

# Biomécanique de l'Articulation Coxo-fémorale



PR GILBERT VERSIER  
Service de chirurgie orthopédique  
HIA BEGIN 94160 SAINT-MANDE

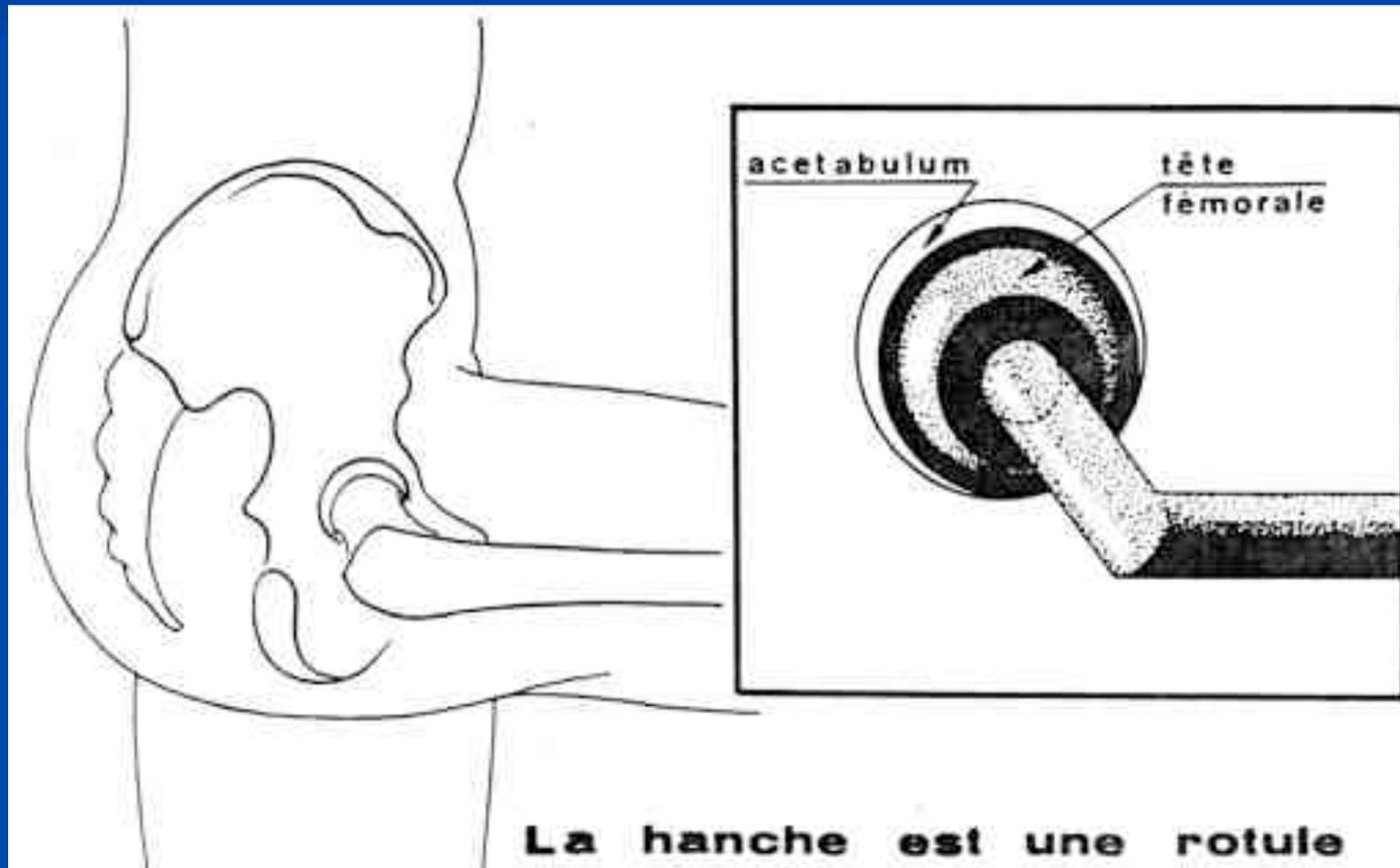
L'iconographie est notamment issue des ouvrages de Mr Netter et Kapandji.

# INTRODUCTION

- **La région de la hanche comprend:**
  - l'articulation coxo-fémorale
  - les muscles moteurs et stabilisateurs
  - des paquets vasculo-nerveux qui la traversent.
- **La coxo-fémorale unit le tronc au membre inférieur**
- **L'articulation coxo-fémorale**
  - relie le bassin (os iliaque) au fémur (tête fémorale)
  - sera le siège des principales pathologies de cette région
  - articulation solide, très stable mais avec des mouvements d'amplitude limitée contrairement à l'articulation de l'épaule qui est beaucoup plus mobile mais aussi plus fragile.
- **Fonction: orienter le membre inférieur dans toutes les directions de l'espace, et assurer la *station érigée* qui caractérise l'homme**

# INTRODUCTION

- Le modèle mécanique est celui de la rotule



# PLAN

- **Rappels anatomiques**
  - Les surfaces
  - Les moyens de stabilité
    - Passifs capsulo-ligamentaires
    - Actifs musculaires
  - L'architecture osseuse
  - La vascularisation
- **Les mouvements**
- **Les muscles moteurs**
- **Les contraintes (Pauwels)**

# Rappels anatomiques

## 1- Les surfaces

### a- la tête fémorale

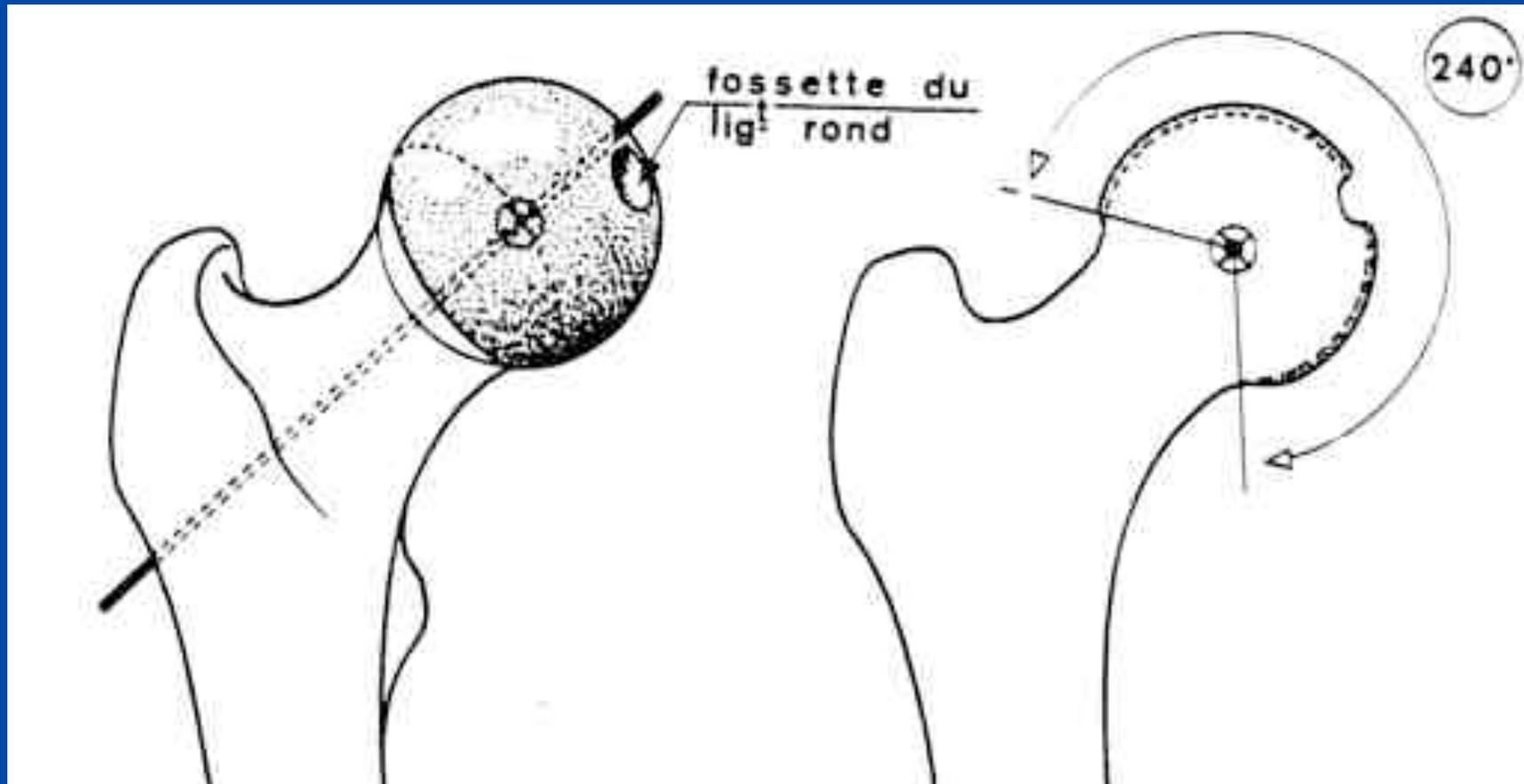
- 2/3 de sphère pleine avec  $240^\circ$  de valeur angulaire
- cartilage hyalin très épais (5mm) sauf au niveau de la fossette du ligament rond
- grand axe prolonge l'axe du col
- centre de la tête correspond sommet du grand trochanter
- ligament rond, qui contribue à limiter les mouvements combinés de flexion, adduction et rotation externe.



# Rappels anatomiques

## 1- Les surfaces

### a- la tête fémorale

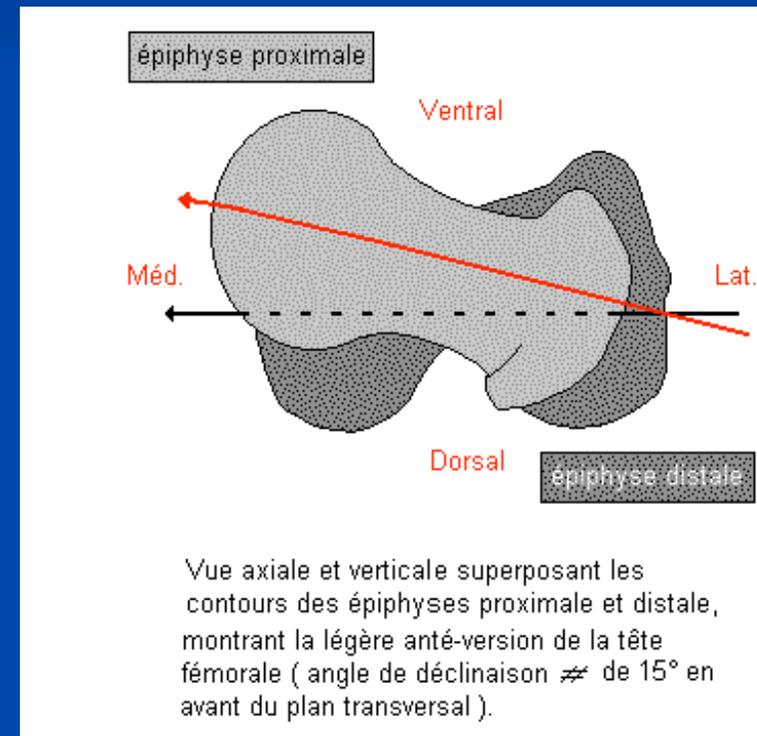


# Rappels anatomiques

## 1- Les surfaces

### a- la tête fémorale

- l'orientation est donné par le col fémoral
- regarde en avant de  $15^\circ$





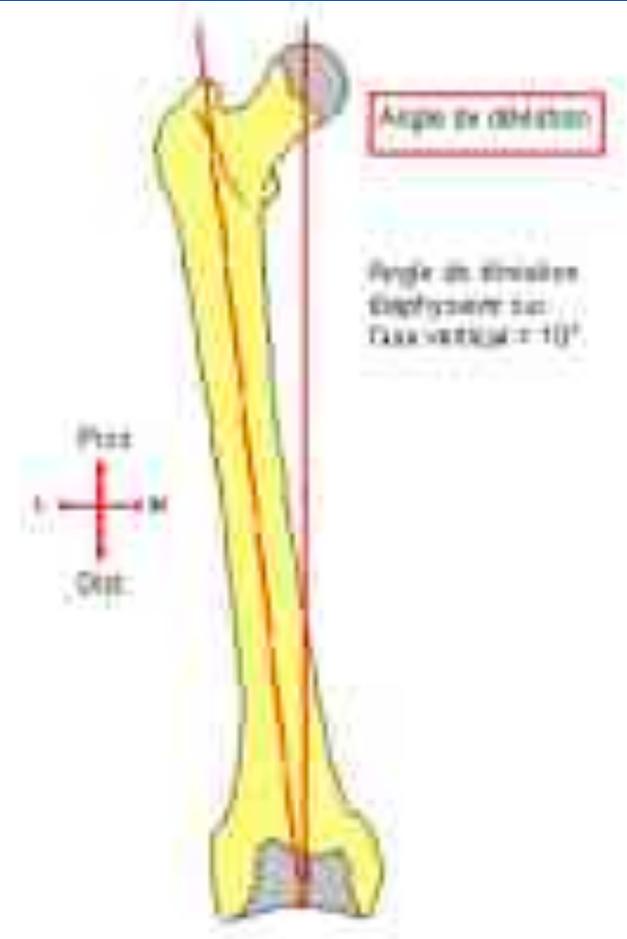
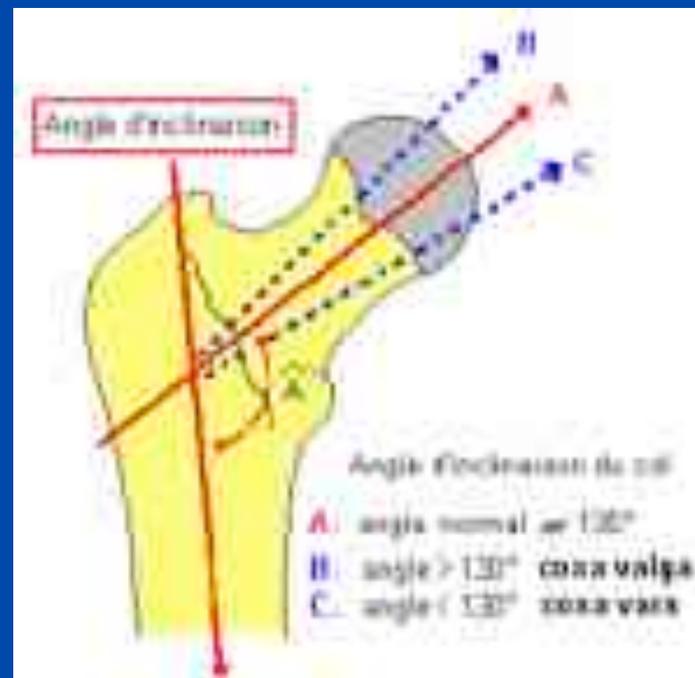
Angle de déclinaison  
ou d'antéversion

# Rappels anatomiques

## 1- Les surfaces

### a- la tête fémorale

- plan frontal: vers le dedans et le haut



# Rappels anatomiques

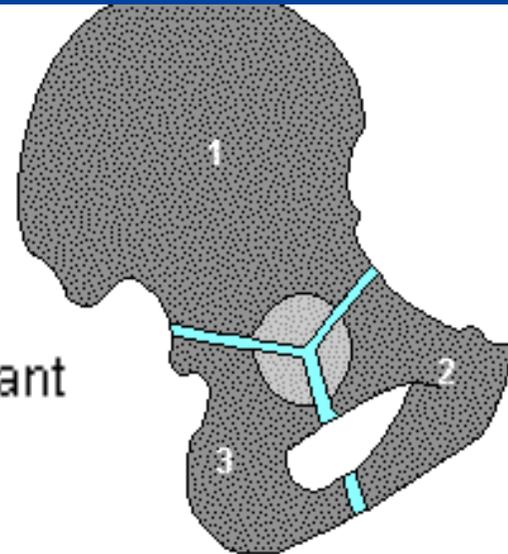
## 1- Les surfaces

### b- le cotyle ou acétabulum

L'os coxal est formé de 3 parties différentes, dérivant chacune, d'un point d'ossification particulier:

1- ilium 2- pubis 3- ischium

Le cartilage de croissance ( cartilage en Y ) est visible sur les radios du bassin, pendant l'enfance et l'adolescence. Les 3 parties se soudent entre elles en fin de croissance ( disparition du cartilage en Y ).



# Rappels anatomiques

## 1- Les surfaces

### b- le cotyle ou acétabulum

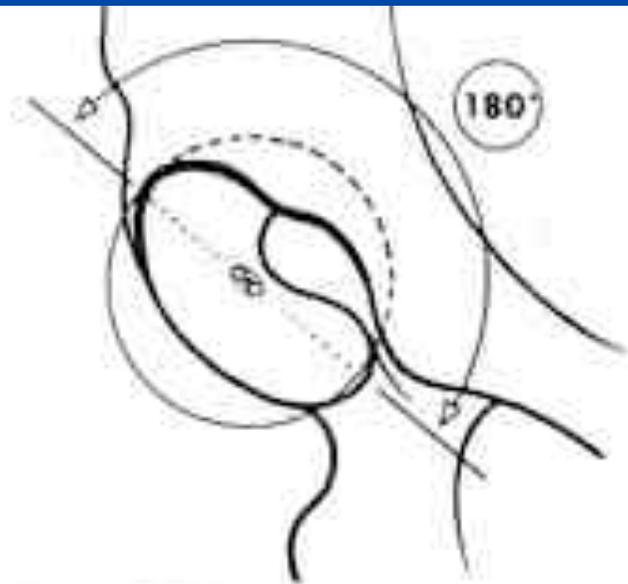
- segment de sphère creuse
- valeur angulaire de  $180^{\circ}$
- la moitié seulement articulaire
- arrière fond extra-articulaire isolée par la tente synoviale du ligament rond
- surface articulaire en fer à cheval ouvert en bas et en avant (trou obturateur)
- 2 cornes: antérieure et postérieure



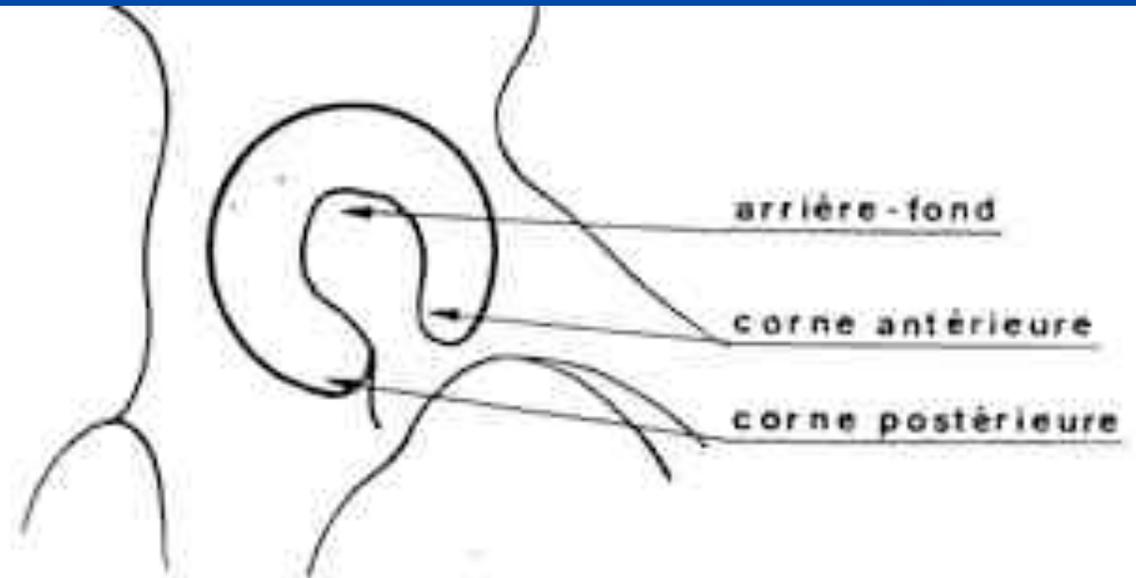
# Rappels anatomiques

## 1- Les surfaces

### b- le cotyle ou acétabulum



VUE ANTERIEURE



VUE LATÉRALE

# Rappels anatomiques

## 1- Les surfaces

### b- le cotyle ou acétabulum

Cette cavité articulaire regarde:  
en bas, en dehors et en avant.

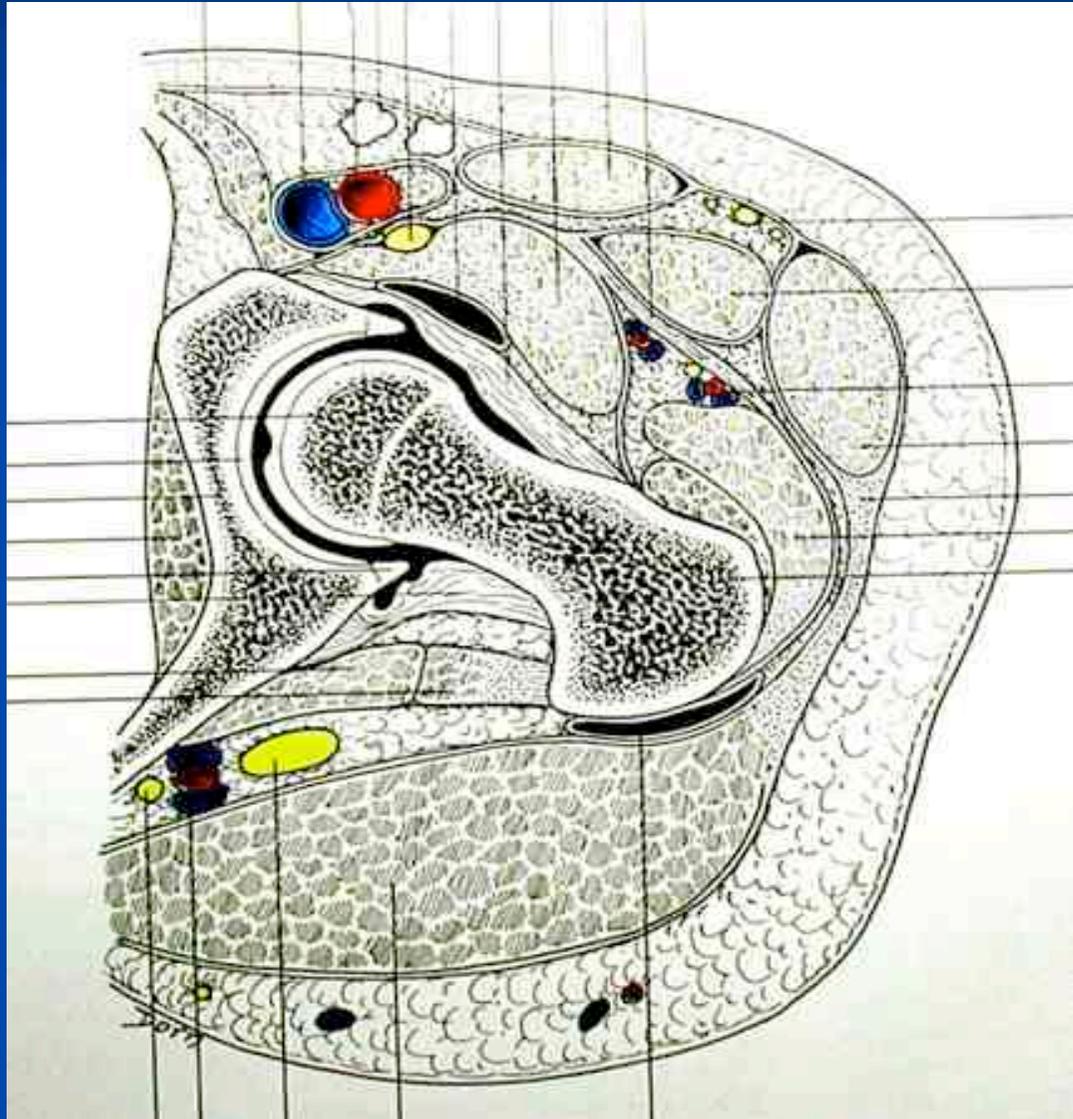
En position debout, la tête fémorale est mal recouverte par le cotyle .

En fait, la coïncidence de surface est maximale lorsque la hanche est fléchie à 90°, ce qui correspond à un vestige de la position quadrupède.



