

Biomécanique du pied

Pr Gilbert VERSIER

Service de chirurgie orthopédique

HIA Begin 94160 St-Mandé

L'iconographie est notamment issue des ouvrages de Mr Netter et Kapandji.

Biomécanique du pied

1- introduction

2- rappels anatomiques

3- mouvements

4- muscles moteurs

5- voute plantaire

6- la marche

INTRODUCTION

- articulations nombreuses et complexes qui connectent os du tarse entre eux et avec métatarse
- rôles multiples:
 - * stabilité en appui uni et bipodal
 - * marche et course
 - orientation et adaptation du pied au sol
 - amortissement du pas
 - propulsion

INTRODUCTION

Ces différents rôles sont réalisables grâce à:

- l'association des mobilités articulaires qui oriente le pied dans les 3 plans de l'espace par rapport au sol quelles que soient la position de la jambe et l'inclinaison du terrain
- le creusement de la voûte plantaire pour s'adapter aux inégalités du terrain
- l'élasticité et la souplesse de la plante véritable amortisseur entre le sol et la jambe

RAPPELS ANATOMIQUES

OSTEOLOGIE:

- * arrière-pied: astragale et calcaneum
- * médio-pied: cuboïde-scaphoïde
et cunéiformes
- * avant-pied: métatarsiens et orteils

ARTHROLOGIE:

- * sous-astragaliennne
- * Chopart ou médio-tarsienne
- * Lisfranc ou tarso-métatarsienne
- * orteils

RAPPELS ANATOMIQUES

arrière-pied:
astragale et calcaneum

médio-pied:
**cuboïde-scaphoïde
et cunéiforme**

avant-pied:
métatarsiens et orteils



**Les
pièces osseuses**

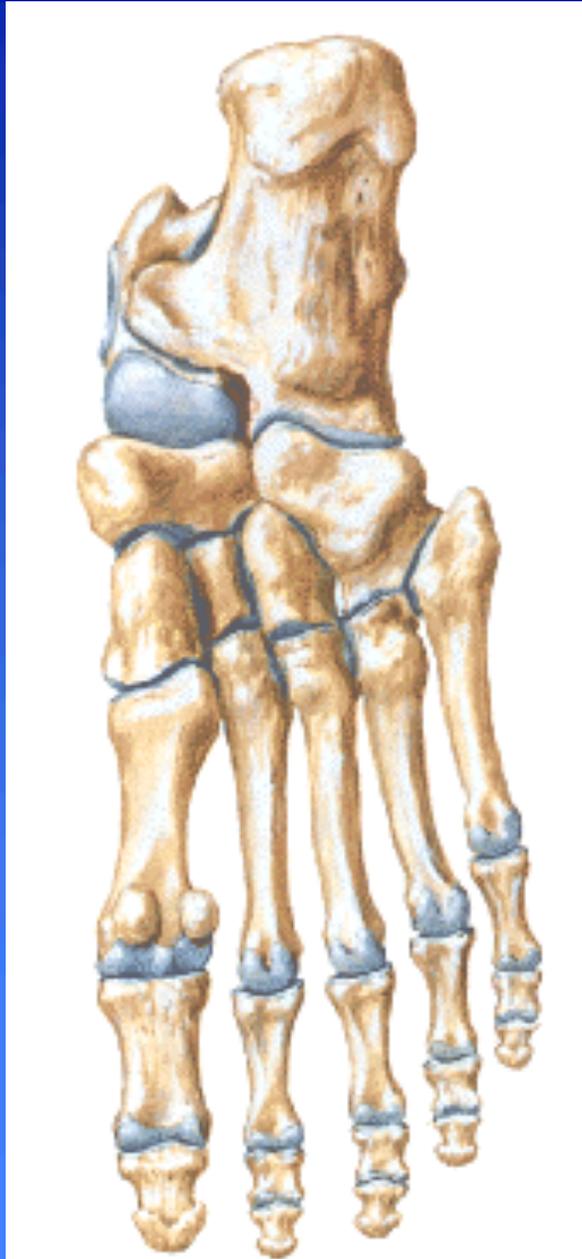
**vue
supérieure**

RAPPELS ANATOMIQUES

arrière-pied:
astragale et calcaneum

médio-pied:
**cuboïde-scaphoïde
et cunéiforme**

avant-pied:
métatarsiens et orteils



**vue
inférieure**

RAPPELS ANATOMIQUES



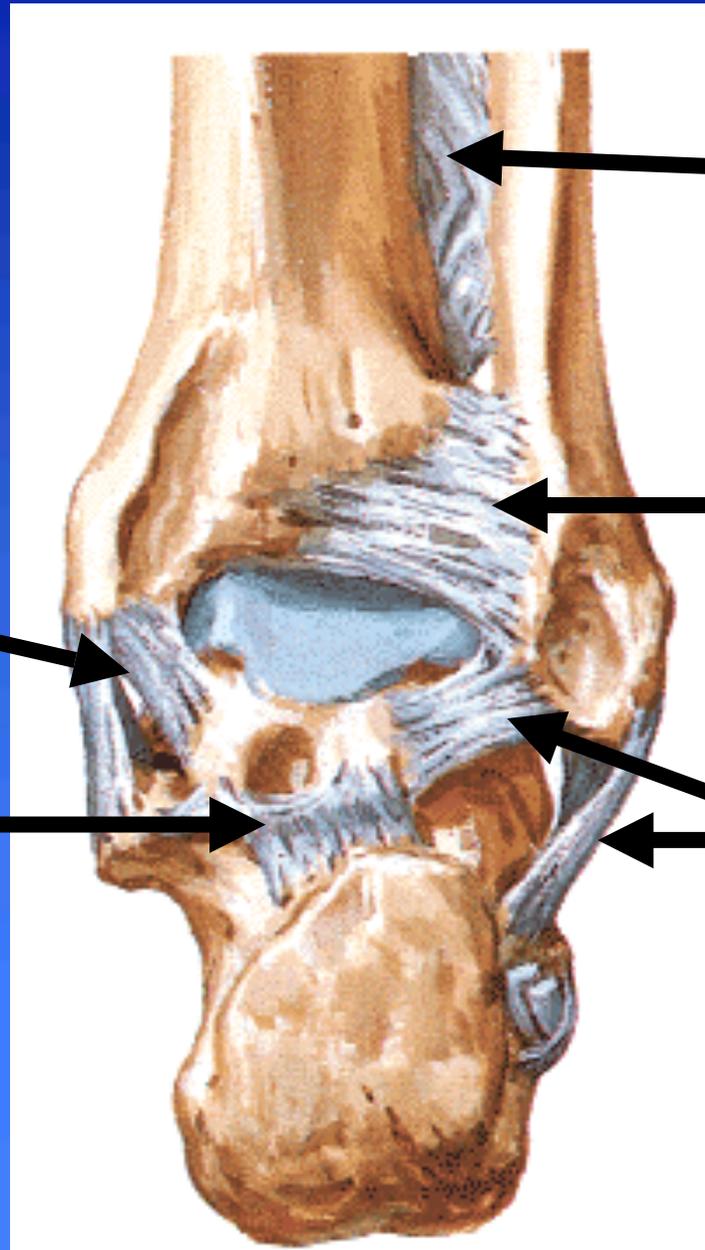
vue externe

RAPPELS ANATOMIQUES



vue interne

RAPPELS ANATOMIQUES



MIO

LLI

**PT
inférieur et
postérieur**

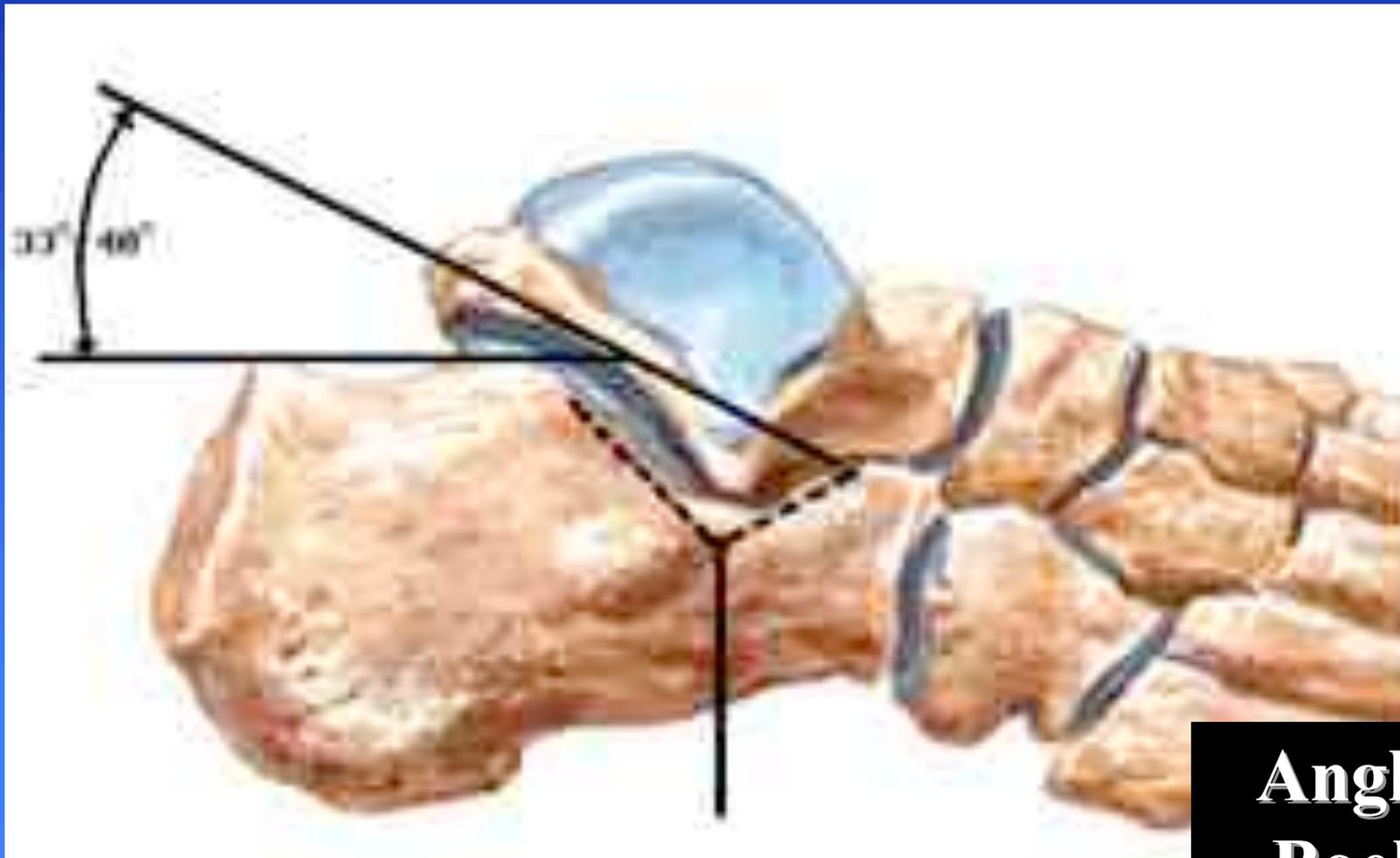
**Sous-
astragaliennne
postérieure**

LLE

**vue
postérieure**

RAPPELS ANATOMIQUES

1- arrière-pied: astragale et calcaneum



**Angle de
Boehler**

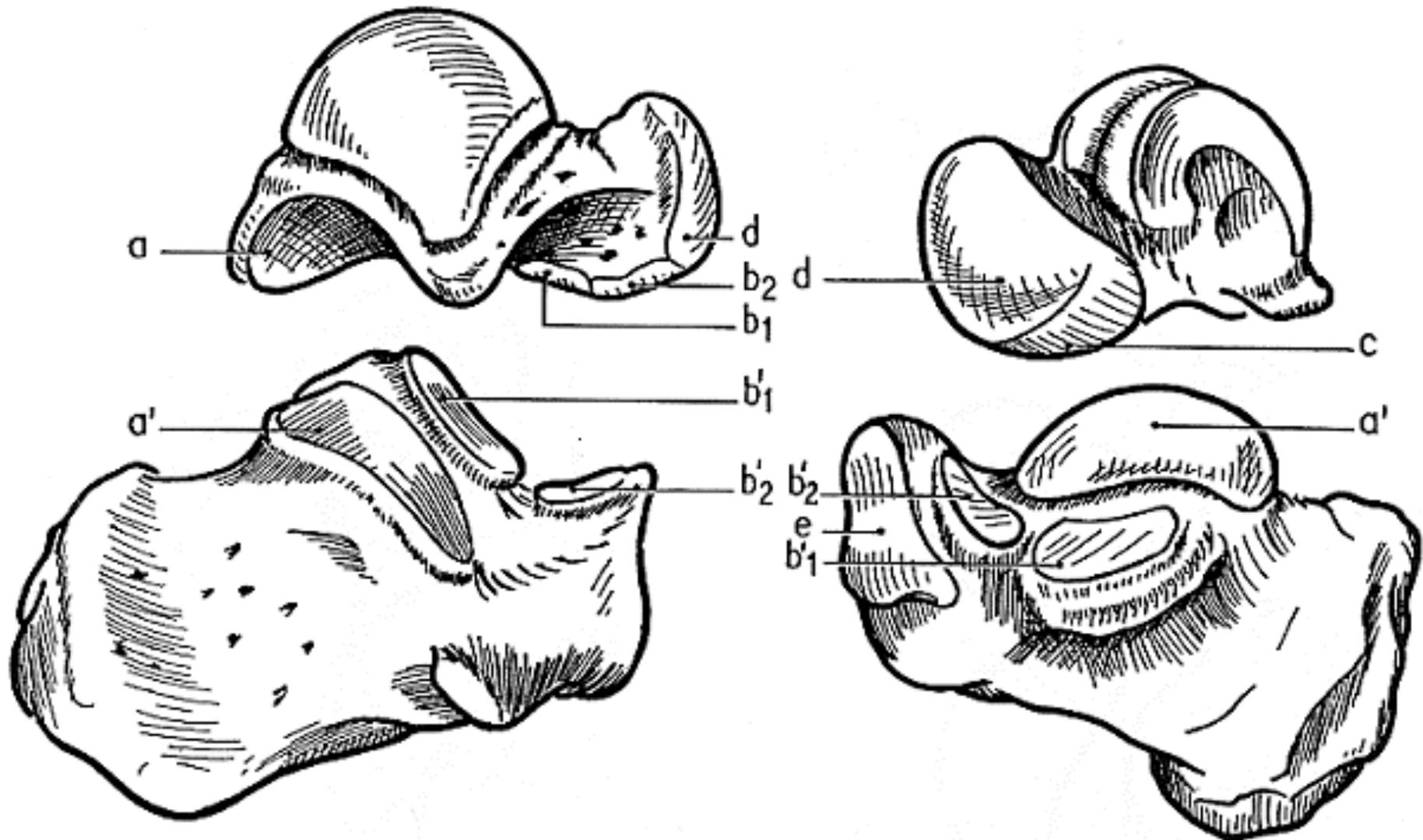
RAPPELS ANATOMIQUES

Calcaneum



RAPPELS ANATOMIQUES

1- Articulation sous-astragaliennne



RAPPELS ANATOMIQUES

1- Articulation sous-astragaliennne

Cette articulation est congruente uniquement en position moyenne, normale.

Les autres positions sont incongruentes et donc instables, avec une mise en tension maximale des ligaments.

Ces ligaments sont courts et puissants (contraintes considérables (course, sauts, marche):

- ligaments en haie (2 faisceaux) +++
- ligament astragalo-calcanéen externe
- ligament astragalo-calcanéen postérieur
- ligament astragalo-sustentaculaire interne

RAPPELS ANATOMIQUES

1- Articulation sous-astragaliennne



RAPPELS ANATOMIQUES

2- Articulation médio-tarsienne

Elle définit l'interligne de Chopart qui est constitué:

1- articulation astragalo-scaphoïdienne

- qui est concave vers l'arrière**
- supéro-interne**

2- articulation calcanéocuboïdienne

- inféro-externe**
- concave vers l'avant**

Scaphoïde et cuboïde solidaires par 3 ligaments autour d'une surface articulaire plane (association lésionnelle)

RAPPELS ANATOMIQUES

2- Articulation médio-tarsienne

Les ligaments de la médio-tarsienne:

1- ligament glénoïdien ou calcanééo-scaphoïdien inférieur

2- ligament astragalo-scaphoïdien supérieur

3- le ligament en Y de Chopart venant de la grande apophyse du calcanéum en 2 faisceaux

* interne ou calcanééo-scaphoïdien externe sagittal séparant la médiotarsienne en 2 cavités synoviales distinctes

* externe ou calcanééo-cuboïdien interne horizontal

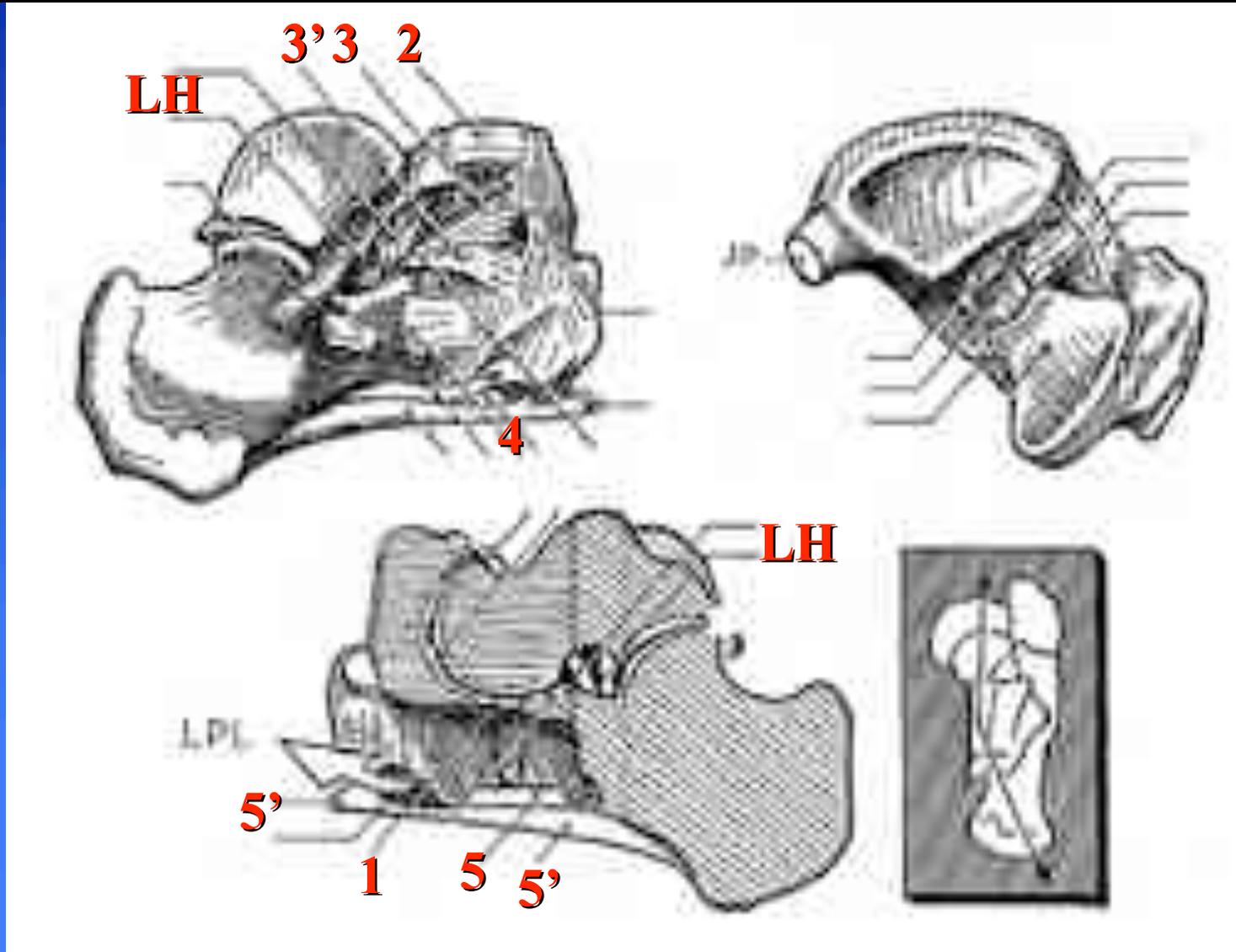
4- ligament calcanééo-cuboïdien dorsal

5- ligament calcanééo-cuboïdien plantaire ou grand ligament plantaire avec 1 faisceau superficiel (qui ferme la gouttière du LPL et s'étend sur la base des 4 métas externes) et 1 profond

