métatarsiens qui augmente l'angle MSC (M métatarsien, S scaphoïde, C calcanéum) de  $7^\circ$ . Ainsi, l'amortissement de la force de réaction au sol est régulé à la fois par la flexion de la cheville et l'extension des métatarsiens et des cunéiformes. Un système amortisseur supplémentaire au sein du pied qui s'ajoute au mouvement de flexion de la cheville (fig. 124).

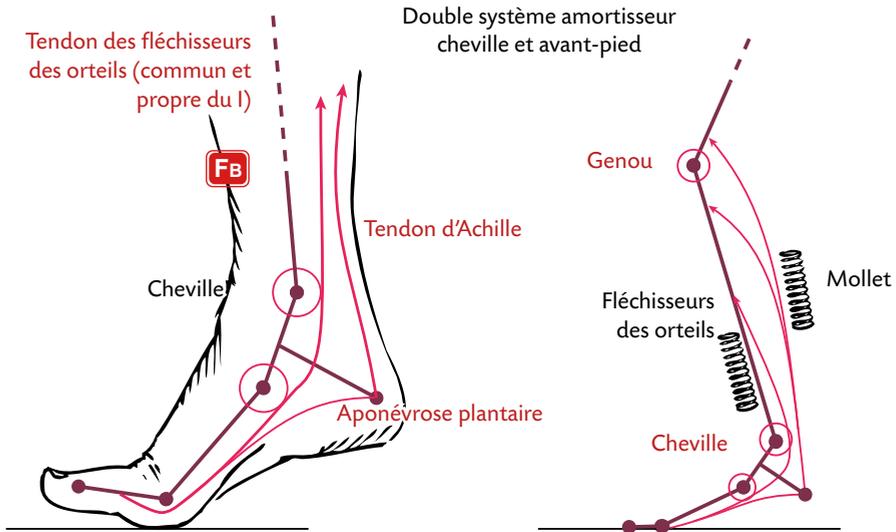


Fig. 124 - Double système amortisseur

- Déroulement du pas et mouvement des orteils.

La tension des muscles fléchisseurs des orteils dépend de la contraction des muscles fléchisseurs mais également de l'extension des orteils (volontaire ou induite), du degré de flexion de la cheville, du degré de torsion entre l'avant-pied et l'arrière-pied, de la mise sous tension de la voûte plantaire lors de l'appui. Rappelons que les muscles longs fléchisseurs des orteils sont poly-articulaires puisqu'ils longent plusieurs articulations de part et d'autre de leurs insertions (dernières phalanges, jambe), agissant ainsi sur cet ensemble, le mettant en tension longitudinalement.

Phase aérienne

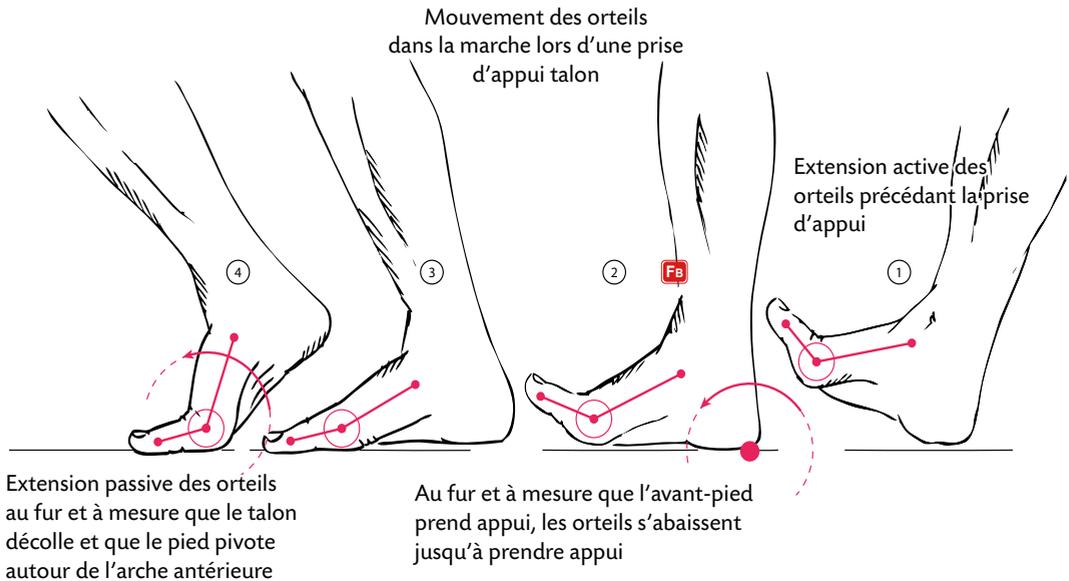
1. Les orteils se redressent (extension), mise en tension des tendons des muscles fléchisseurs de la cheville.