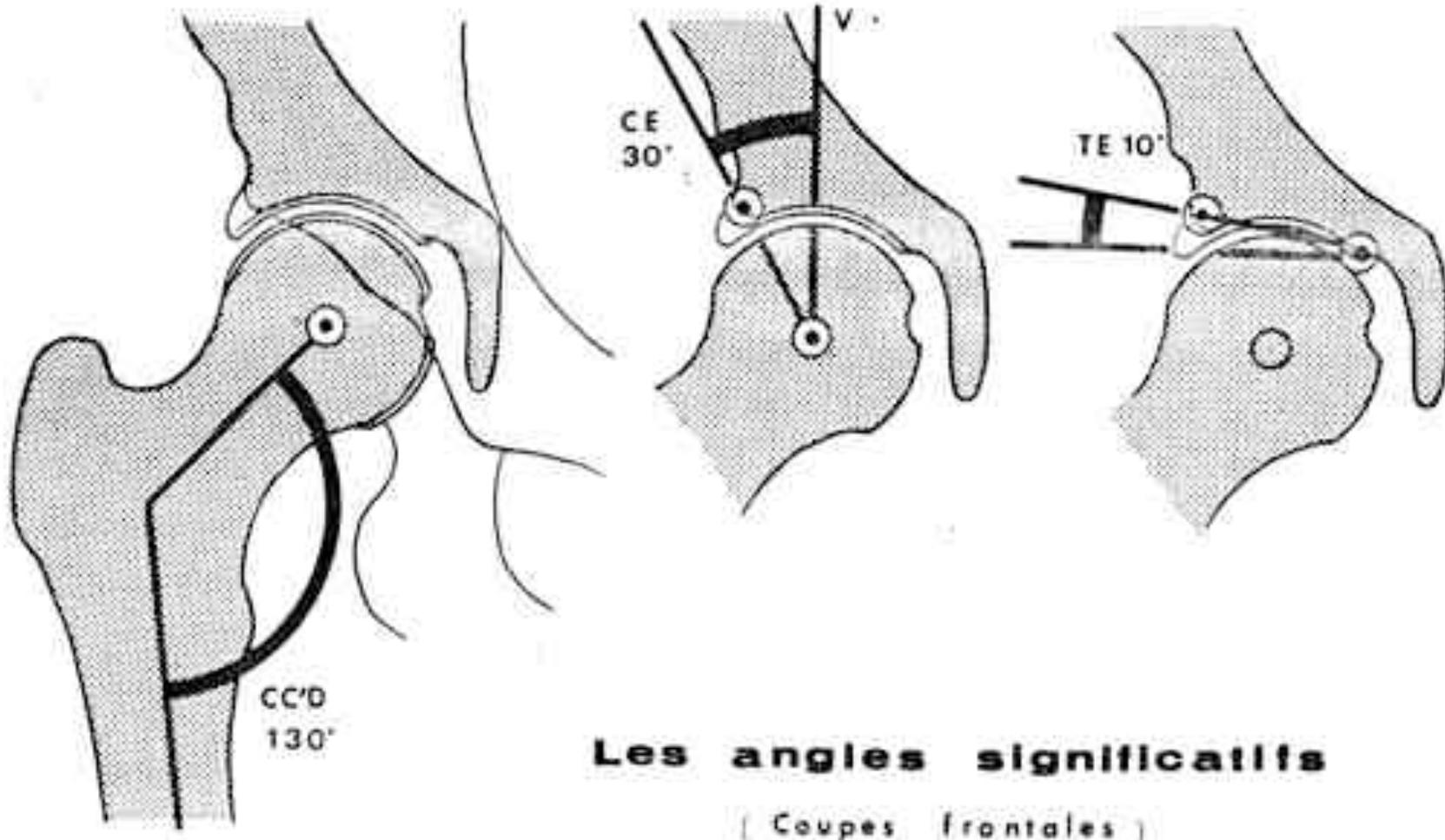
# Rappels anatomiques

## 1- Les surfaces



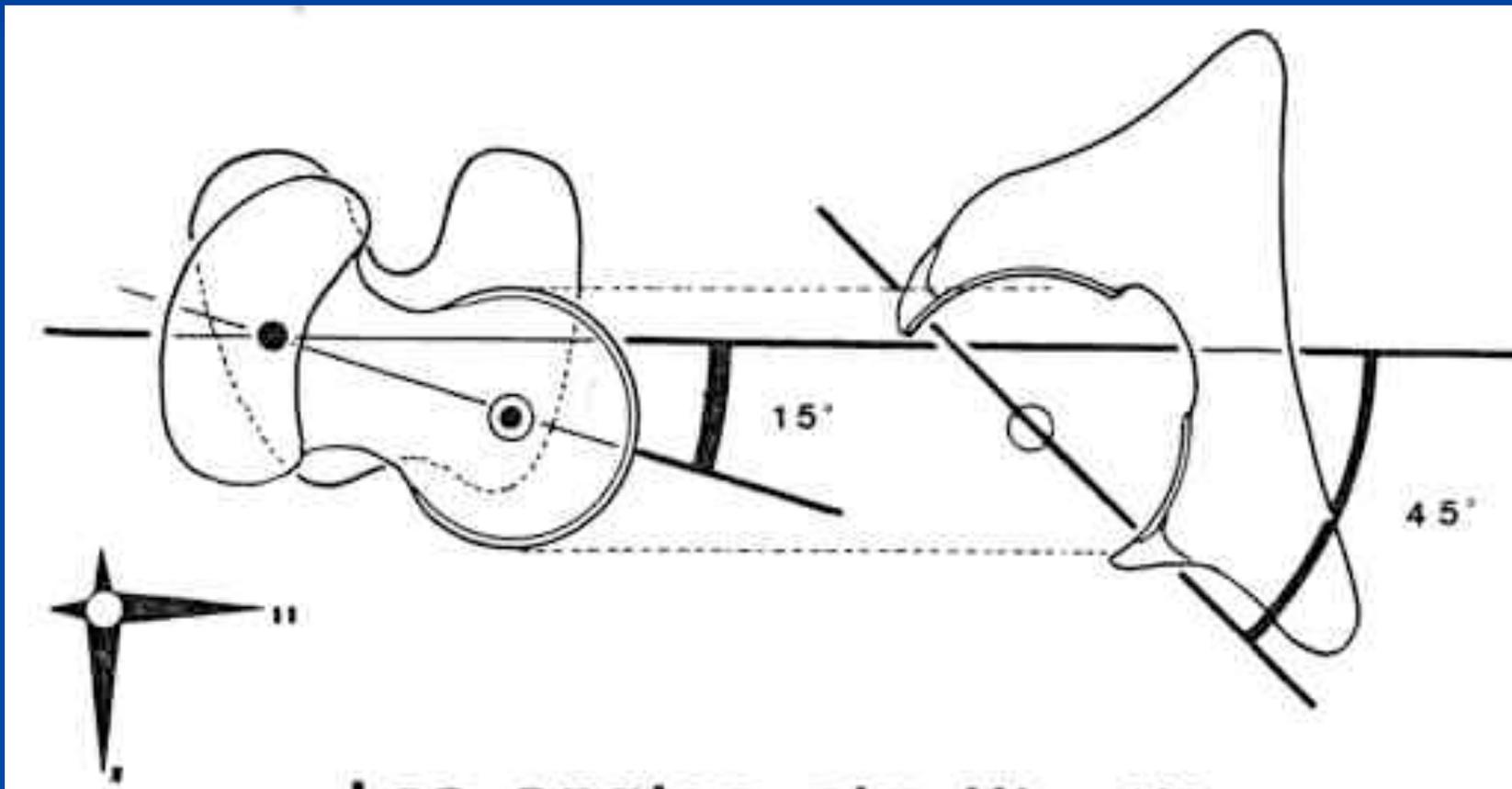
# Rappels anatomiques

## 1- Les orientations des pièces osseuses



# Rappels anatomiques

## 1- Les orientations des pièces osseuses



**Les angles significatifs**

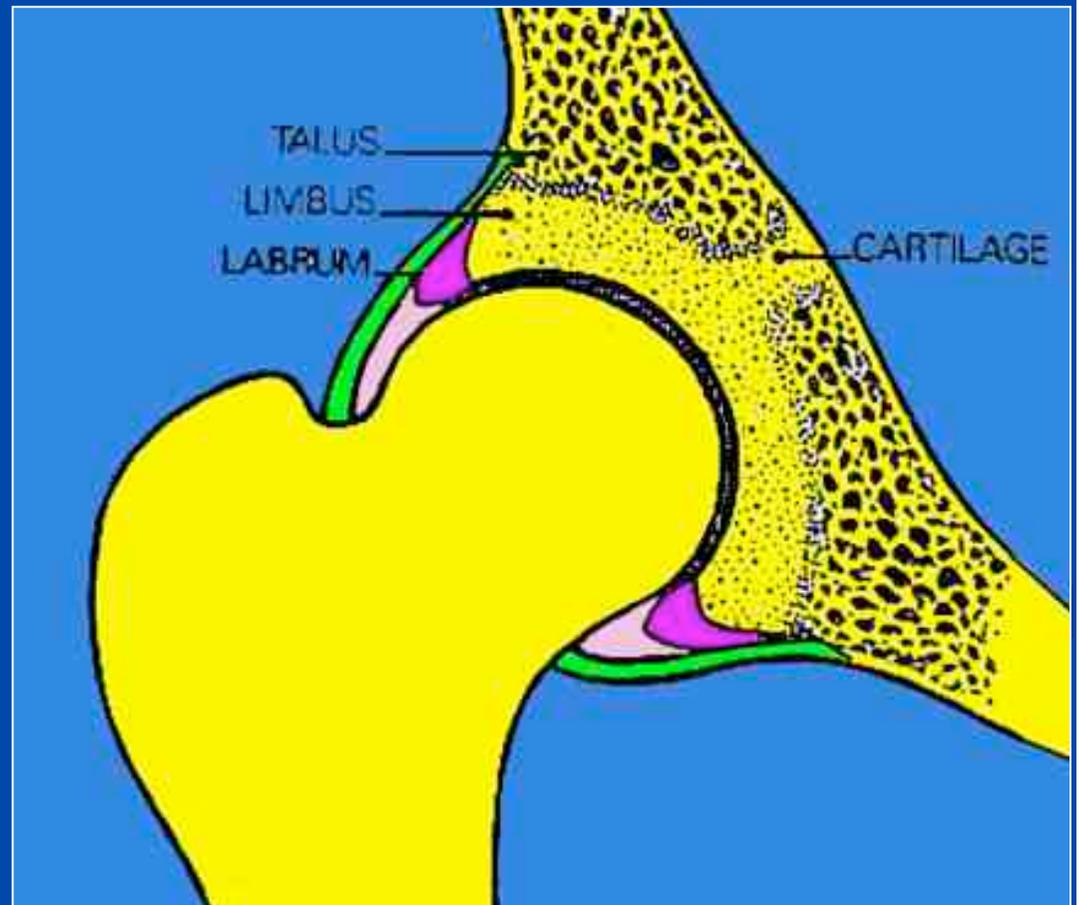
(Coupes horizontales)

# Rappels anatomiques

## 2- Les moyens de stabilité

### a- bourrelet

- Fibrocartilage
- En anneau
- Congruence +++
- Stabilité
- Ligament transverse relie les 2 cornes
- Ferme la cavité en bas



# Rappels anatomiques

## 2- Les moyens de stabilité

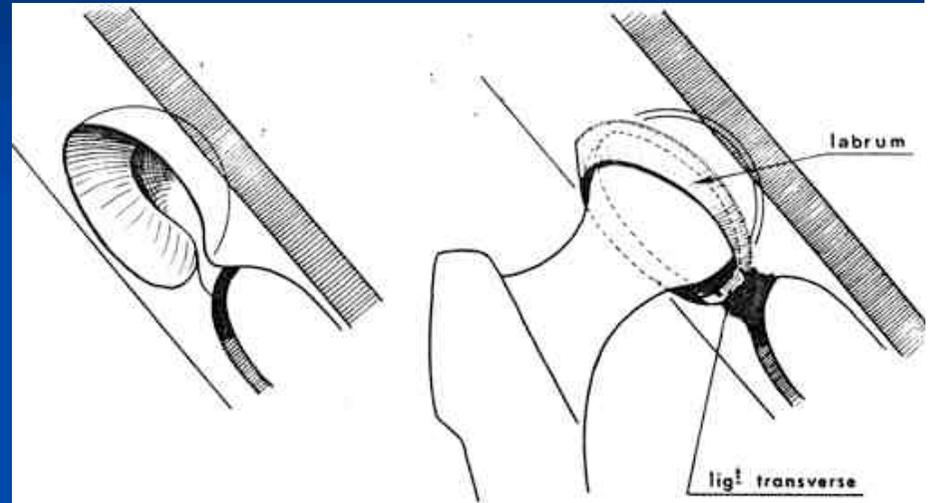
### a- bourrelet



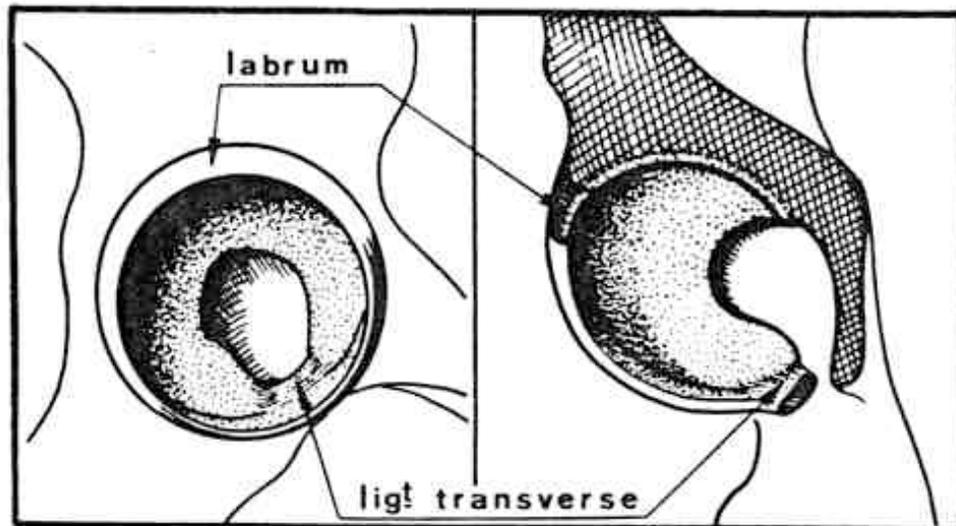
# Rappels anatomiques

## 2- Les moyens de stabilité

### a- bourrelet



VUE LATÉRALE



# Rappels anatomiques

## 2- Les moyens de stabilité

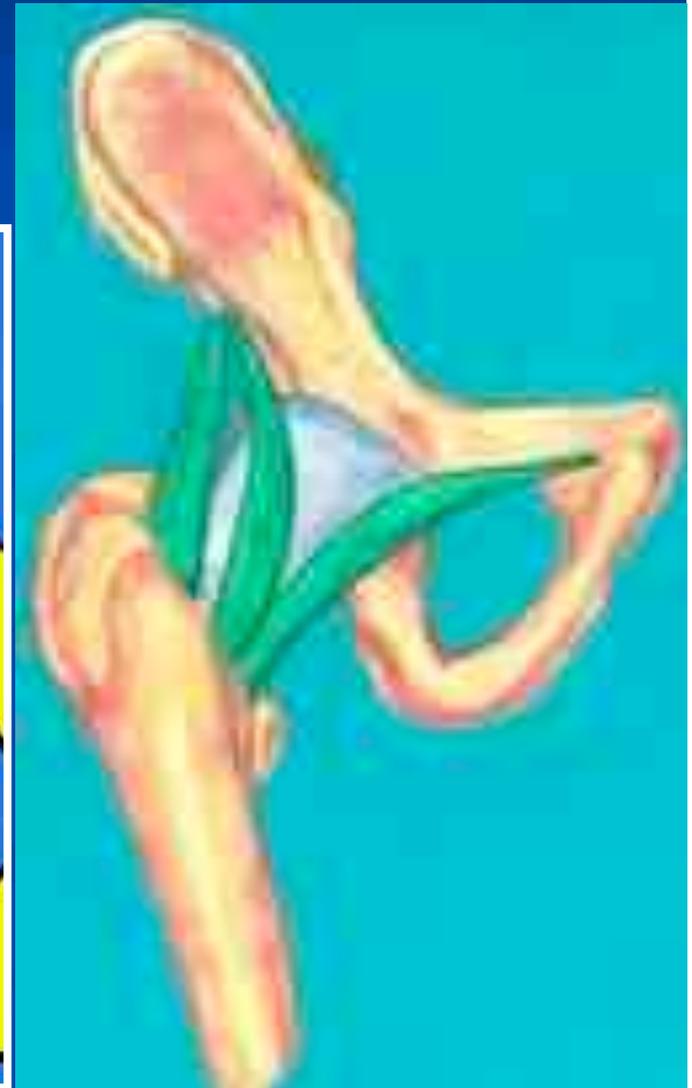
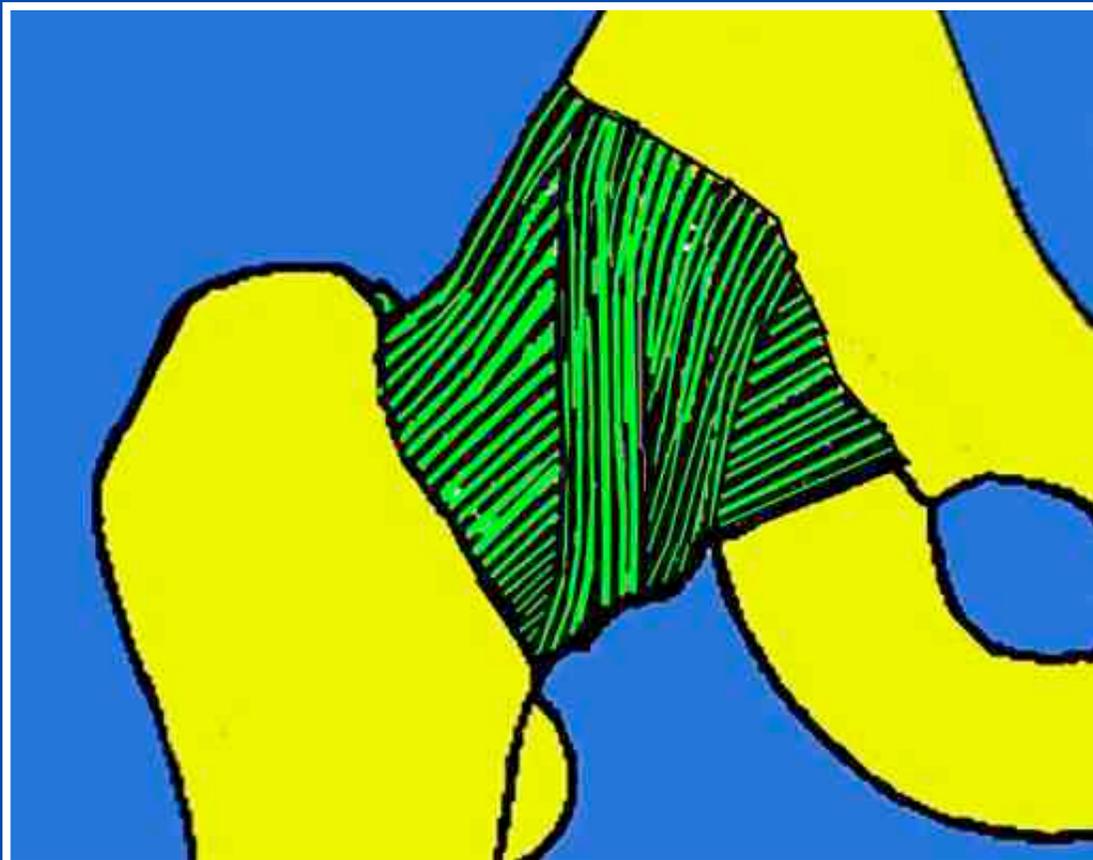
### b- capsulo-ligamentaires

\* Le contact est maintenu par la capsule articulaire, manchon fibreux très solide tendu entre l'os iliaque et la base du col fémoral, par des ligaments antérieurs et postérieurs qui la renforce et par les muscles péri-articulaires.

\* L'orientation des fibres de cette capsule et des ligaments assure une bonne stabilité tout en autorisant une mobilité suffisante

# Rappels anatomiques

## 2- Les moyens de stabilité b- capsulo-ligamentaires



# Rappels anatomiques

## 2- Les moyens de stabilité b- capsulo-ligamentaires

**En avant:**

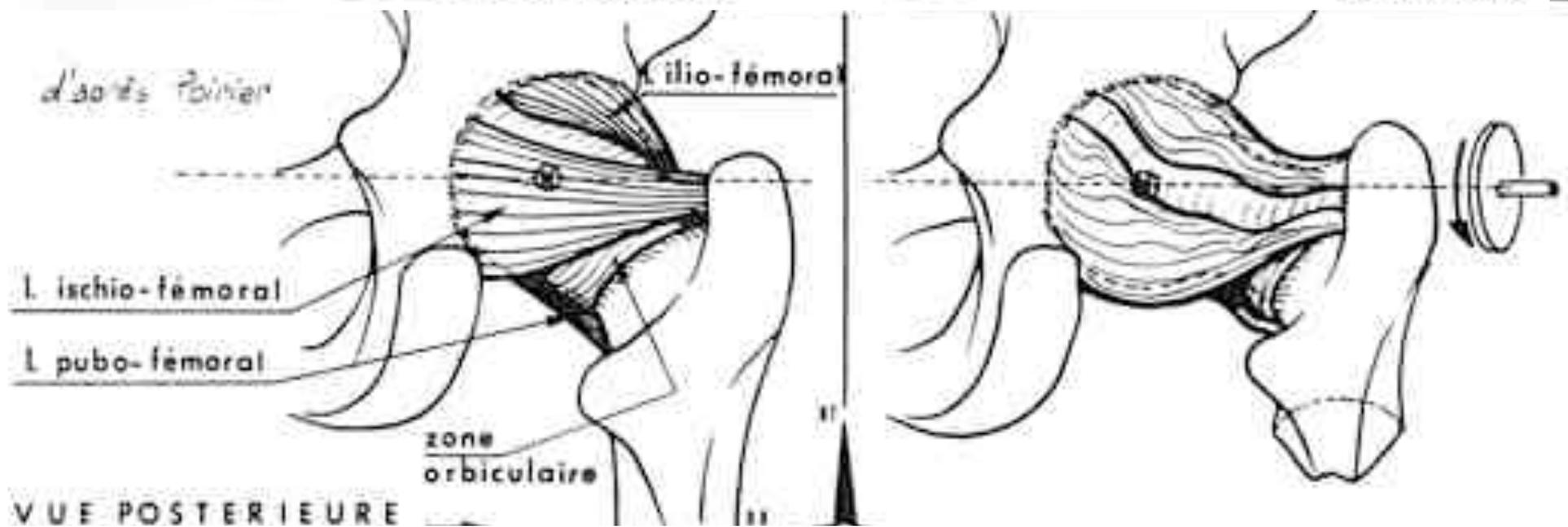
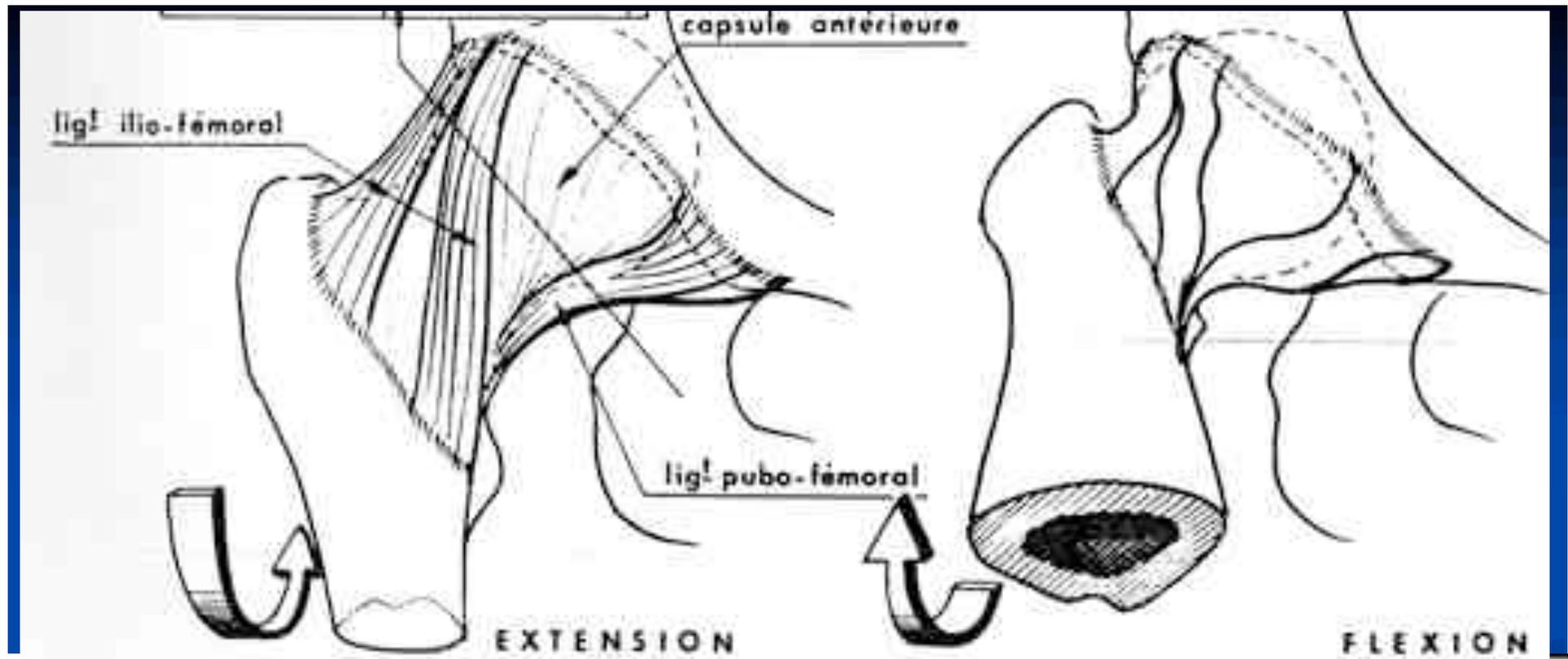
- ligaments ilio-fémoral de Bertin
- ligament pubo-fémoral