Association traumatique lésion sous-astragaliennne et médiotarsienne

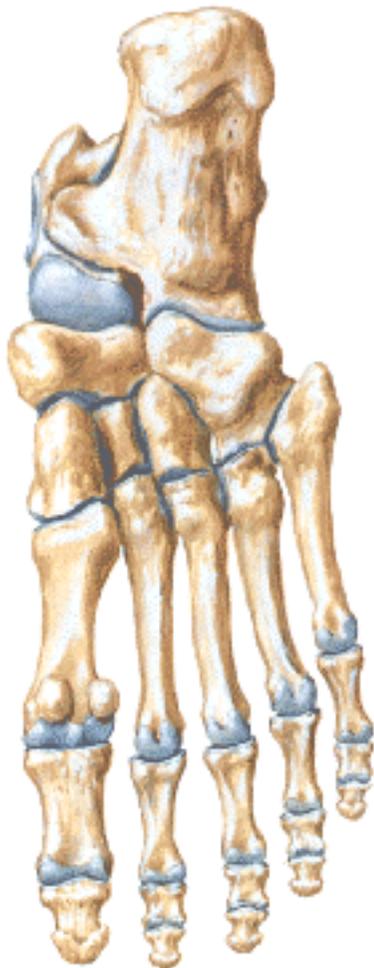
RAPPELS ANATOMIQUES

2- Articulation médio-tarsienne



RAPPELS ANATOMIQUES

3- Articulations scapho-cunéenne, inter-cunéennes et tarso-métatarsiennes



RAPPELS ANATOMIQUES

3- Articulations scapho-cunéenne, inter-cunéennes et tarso-métatarsiennes

Les articulations intercunéennes sont:

- des arthrodies très peu mobiles
- des attaches capsulo-ligamentaires très puissantes
- constituent un bloc quasi indissociable

L'articulation tarso-métatarsienne ou Lisfranc:

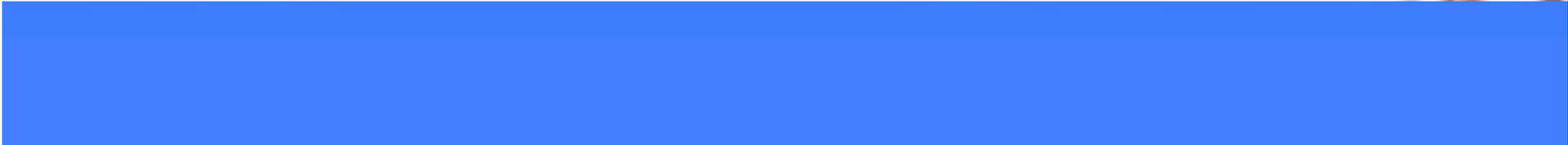
- constitué entre les cunéiformes et le cuboïde et bases des 5 métas
- arthrodies très étroitement imbriquées
- M2 encastré dans les cunéiformes, fixé surtout à C1 par le ligament de Lisfranc, des ligaments directs et croisés (C2-M2, C3-M3, C2-M3, C3-M2 ...), des ligaments intermétatarsiens et des ligaments rayonnés dorsaux et plantaires, insertions des PL (CPL sur M5, LPL sur M1)



luxations spatule, luxation columnaire, les 2

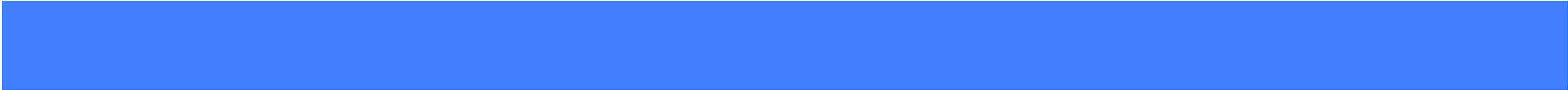


Vue externe





Vue interne



MOUVEMENTS

1- La tibio-tarsienne oriente le pied dans le plan sagittal, la sous-astragaliennne et la médio-tarsienne orientent le pied dans les 2 autres plans

2- les articulations du pied modifient la forme et la courbure de la voûte plantaire

- pour amortir le pas
- pour adapter le pied à l'inégalité du terrain

MOUVEMENTS

1- Les mouvements isolés dans un plan sont impossibles

2- les principaux mouvements sont l'inversion et l'éversion

- inversion = adduction + flexion plantaire + supination (rotation interne)

- éversion = abduction + dorsiflexion + pronation (rotation externe)

MOUVEMENTS

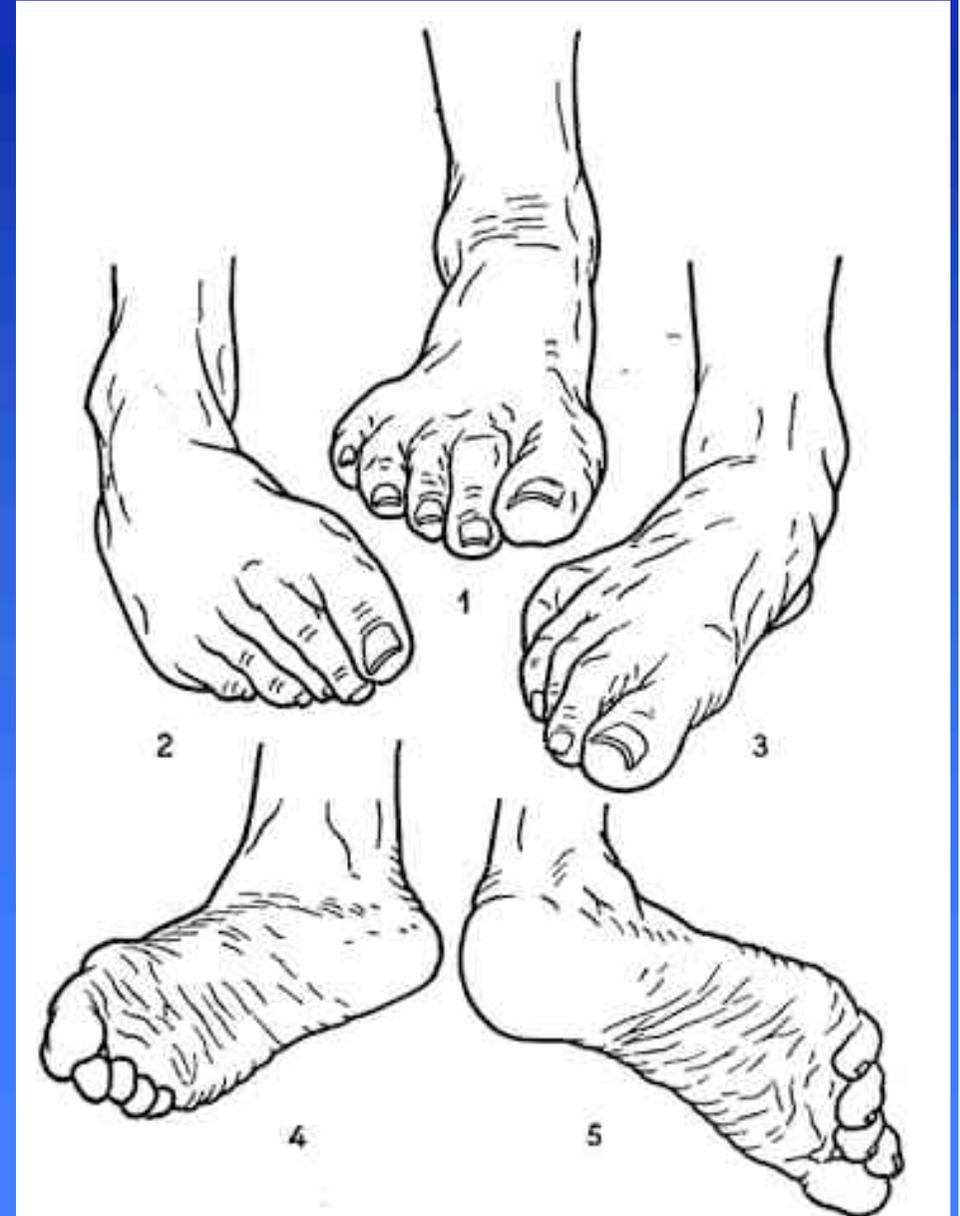
1 = normal

2 = inversion

3 = éversion

4 = supination

5 = pronation



MOUVEMENTS

Articulation sous-astragaliennne

Le calcaneum :

- roule

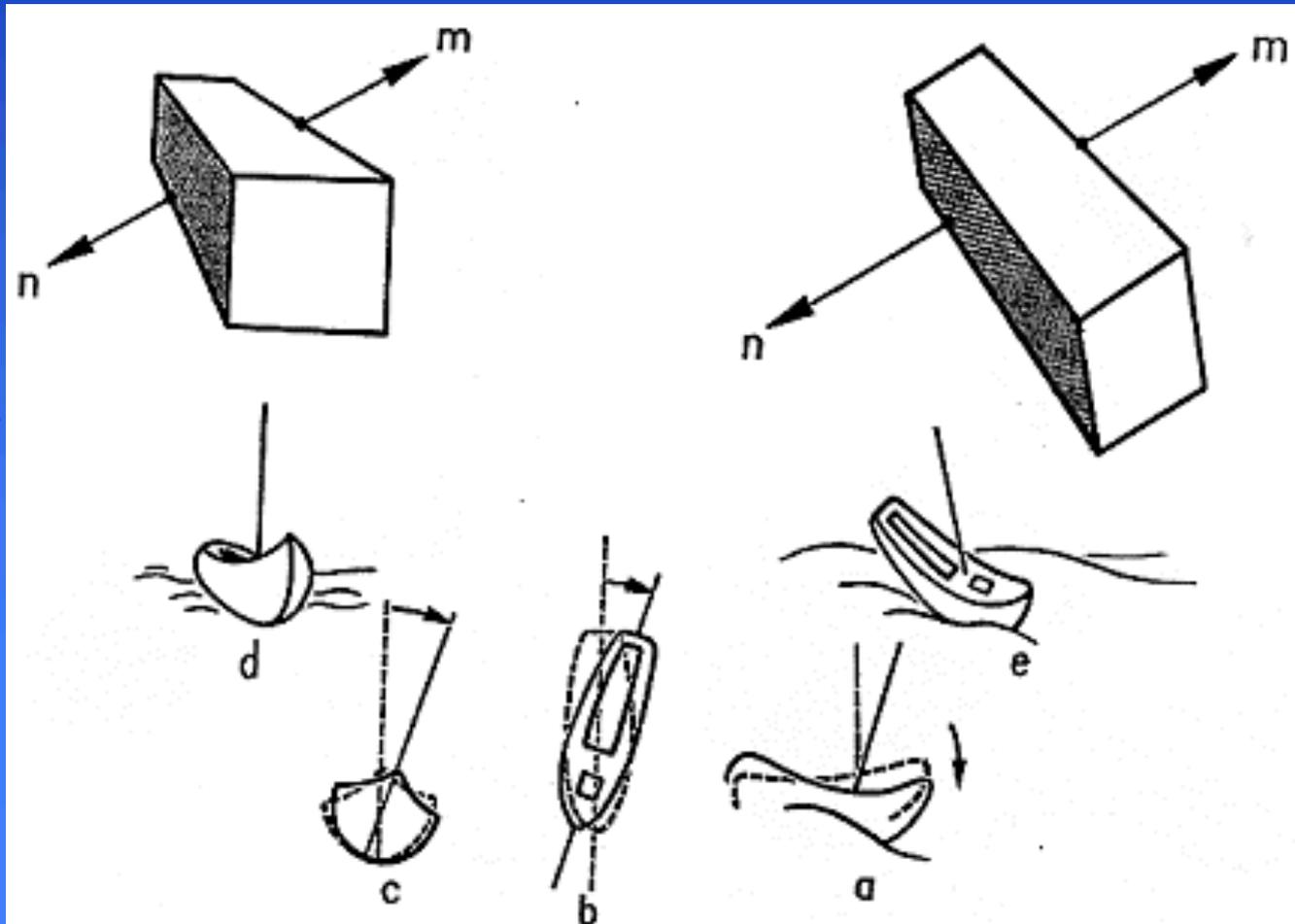
- vire

- tangue

sous l'astragale
en inversion ou
éversion

selon

axe de HENKE



MOUVEMENTS

Articulation médio-tarsienne

Les mouvements dépendent de la forme des surfaces et la disposition des ligaments

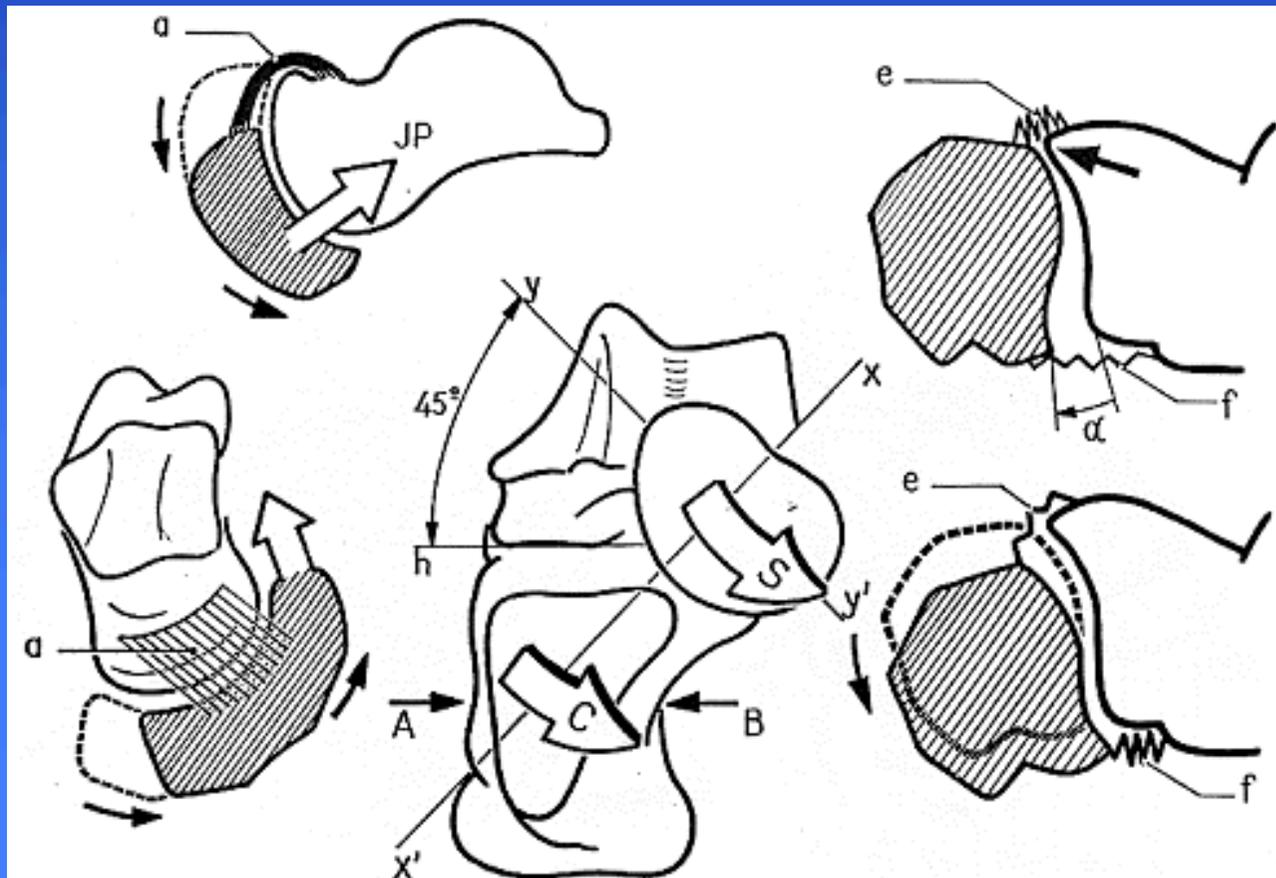
Par rapport
à l'astragale fixe

Scaphoïde se déplace:

- En bas
 - En dedans
- par traction du JP

Cuboïde se déplace:

- En bas
- Très peu en haut



MOUVEMENTS

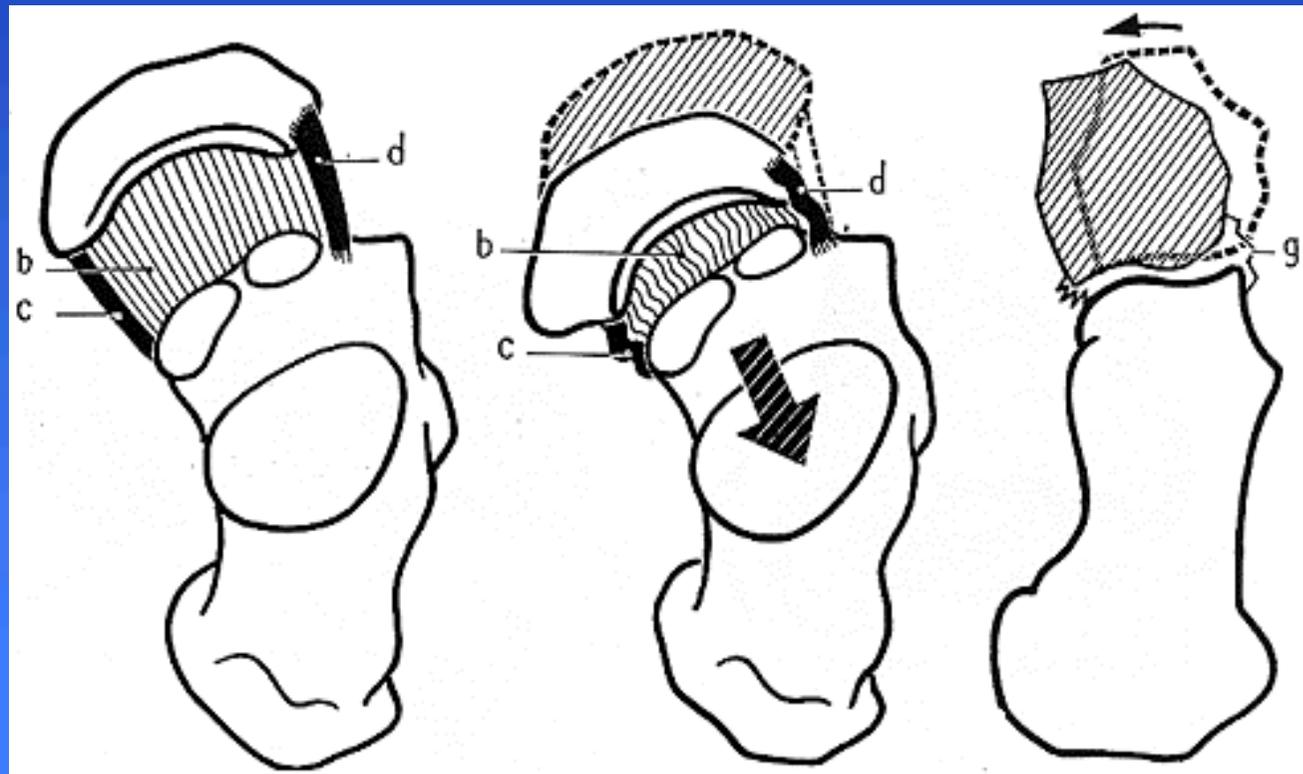
Articulation médio-tarsienne

En éversion :