2. Avant la prise d'appui, la cheville se redresse (flexion). L'association du mouvement d'extension des orteils et de flexion de la cheville éloigne davantage les points d'insertion des muscles fléchisseurs des orteils (propre et commun) et augmente la tension de leurs tendons.

Au regard de ces phénomènes, on relève toute l'importance de l'extension des orteils durant la phase aérienne, raison pour laquelle la chaussure ne doit pas limiter/bloquer leur extension.

Phase d'appui du pied droit (fig. 125)

1. Prise d'appui talon, les orteils restent en extension.



**Fig. 125 - Déroulé du pas, attaque talon**

2. Bascule du pied autour du talon, les orteils restent en extension.

3. L'arche antérieure (tête des métatarsiens) vient au contact du sol, les orteils s'abaissent lentement et viennent au contact du sol. Le pied est à plat. La voûte plantaire s'abaisse légèrement au fur et à mesure que l'arche antérieure prend appui.

4. Le pied bascule autour de l'arche antérieure et le talon décolle. Une bascule qui induit l'extension des orteils bloqués au sol. Insistons sur le fait que ce n'est pas un mouvement volontaire d'extension des orteils mais la conséquence de la bascule du pied. Cette extension forcée met en tension les tendons des muscles fléchisseurs des orteils comme nous l'avons vu lors du premier test. L'angle entre le pied et la cheville n'évolue pas.

5. Le talon du pied gauche vient prendre appui. À ce moment-là, le pied droit forme un angle d'environ 40-45° avec le sol. La pression qui s'exerce sur l'arche antérieure diminue. La pression varie en fonction de la vitesse de déplacement de la personne, de sa taille, de sa pointure, du degré de pente du sol sur lequel elle se déplace, si elle accélère ou ralentit le mouvement...

6. L'arche antérieure décolle, suivie par les orteils sans chercher à les enfoncer dans le sol.

Retenez que chaque fois qu'il se produit une extension des orteils, les tendons des muscles fléchisseurs des orteils ainsi que l'aponévrose plantaire sont davantage mis sous tension, ce qui a pour conséquence de raccourcir la longueur du pied en rapprochant la tête des métatarsiens du talon. Les pièces osseuses s'emboîtent davantage. Le pied est précontraint, prêt à être posé. Phénomène qui est altéré si la chaussure présente un rocker ou une semelle rigide épaisse. Nous tenons à préciser que la forme de l'arche interne, dans le cadre d'un pied plat pronateur ou creux supinateur, est la conséquence du degré de torsion entre

l'avant-pied et l'arrière-pied, un mouvement qui s'effectue dans le plan frontal et horizontal. Alors que la mise en tension des tendons des fléchisseurs des orteils creuse l'arche dans le plan longitudinal. Des mouvements différents et instantanés. Ce n'est donc pas en renforçant les muscles fléchisseurs des orteils ou en marchant en maintenant les orteils décollés que vous corrigerez un pied pronateur et de fait l'orientation de l'arrière-pied. L'arche n'est que l'expression du degré de torsion. Cependant, lors du déroulé du pas, le maintien de l'architecture du pied (pour résister à des contraintes de cisaillement importantes) est renforcé par une mise en tension régulée des tendons des muscles fléchisseurs des orteils.

Pour garantir l'extension des orteils durant le déroulé du pas, la chaussure doit être souple et se plier facilement au niveau de l'arche antérieure du pied. Marcher avec des chaussures souples permet l'extension des orteils lors du déroulé du pas, sollicite donc les muscles fléchisseurs dans leur fonction et par conséquent les renforce. À l'inverse, une chaussure rigide limite l'extension des orteils et altère ce mécanisme.

- Pour aller plus loin, la cybernétique au service de la voûte plantaire, un système autorégulé