**En arrière:**

- ligament ischio fémoral

**Tous les ligaments sont tendus en extension  
et détendus en flexion**





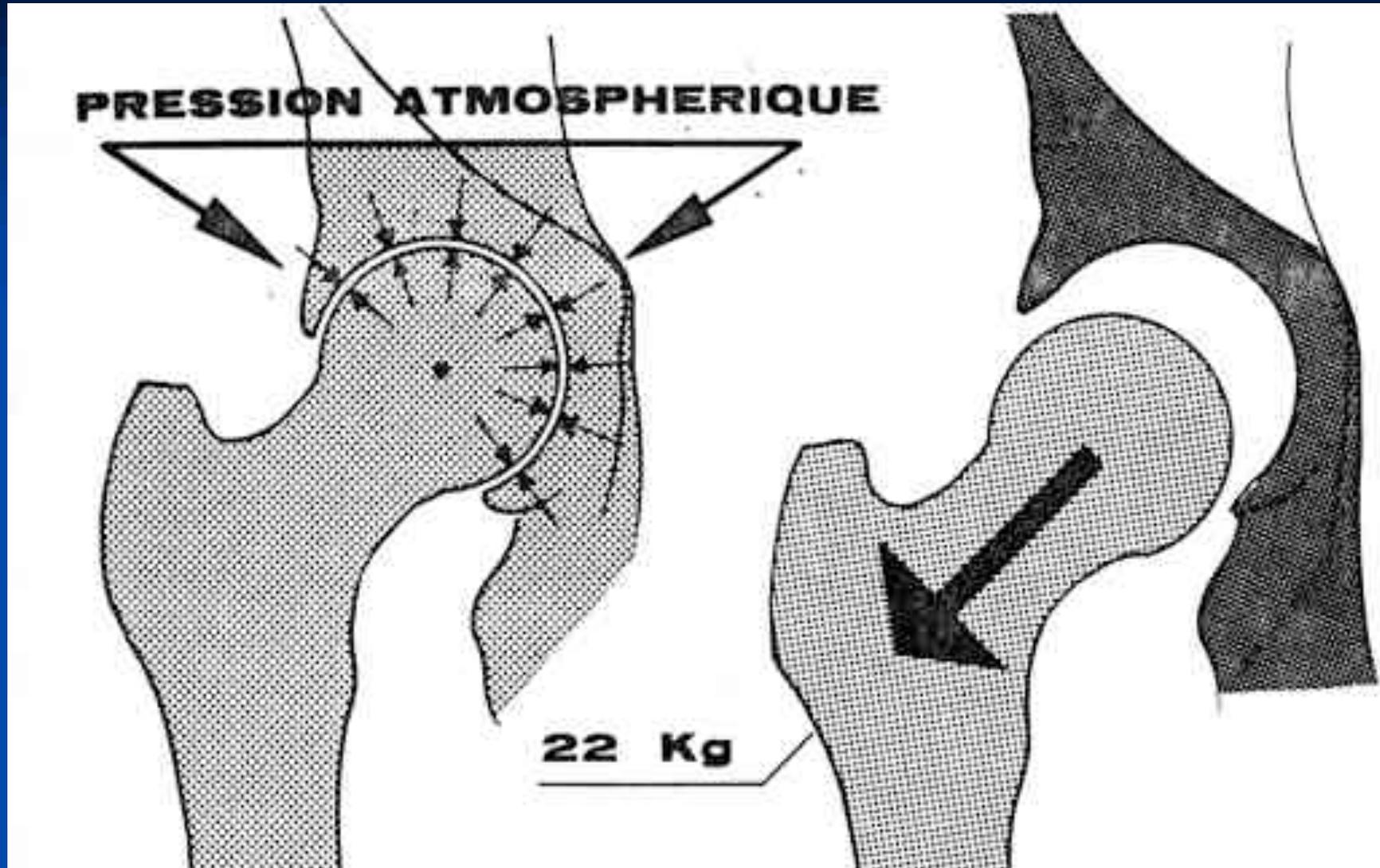
# Rappels anatomiques

## 2- Les moyens de stabilité

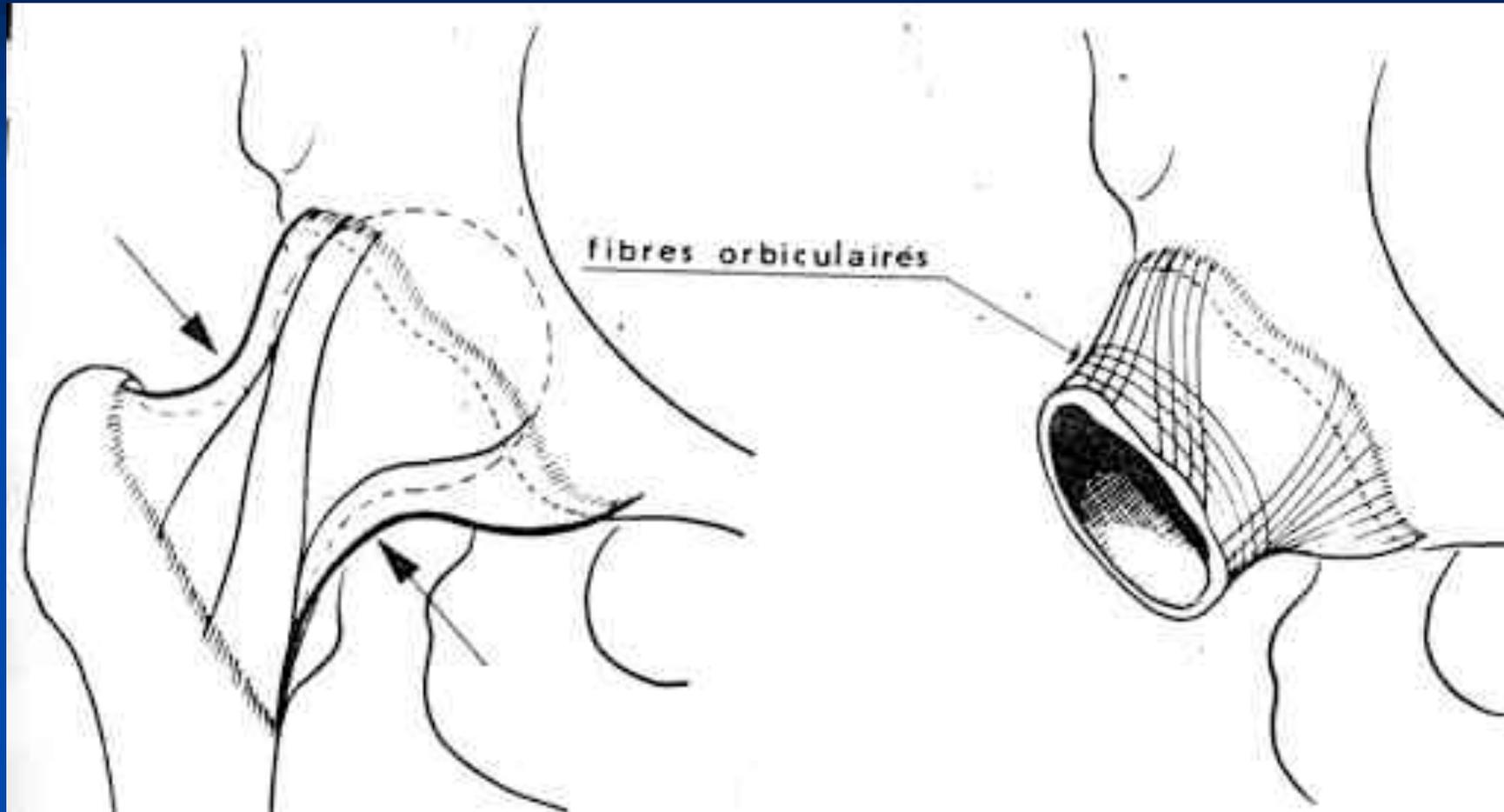
### b- capsulo-ligamentaires

**La coaptation (mise en contact) articulaire provient:**

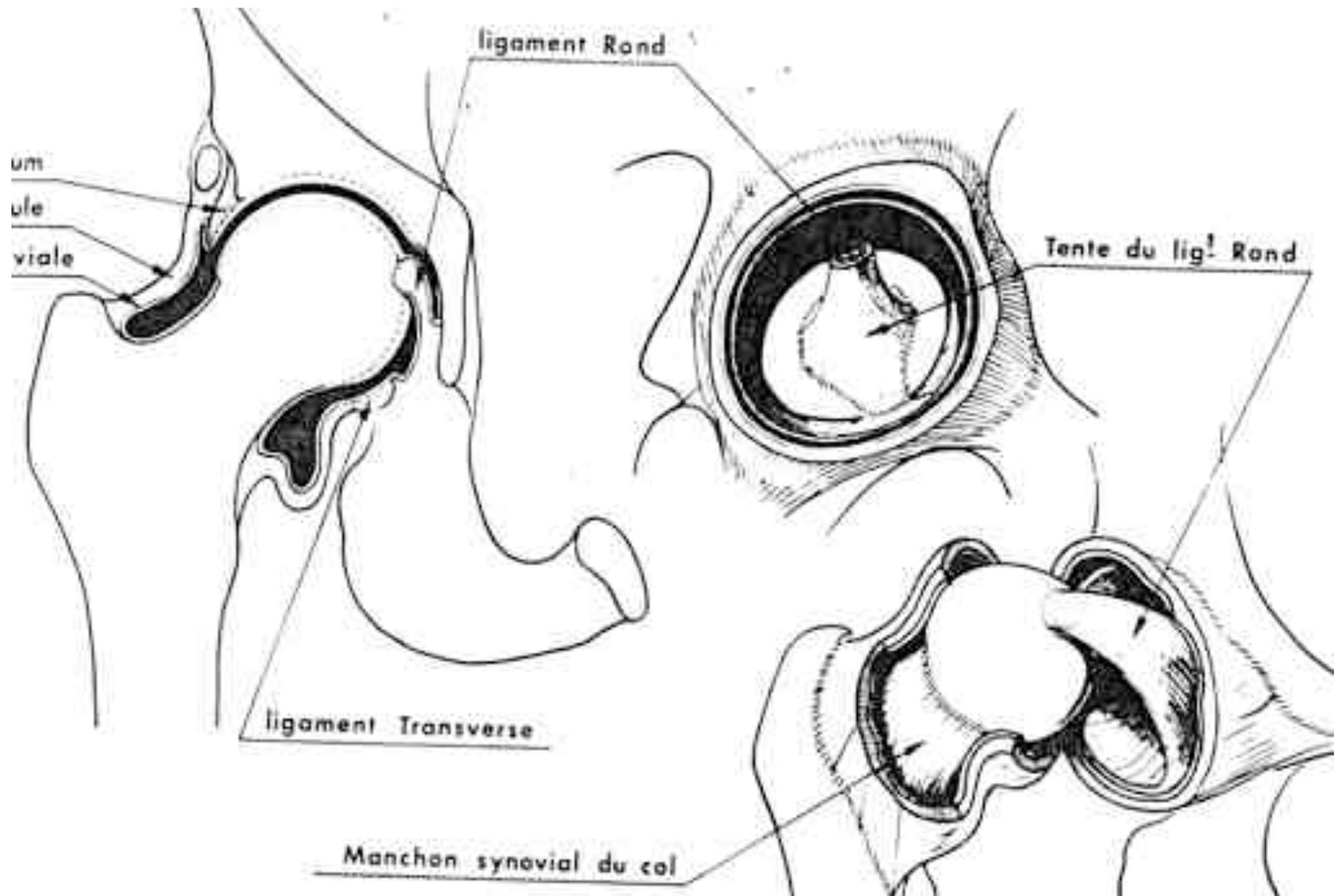
- congruence (valeurs angulaires) maximale (22Kg de traction)
- capsule articulaire et ligaments très résistants tendus en extension, permettant la stabilisation en position debout
- aspect en sablier de la capsule
- étanchéité de l'articulation (membrane synoviale): dépression avec effet ventouse
- liquide synoviale qui augmente le contact (adhésivité)



**Congruence maximale**



**Aspect en sablier de la capsule**



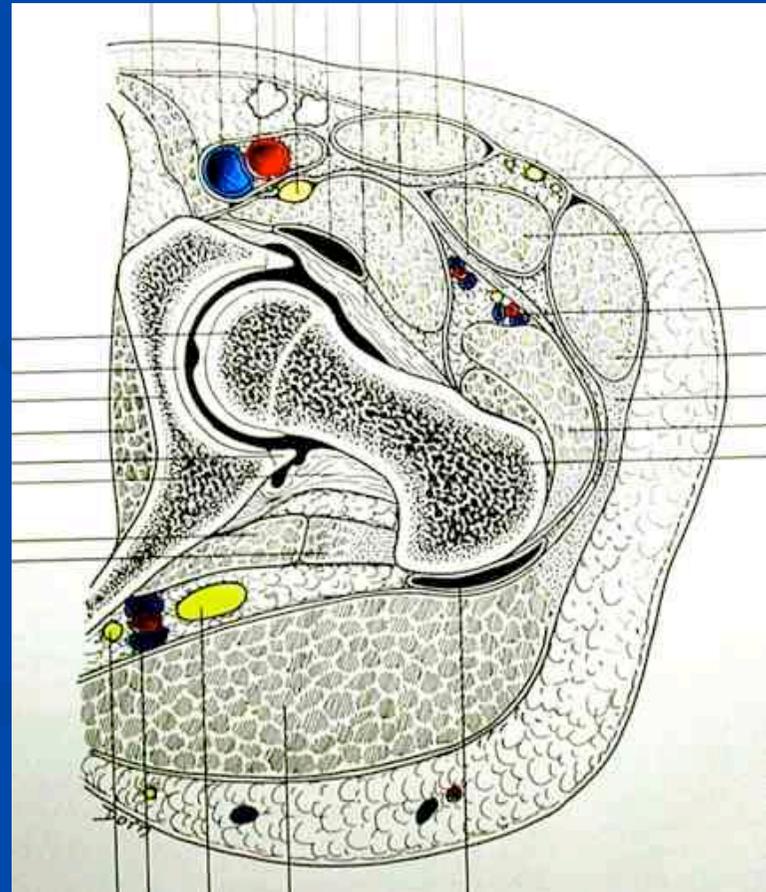
## Étanchéité articulaire

# Rappels anatomiques

## 2- Les moyens de stabilité

### b- Actifs: musculaires

- \* articulation profonde
- \* atmosphère musculaire
- \* 21 muscles
- \* moteurs articulaires

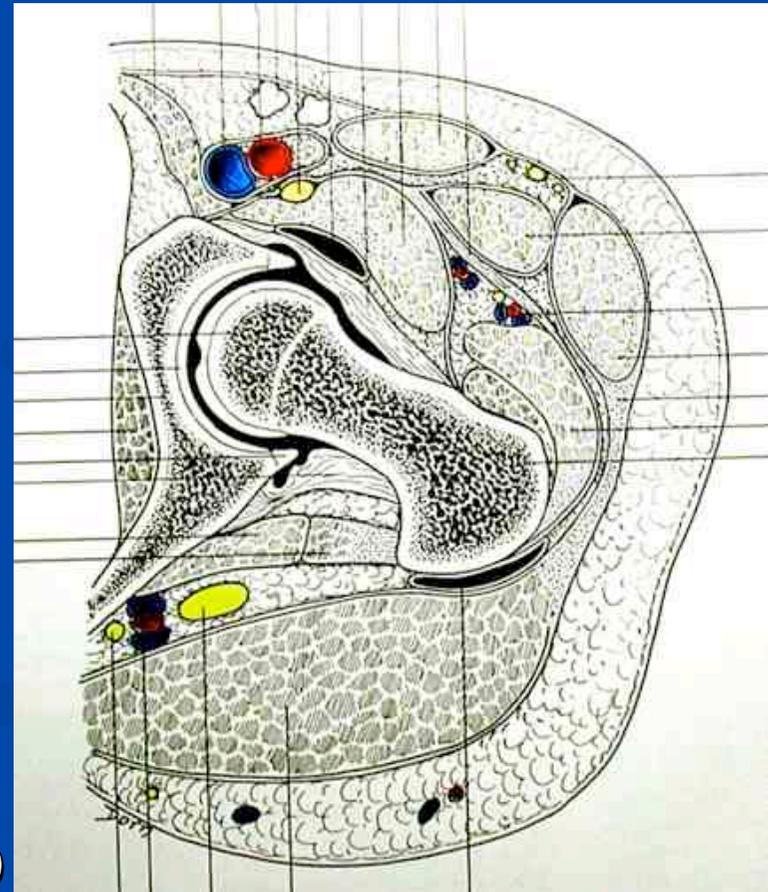


# Rappels anatomiques

## 2- Les moyens de stabilité

### b- Actifs: musculaires

- **En avant:**
  - \* psoas-iliaque
  - \* droit antérieur
  - \* couturier ( sartorius)
- **En dehors:**
  - \* TFL
  - \* moyen fessier
  - \* petit fessier
- **En arrière**
  - \* grand fessier
  - \* pelvitrochantérien (6)
  - \* ischios jambiers (5)
- **En dedans:**
  - \* pectiné
  - \* adducteurs (gd et moyen)