- ligaments tendus:
- d= Chopart
- b= lig. glénoïdien
- c= LLI (deltoïdien)

En inversion:

- Contraction du JP
- rapprochement de scaph et calcanéum
- recul astragale



En éversion

En inversion

La souplesse du liga glénoïdien donne l'élasticité de l'arche interne

MOUVEMENTS

Fonctionnement global du tarse postérieur

- Mécaniquement liées, SA et MT sont l'équivalent d'une seule articulation à 1 seul degré de liberté:

- **en inversion: (astragale fixé)**

• JP tire sur le scaphoïde qui entraîne le cuboïde, puis le calcanéum qui plonge en avant de l'astragale: le couple scaphoïde-cuboïde met le pied en **adduction**

• puis tourne en **supination** autour du ligament en Y par ascension du scaphoïde, abaissement du cuboïde, abaissement de l'arche externe et élévation de l'arche interne

MOUVEMENTS

Fonctionnement global du tarse postérieur

- Mécaniquement liées, SA et MT sont l'équivalent d'une seule articulation à 1 seul degré de liberté:

- **en éversion: (astragale fixé)**

• CPL tire sur M5 qui entraîne le cuboïde en dehors et en arrière, ce qui attire le scaphoïde en dehors et en arrière puis le calcanéum qui recule sous l'astragale: le couple scaphoïde-cuboïde met le pied en

abduction

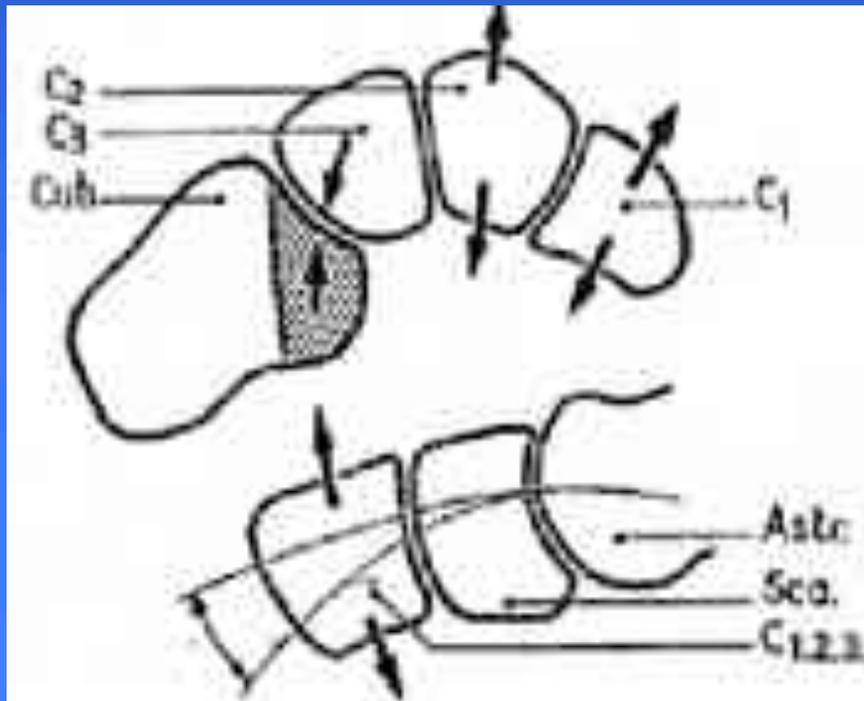
• puis tourne en **pronation** autour du ligament en Y par abaissement du scaphoïde et abaissement de l'arche interne

MOUVEMENTS

Tarse antérieur et tarso-métatarsienne

-articulations intercunéennes:

- mouvements verticaux de faible amplitude
 - modifiant la courbure transversale de la voûte
 - modifiant la courbure de l'arche interne



MOUVEMENTS

Tarse antérieur et tarso-métatarsienne

- dans l'articulations de Lisfranc:

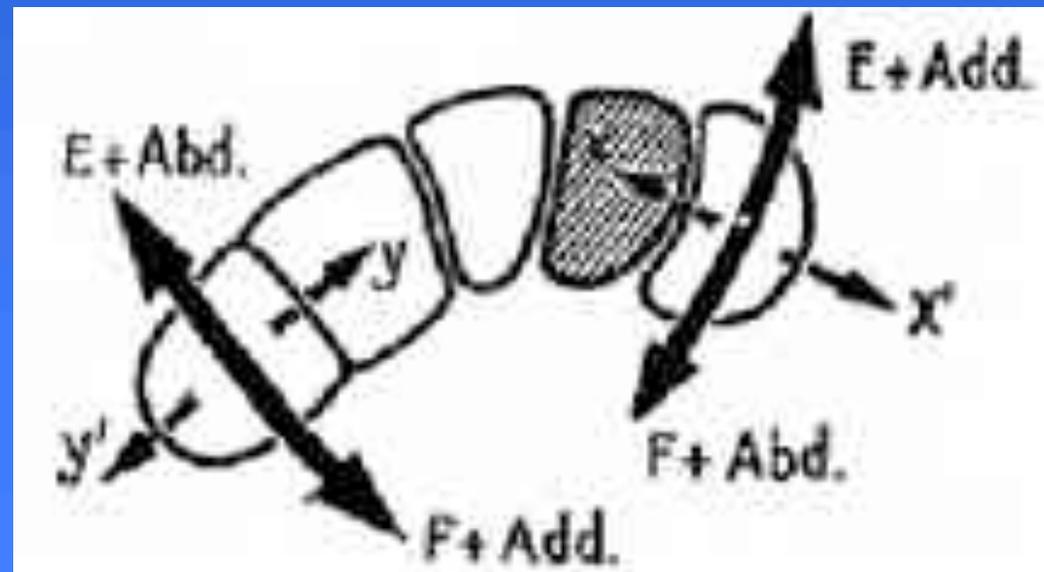
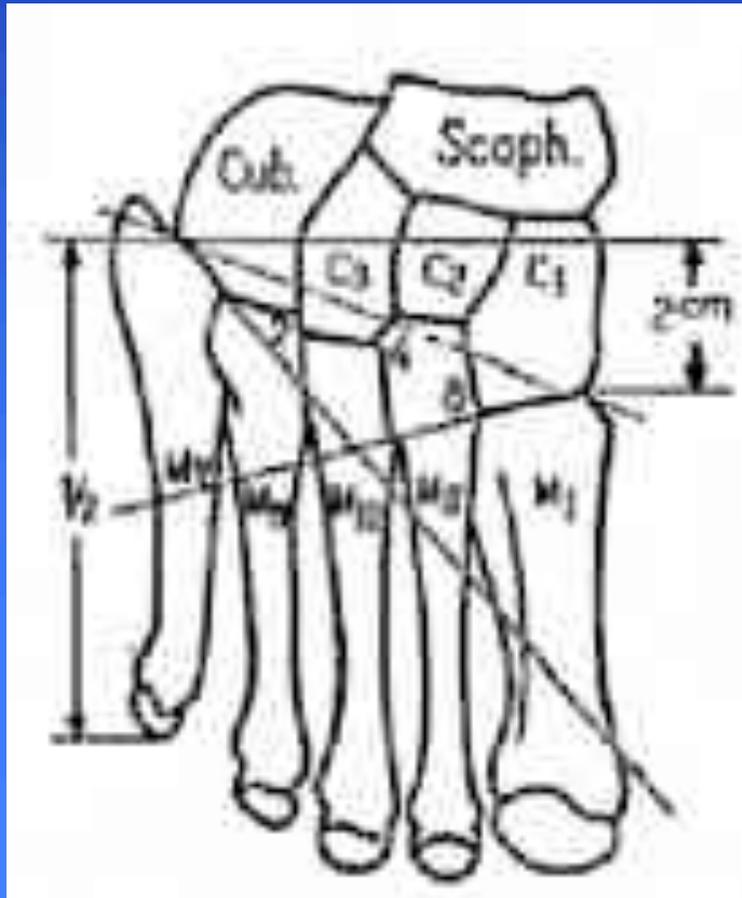
- mouvements dépendants de:

- **forme de l'interligne** qui est oblique ne dehors en bas et en arrière (base M1 2cm en avant de celle de M5), axe de la flexion extension du Lisfranc, qui participe à l'éversion-inversion
- **de l'aspect tenon-mortaise** entre base M2 et cunéiforme, fixant M2 en suprastructure (faîtière de la voûte)
- **orientation des interlignes des colonnes extrêmes** (M1-C1 et M5-C5) ont des obliquités opposées si bien qu'en flexion ces méatas les plus mobiles ont des têtes qui se rapprochent (creusement de la voûte) et qu'en extension, les têtes s'écartent et l'arche antérieure s'applatit

MOUVEMENTS

Tarse antérieur et tarso-métatarsienne

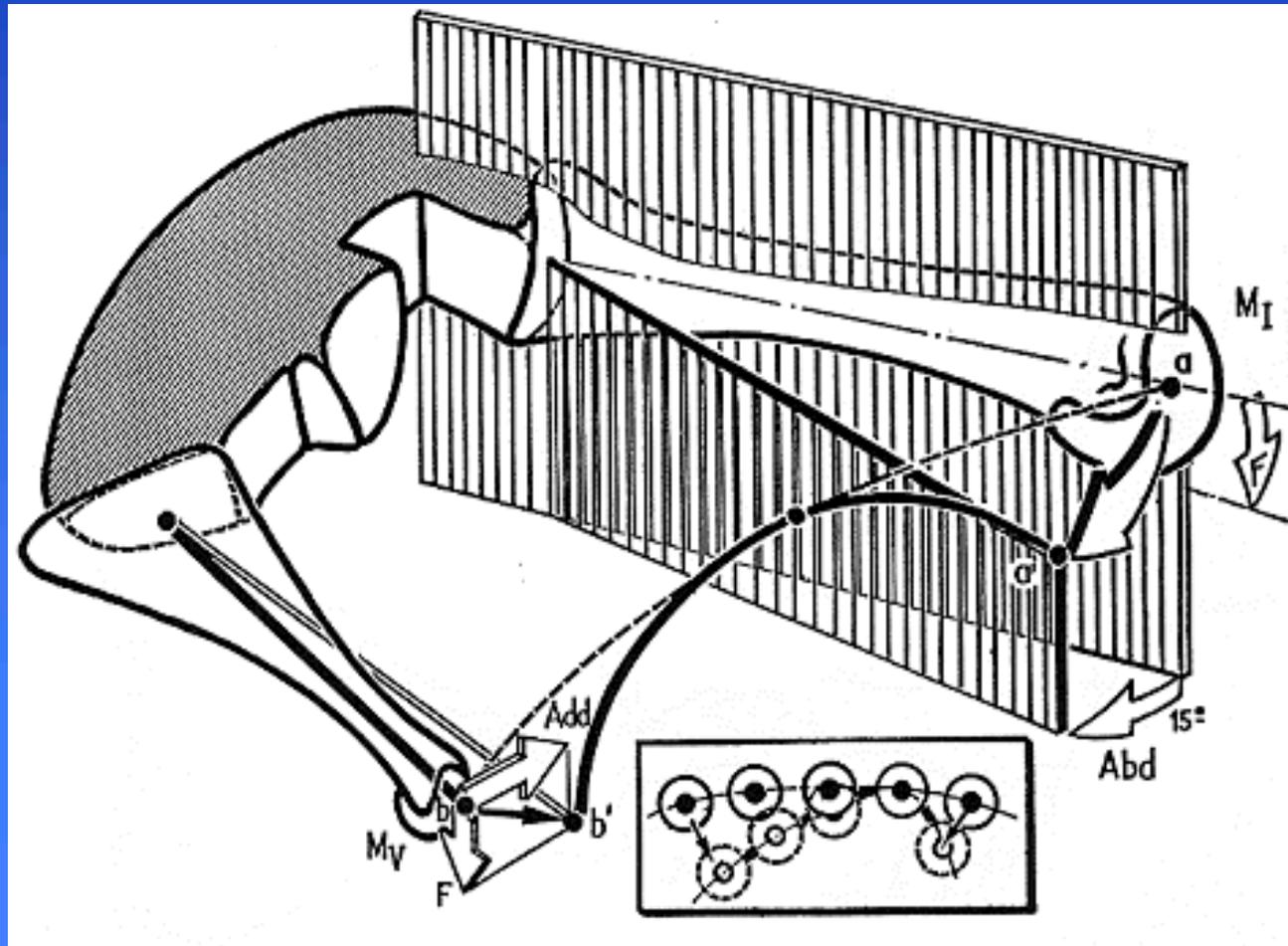
- dans l'articulations de Lisfranc:



MOUVEMENTS

Tarse antérieur et tarso-métatarsienne

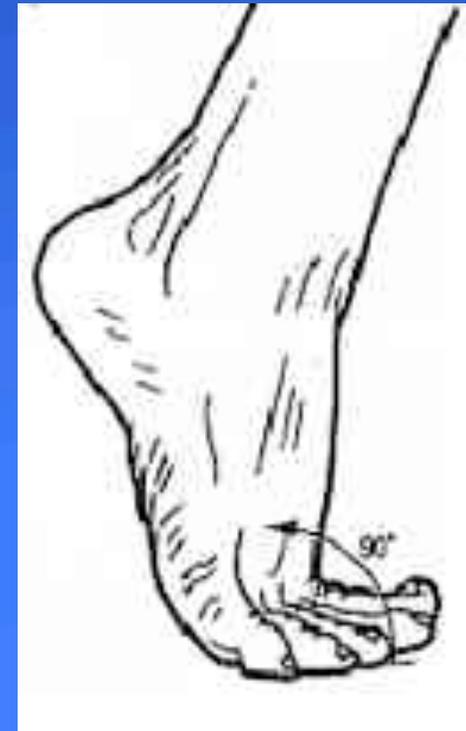
- dans l'articulations de Lisfranc:



MOUVEMENTS

tarso-métatarsienne et orteils

- anatomiquement, les métatarso-phalangiennes et les interphalangiennes sont comparables à celles des doigts de la main
- il existe par contre une différence fonctionnelle car l'extension y dépasse la flexion
 - en actif: DF= 50 à 60° FP = 30 à 40°
 - en passif: la DF (fondamentale pour le dernier temps du pas) = 90° alors que FP = 45 à 50°



MOUVEMENTS

tarso-métatarsienne et orteils

- les mouvements de latéralité sont réduits à la différence du singe (en particulier pour le gros orteil)
- cette adaptation du pied humain à la marche bipède est possible par la disparition des possibilités d'opposition

MUSCLES

Ils sont nombreux:

- **extrinsèques: naissant au niveau de la jambe**
- **intrinsèques: naissant au niveau du pied**

Ils ont des actions souvent combinées:

par exemple le jambier antérieur est

- **fléchisseur dorsal de la cheville**
- **adducteur**
- **supinateur**

MUSCLES

- 1- muscles extenseurs des orteils
- 2- muscles interosseux et lombricaux
- 3- muscles de la plante du pied
- 4- les fléchisseurs de la cheville
- 5- les extenseurs de la cheville
- 6- les abducteurs-pronateurs
- 7- les adducteurs-supinateurs

MUSCLES

1- Les muscles extenseurs des orteils sont:

- 1 muscle intrinsèque: le pédieux

*** qui s'insère sur le dos du pied (sinus du tarse)**

*** se termine par 4 tendons (GO, O1, O2, O3) qui se fixe sur EC pour 2, 3 et 4, et dos de P1 du GO**

*** Extenseur des MTP**

MUSCLES

1- Les muscles extenseurs des orteils sont:

- 2 muscles extrinsèques

*** extenseur commun**

**son action pure sur les orteils est possible si co-contraction
simultanée des fléchisseurs plantaires (triceps)**

*** extenseur propre du GO**

**son action pure sur le GO est possible si co-contraction
simultanée des fléchisseurs plantaires (triceps)**

ces 2 muscles sont aussi fléchisseurs dorsaux de la cheville



**muscles
extenseurs**

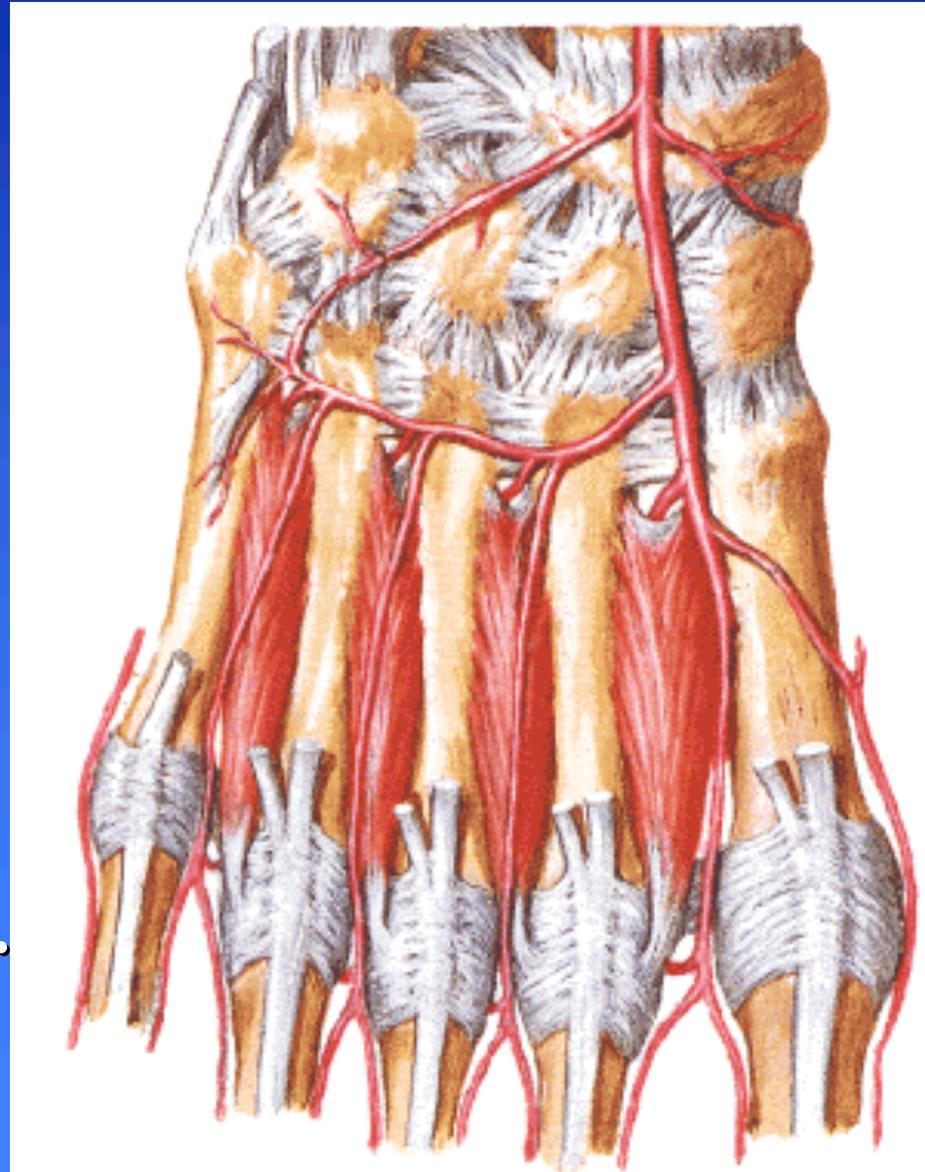


MUSCLES

2- Les muscles interosseux et lombricaux

a- 4 interosseux dorsaux

- * bipennés
- * centrés sur M2
- * 1 et 2ème sur M2
- * 3ème sur bord externe M3
- * 4ème sur bord externe M4
- * insertion mixte sur P1
sur syst. Ext.