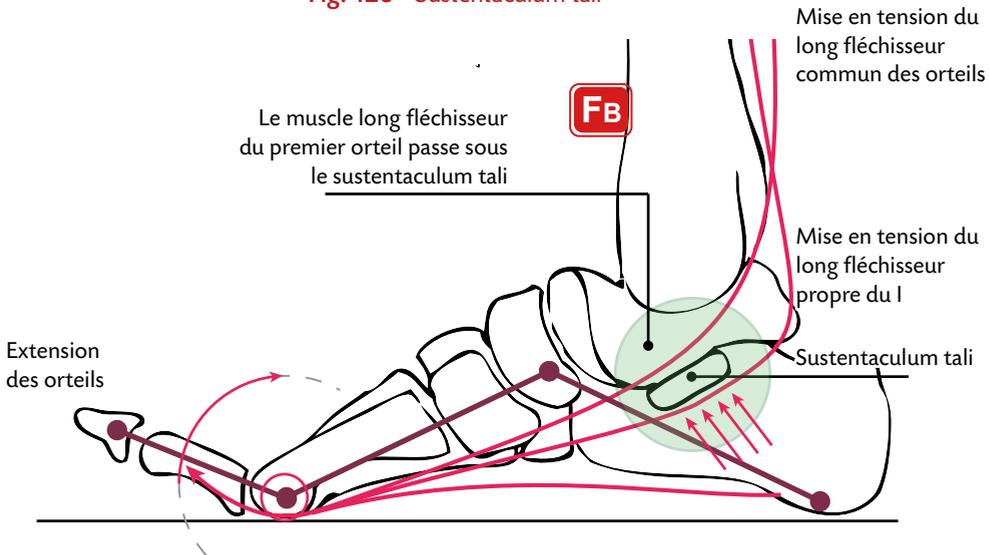
La tension au sein de l'aponévrose plantaire et des tendons des fléchisseurs s'autorégule en fonction de la poussée que l'on exerce. Plus la poussée est importante, plus la tension augmente, ce qui explique l'intérêt de ne pas affaiblir ce système en portant des chaussures rigides. Il est toujours possible de renforcer spécifiquement les fléchisseurs des orteils s'ils présentent un déficit trop important. Mais n'oublions pas que la musculature résulte de notre façon de l'employer. Un défaut dans la marche ou le port de chaussures rigides impactent donc directement le développement de ce groupe musculaire.

La tension s'autorégule aussi en fonction de la forme du terrain. Lorsque l'on marche pieds nus ou avec des chaussures souples sur un sentier stabilisé qui présente des creux, des bosses et des dévers, l'arche antérieure du pied et les orteils épousent la forme du terrain. Ainsi, la tension au sein des différents tendons et des différentes parties de l'aponévrose plantaire s'ajuste instantanément en fonction des besoins. Pour comprendre l'influence de la mise en tension des tendons sur le maintien de l'architecture, observons ce qui se passe au niveau du poignet. Selon que vous serrez ou non le poing, les os de votre poignet sont plus ou moins maintenus. En effet, lorsque votre main est relâchée, il est possible pour un tiers d'effectuer des mouvements de cisaillement de votre poignet, ce qui n'est plus possible lorsque le poing est serré. Les tendons des muscles fléchisseurs des doigts verrouillent/imbriquent les articulations et rigidifient le poignet, véritable mécanisme de protection.

## Le plus biomécanique

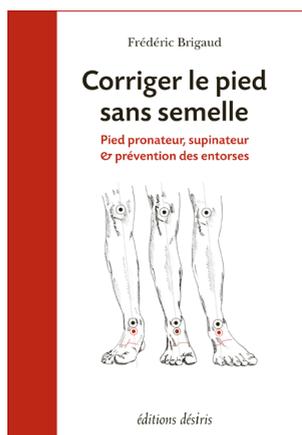
- Le muscle long fléchisseur du premier orteil passe le long du calcanéum sous le sustentaculum tali (fig. 126). Ainsi sa mise en tension verrouille l'articulation sous-talienne.
- Le long fléchisseur du premier orteil chemine par le bord interne du pied, sous et en arrière de la malléole interne, pour venir s'insérer vers le haut et en dehors, tout comme le fléchisseur commun des orteils. Des trajets et relais osseux qui contrent l'éversion du pied.
- Le long fléchisseur du premier orteil est un stabilisateur latéral accessoire, si nécessaire et non nécessaire. Autrement dit, il ne doit pas remplir cette fonction en permanence pour compenser des faiblesses provenant d'une absence de contrôle des articulations et muscles sus-jacents.

Fig. 126 - Sustentaculum tali



## Comprendre le pied pour mieux choisir ses chaussures et l'importance des orteils

est un complément à l'ouvrage *Corriger le pied sans semelle*



144 pages  
Format : 17 x 24 cm  
ISBN : 978-2-36403-094-7  
Prix : 24,50 €

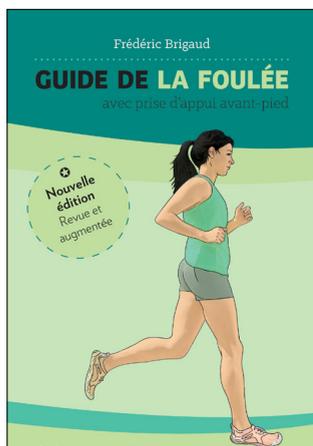
### **Corriger le pied sans semelle**

*Pied pronateur, supinateur & prévention  
des entorses*

Frédéric Brigaud

Un pied plat pronateur ou creux supinateur sont essentiellement le résultat d'un « défaut de posture », que l'on peut corriger. Cet ouvrage expose une nouvelle conception du fonctionnement du pied, afin de dépasser l'idée que le pied est un bloc et qu'un pied pronateur ou supinateur n'a d'autre solution que le port de semelles ou de chaussures correctrices. Au contraire, la forme du pied peut changer grâce au complexe articulaire de torsion.