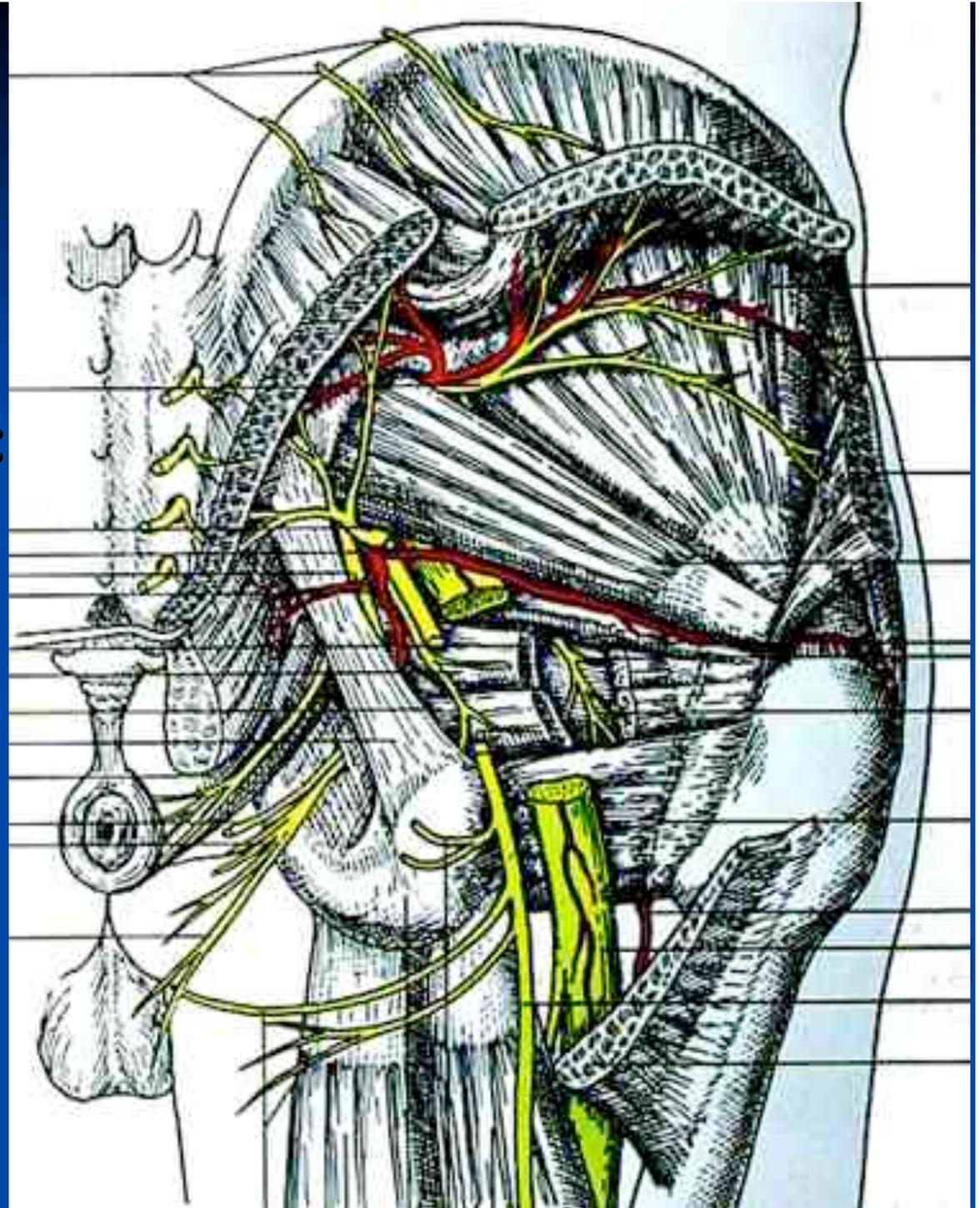


**Vue  
antérieure des  
principaux  
muscles  
fléchisseurs et  
adducteurs de  
la hanche**



## pelvirochantériens:

- pyramidal
- 2 Jumeaux
- 2 obturateurs
- carré crural











**Vue  
externe  
du  
moyen et  
grand  
fessier**

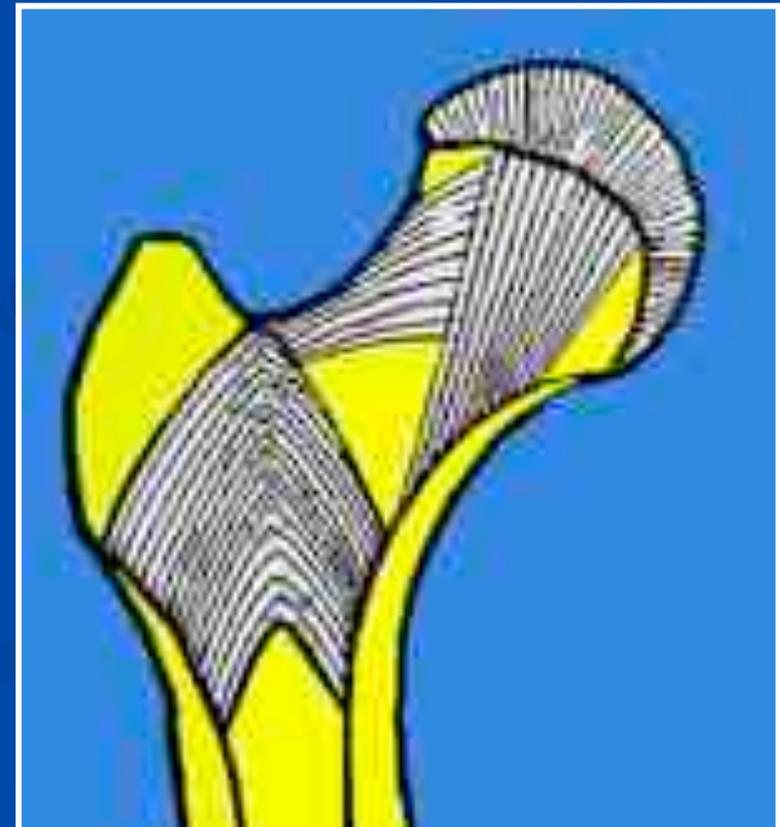


# **Vue postérieure du grand fessier**



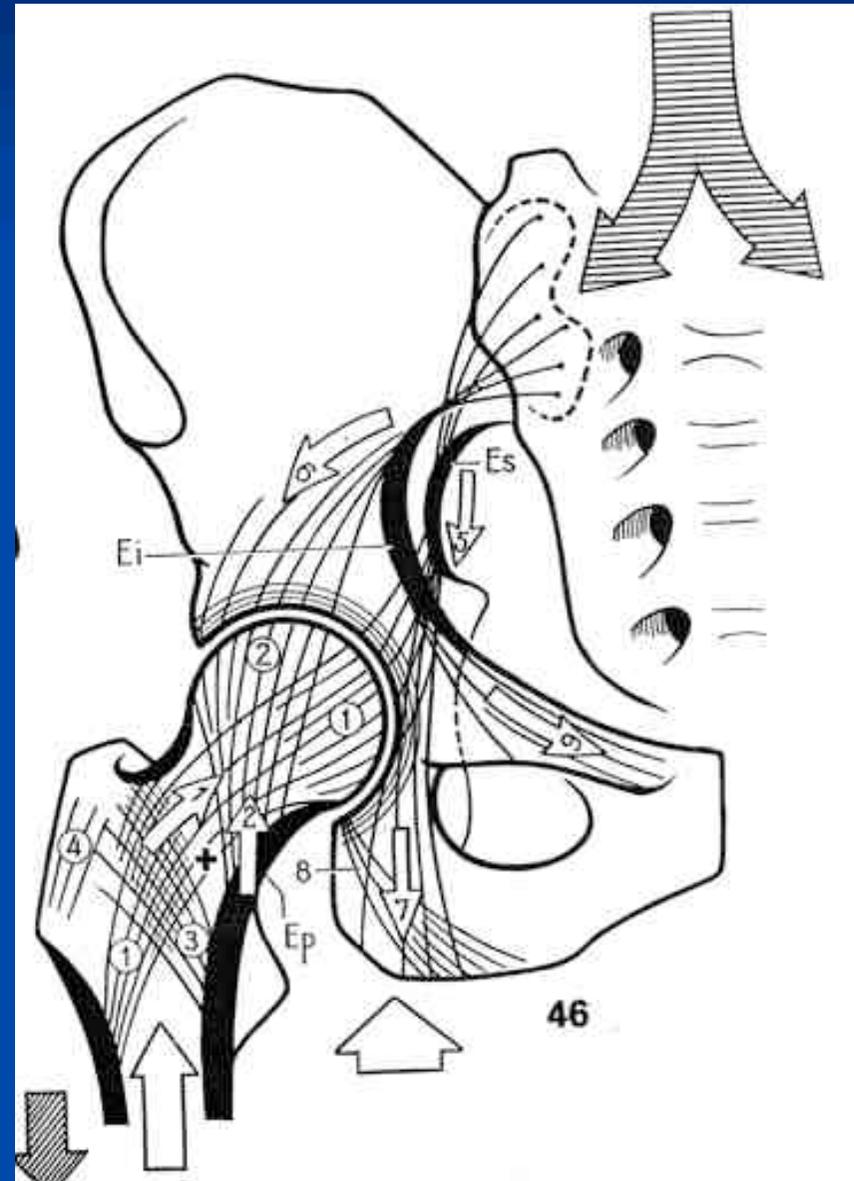
# Rappels anatomiques

## 3- L'architecture osseuse



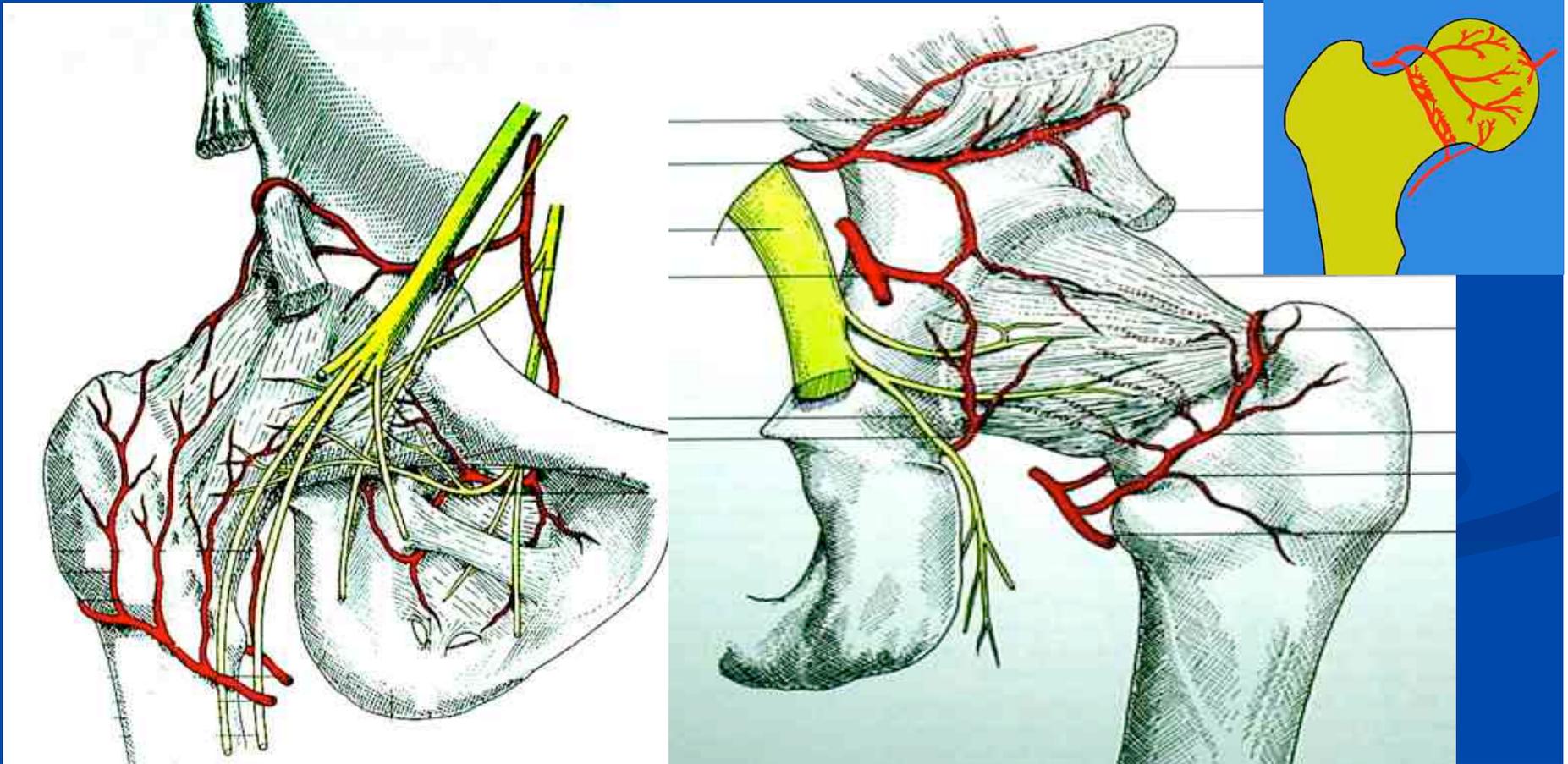
# Rappels anatomiques

## 3- L'architecture osseuse



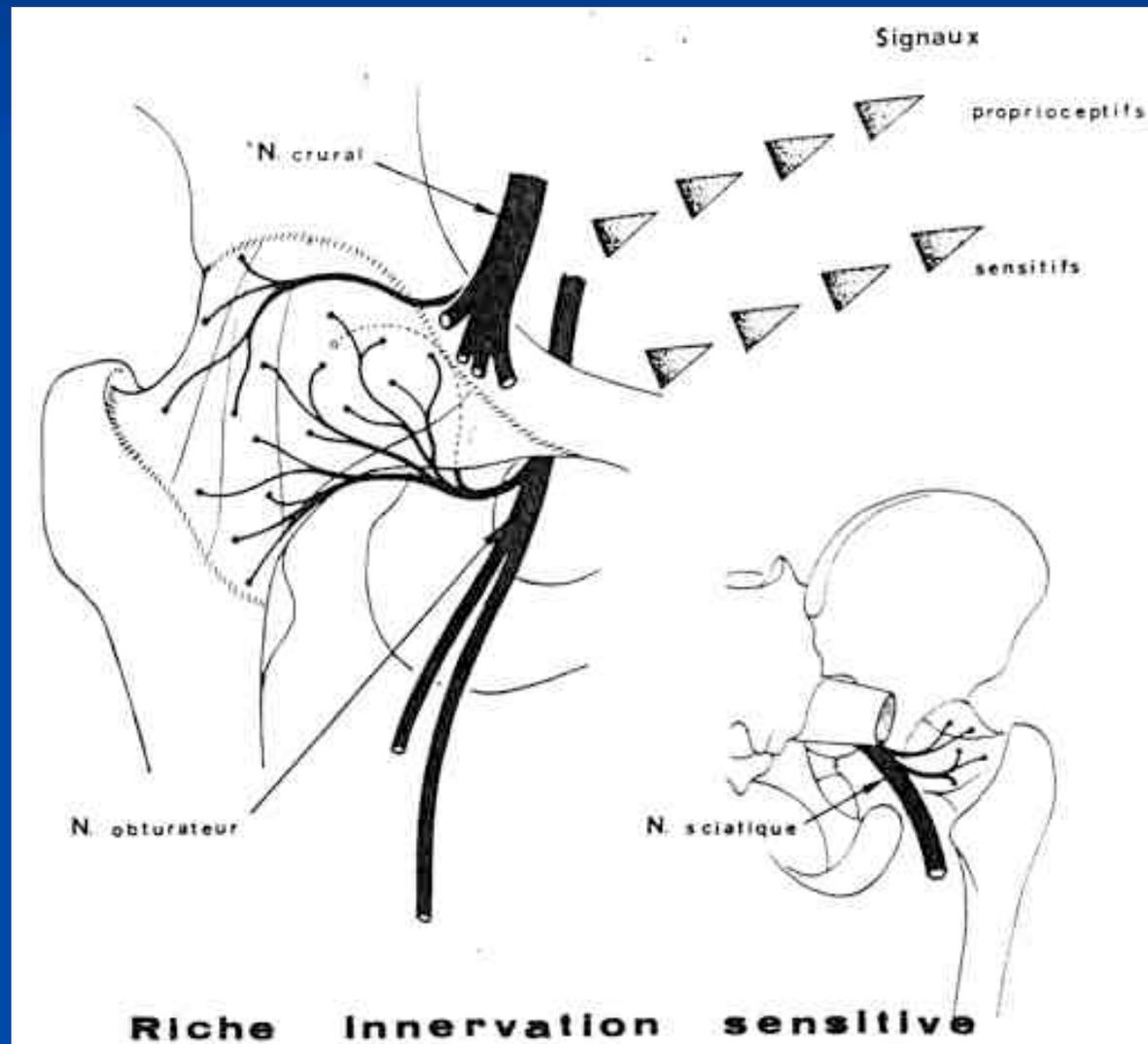
# Rappels anatomiques

## 4- Vascularisation et Innervation



# Rappels anatomiques

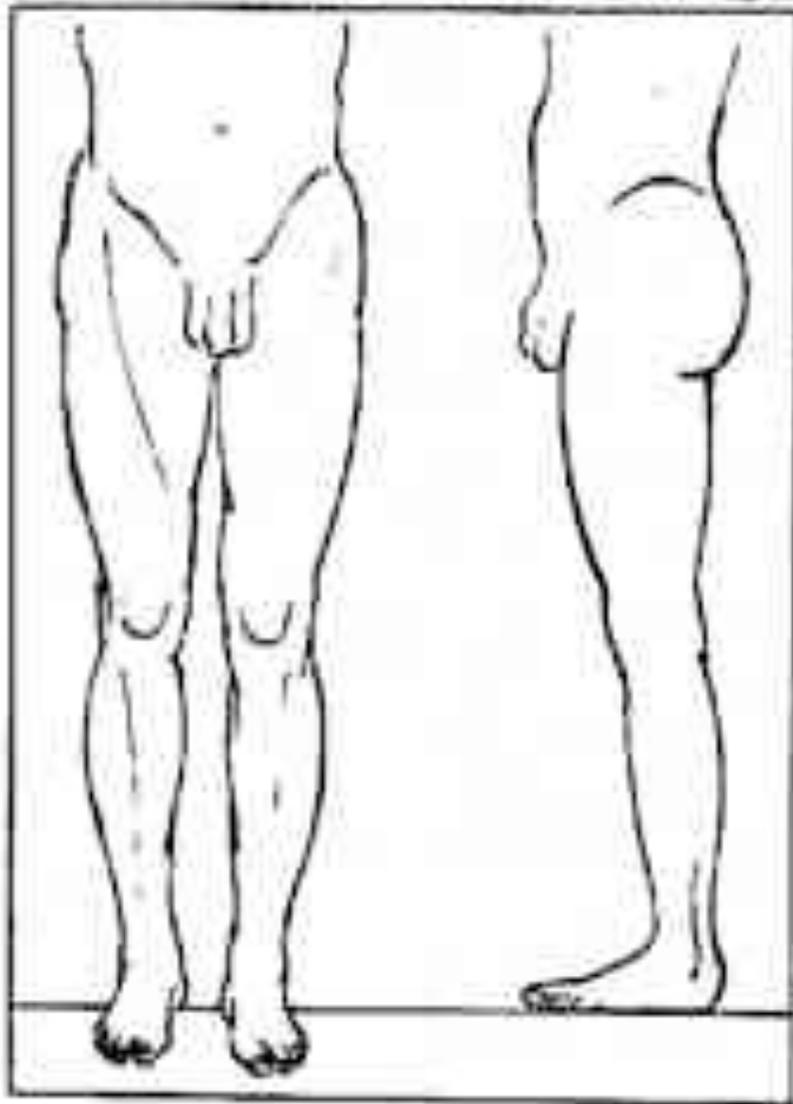
## 4- Vascularisation et Innervation



# Les mouvements

- **Position zéro-anatomique de référence**  
celle de l'homo-erectus:  
garde à vous position debout, pieds joints
- **Position zéro-fonctionnelle**  
position de repos  
capacité articulaire maxima

## POSITION ZÉRO ANATOMIQUE



## POSITION ZÉRO FONCTIONNELLE

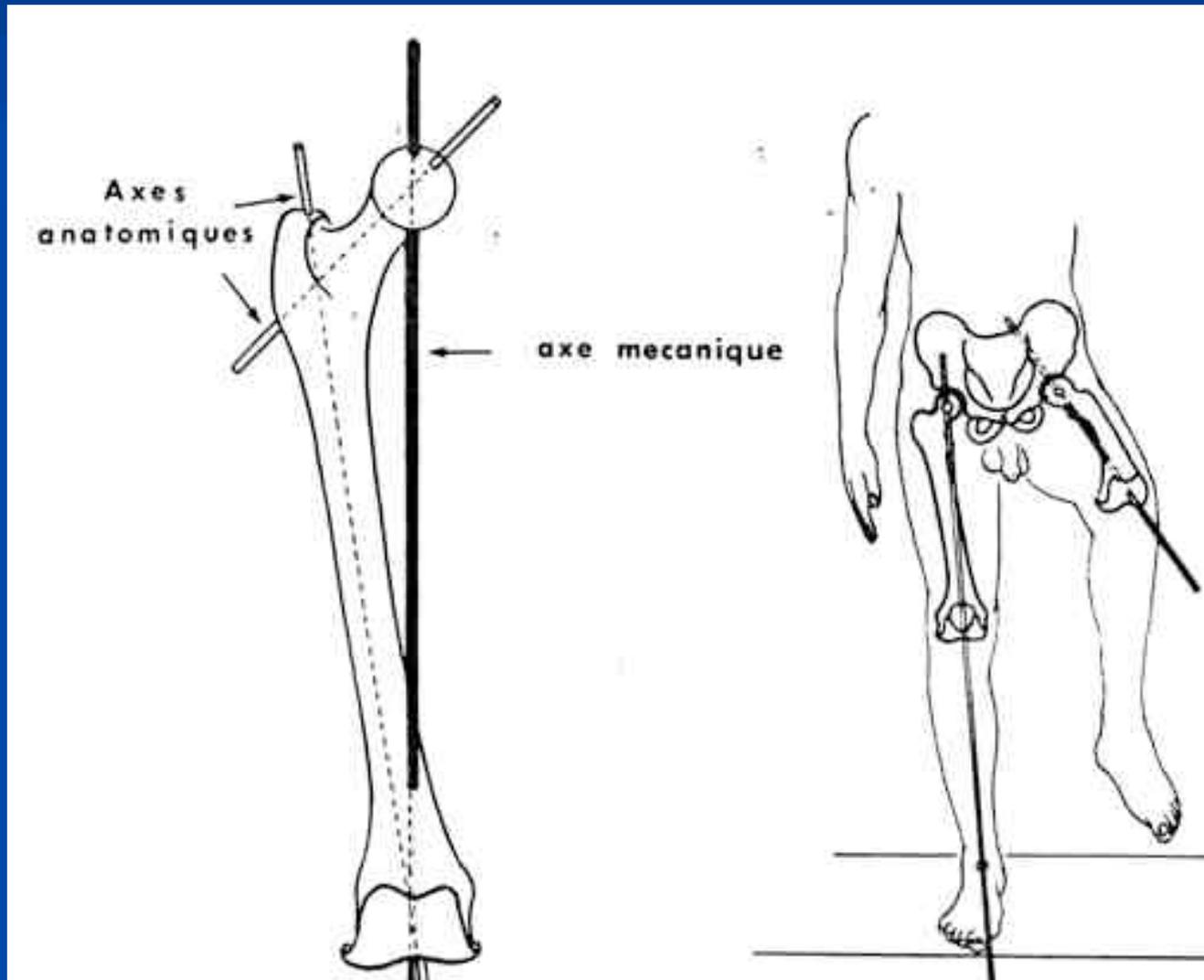


# Les mouvements

- **Axe de travail de la hanche**
  - axe mécanique qui va du milieu de la tête fémorale au milieu du genou
  - à différencier de l'axe anatomique qui passe par les milieux osseux de la diaphyse et du col

# Les mouvements

- Axe de travail de la hanche

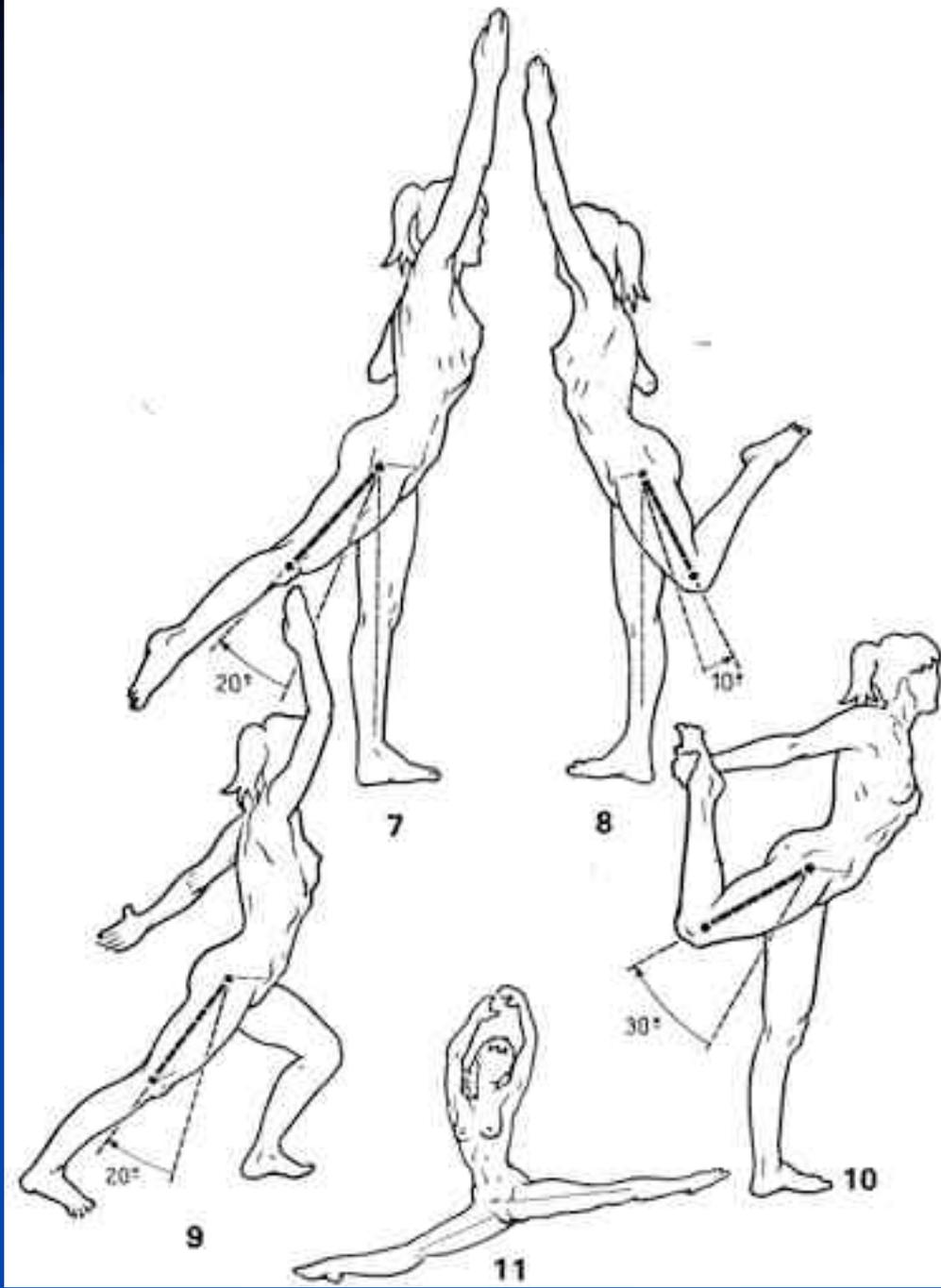


# Les mouvements

- **Mouvements dans les 3 plans de l'espace**
  - **Plan sagittal: flexion - extension**
  - **Plan frontal: adduction – abduction**
  - **Plan horizontal: rotations interne et externe**

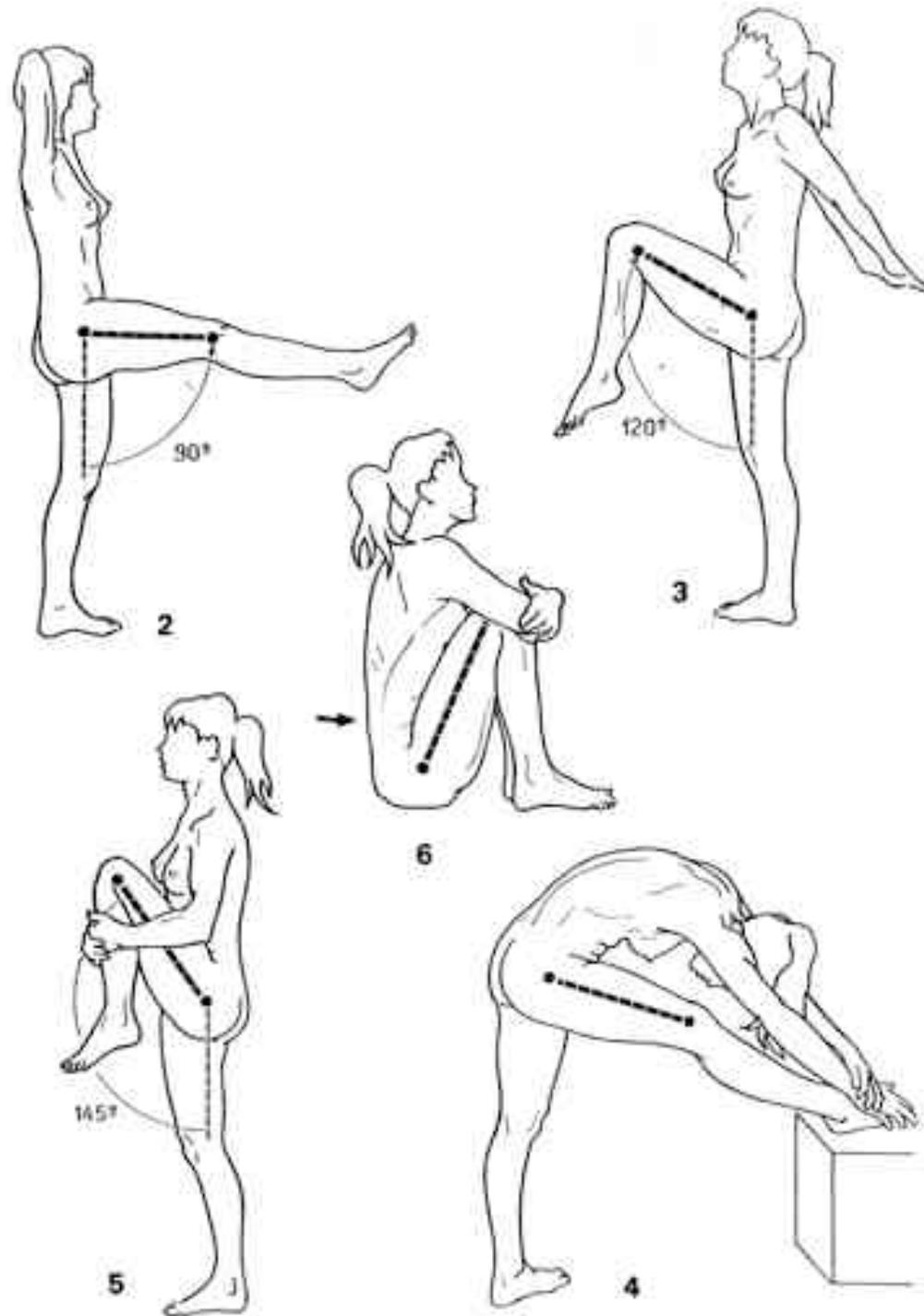
# Les mouvements

- **Plan sagittal: flexion – extension**
  - L'extension porte le genou en arrière du plan frontal
    - amplitude moyenne de 10 à 15°
    - mesure en décubitus ventral
    - extension plus grande si genou en flexion car les IJ sont des extenseurs détendus en flexion du genou
    - la bascule du bassin en hyperlordose augmente l'extension