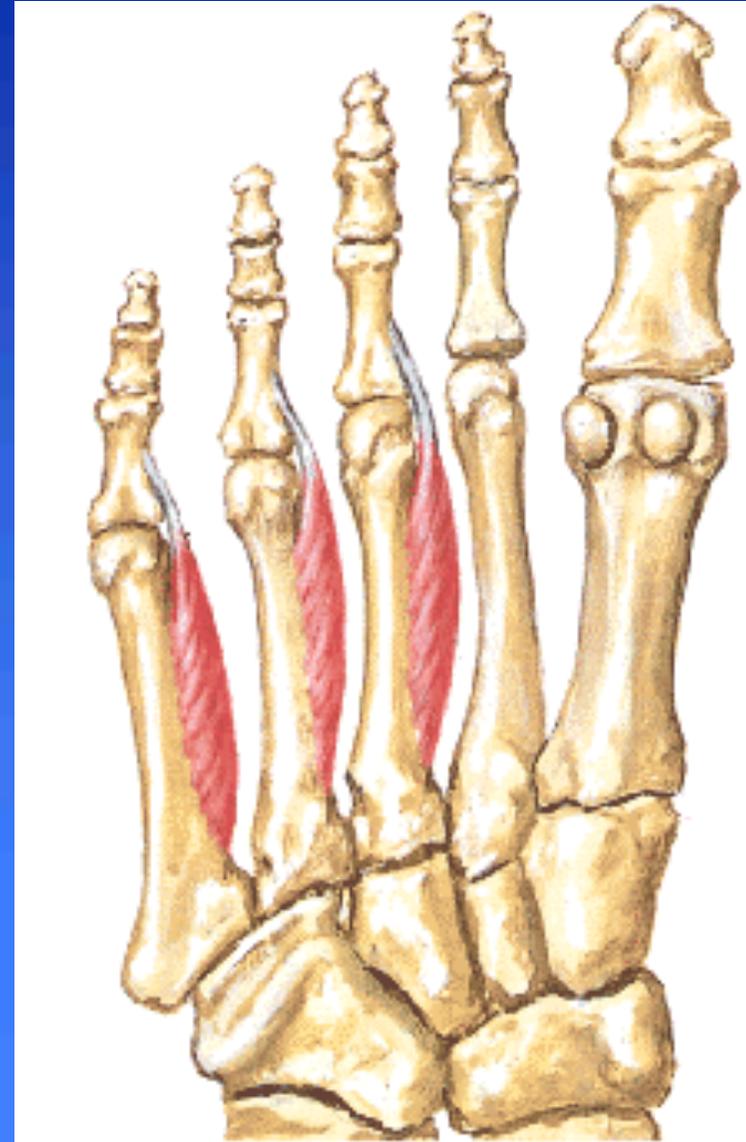


MUSCLES

2- Les muscles interosseux et lombricaux

b- 3 interosseux plantaires

- * unipenné
- * côté interne 3 derniers métas
- * base phalange correspondante et syst. Ext.

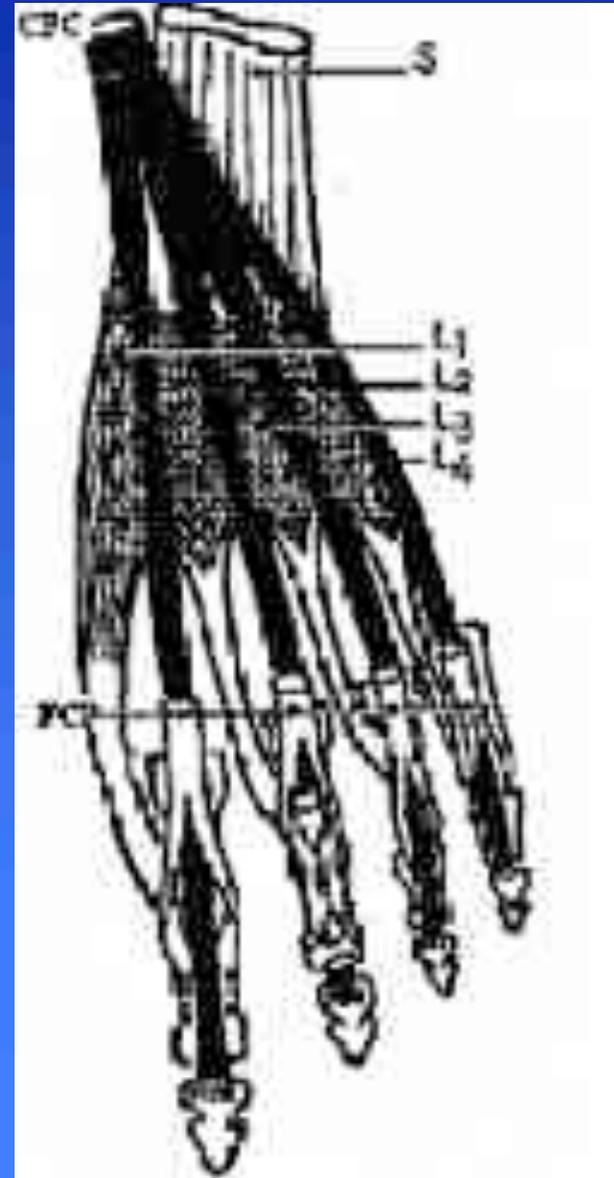


MUSCLES

2- Les muscles interosseux et lombricaux

c- 4 lombricaux

- * bipennés
- * annexés aux tendons FCO
- * insertion base interne P1 et bandelette latérale



MUSCLES

3- Les muscles de la plante du pied

On distingue 3 plans

* Le plan profond

Outre les lombricaux et les interosseux, il comprend:

* muscles de la loge plantaire externe

- opposant du V qui creuse vôte et arche ant.
- court fléchisseur du V
- abducteur du V soutien de l'arche externe

* muscles de la loge plantaire interne: sésamoïdiens

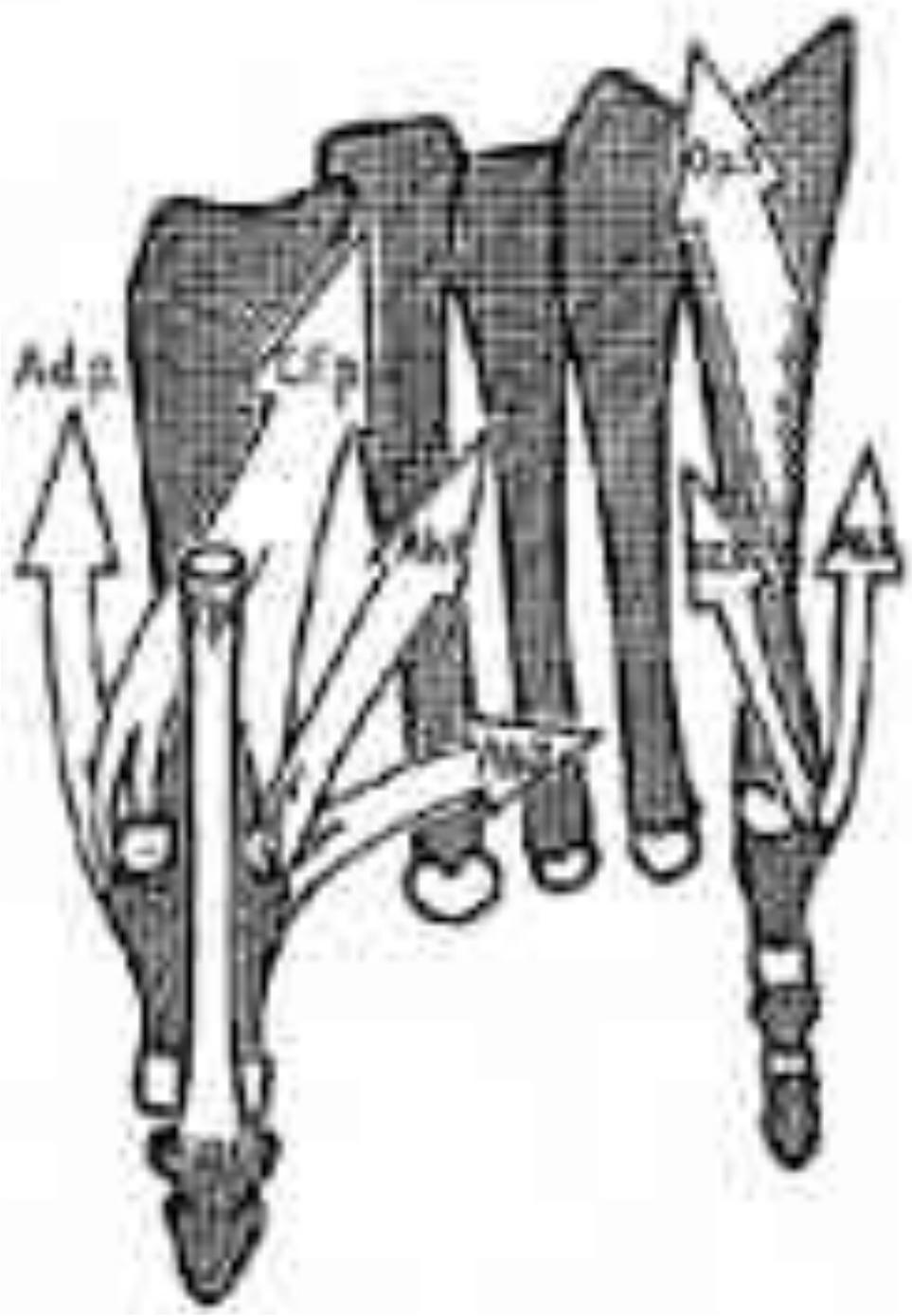
- Court fléchisseur du GO (2 faisceaux: int, ext)
- adducteur du GO (soutien arche interne)
- abducteur du GO

MUSCLES

3- Les muscles de la plante du pied

* Le plan profond





MUSCLES

3- Les muscles de la plante du pied

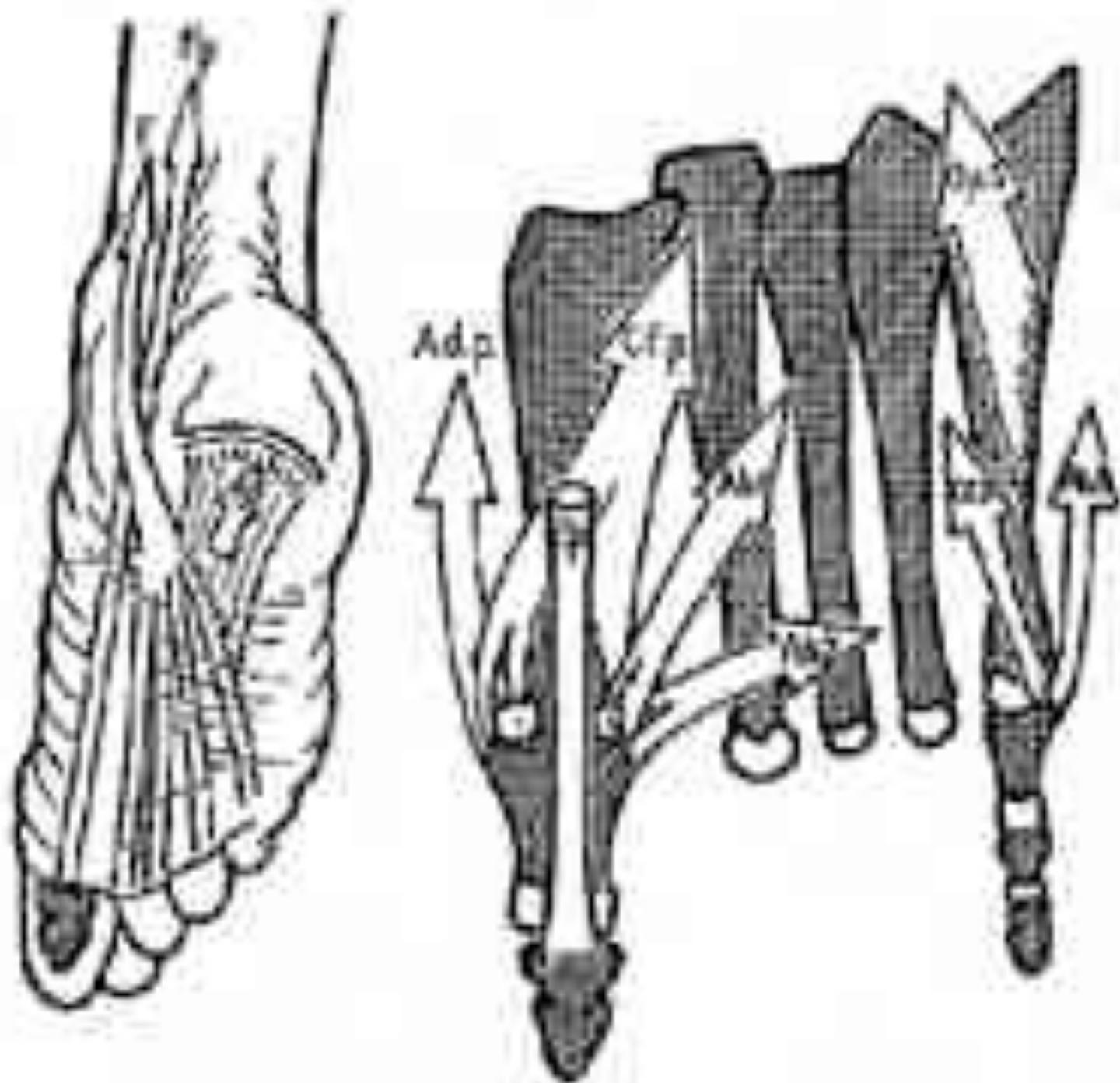
* Le plan moyen

est constitué par les longs fléchisseurs:

- le FPGO (anastomose avec le FCO) glisse entre les 2 sésamoïdes et se termine sur P2 du GO

- FCO croise le FPGO par-dessous (sortie du canal calcanéen), perfore le tendon du CFP, fini sur P3 de O2 à O5.

Sur tendon pour O5 se fixe la chaire carré de Sylvius (compense la traction oblique des 2 tendons)





**Muscles
plantaires
profond et
moyen**

MUSCLES

3- Les muscles de la plante du pied

* Le plan superficiel

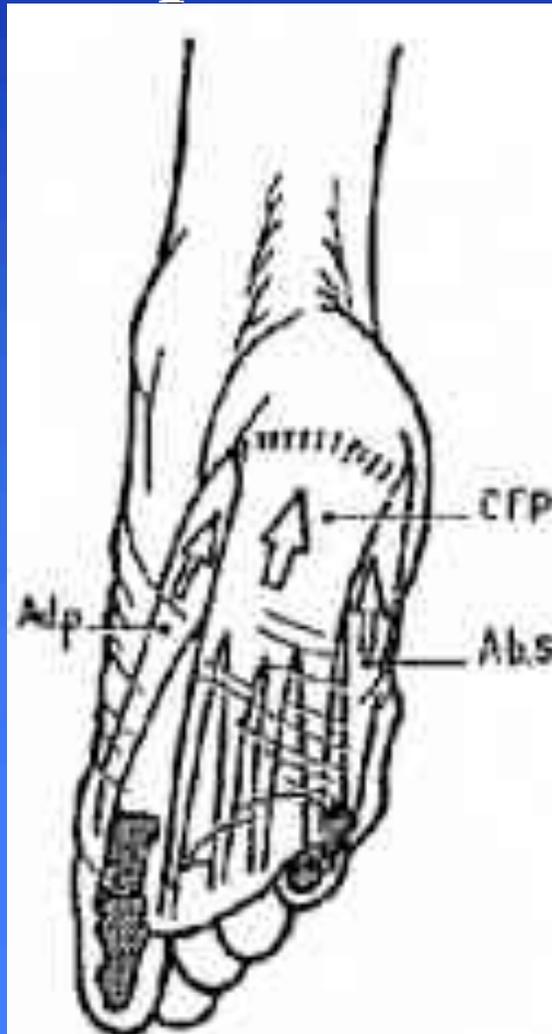
est constitué par le court fléchisseur plantaire

- contenu dans la loge plantaire moyenne
- va du calcaneum aux 4 derniers orteils
- tendons perforés par celui du FCO
- insertion terminale sur P2

MUSCLES

3- Les muscles de la plante du pied

* Le plan superficiel

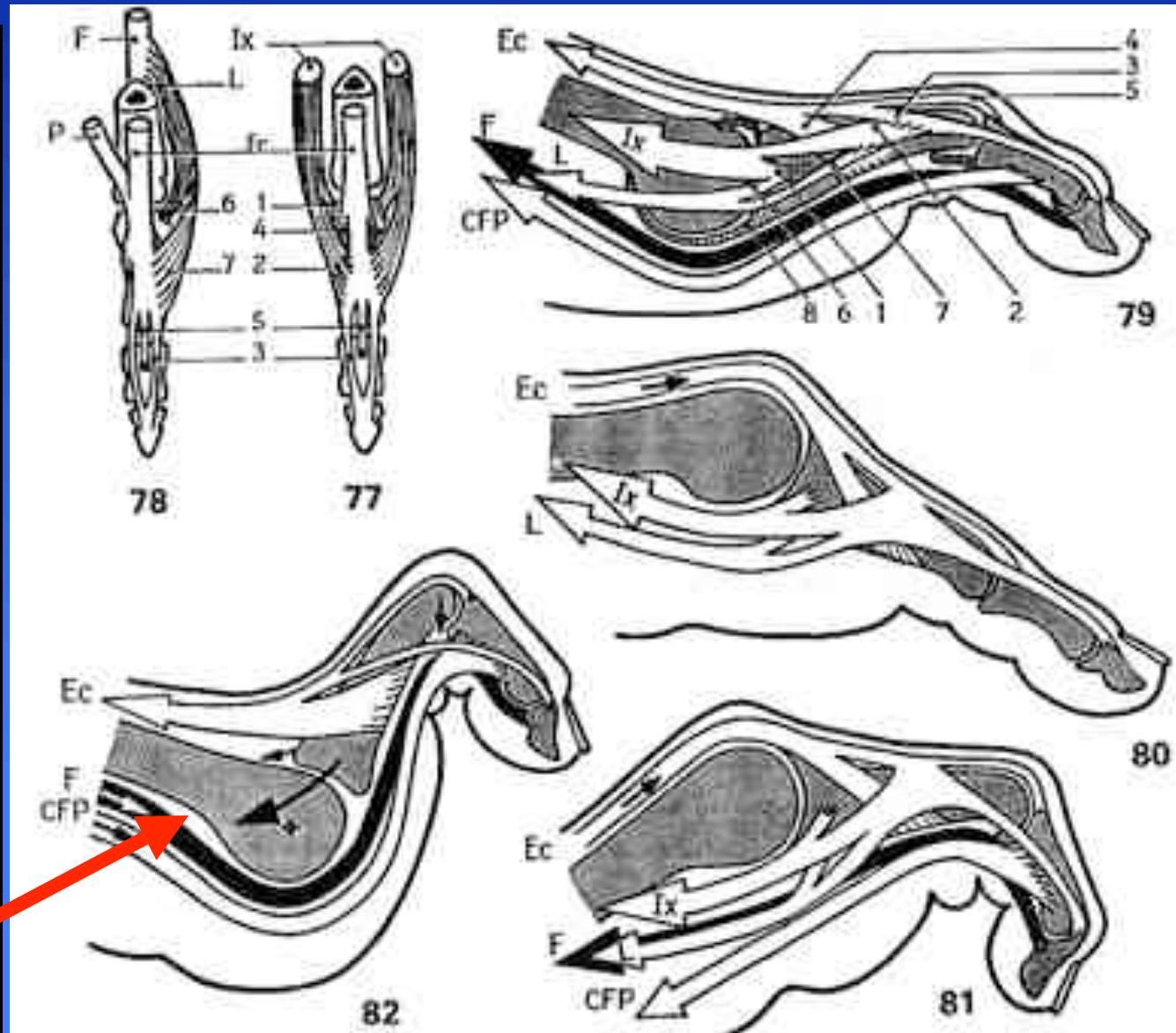


MUSCLES

Actions sur les orteils

Assimilation:

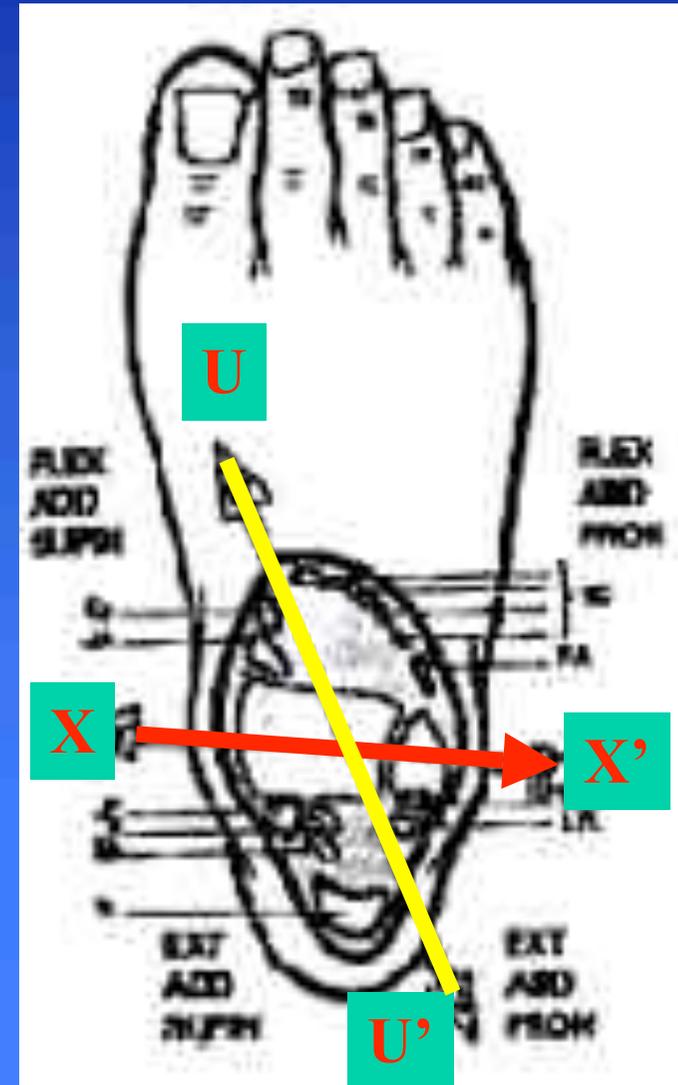
- du FCO au FCP de la main
- du CF Plantaire au FCS de la main
- intrinsèques:
 - flexion MTP
 - extension IP
 - facilite action des extenseurs
 - insuffisance = griffe des orteils



MUSCLES

en avant de l'axe XX' : fléchisseurs
en arrière: extenseurs

en dedans de l'axe UU' :
adducteurs et supinateurs
En dehors de l'axe UU' :
abducteurs et pronateurs



MUSCLES

4- Les fléchisseurs de la cheville

muscles situés en avant de l'axe bimalléolaire

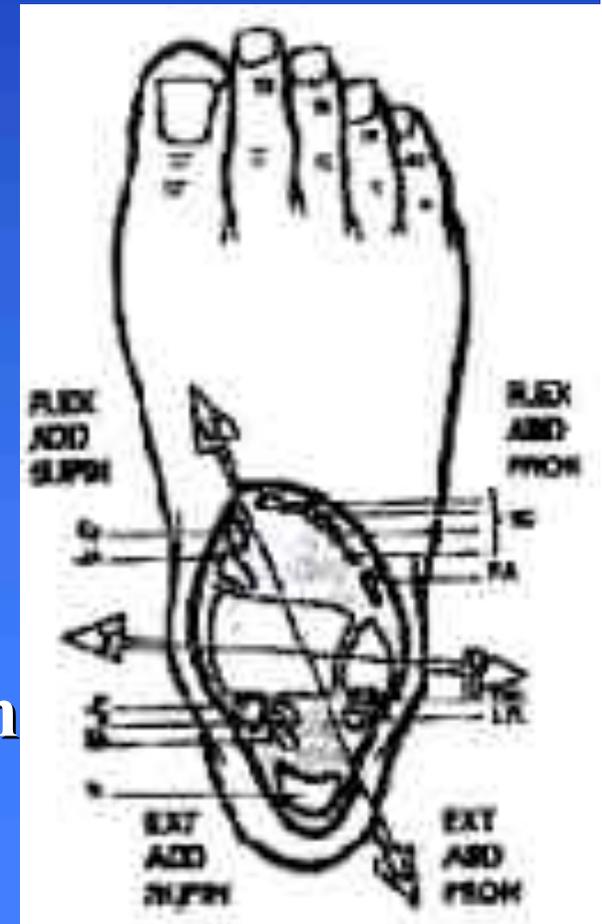
- jambier antérieur
- EPGO

ils sont aussi supinateurs et adducteurs

- ECO
- péronier antérieur

Ils sont aussi pronateurs et abducteurs

La dorsiflexion pure est possible si action simultanée et équilibrée des 2 groupes qui sont alors antagonistes-synergiques





**muscles
extenseurs**

MUSCLES

4- Les fléchisseurs de la cheville

Si JA et péronier antérieur sont des fléchisseurs directs, ECO et EPGO qui s'insèrent sur les orteils nécessitent une stabilisation en rectitude ou en flexion par les interosseux ou les muscles sésamoïdiens.

En cas d'insuffisance de ces muscles, l'action de EPGO ou ECO ne sera possible que par l'apparition de griffes des orteils.

MUSCLES

5- Les extenseurs de la cheville

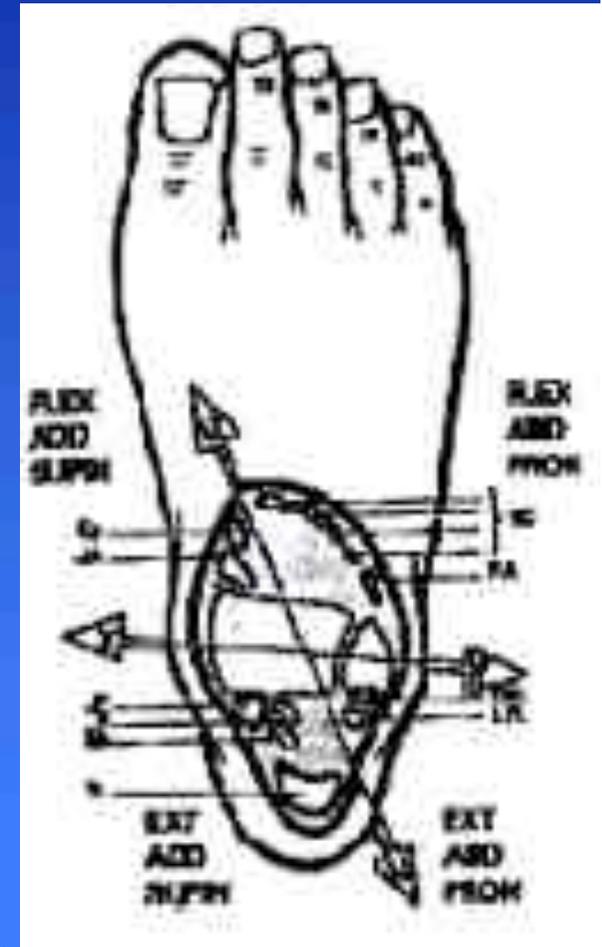
muscles situés en arrière de l'axe bimalléolaire

- jambier postérieur
- FGO
- FCO
- **et surtout triceps sural (TA)**

ils sont aussi supinateurs et adducteurs

- péroniers latéraux (CPL et LPL)

Ils sont aussi pronateurs et abducteurs



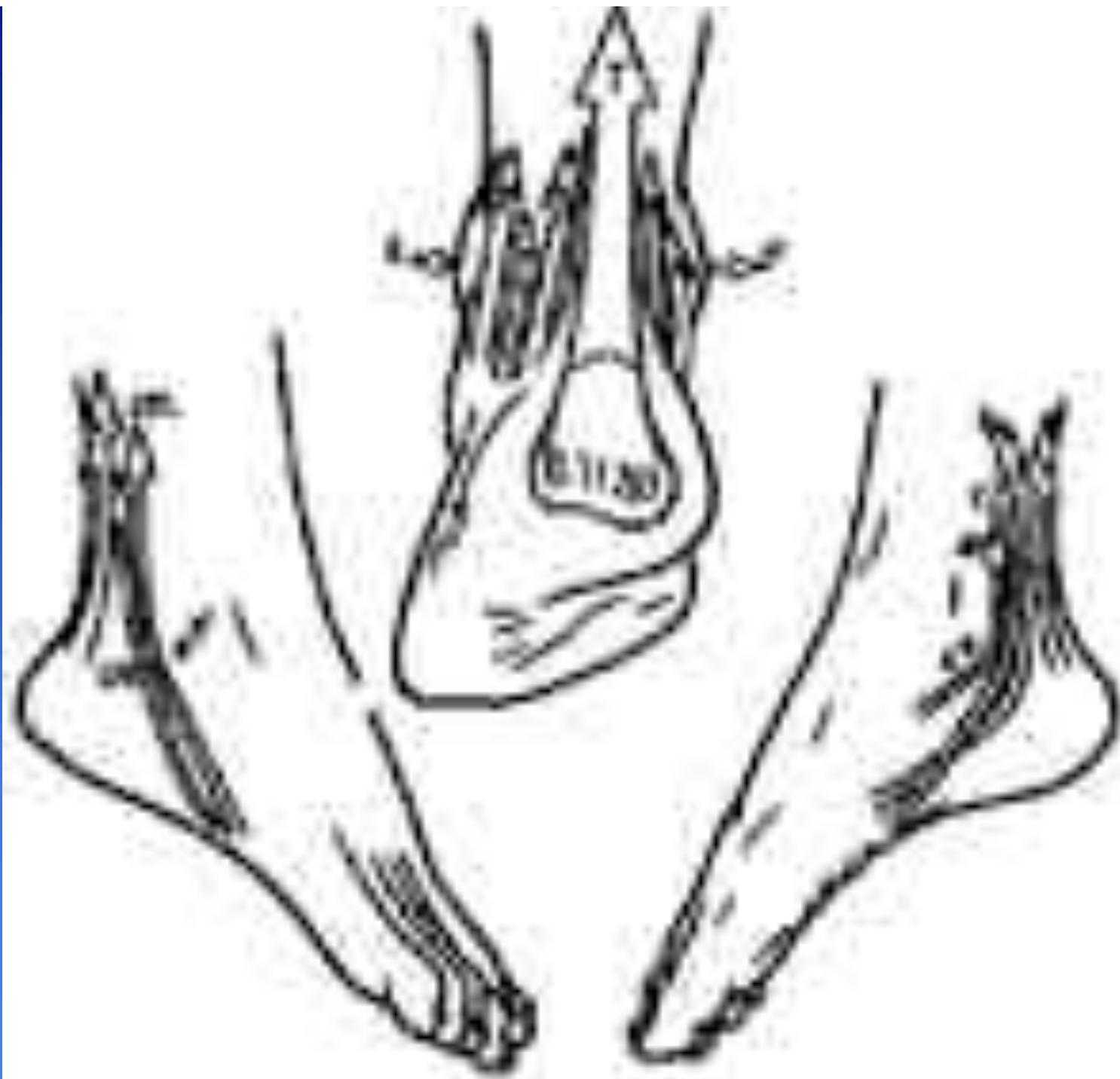
Le triceps a une puissance maximale lors de l'impulsion (genou tendu, cheville fléchie): course, saut

MUSCLES

5- Les extenseurs de la cheville

Si **le triceps sural (TA) est l'extenseur prépondérant** les autres sont accessoires (TA est 14 fois plus puissant) et au sein de ces extenseurs accessoires, les PL = 50% (LPL=2CPL).

L'extension pure découle d'action synergique-antagoniste mais seul la puissance du TA permet l'élévation unipodale sur la pointe du pied



MUSCLES

6- Les abducteurs-pronateurs

Situés en dehors de l'axe de HENKE et en avant de l'axe bimalléolaire, ils sont aussi extenseurs.

Il s'agit des **péroniers latéraux**.

Le CPL se fixe sur la styloïde de M5. il est abducteur vrai et relève les rayons métatarsiens externes donc participe à la pronation.

Le LPL se fixe sur la base de M1. Il a plusieurs actions:

- abducteur en déjettant l'avant pied en dehors
- extenseur en abaissant la tête de M1 et en solidarissant les méatas internes et les méatas externes
- pronateur car abaisse l'arche interne

MUSCLES

6- Les abducteurs-pronateurs

Il existe aussi des couples synergiques-antagonistes

- LPL et triceps synergique dans l'extension mais antagoniste en prono-supination
- CPL et (péronier antérieur et ECO), synergique dans l'abduction-pronation et antagoniste dans la flexion-extension

Le LPL est le principal soutien de la vôte plantaire.



MUSCLES

7- Les adducteurs-supinateurs

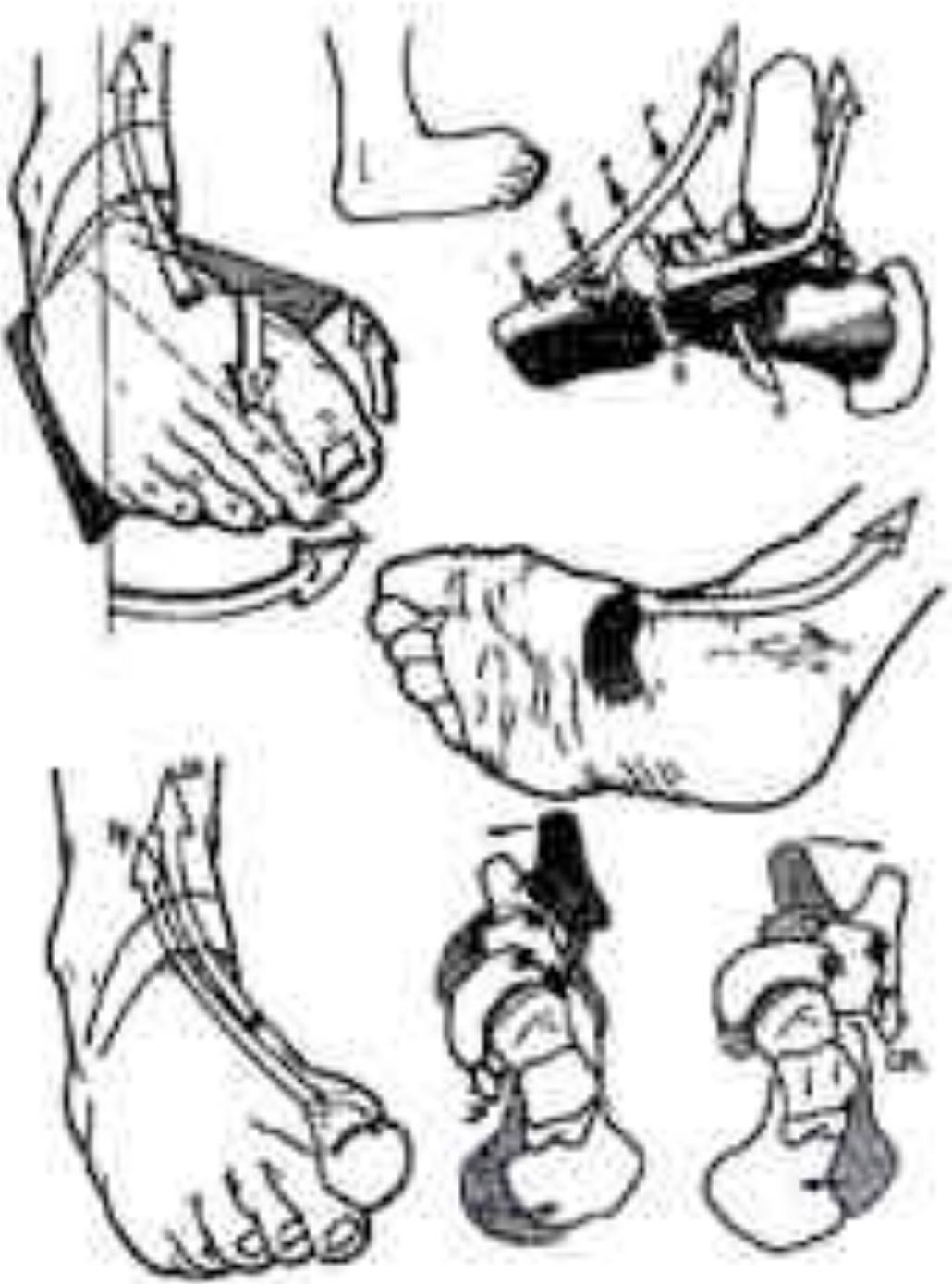
Les 3 muscles en dedans de l'axe de HENKE sont :
à la fois supinateurs et adducteurs.

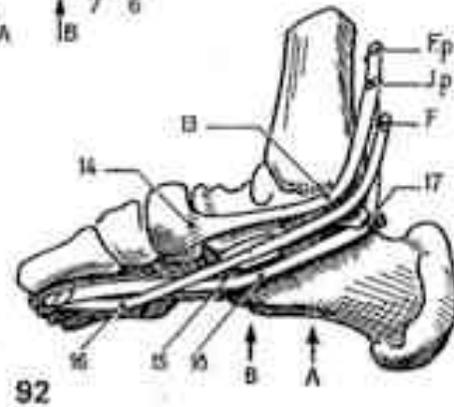
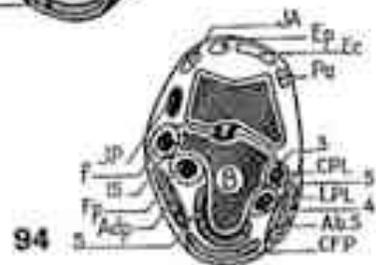
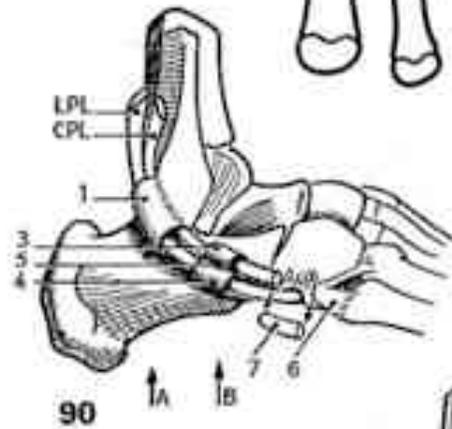
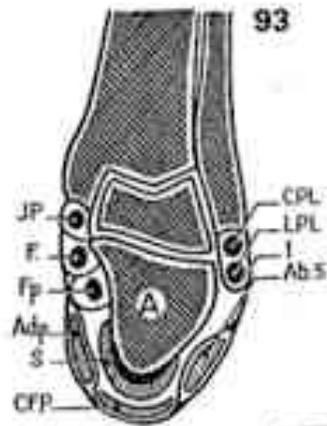
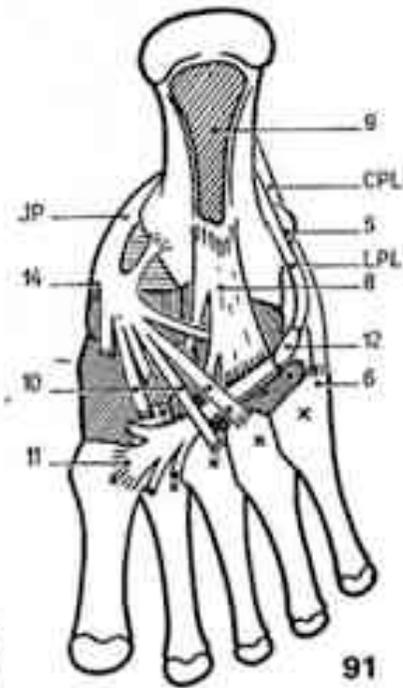
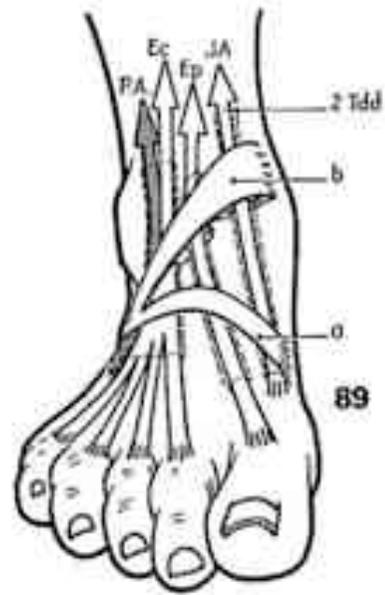
Il s'agit du **Jambier Postérieur**:

- fortement adducteur directement antagoniste du CPL
- supinateur par ses expansions plantaires car soutien et oriente la voute
- extenseur de la tibio-tarsienne et médio-tarsienne

Le Jambier antérieur plus supinateur qu'adducteur car élève tous les éléments de l'arche interne et donc antagoniste direct du LPL. Il est fléchisseur.