# Découvrez les ouvrages de F. Brigaud aux éditions DésIris

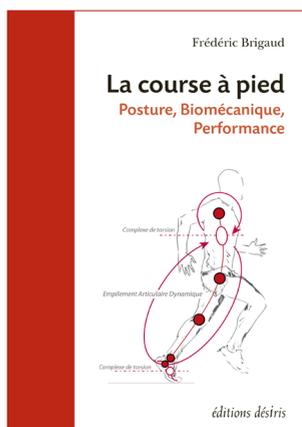


256 pages  
Format : 11 x 7 cm  
ISBN : 978-2-36403-144-9  
Prix : 8 €

## Guide de la foulée avec prise d'appui avant-pied

Frédéric Brigaud

La foulée avec prise d'appui avant-pied, qu'on appelle aussi minimaliste, médio-pied ou naturelle, ne se résume pas à prendre appui au niveau de l'avant-pied : la localisation de la prise d'appui, le déroulé du pas vers l'arrière, la qualité de l'amortissement, la fréquence d'appui sont autant d'éléments qui nécessitent d'être compris et maîtrisés – ce guide répond à vos interrogations et donne les pistes pour tester, acquérir et développer cette nouvelle gestuelle.



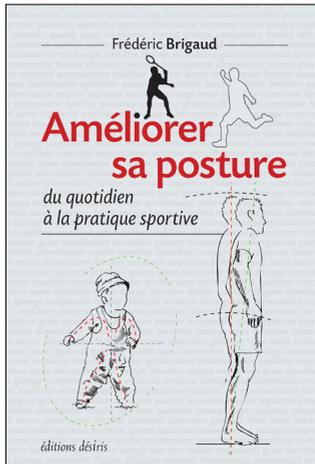
176 pages  
Format : 17 x 24 cm  
ISBN : 978-2-36403-054-1  
Prix : 29,50 €

## La course à pied

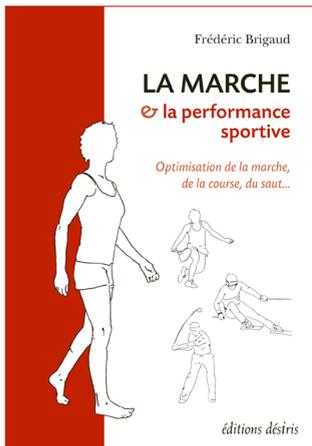
*Posture, biomécanique, performance*

Frédéric Brigaud

Cet ouvrage expose une approche pratique de la biomécanique de la course à pied avec prise d'appui avant-pied, en montrant les interactions entre les bras, le buste, le bassin, les jambes et les pieds, depuis le balancement des bras jusqu'à la prise d'appui. Il s'adresse aux sportifs, aux préparateurs physiques, aux entraîneurs, sportifs compétiteurs, ainsi qu'aux kinésithérapeutes, médecins, ostéopathes, podologues...



128 pages  
Format : 14 x 21 cm  
ISBN : 978-2-36403-141-8  
Prix : 9,50 €



128 pages  
Format : 24 x 17 cm  
ISBN : 978-2-915418-89-7  
Prix : 24,50 €

## Améliorer sa posture

*du quotidien à la pratique sportive*

La posture constitue l'assise sur laquelle se construit chaque mouvement et dont dépend notre stabilité, notre réactivité, notre capacité à rattraper un déséquilibre, en somme, notre bien-être au quotidien et dans la pratique sportive. Toutefois, cette posture est l'expression de nos apprentissages et de nos gestes répétitifs, qui ont pour conséquence de modeler progressivement notre corps et de le stéréotyper.

Fort heureusement, ce stéréotype n'étant pas immuable, il est toujours possible de reprendre le contrôle de notre posture pour améliorer notre dynamique.

L'auteur explique ici pourquoi améliorer, entretenir et tonifier notre posture, comment connecter les différentes parties du corps et par quelle méthode, pour une meilleure santé physique.

## La marche & la performance sportive

*Optimisation de la marche, de la course, du saut...*

Frédéric Brigaud

La compréhension et la maîtrise du déroulement du geste depuis la marche jusque dans la pratique sportive, quel que soit le type de déplacement, quelle que soit la discipline sportive, sont synonymes de performance et de préservation. Cet ouvrage vous propose une approche pratique de la biomécanique, globaliste, immédiatement applicable. Il est destiné aux mêmes publics que le précédent.

Retrouvez l'auteur sur son site  
<http://www.eadconcept.com>