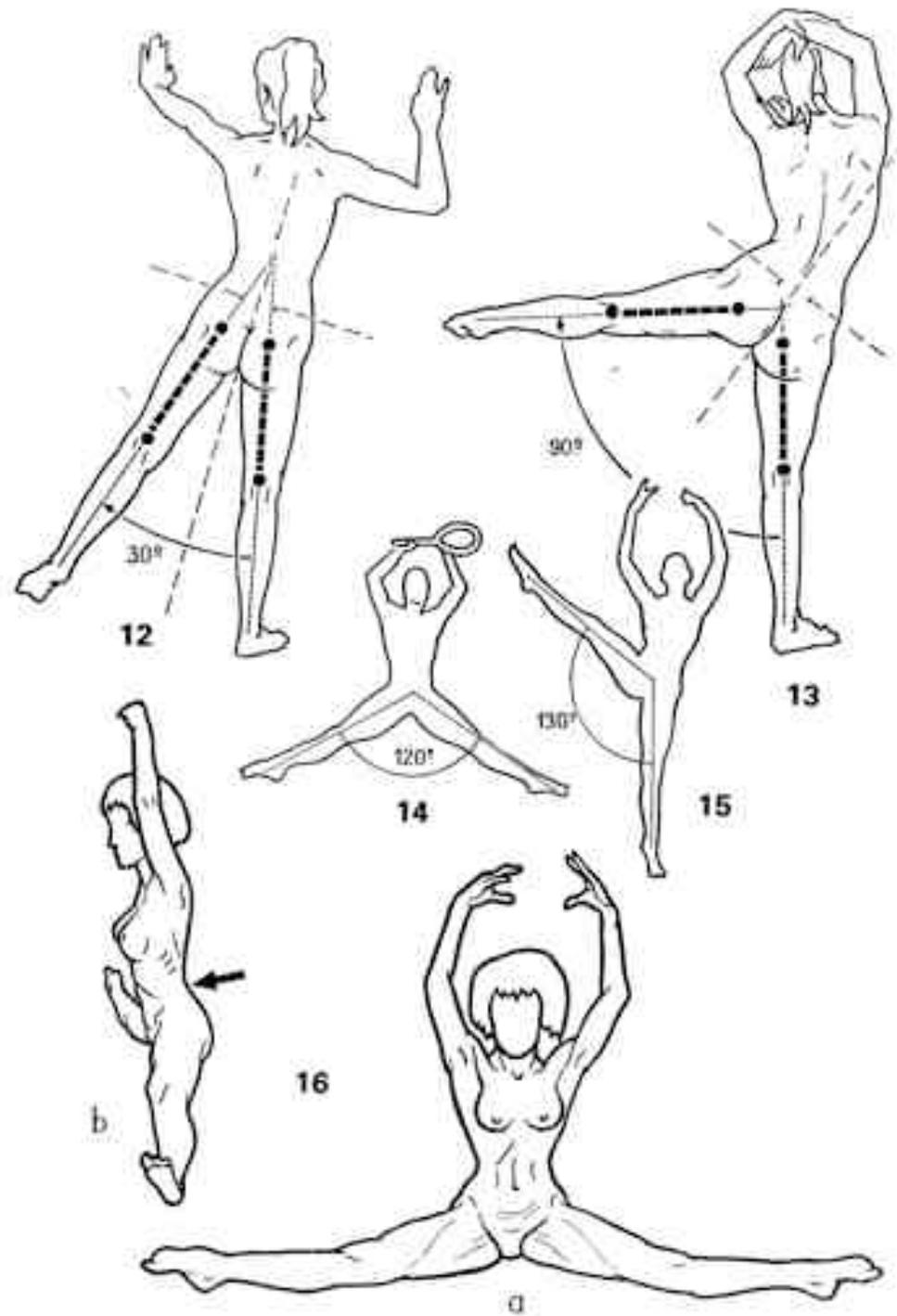
# Les mouvements

- **Plan sagittal: flexion – extension**
  - **La flexion porte le genou en avant du plan frontal**
    - **amplitude moyenne de 120°**
    - **mesure en décubitus dorsal**
    - **sa valeur est variable selon la position du genou (ischios-jambiers)**
    - **La correction de la lordose permet de mettre les 2 genoux contre la poitrine**



# Les mouvements

- **Plan frontal: adduction – abduction**
  - **L'abduction est le mouvement qui écarte le genou du plan sagittal**
    - son amplitude moyenne est de 45°
    - sa mesure se fait en décubitus dorsal
    - en fait en dynamique, abduction bilatéral
    - limitation anatomique par:
      - La butée du col fémoral sur le sourcil
      - Les ligaments
      - Les adducteurs
  - **Le grand écart n'est pas une abduction pure car bassin en avant et hyperlordose**  
**abduction - flexion**



# Les mouvements

- **Plan frontal: adduction – abduction**
  - L'adduction est le mouvement qui porte le genou en dedans du plan para-sagittal
    - son amplitude moyenne est de  $30^{\circ}$
    - sa mesure se fait en décubitus dorsal mais pas pure car adduction + flexion
    - Adduction souvent associée
      - à un autre mouvement
      - à une inclinaison du bassin et incurvation du rachis



17



18



19



20



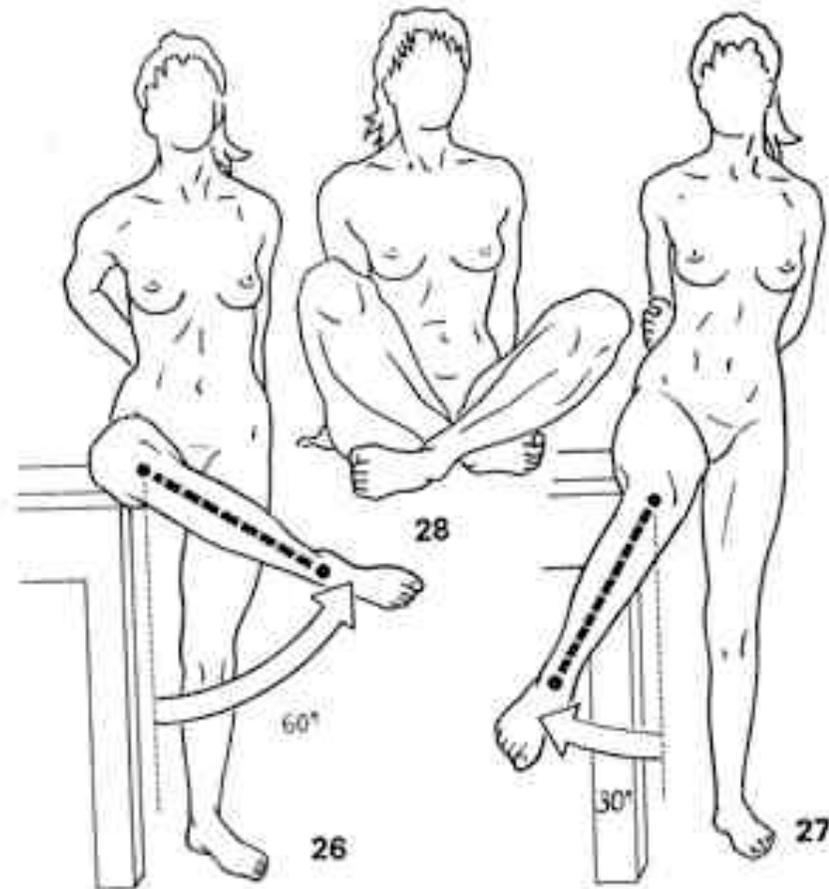
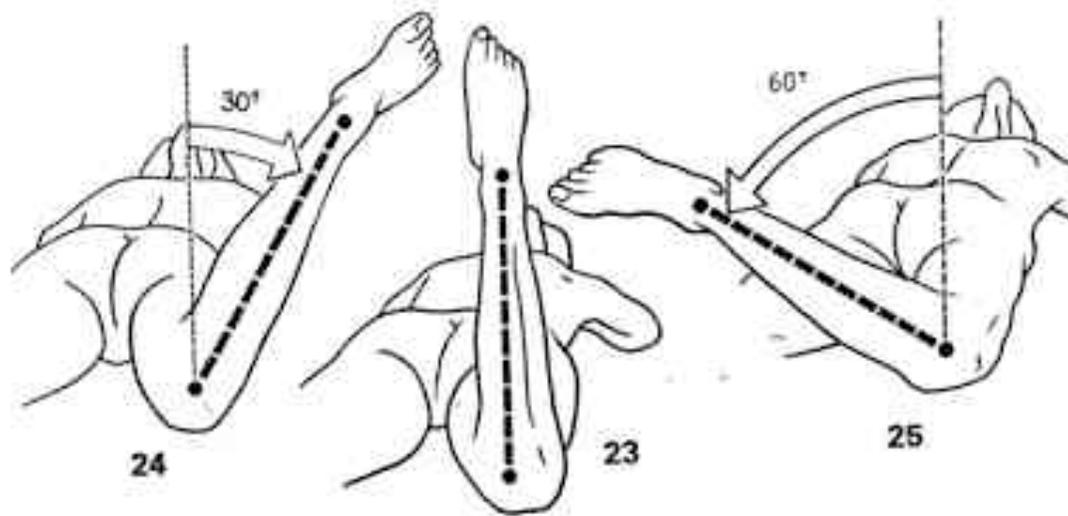
21



22

# Les mouvements

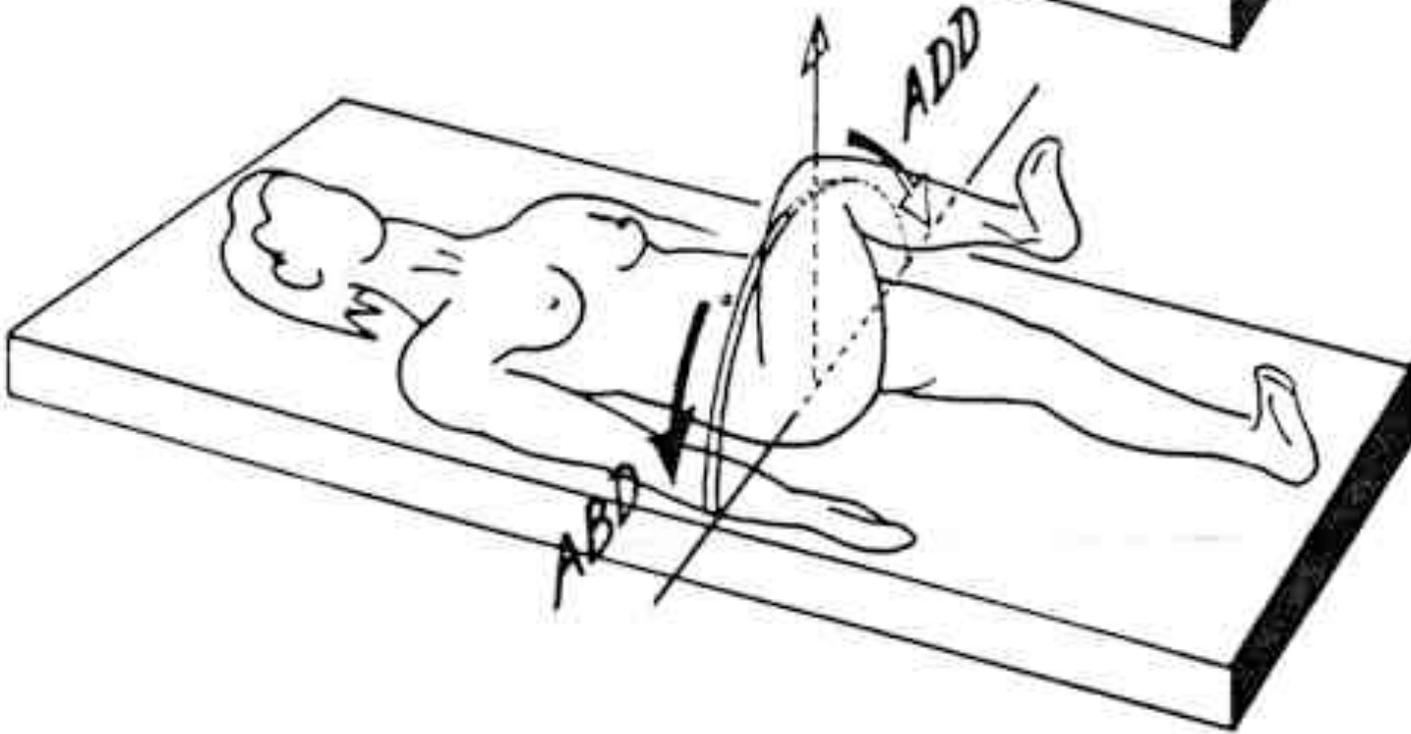
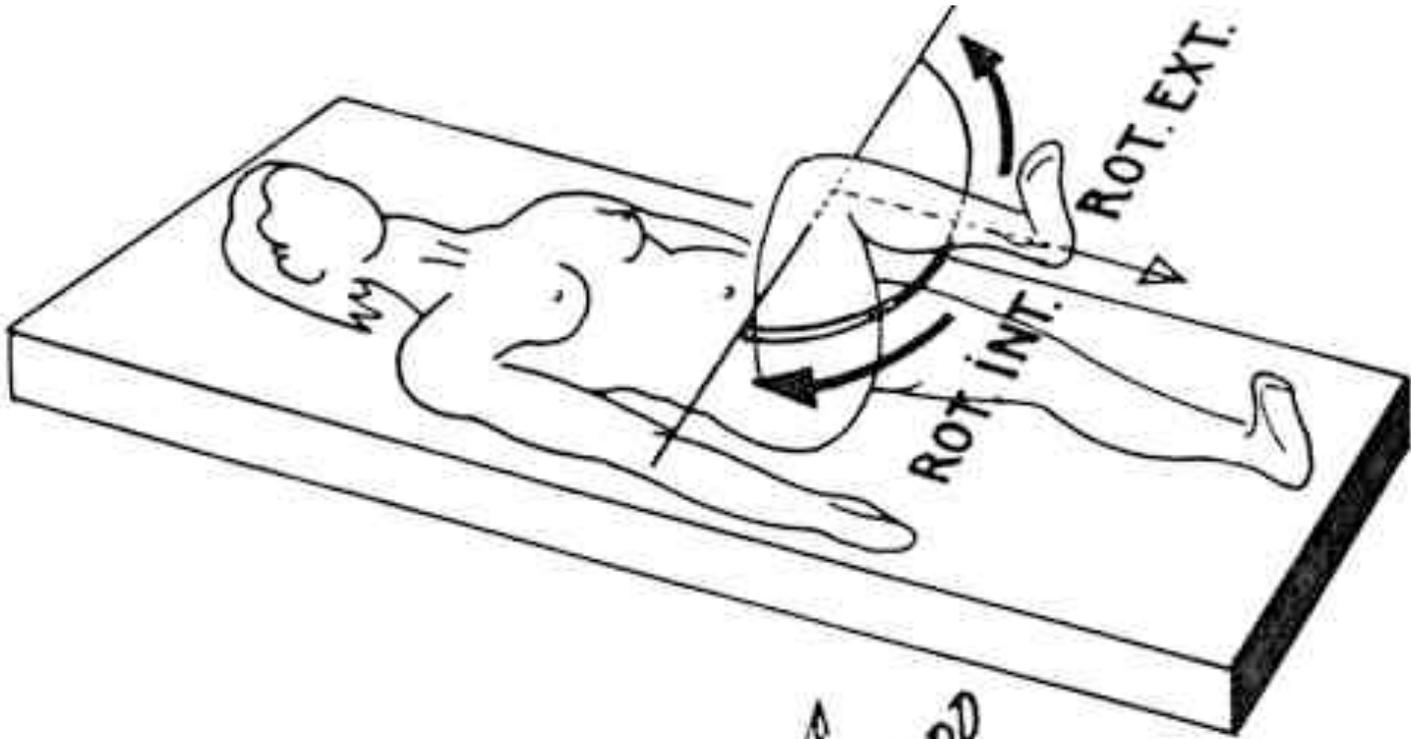
- **Plan horizontal: rotations interne externe**
  - La rotation externe porte la pointe du pied en dehors
  - La rotation interne porte la pointe du pied en dedans
  - amplitude moyenne de  $60^\circ$  en RE,  $30^\circ$  en RI
  - mesure en flexion du genou soit en DV soit assis
  - si assis, flexion donc ligaments, freins à la rotation externe, sont détendus
  - Amplitude dépend de l'antéversion du col fémoral





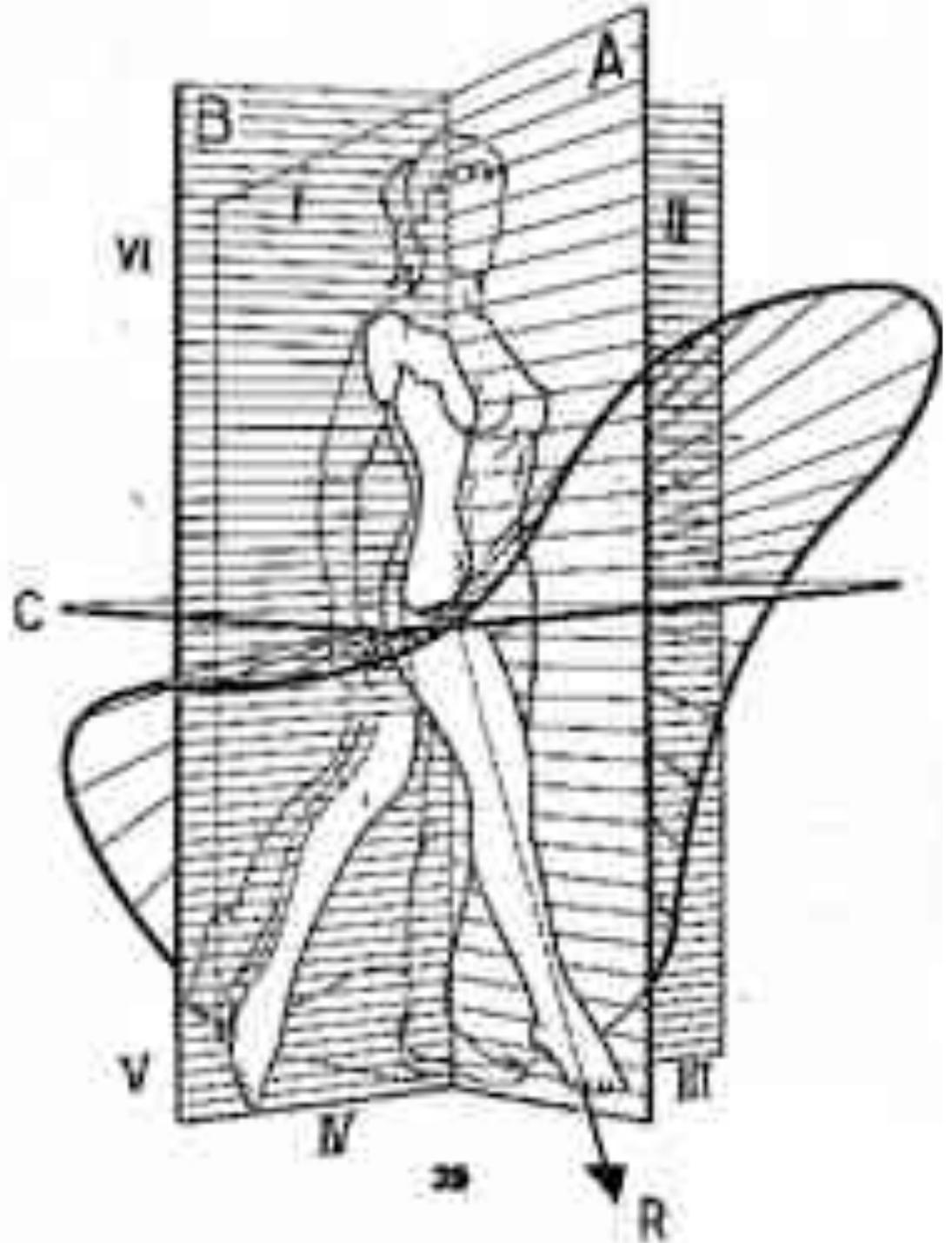
**MOUVEMENTS**

**COMBINÉS**



**Circumduction**  
cône irrégulier  
dont le sommet  
est la hanche

**Très utilisé  
dans la danse**



# Les mouvements

- Amplitudes variables
- Actifs < passifs
  - Flexion active 120°, flexion passive 140°
- Selon l'âge
  - Extension passive de 40° à 2 ans
  - Extension passive de 5 à 10° à 40 ans
- Selon le sexe
  - Hanche de la femme plus souple
- Selon la race
  - Race asiatique plus souple
- Hyperlaxité, volume musculaire

# Les muscles moteurs

## **MUSCLES DE LA MOBILITE DE LA HANCHE**

- La hanche est moins mobile que l'épaule.
- La flexion de la hanche porte la face antérieure de la cuisse vers le tronc et son importance dépend de la position du genou.
- Quand la cuisse touche le tronc, une partie de la mobilité provient du rachis lombaire.
- Les muscles qui permettent la flexion sont les muscles antérieurs de la cuisse et des muscles provenant de l'intérieur de l'abdomen.
- L'extension est plus limitée, rendue possible par des muscles postérieurs de la fesse et de la cuisse.
- L'abduction, qui porte le membre inférieur en dehors, est primordiale dans la marche et est assurée principalement par les muscles fessiers qui assurent ainsi l'équilibre du bassin .