L'extenseur propre du GO a les même actions que le JA mais moins puissant.





LA VÔUTE PLANTAIRE

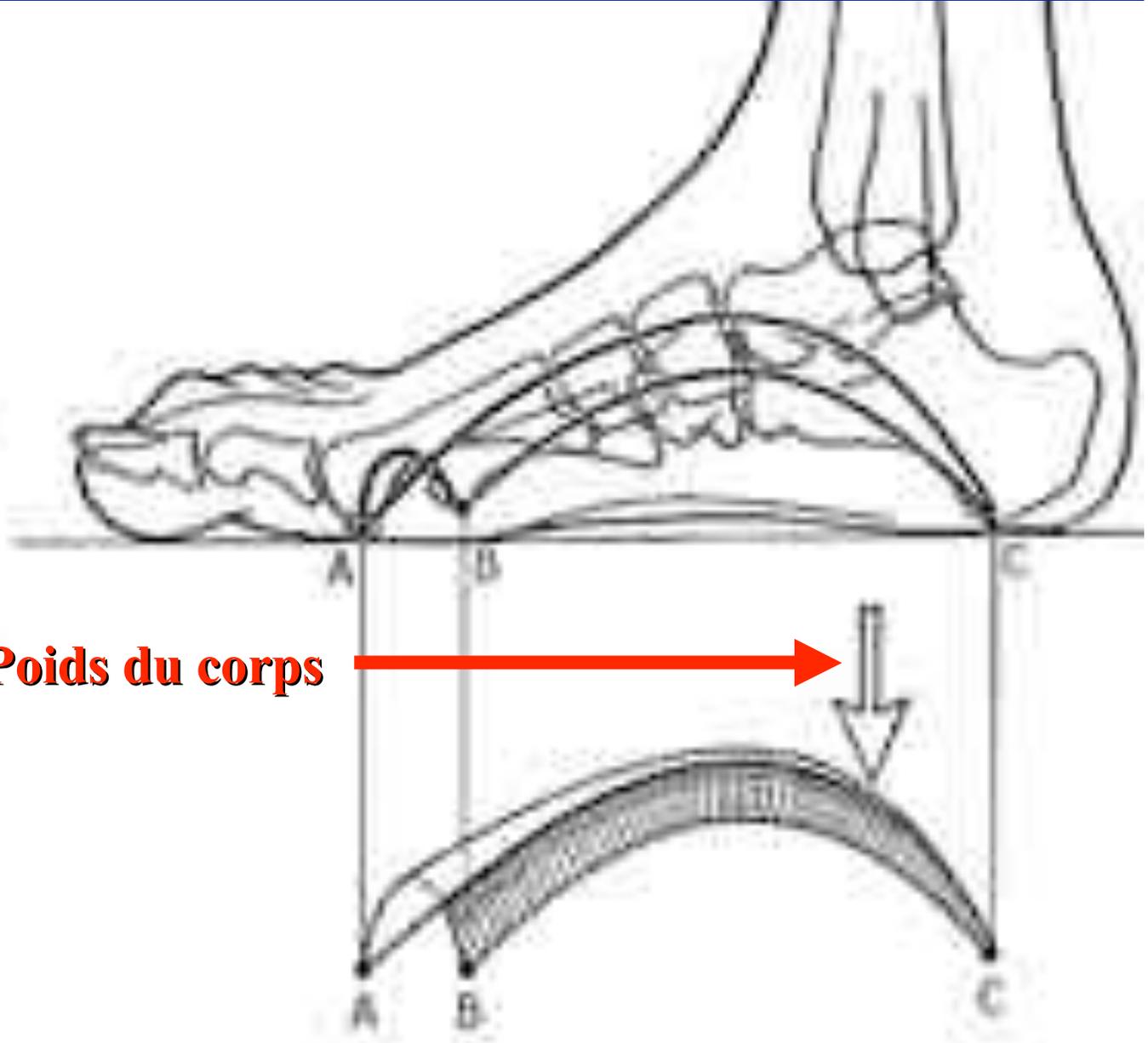
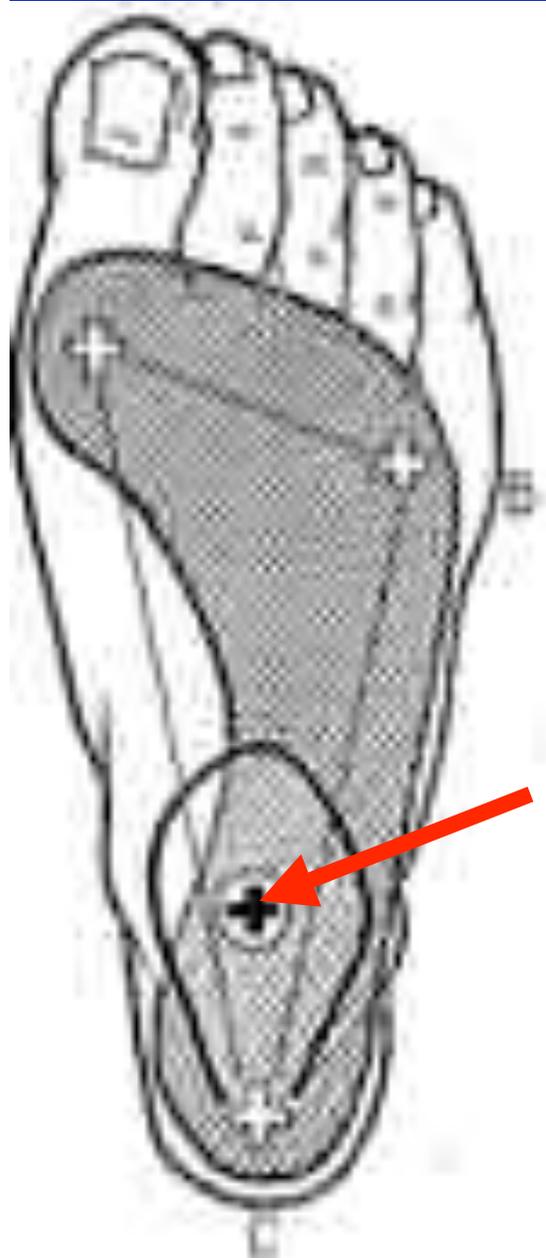
1- définition

Ensemble architectural harmonieux associant des éléments ostéo-articulaires, ligamentaires et musculaires qui, par ses changements de courbure dynamique et son élasticité, est capable de s'adapter à toutes les inégalités de terrain, et de transmettre au sol les efforts et le poids du corps dans les meilleures conditions mécaniques et pour des circonstances très variées (saut, chute, marche, course...)

LA VÔUTE PLANTAIRE

2- constitution

- Vôte soutenue par 3 arches
- Repose sur le sol par 3 points au sein de l'appui au sol (empreinte plantaire):
 - A: tête de M1
 - B: tête de M5
 - C: tubérosités postérieures du calcanéum
- Triangle non équilatéral avec 3 arches:
 - AB: arche antérieure la + courte et + basse
 - BC: arche externe
 - AC: arche interne la + haute, la + longue



Poids du corps

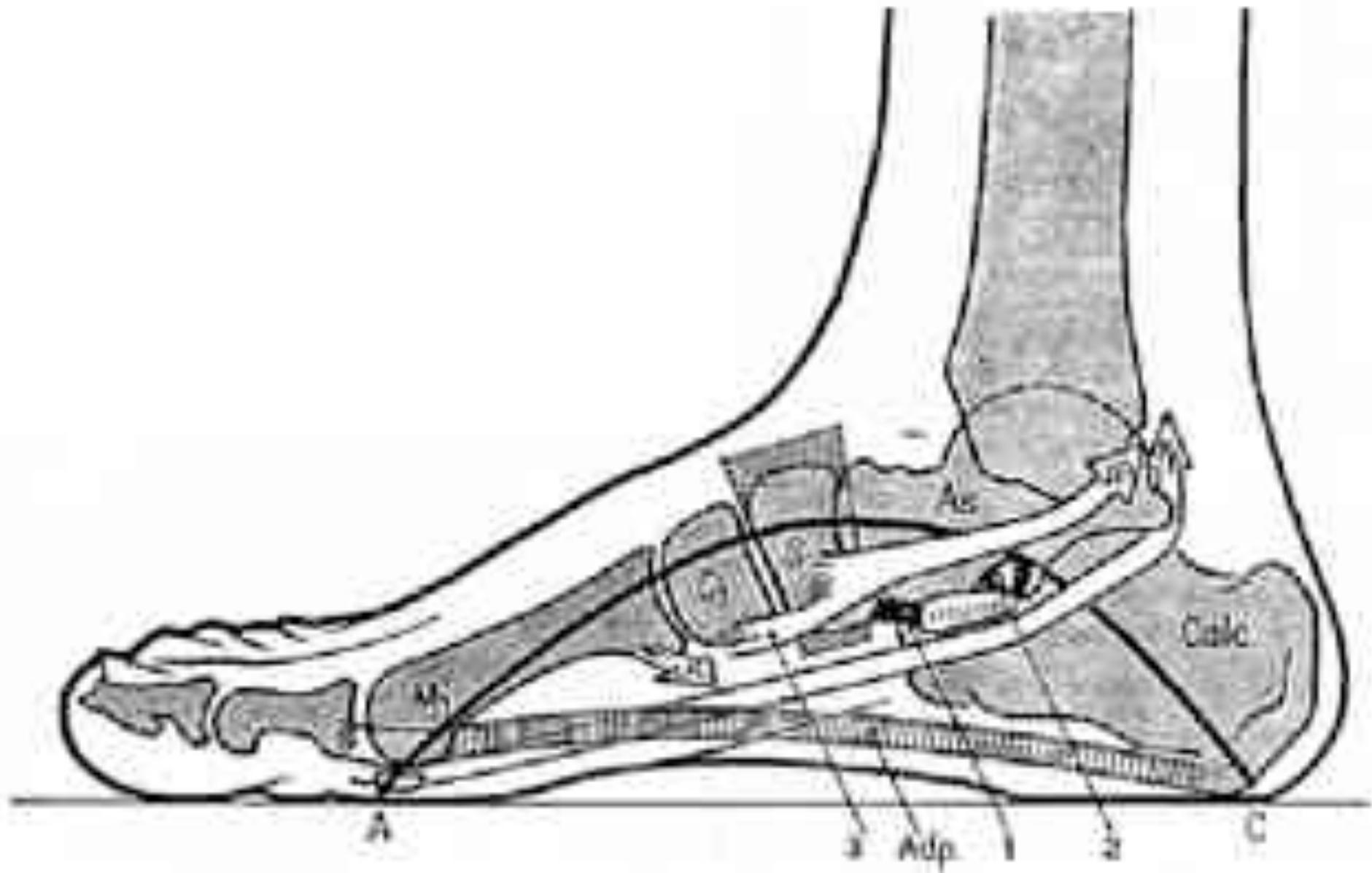


Comparaison de la vôte avec une voile de bateau au vent

LA VÔUTE PLANTAIRE

3- arche interne

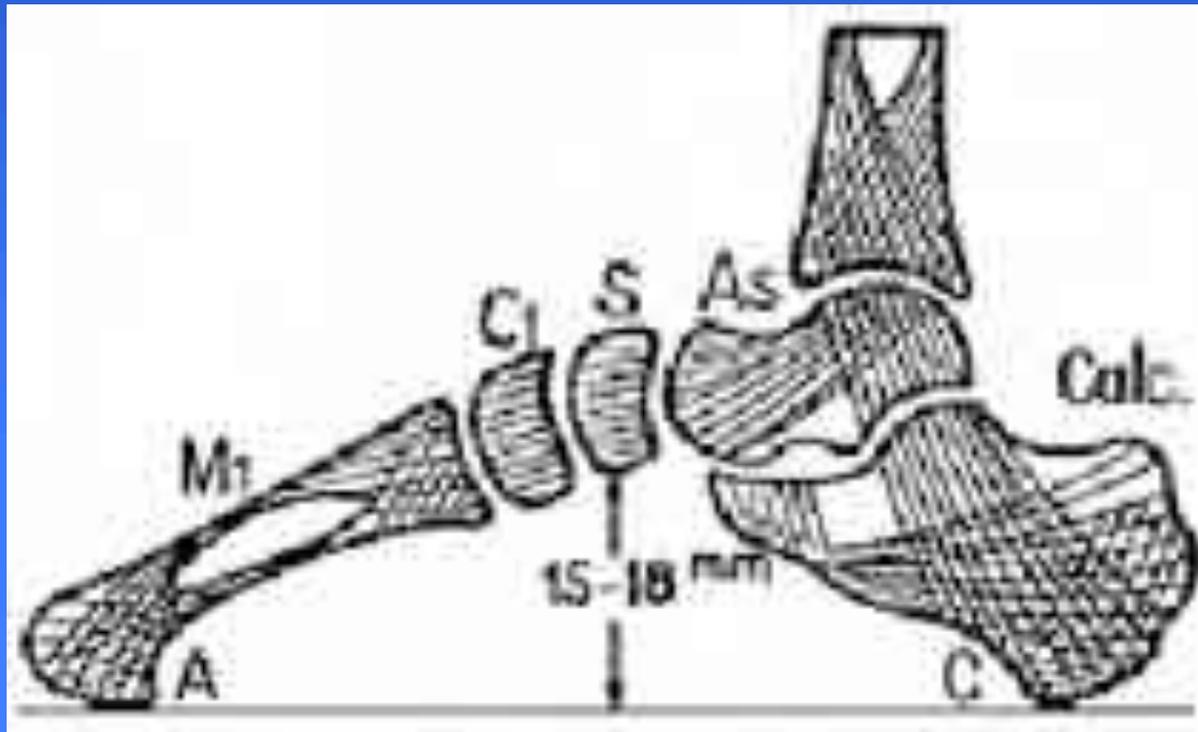
- **Comprend:**
 - le premier métatarsien
 - le premier cunéiforme
 - le scaphoïde
 - l'astragale qui reçoit les efforts de la jambe et les répartit sur toute la voute
 - le calcanéum
- **Repose sur le sol par:**
 - A: tête de M1
 - C: tubérosités postérieures du calcanéum
- **pas de contact avec le sol; distance de 15 à 18mm**



LA VÔUTE PLANTAIRE

3- arche interne

- transmission des efforts se lit dans travées osseuses
 - travées tibio-calcaneéenne postérieures
 - travées tibio-astragaliennes puis arc boutant ant



LA VÔUTE PLANTAIRE

3- arche interne

- concavité conservée que par ligaments et muscles

- 1: calcanééo-scaphoïdien inférieur

- 2: astragalo-calcanéen

- 3: JP

- 4: LPL

- 5: FPGO

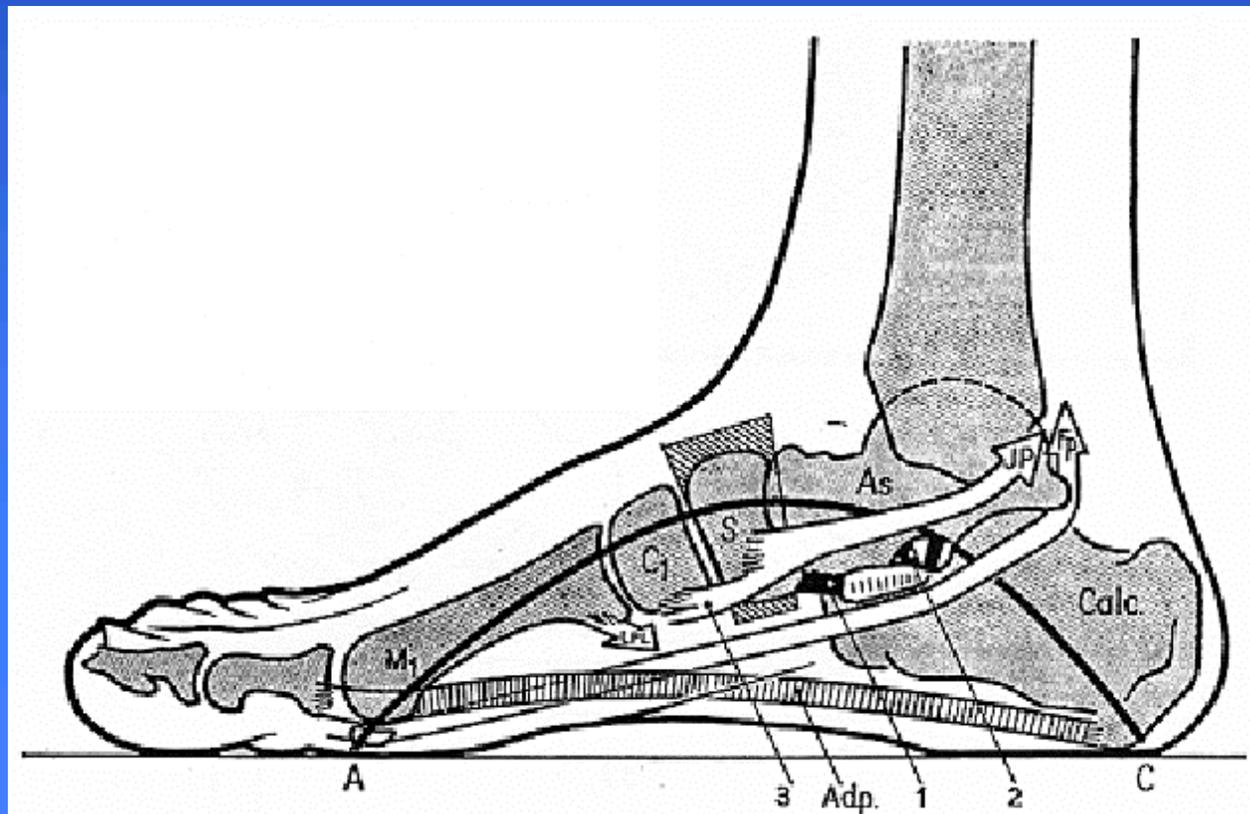
- 6: Adducteur GO

- opposants:

- 1: JA

- 2: EPGO

l'applatissent



LA VÔUTE PLANTAIRE

4- arche externe

- constituée par:

- M5
- cuboïde
- calcanéum

- repose sur le sol par:

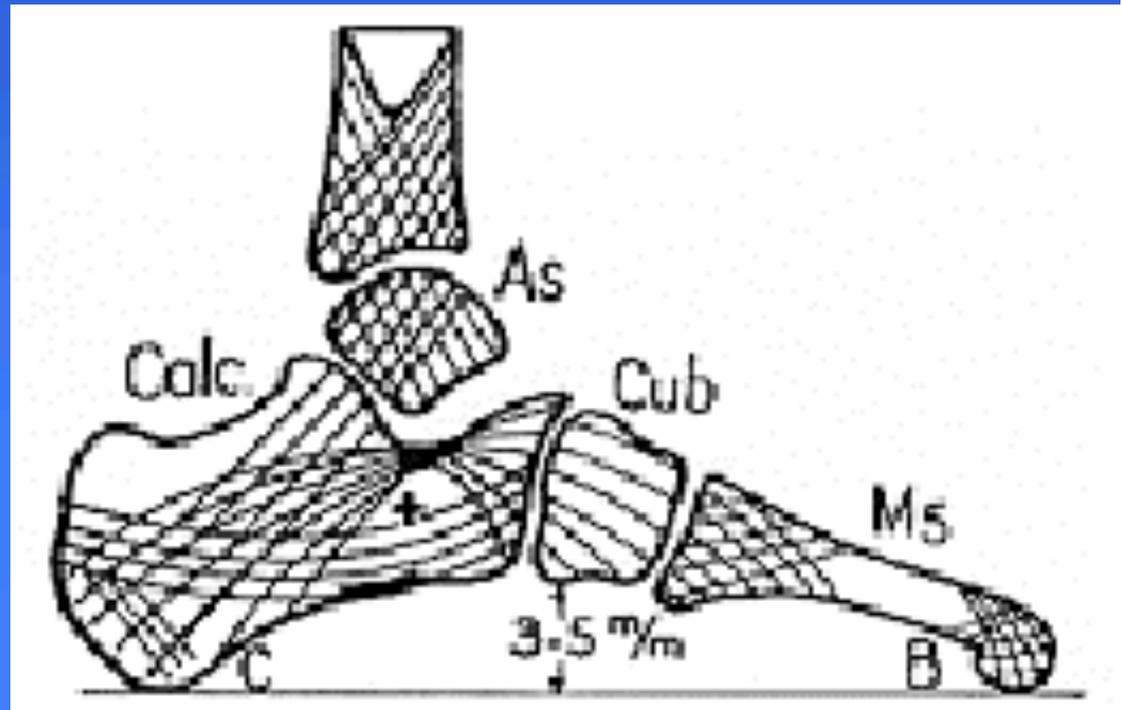
- B: tête de M5
- C: tubérosité post. du calcanéum

- peu élevée (3 à 5 mm) prend contact au sol par intermédiaire des parties molles

LA VÔUTE PLANTAIRE

3- arche externe

- transmission des efforts se lit dans travées osseuses
 - travées tibio-calcaneéenne postérieures
 - travées tibio-astragalo-calcaneéennes puis cuboïde et M5



LA VÔUTE PLANTAIRE

3- arche externe

- si arche interne souple, arche externe rigide grâce:

- 1: grand ligament calcanéo-cuboïdien plantaire très rigide (5,6)
- 2: gde apophyse du calcanéum

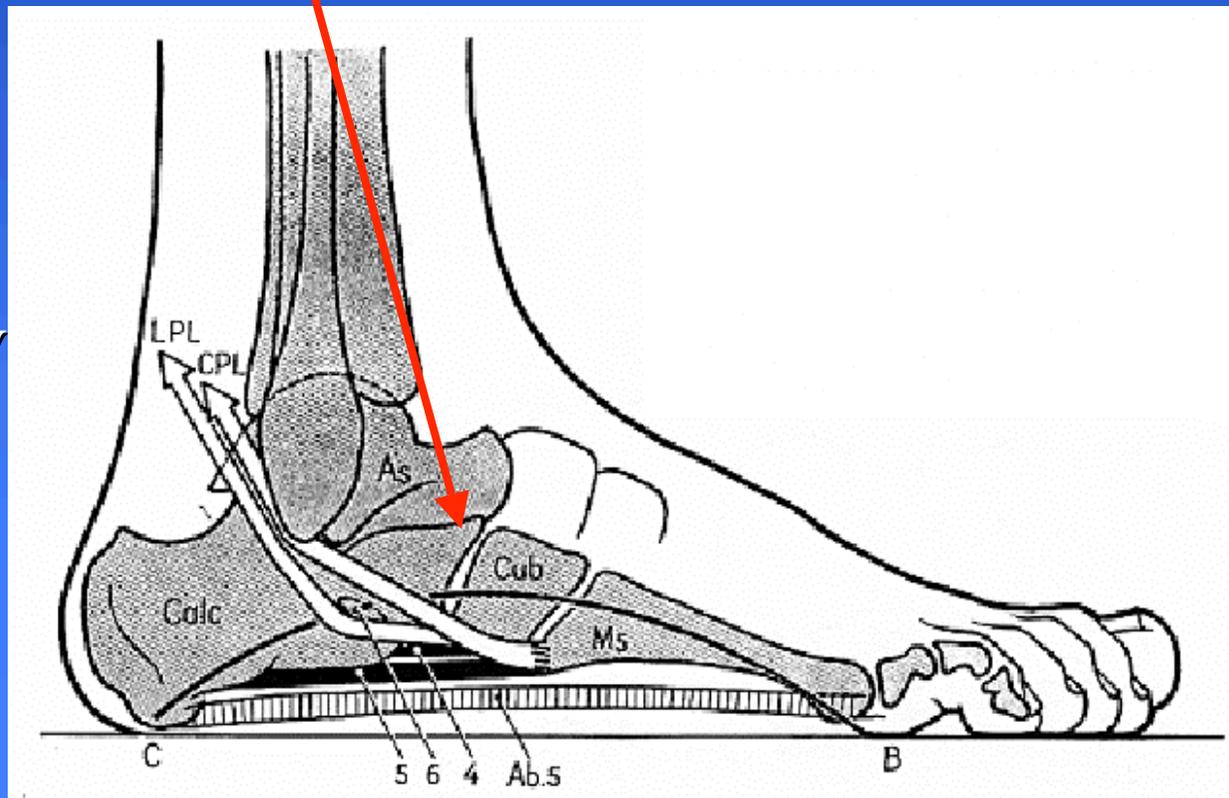
- 3 muscles:

- CPL

- LPL

- abducteur du V

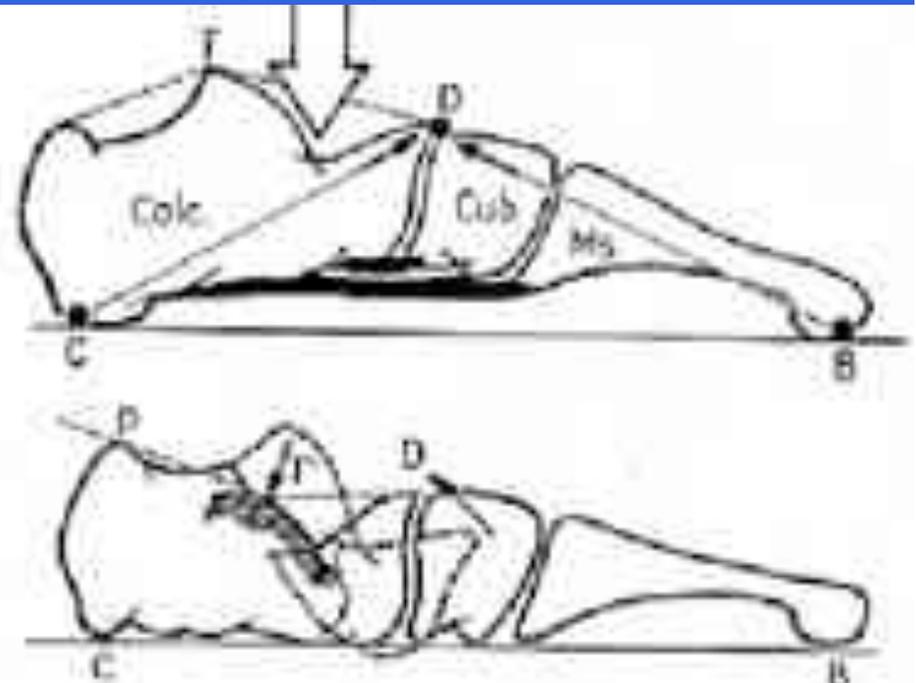
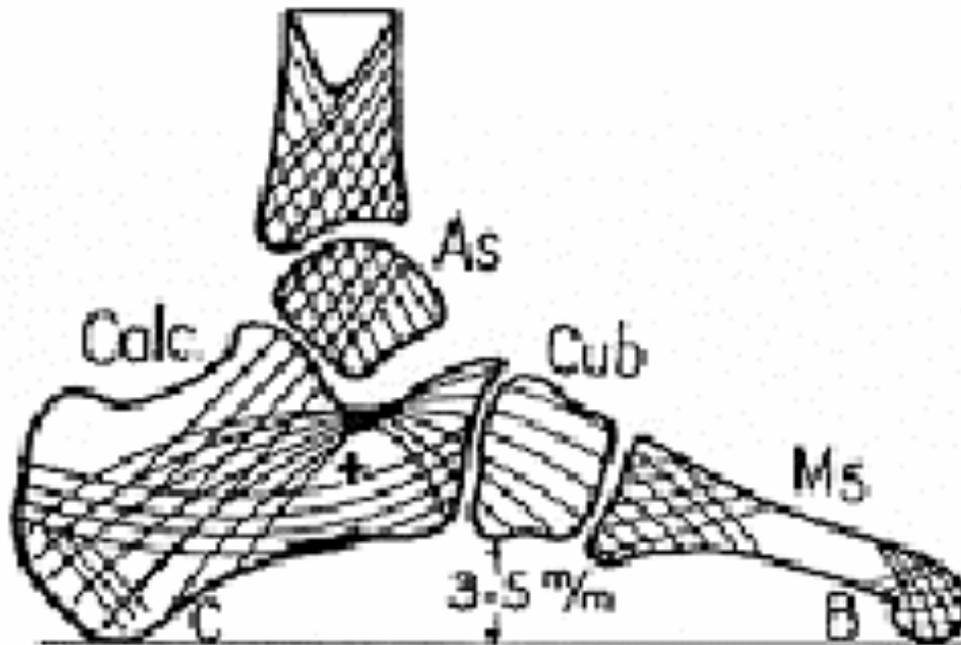
- ECO et PA
peuvent la creuser



LA VÔUTE PLANTAIRE

3- arche externe

- cette rigidité explique les fractures du calcanéum
 - 1: hypercontraintes thalamiques: fracture en zone fragile
 - 2: enfoncement thalamique et bascule gde apophyse
 - 3: inversion de l'angle de BOEHLER (PTD)



LA VÔUTE PLANTAIRE

5- arche anterieure et courbure transversale

- passe par:

- la tête des 5 métatarsiens
- clé de voute = tête de M2
- M1 repose sur les 2 sésamoïdes
- concavité peu accentuée (3mm)

- repose sur le sol par:

- A: tête de M1
- B: tête de M5

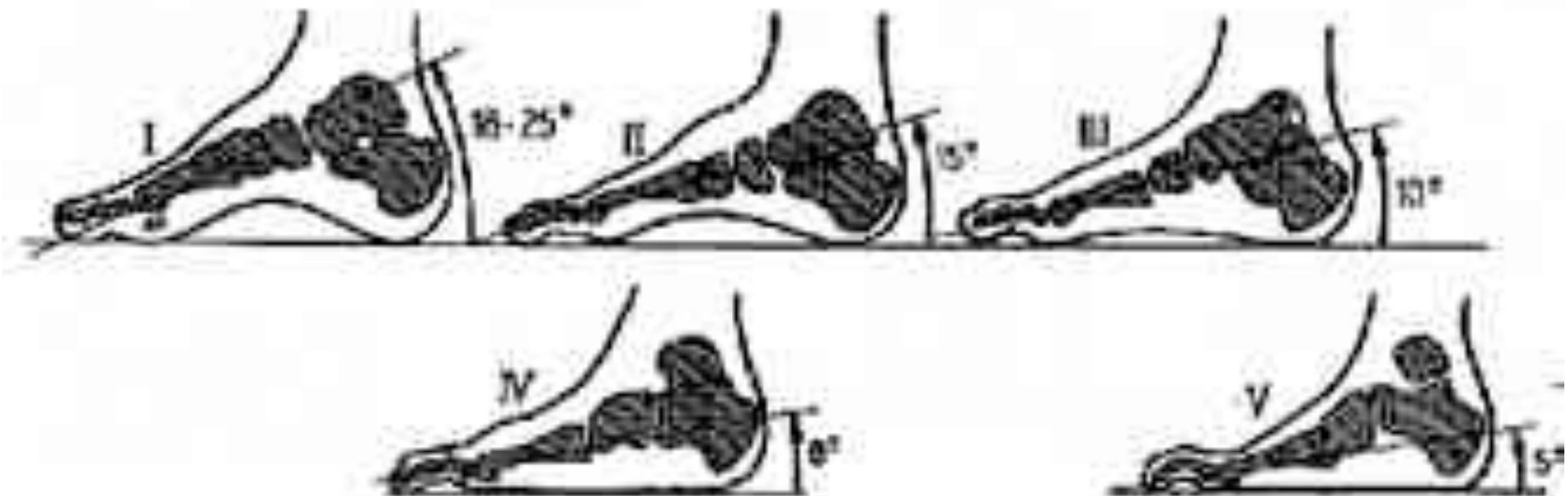
mais les parties molles permettent un appui sur toute l'arche

-tendue par faisceau transverse abducteur du GO
et ligament intermétatarsien

LA VÔUTE PLANTAIRE

5- arche anterieure et courbure transversale

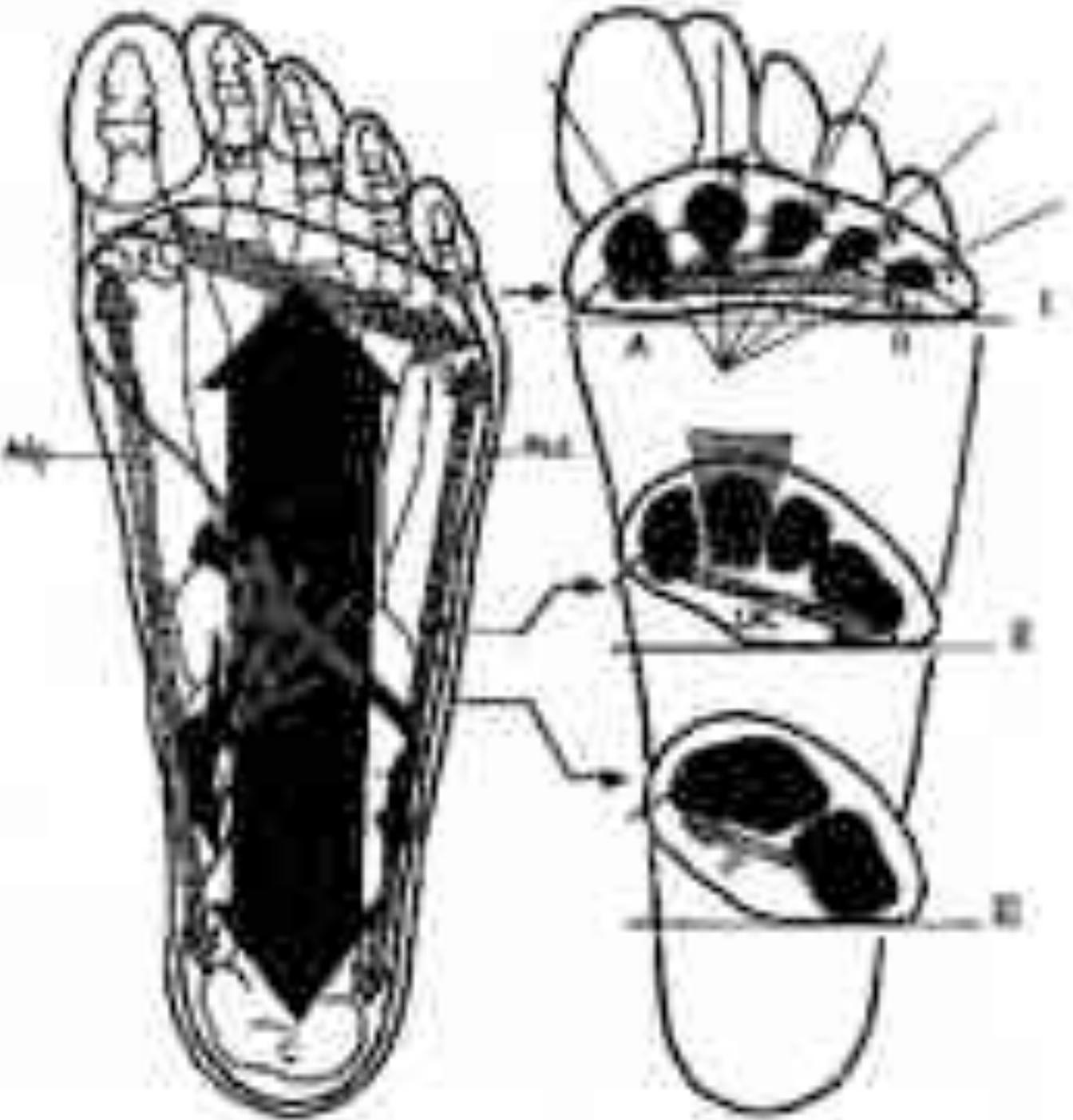
angles d'attaque des métatarsiens



LA VÔUTE PLANTAIRE

5- arche anterieure et courbure transversale

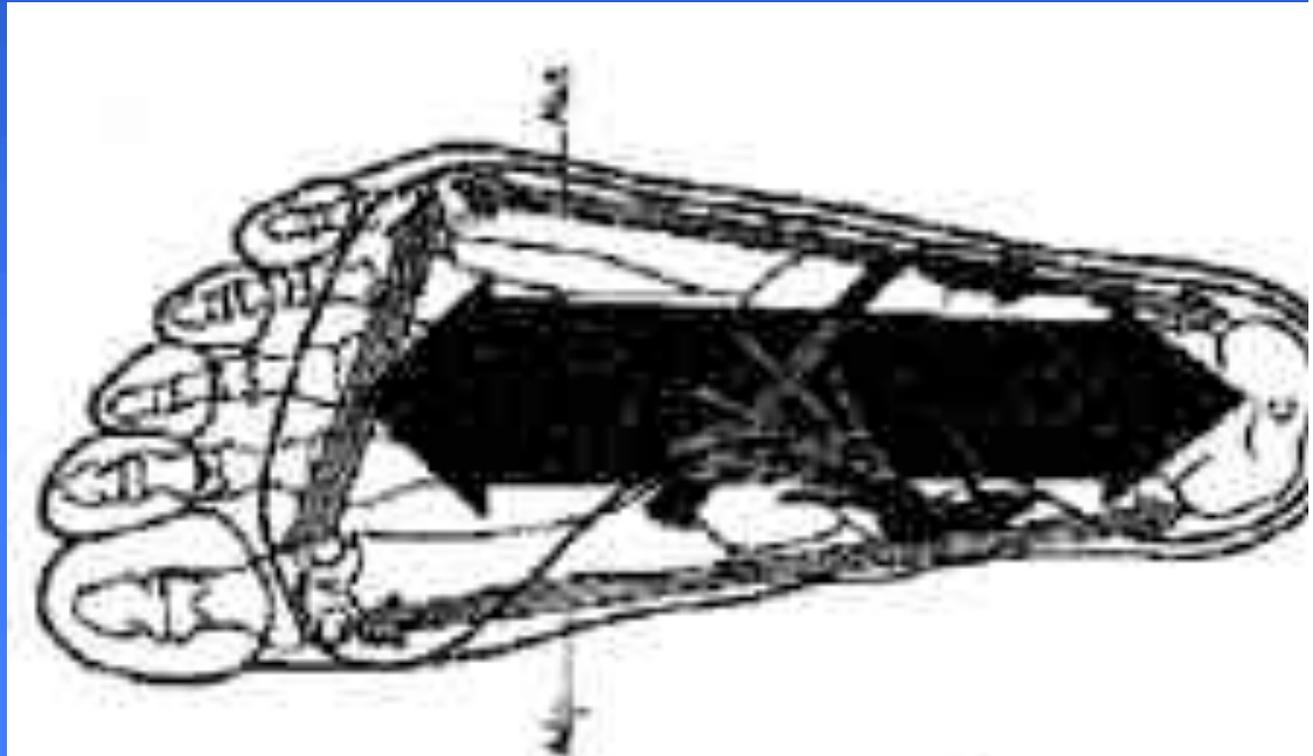
- la courbure transversale est présente:
 - non seulement sur l'arche antérieure
 - mais aussi au niveau des cunéiformes
et au niveau du couple scaphoïde-cuboïde
- la faîtière de la vôte, axe du pied passe par
 - 2ème cunéiforme
 - 2ème métatarsien
- la courbure transversale est maintenue par:
 - abducteur du GO
 - LPL
 - expansions plantaires du JP