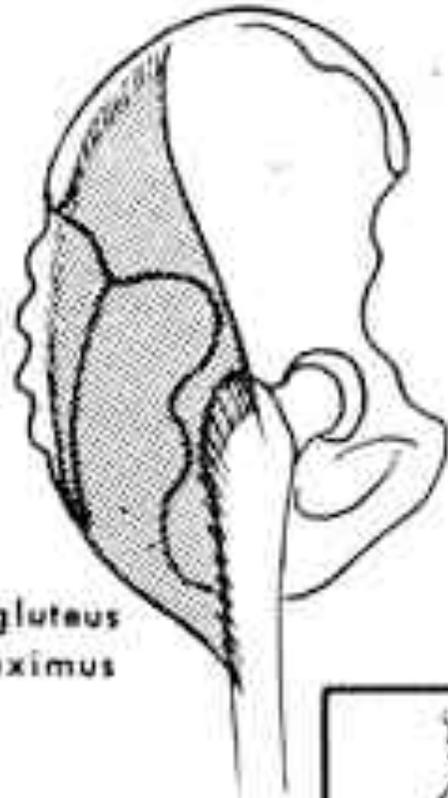
# Les muscles extenseurs

- **Grand fessier**
  - Inactif dans la marche normal
  - +++ course, escaliers
- **Ischios jambiers:**
  - Demi membraneux
  - Demi-tendineux
  - Biceps
- **Muscles biarticulaires (fléchisseurs du genou)**

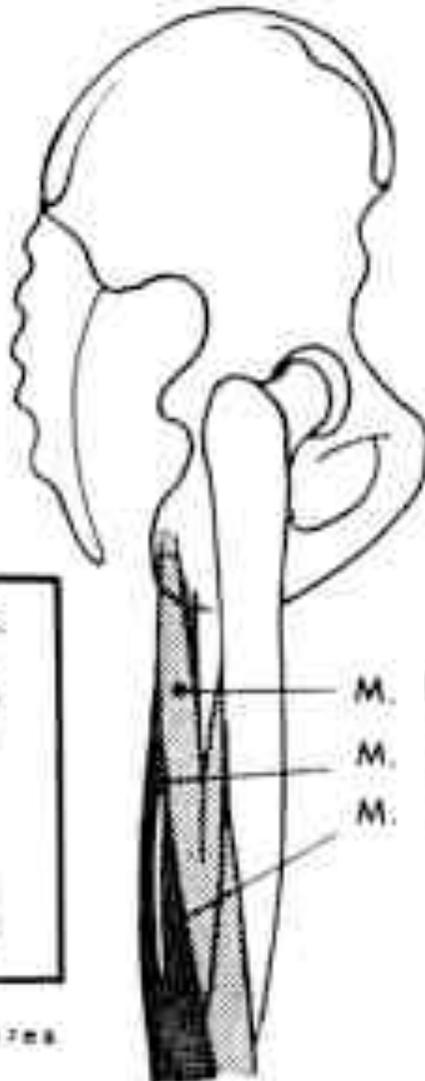
# Muscles extenseurs

6221

M. gluteus maximus



M. bi-articularis



M. biceps femoris  
M. semitendinosus  
M. semimembranosus

M. ischio-jambiers

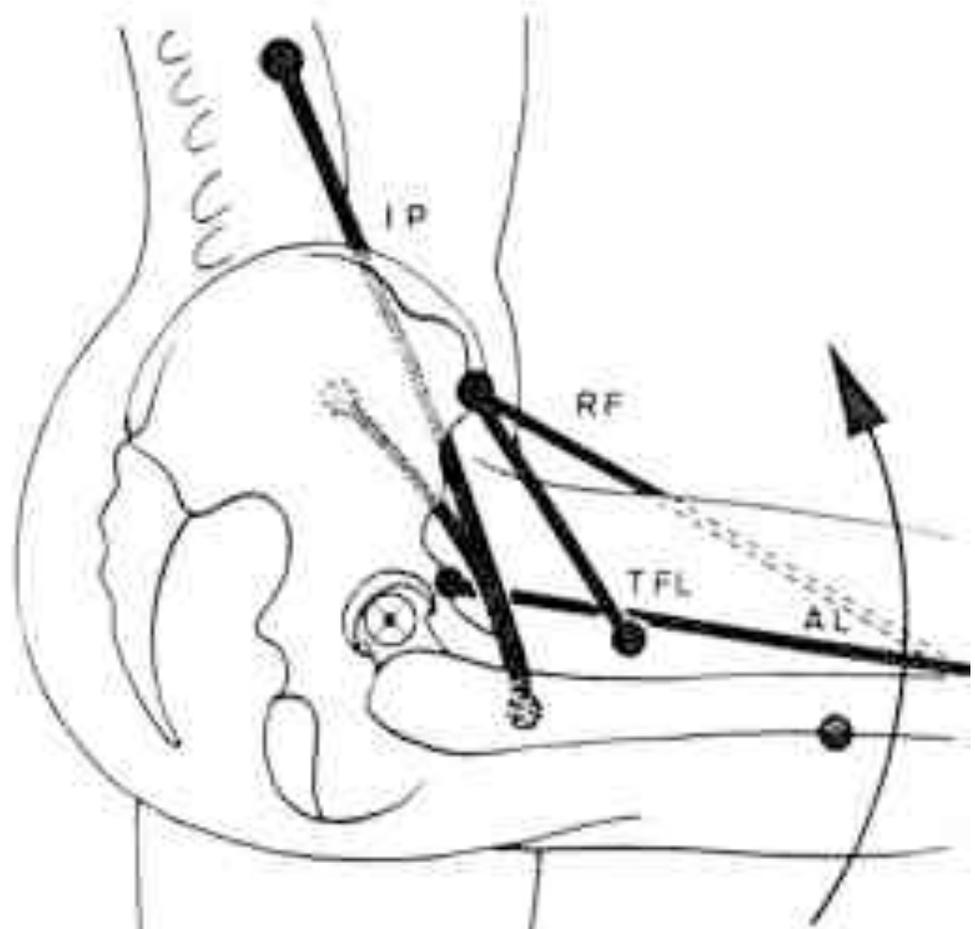
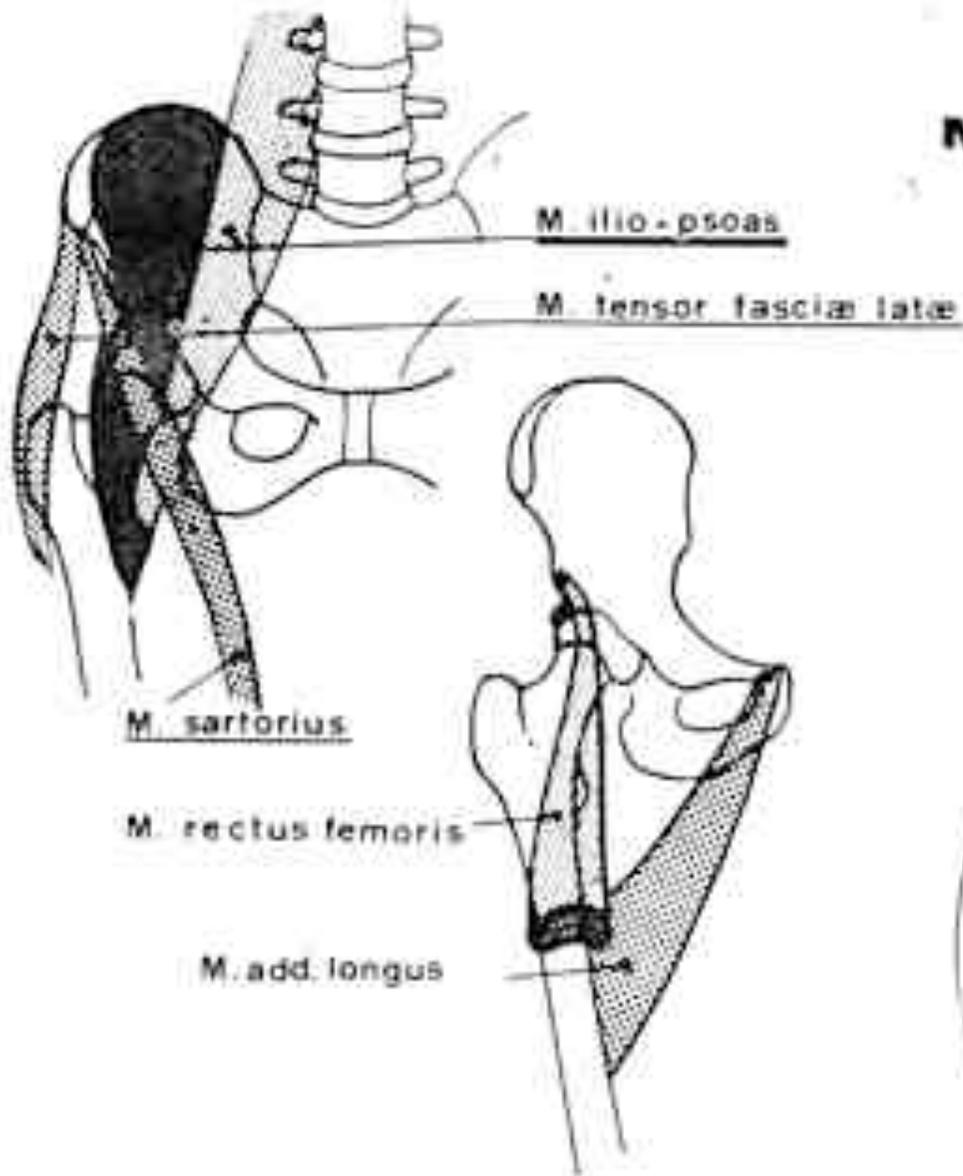


# Les muscles fléchisseurs

- Psoas iliaque, le fléchisseur le + puissant
- Tenseur du fascia lata
- Et accessoirement
  - Droit antérieur
  - Couturier
  - Adducteurs

# Muscles fléchisseurs

6222

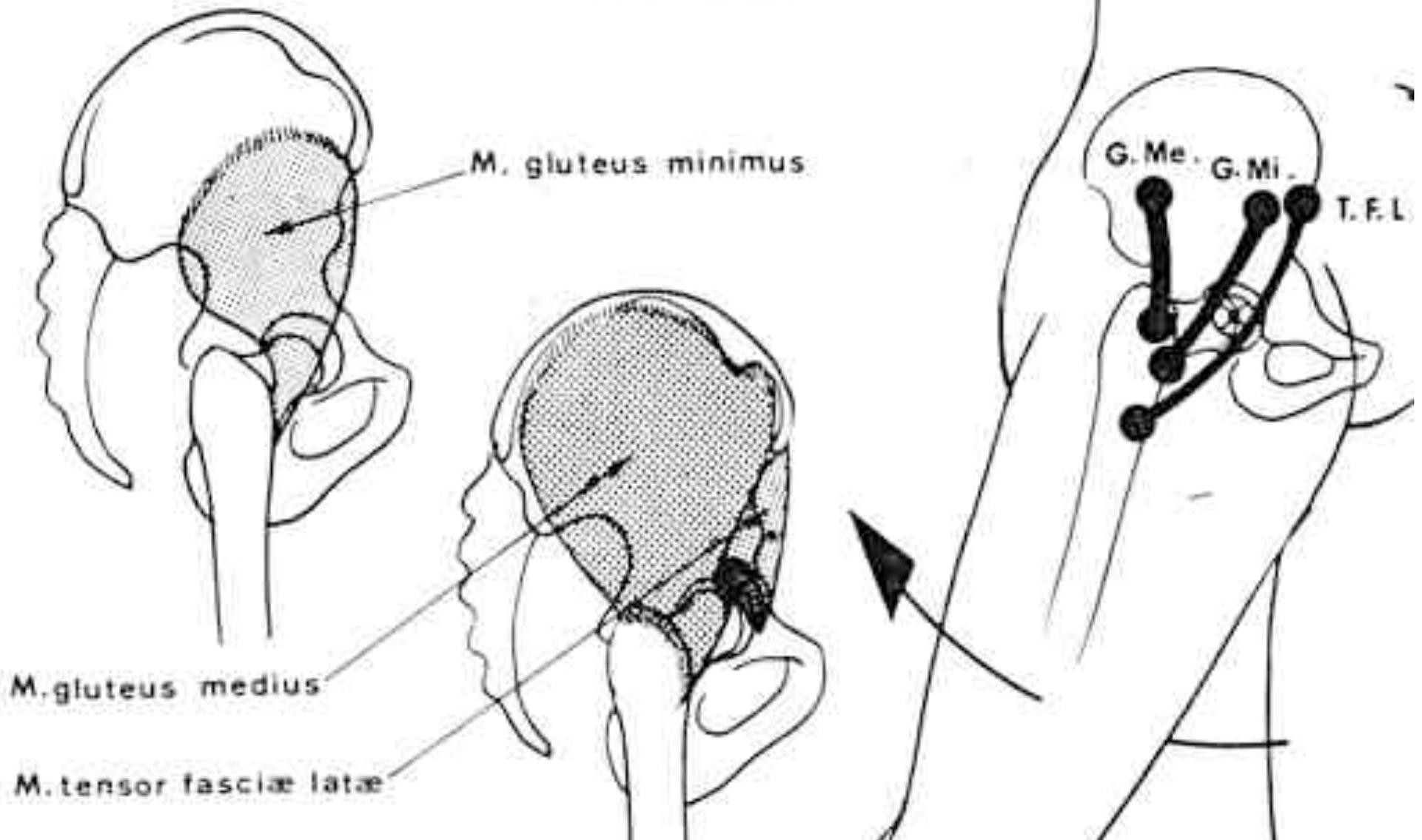


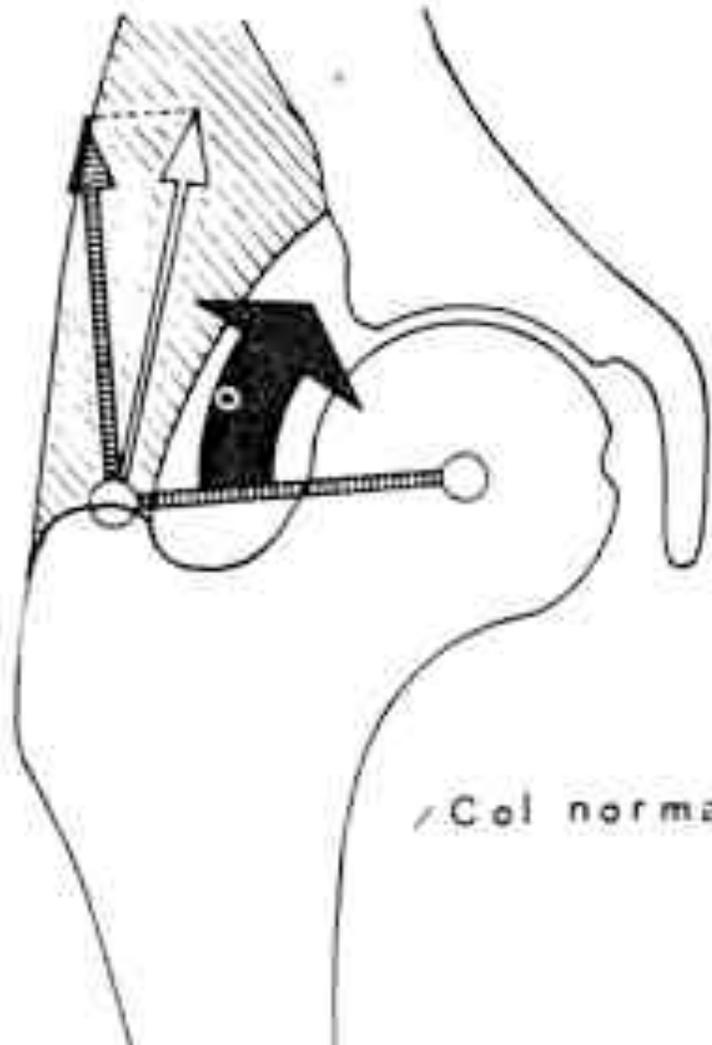
# Les muscles abducteurs

- Le moyen fessier +++
- Le petit fessier
- Accessoirement Tenseur du fascia lata
  
- Rôle également majeur dans l'équilibrage du bassin
  
- Leur puissance dépend de la longueur du col (moment + grand si col + long)

# Muscles abducteurs

6223





Col normal



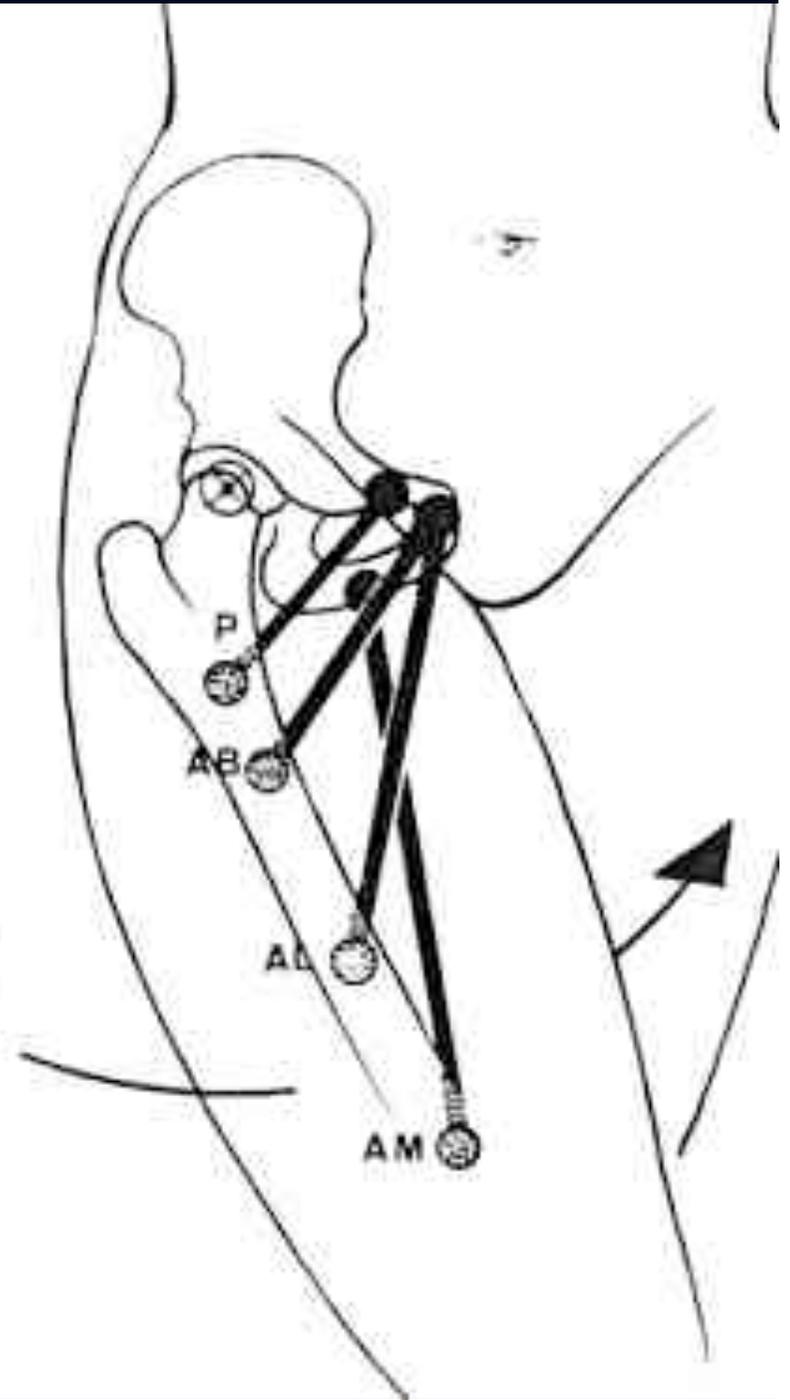
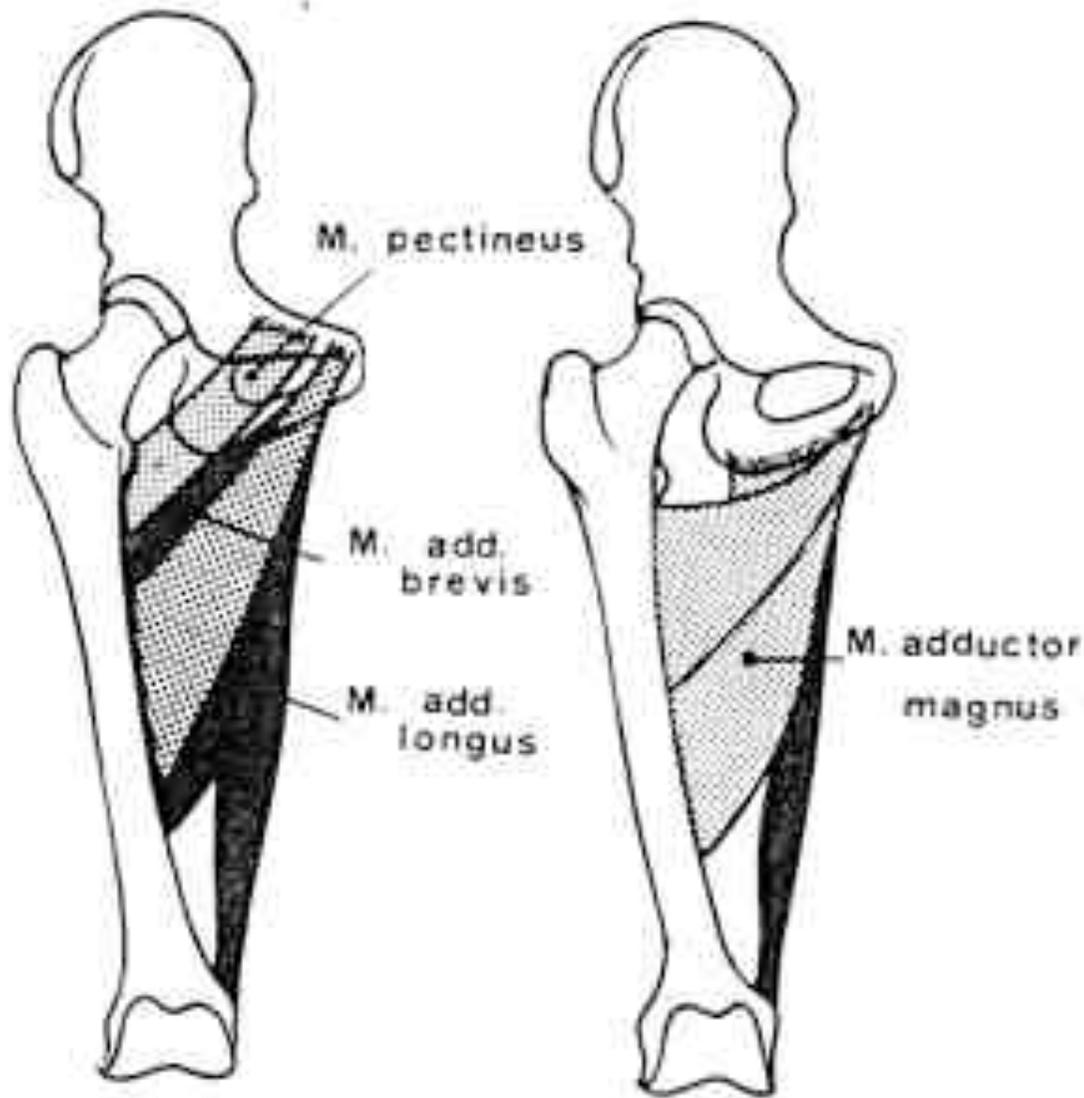
Col trop court

# Les muscles adducteurs

- Les adducteurs
  - Petit
  - Moyen
  - grand
- Le pectiné
  
- Les adducteurs sont 1,5 fois moins puissants que les abducteurs

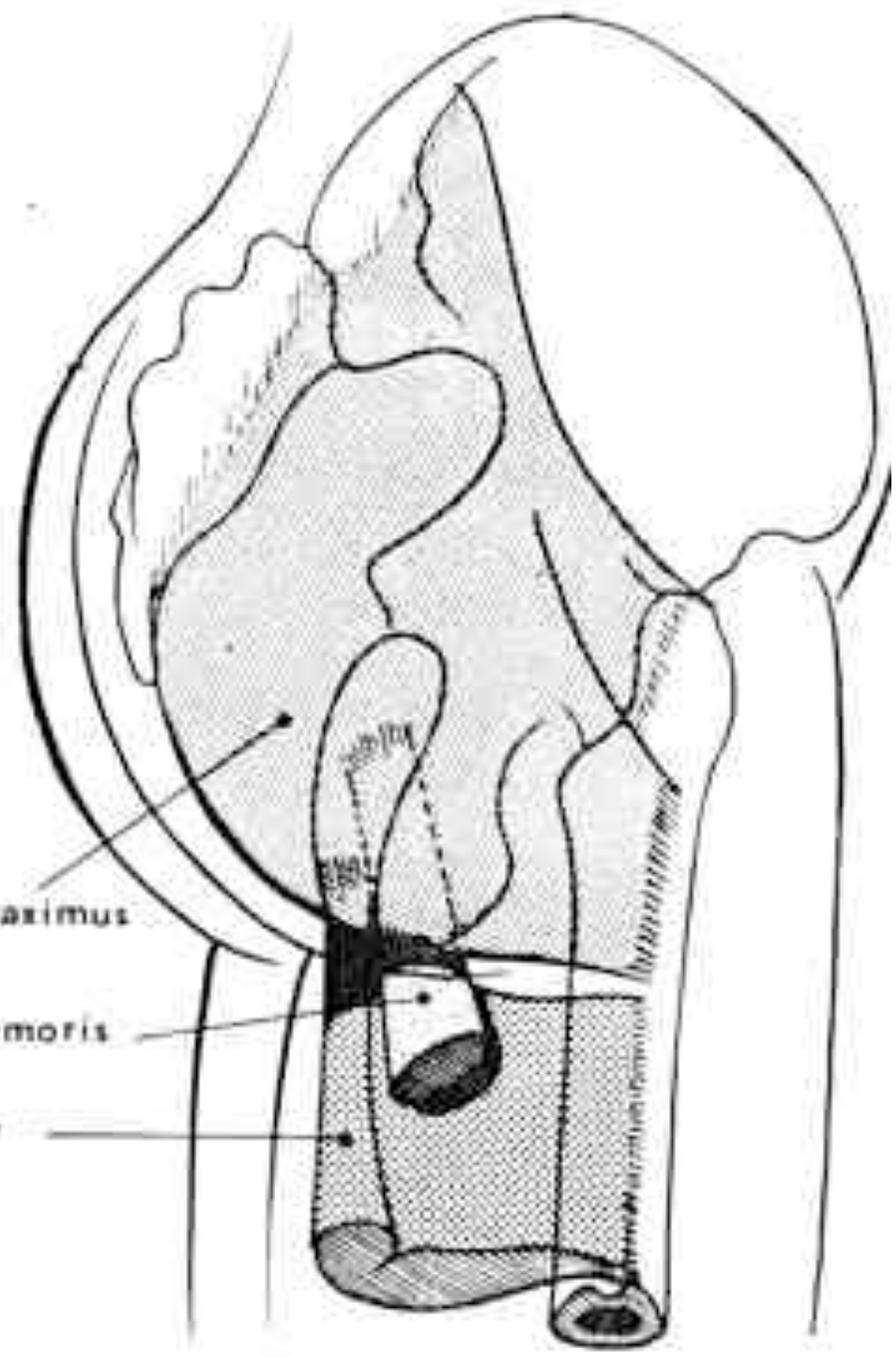
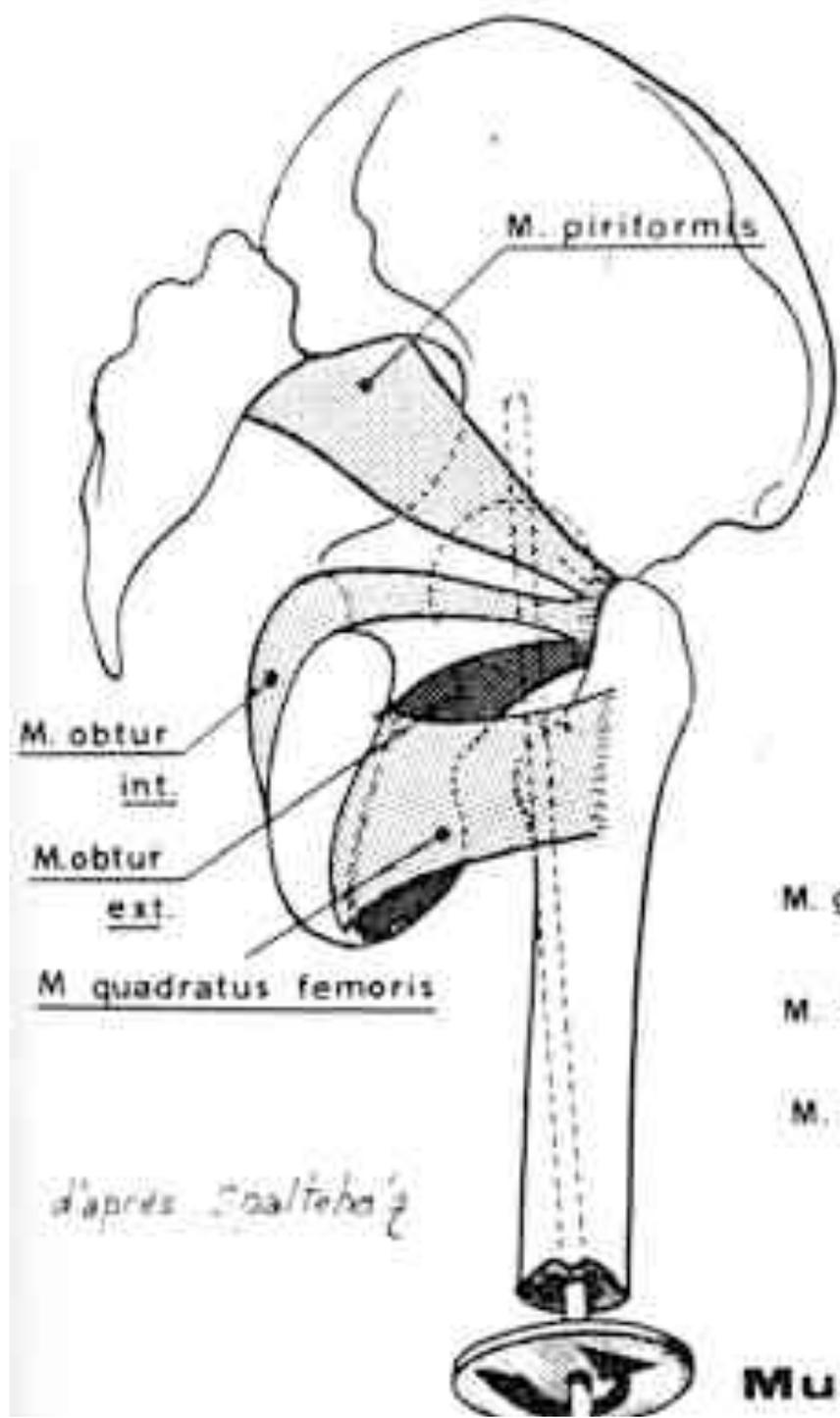
# Muscles adducteurs

6224



# Les muscles rotateurs externes

- Les pelvitochantériens
  - Pyramidal
  - Obturateur interne
  - Jumeaux sup et inf
  - Obturateur externe
  - Carré crural
- Le grand fessier
- Le biceps
- Les adducteurs



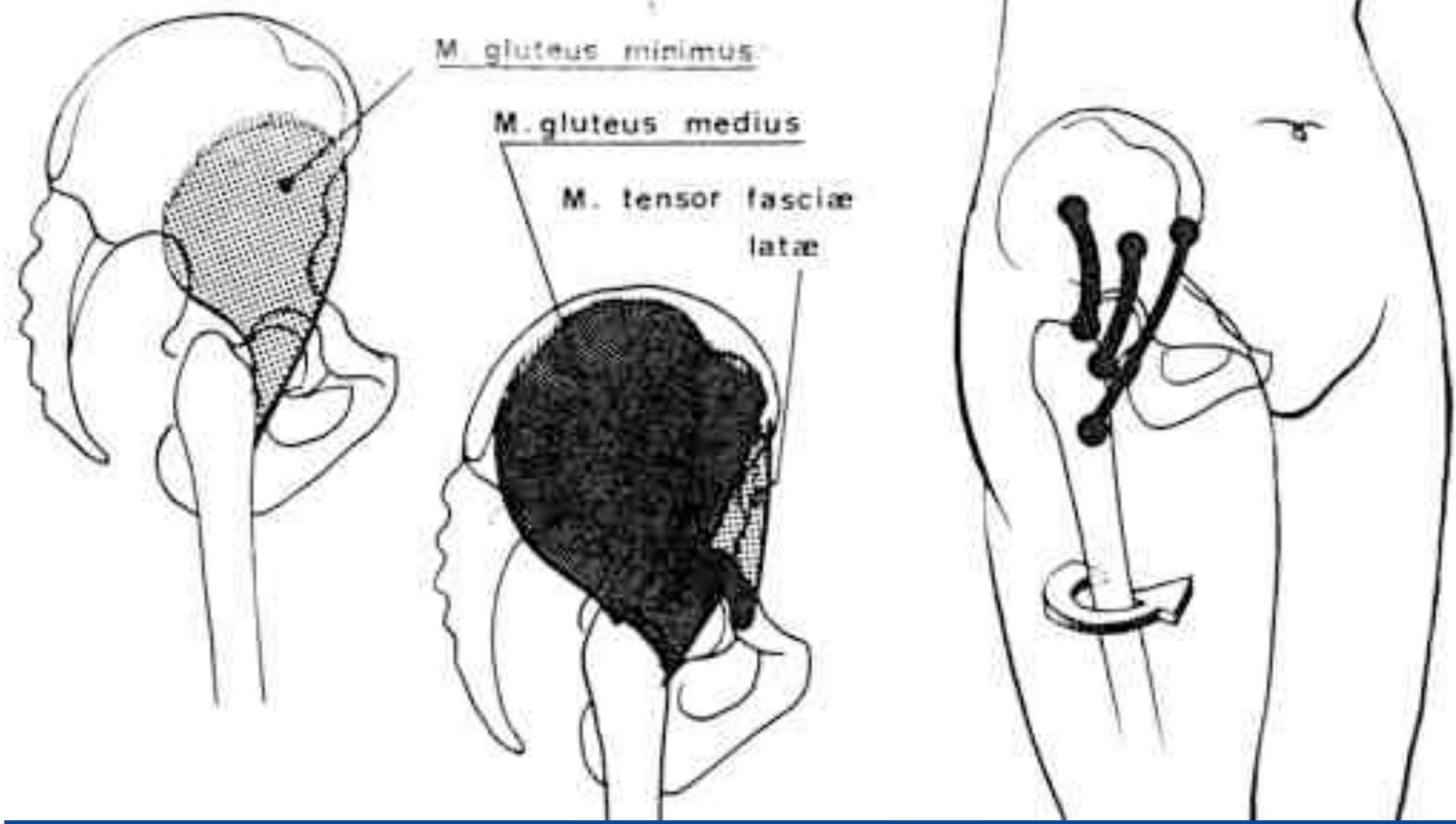
**Muscles rotateurs externes**

# Les muscles rotateurs internes

- Le petit fessier
  - Le moyen fessier
  - Accessoirement le TFL
- 
- Rotateurs externes sont 3 fois plus puissants que les rotateurs internes

# Muscles rotateurs internes

6226



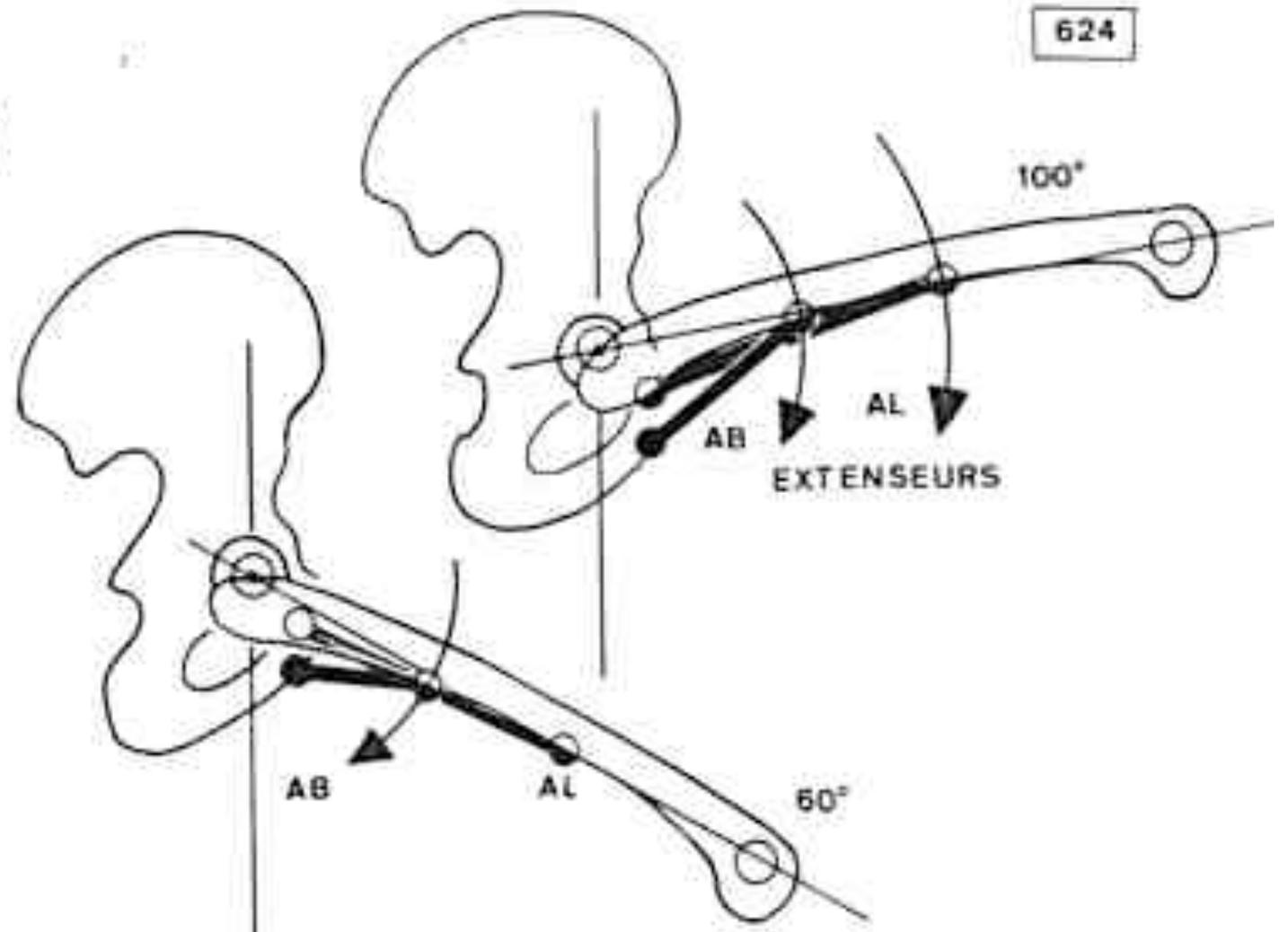
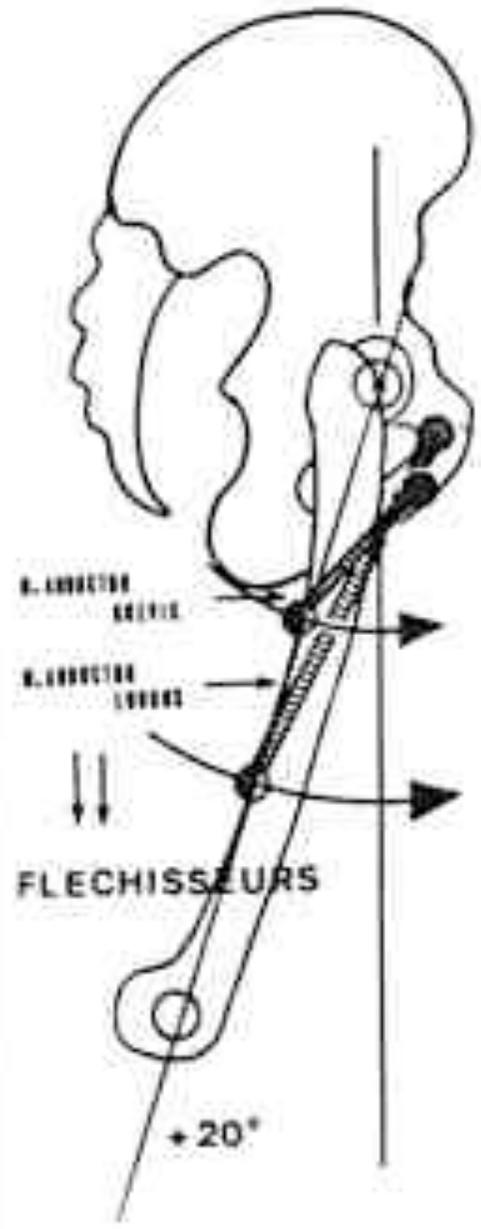
■ **Certains muscles ont une action inversée ou de puissance variable selon le positionnement du fémur:**

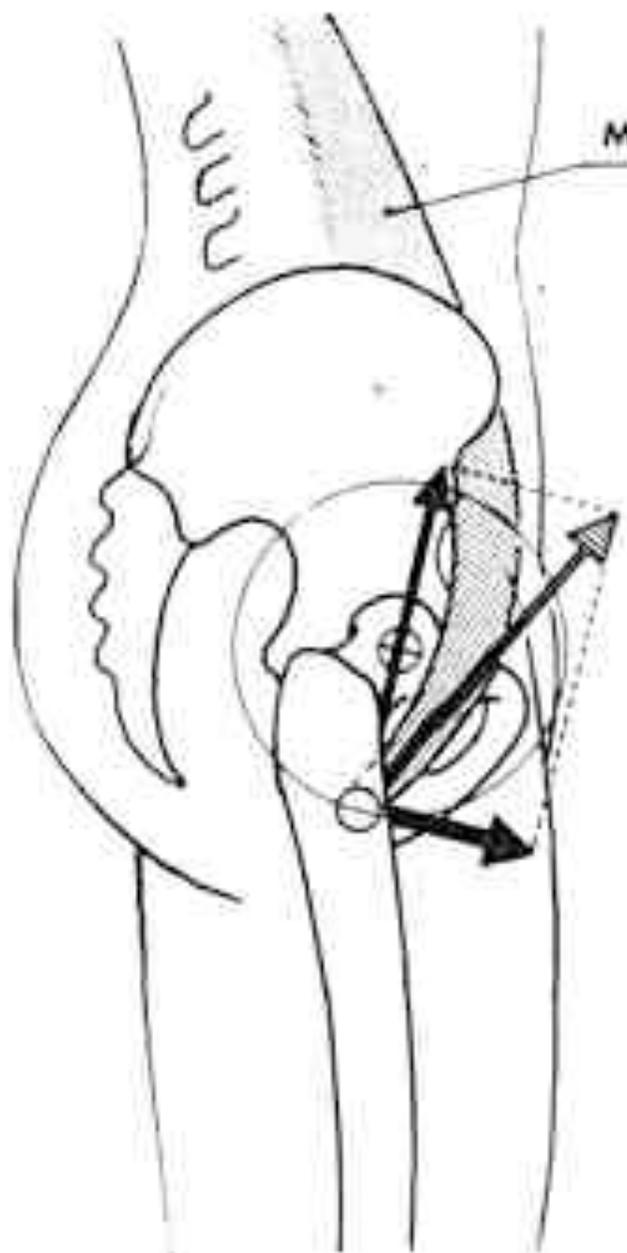
■ **Ainsi les adducteurs sont fléchisseurs de 0 à 50° et deviennent extenseurs à partir de 60°**

■ **Le psoas a une plus grande puissance de flexion lorsque la hanche est en flexion (axe psoas perpendiculaire au fémur)**

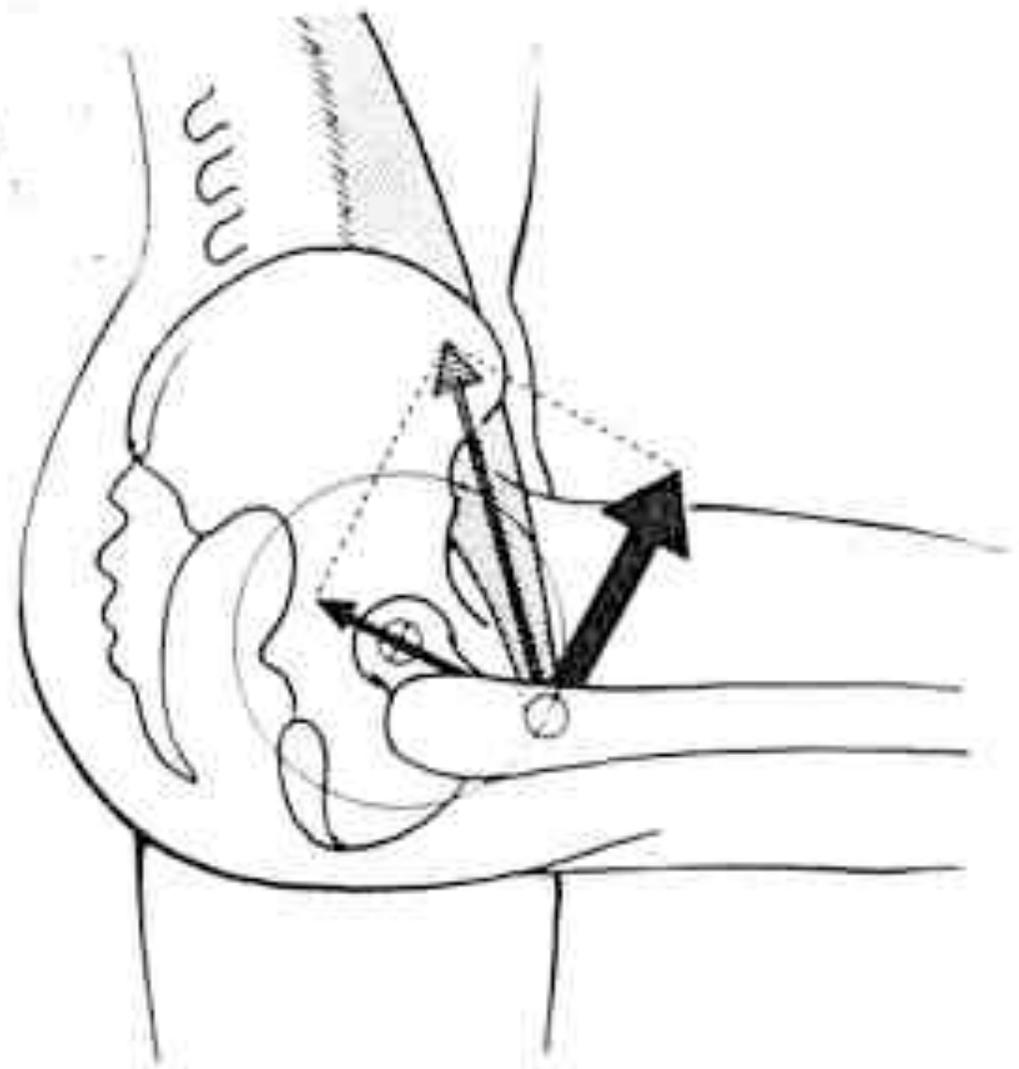
# INVERSION des ACTIONS MUSCULAIRES

624



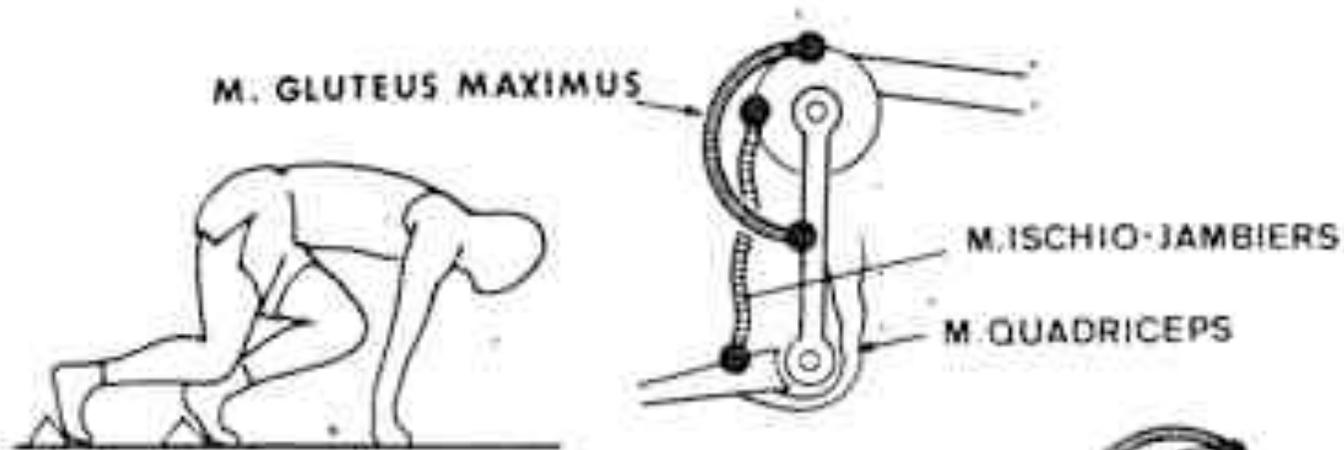


M. ilio psoas



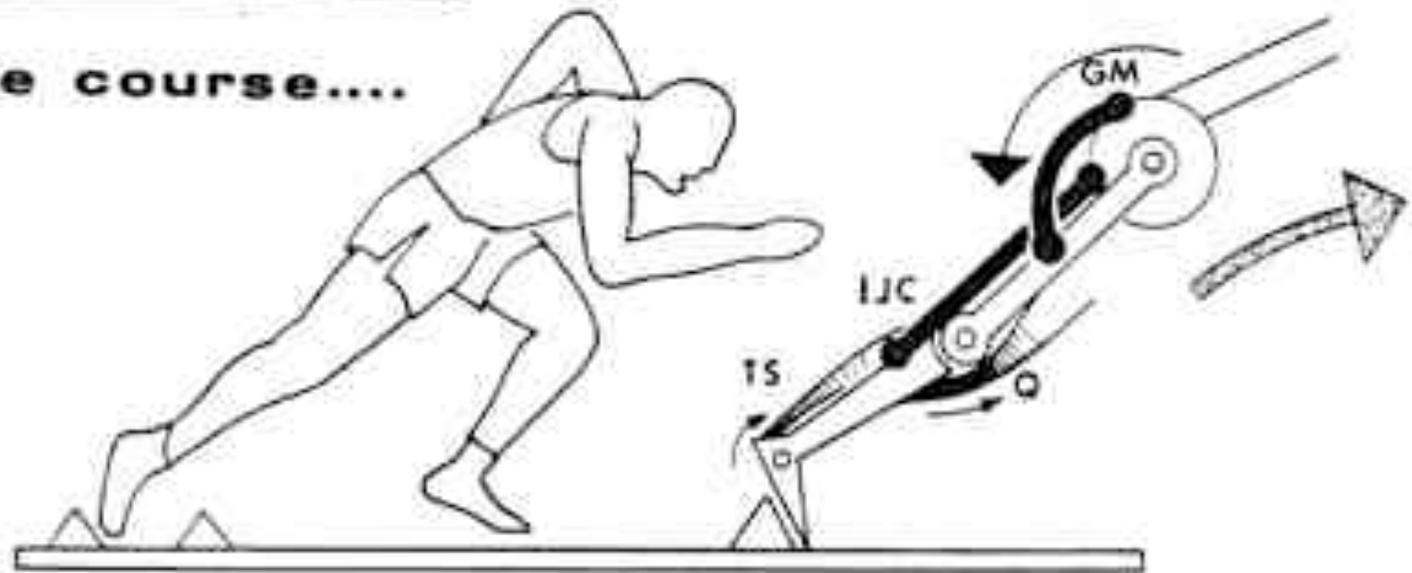
La composante de flexion de  
l'illo-psoas ↗ avec la flexion