LA VÔUTE PLANTAIRE

5- arche anterieure et courbure transversale

- le maintien global est assuré par
 - abducteur du GO
 - abducteur du V
 - FCO et CFP



LA VÔUTE PLANTAIRE

6- répartition des contraintes

Les contraintes se répartissent dans 3 directions:

- antéro-interne (A)
- antéro-externe (B)
- postérieur (C)

et sous la charge, les arches s'écrasent et s'allongent



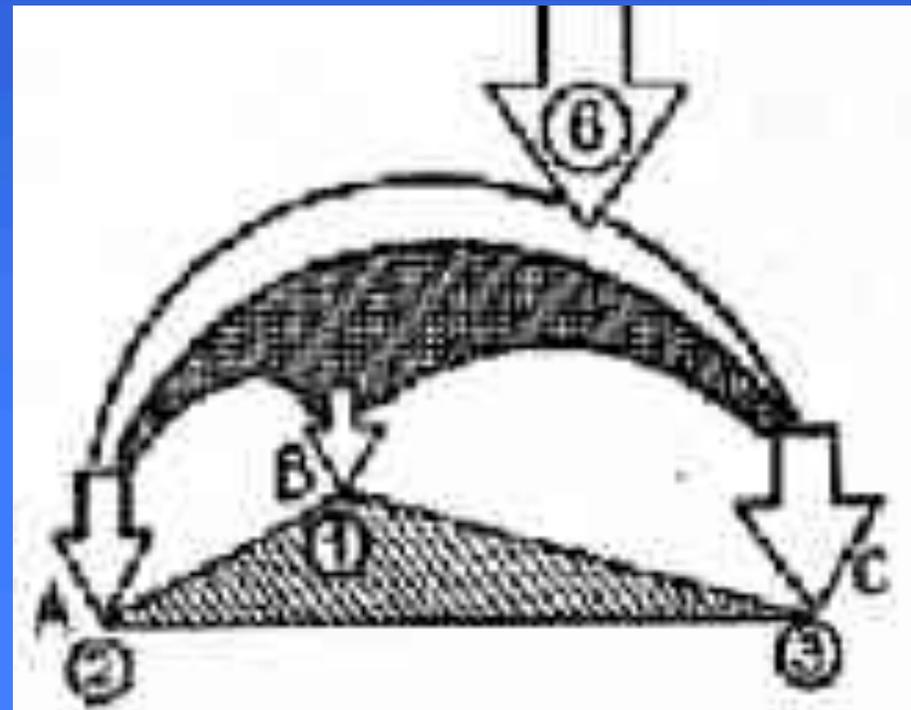
LA VÔUTE PLANTAIRE

6- répartition des contraintes

Les contraintes se répartissent dans 3 directions:

- antéro-interne (A): 35%
- antéro-externe (B): 15%
- postérieur (C): 50%

Si P = 6 kg



LA VÔUTE PLANTAIRE

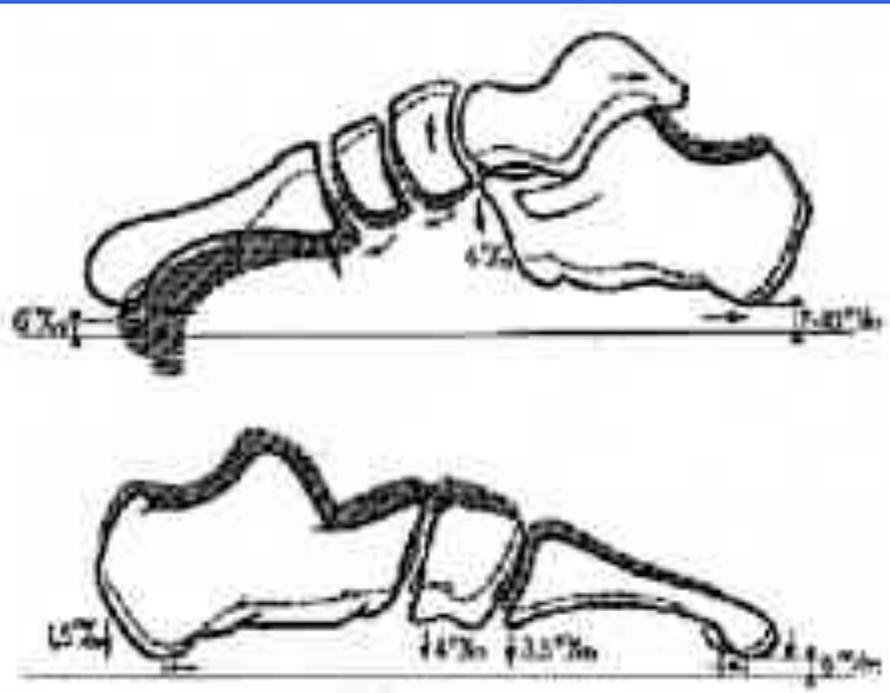
6- répartition des contraintes

Les arches s'écrasent et s'allongent

- tout s'abaisse dans l'arche externe

- en interne: abaissement du calcanéum,

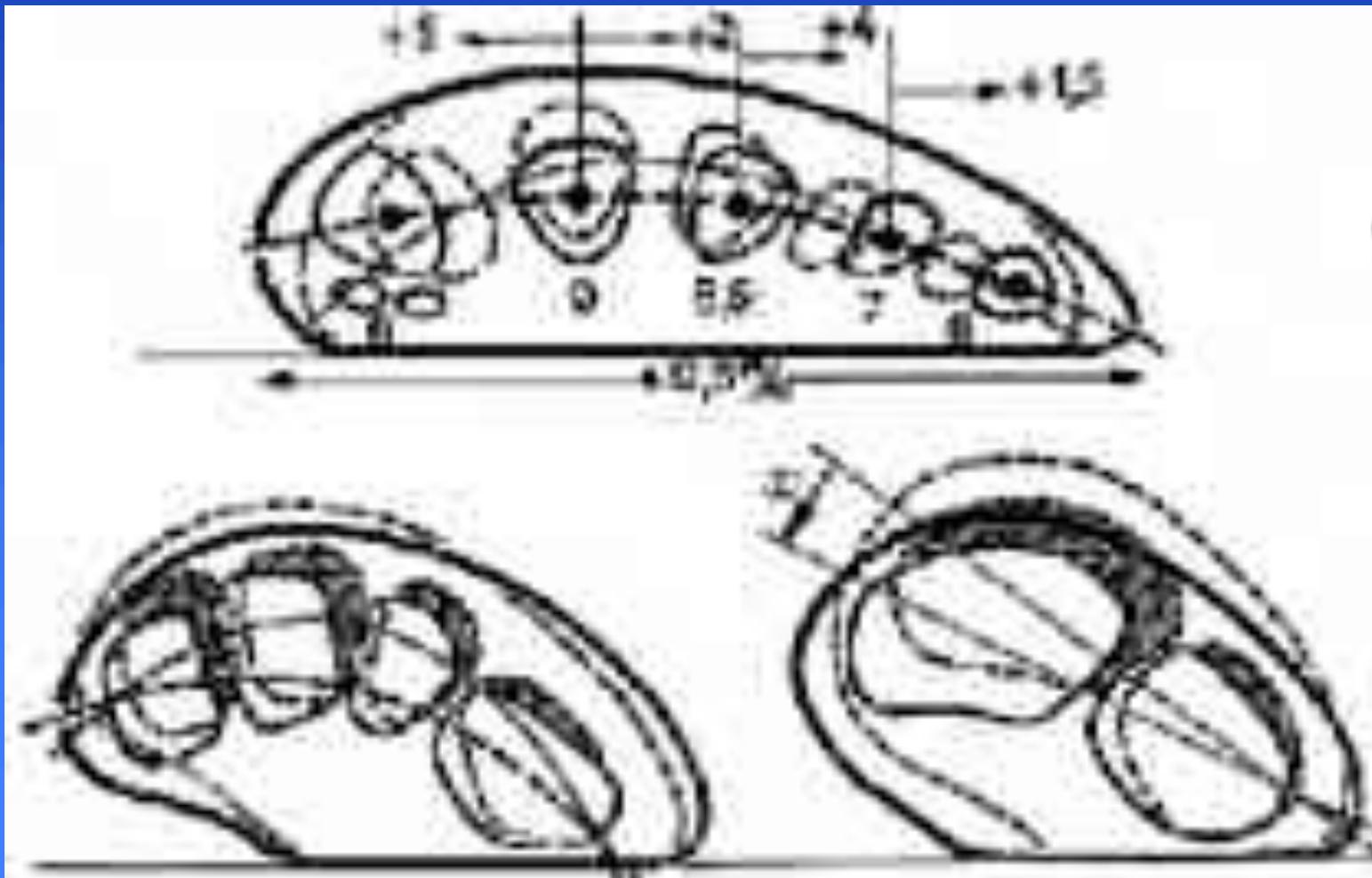
le reste s'élève, en particulier M1



LA VÔUTE PLANTAIRE

6- répartition des contraintes

L'arche antérieure s'aplatit et s'élargit de 12mm



LA VÔUTE PLANTAIRE

6- répartition des contraintes

Enfin, l'arrière pied sous la charge se déplace en dedans, induisant adduction et pronation



LA VÔUTE PLANTAIRE

7- équilibre architectural

Architecture triangulaire dont l'équilibre dépend:

- de l'intégrité du squelette
- de l'harmonie de répartition des forces
- de l'équilibre musculaire

Ainsi, l'anomalie de l'un des 3 éléments modifie l'équilibre

LA VÔUTE PLANTAIRE

7- équilibre architectural

Ainsi, les pieds creux proviennent:
soit d'une rétraction des ligaments plantaires ou
d'une contracture des muscles plantaires,
soit d'une insuffisance des fléchisseurs de la cheville

Ce déséquilibre va creuser la voute



LA VÔUTE PLANTAIRE

7- équilibre architectural

Les pieds plats proviennent avant tout d'une insuffisance musculaire, surtout JP et CPL.

Alors que sans appui le pied prend une attitude en varus, l'effondrement de la vôte induit un valgus lors de la mise en charge.

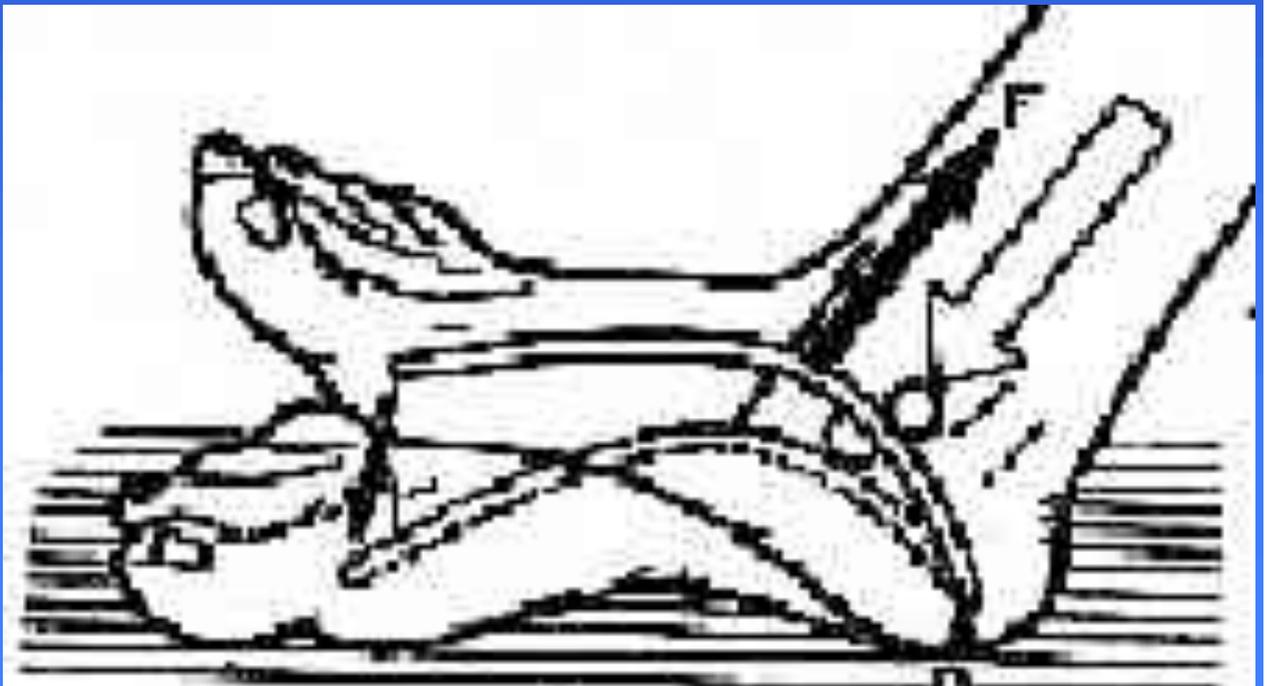


LA MARCHE

Le déroulement du pas s'effectue en 4 temps

1- prise de contact au sol

Le membre oscillant va atterrir sur le pied alors que la cheville est en légère dorsiflexion. Le contact se fait par le talon puis le reste du pied s'abat sur le sol, la cheville portée passivement en extension



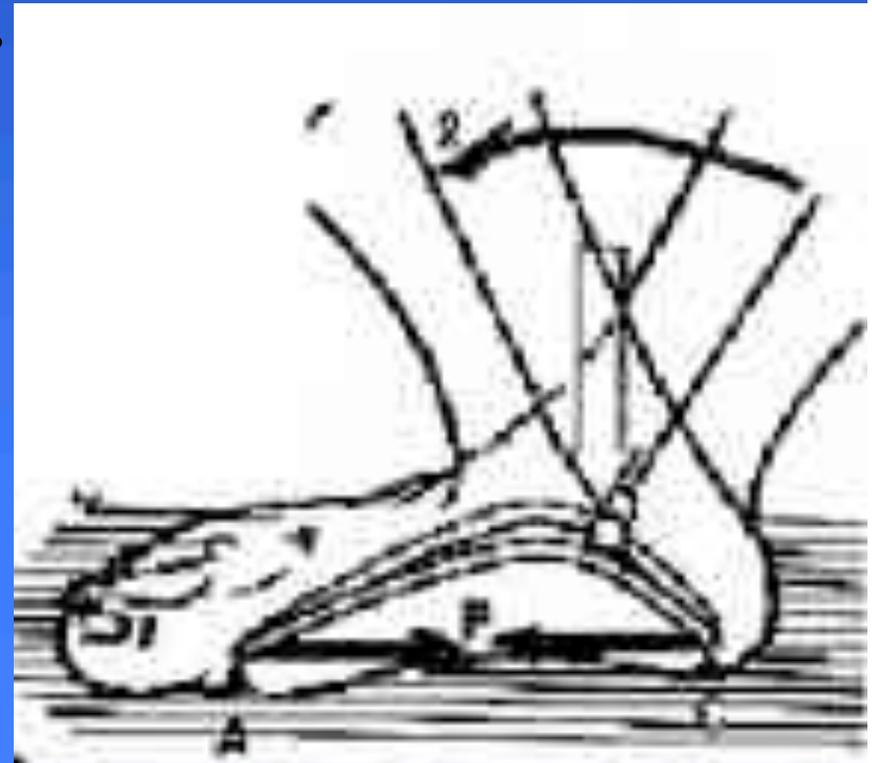
LA MARCHE

Le déroulement du pas s'effectue en 4 temps

2- contact maximum

Tout le pied repose au sol (empreinte plantaire). Le corps propulsé par l'autre pied passe au dessus puis en avant du pied porteur (extension-flexion).

Amortissement par contraction des tendeurs plantaires

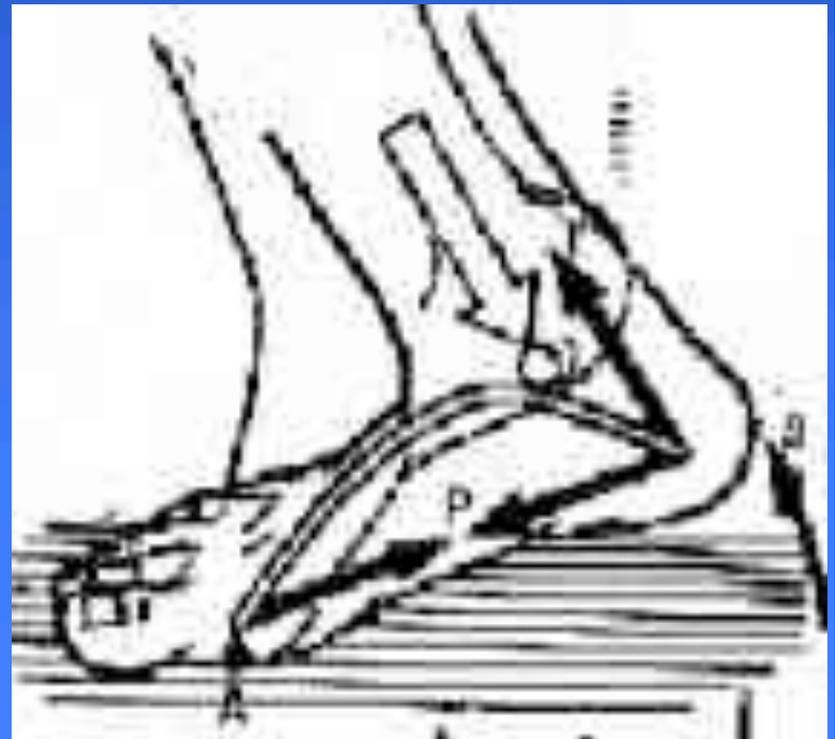


LA MARCHÉ

Le déroulement du pas s'effectue en 4 temps

3- 1ère impulsion motrice

Poids en avant du pied porteur, action des extenseurs (TA) va soulever le talon. L'arche antérieure s'écrase, la voûte a tendance à s'écraser mais deuxième amortissement des tendeurs plantaires



LA MARCHE

Le déroulement du pas s'effectue en 4 temps

4- 2ème impulsion motrice (propulsion)

Impulsion du triceps est prolongée grâce à la contraction des FCO, muscles sésamoïdiens et FPGO. En fin de phase, appui uniquement sur O1 à O3 puis O1 en phase terminale

Les tendeurs plantaires vont restitués la puissance emmagasinée. Le pied quitte le sol alors que l'autre commence à dérouler son pas: période du double appui très bref



LA MARCHE

L'adaptation de la voûte au terrain

- 1- Adaptation de la voûte aux aspérités par creusement
- 2- Adaptation aux inclinaisons du sol par rapport au pied
 - descente
 - escalade
 - debout sur pente transversale
 - appui externe