- **Extension est favorisée par la position de départ de course:**
  - T1 grand fessier tendu, et IJ détendu
  - T2 mise en tension des IJ par extension du genou (contraction du Q)
  - T3 position optimale du GF et des IJ, en même temps que le Q et le Triceps se contractent



**un départ de course....**

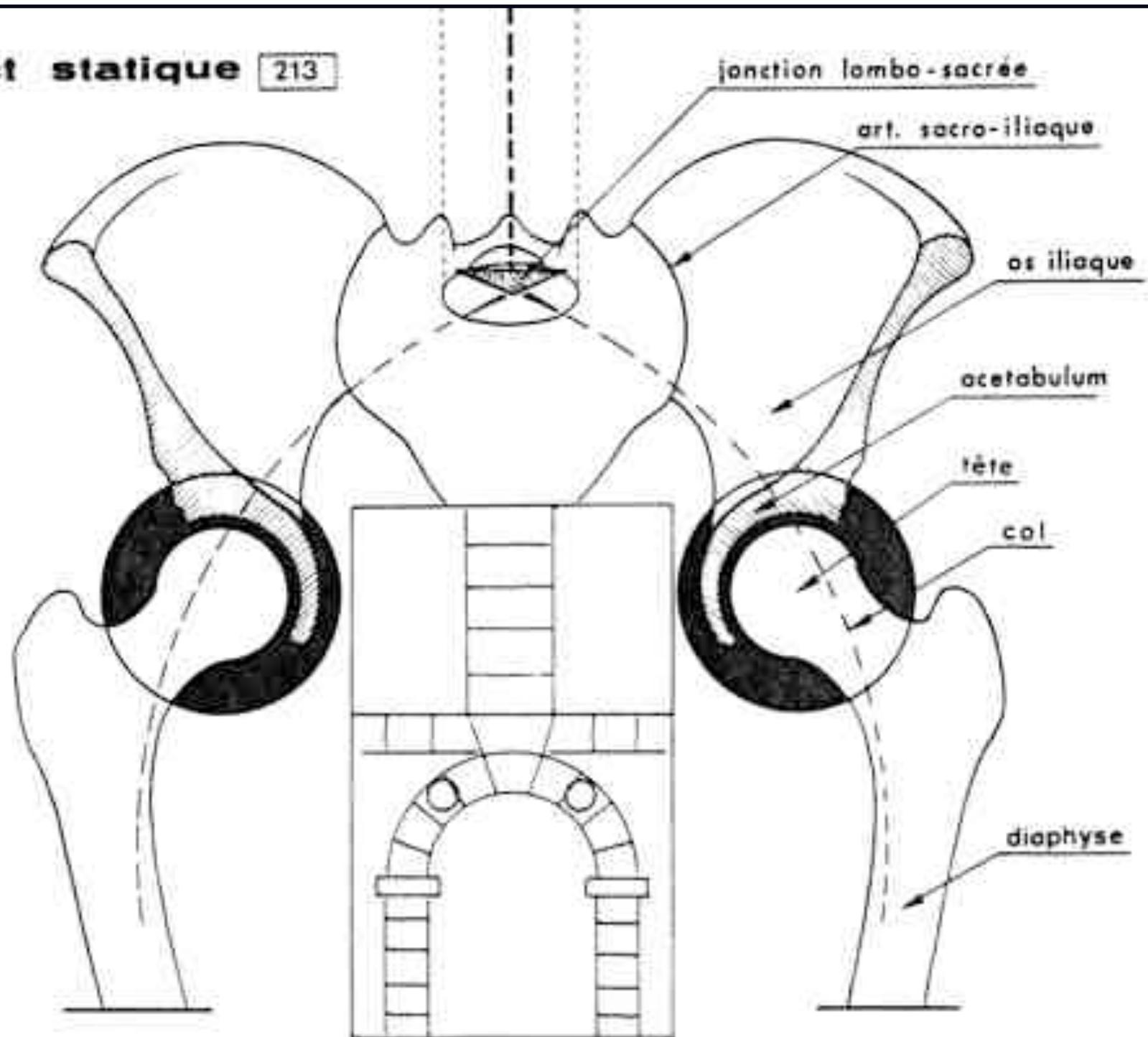
6252



# Les contraintes

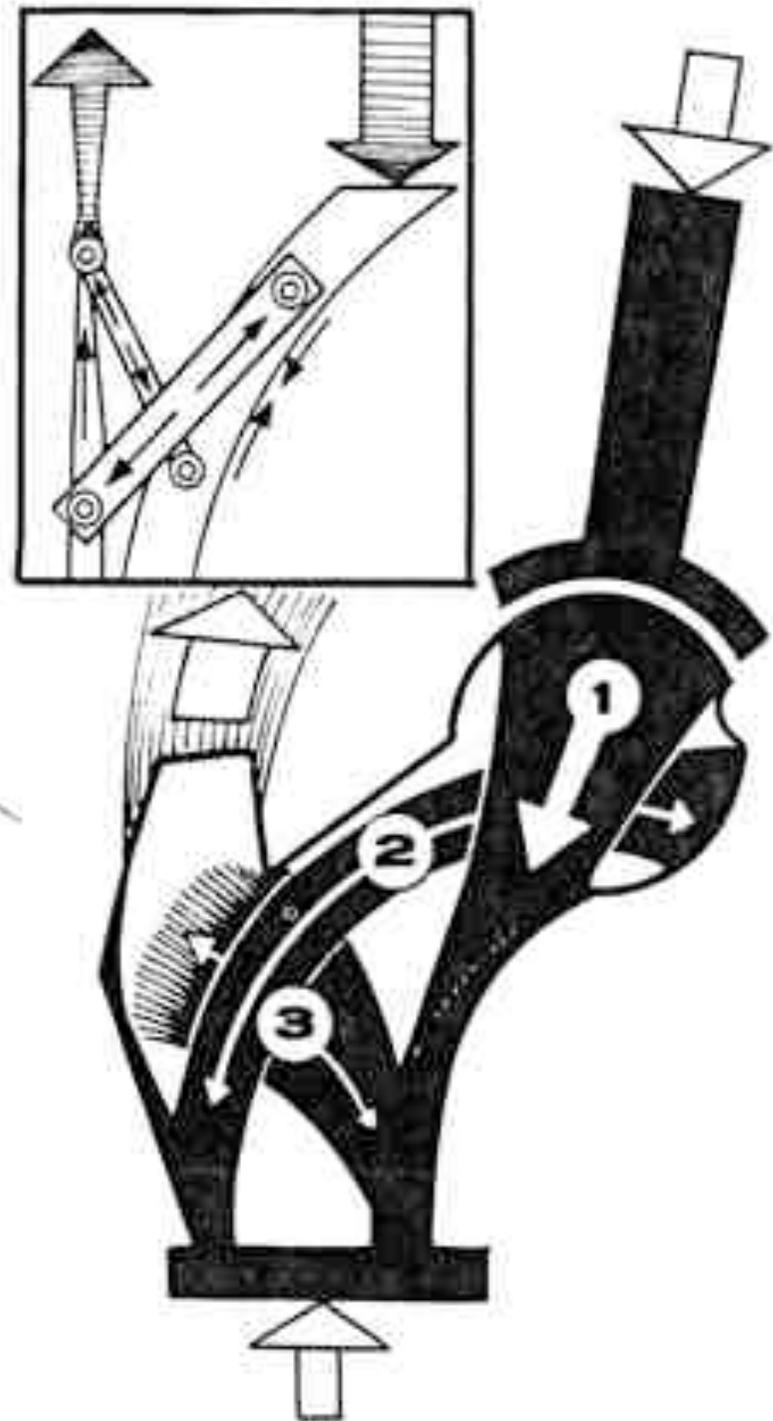
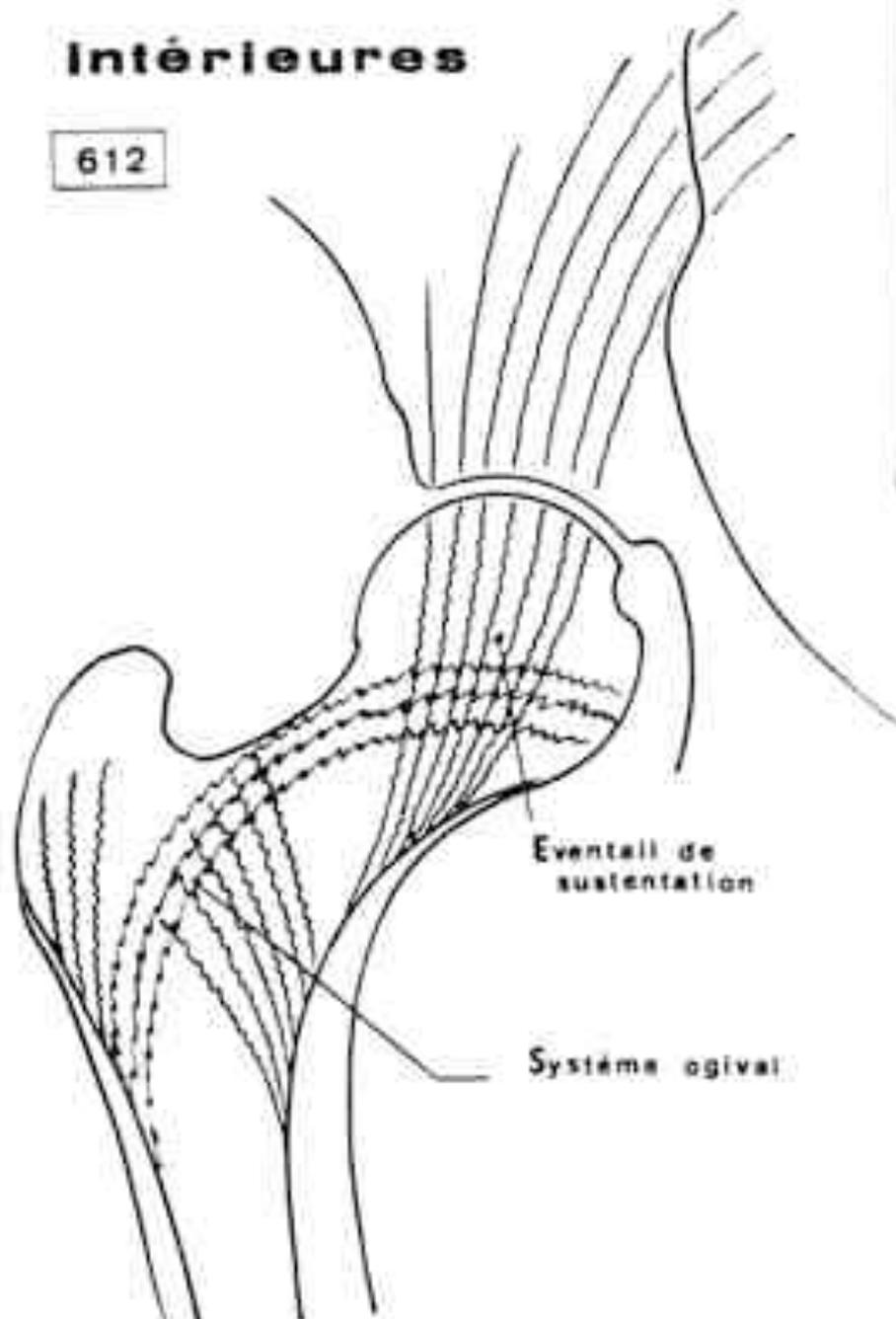
- La transmission des contraintes se fait grâce à un système ogival de travées osseuses entrecroisées
- Les travées osseuses sont en continuité entre le bassin et le fémur
- Il existe des contraintes
  - en compression supportées par le calcar et l'éventail de sustentation
  - en tension avec 2 faisceaux arciformes

**Aspect statique** 213



# Les formes Intérieures

612



# Les contraintes

- **Étude de Pauwels: balance**
  - Contraintes très élevées à la marche
  - Objectif: bassin horizontal
  - Comparaison à une balance:
    - Le fémur est la colonne portante
    - le bassin est le fléau
  - Poids du corps contre balancé par abducteurs
    - bras interne du fléau + grand que l'externe car le Centre de gravité est décalé
    - résultante des forces = 4 fois poids du corps
  - Résultante R oblique pour meilleur répartition sur le cartilage

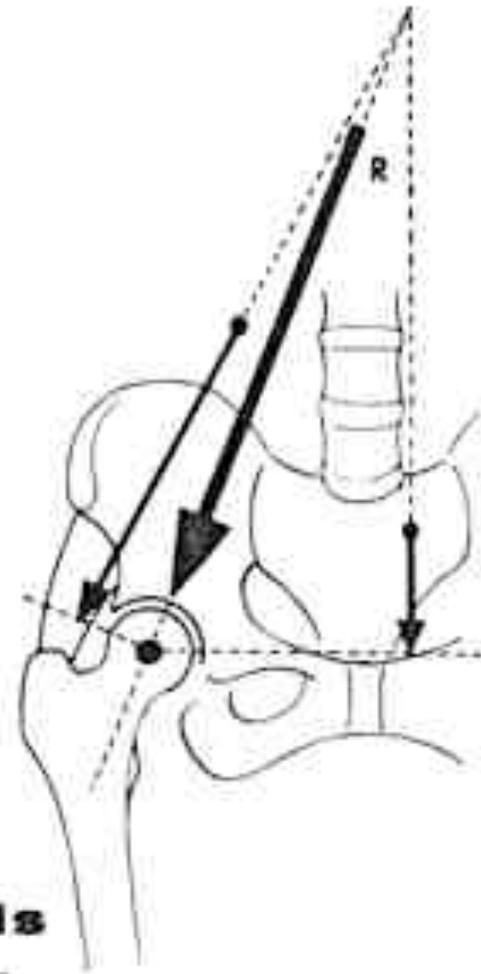
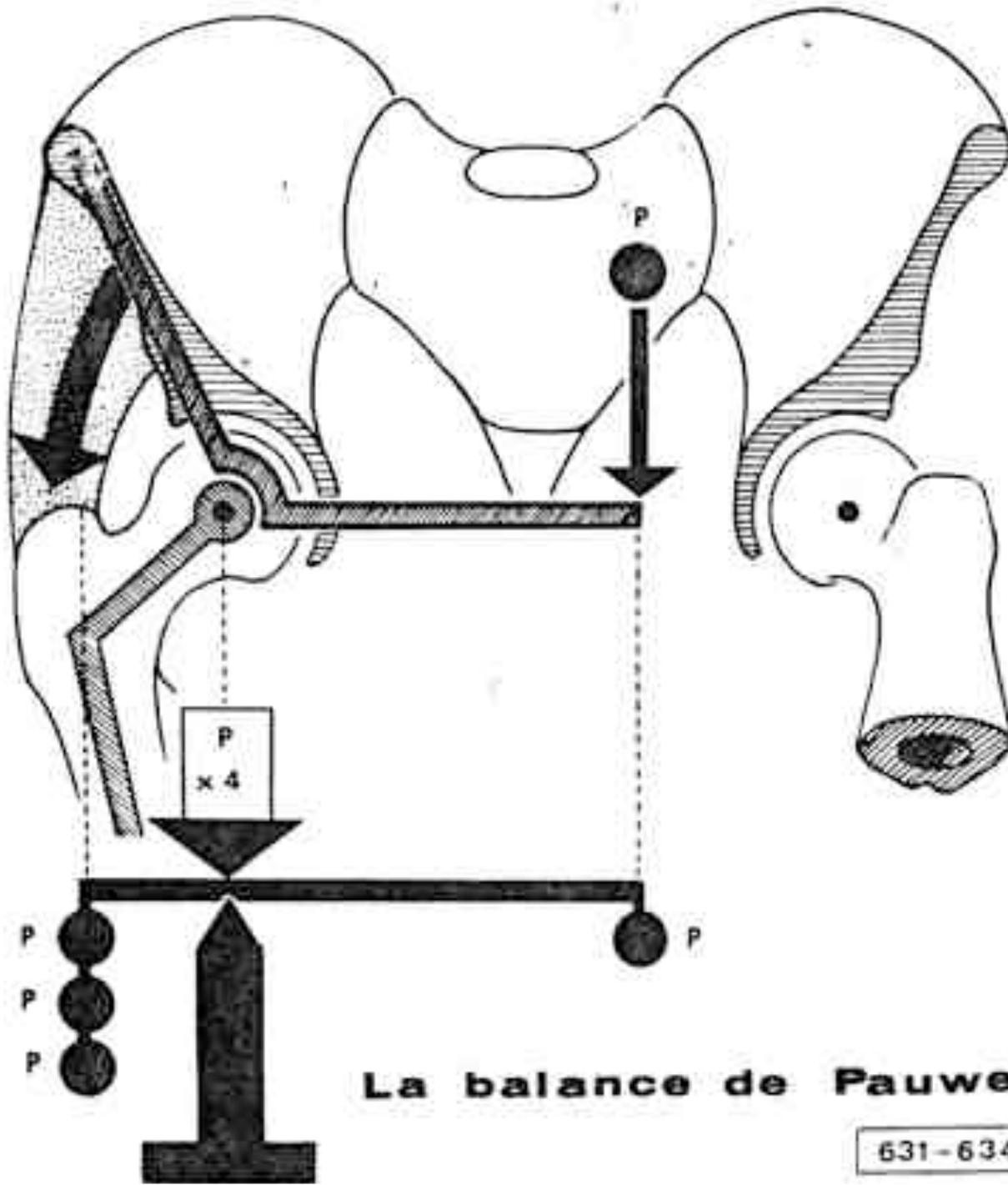


SANS MUSCLES



abducteurs

fascia lata



**La balance de Pauwels**

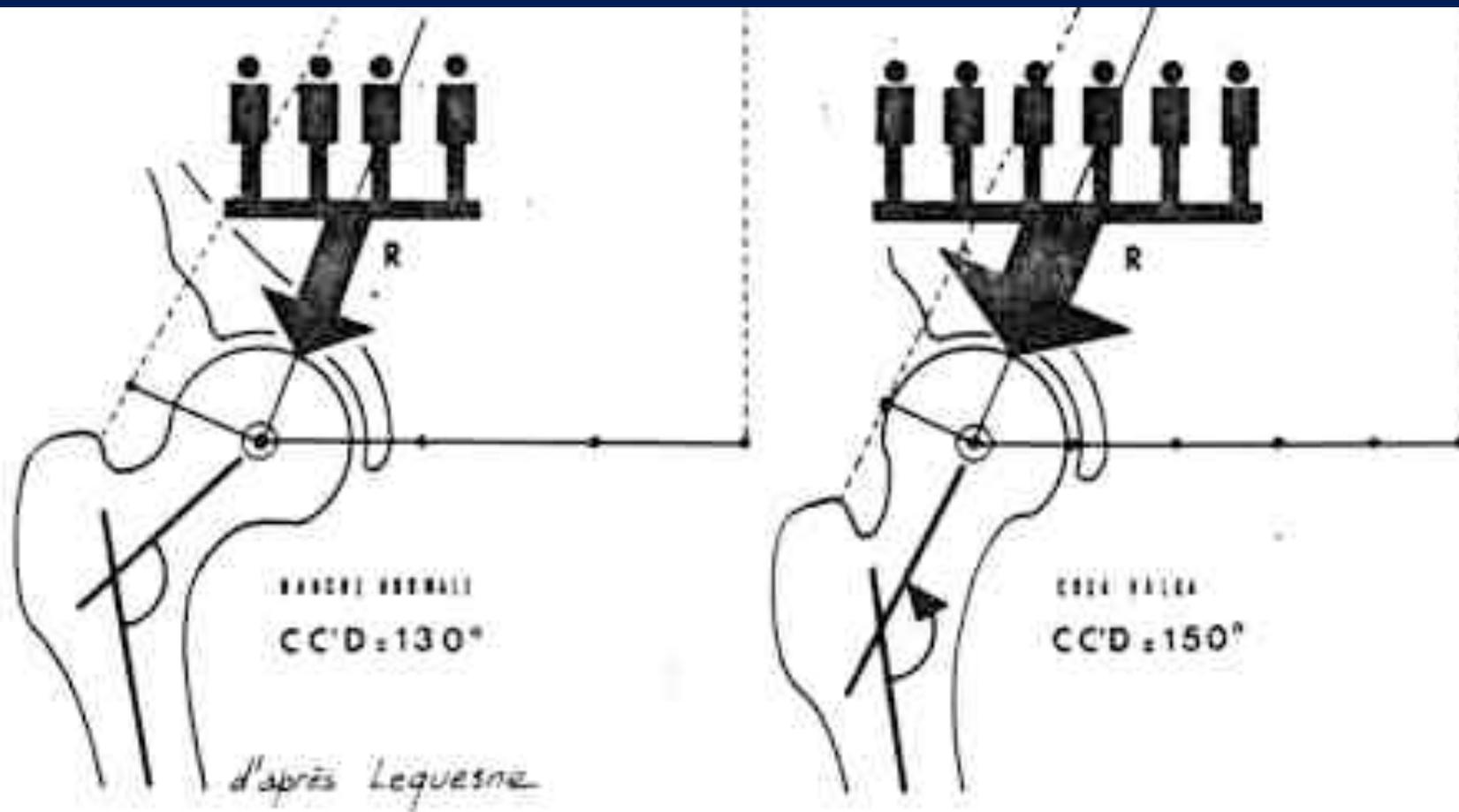
631-634

# Les contraintes

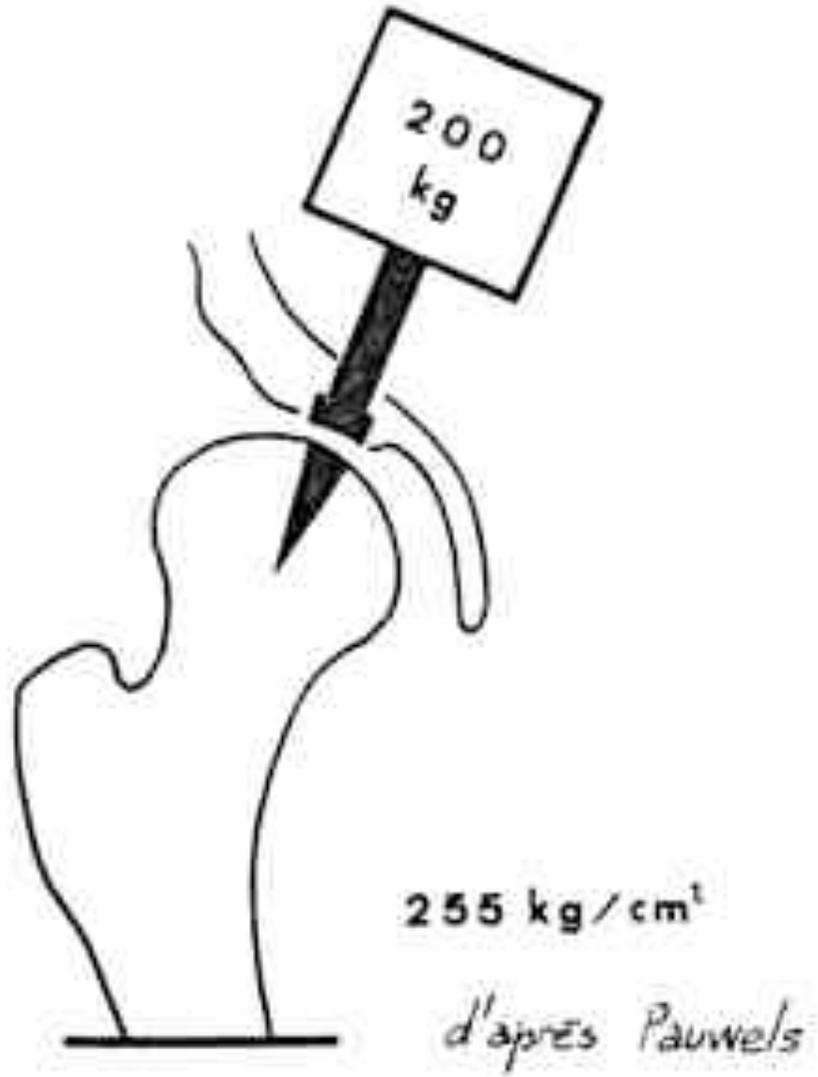
- **Contraintes modifiées par les anomalies fémorales ou cotyloïdiennes**
  - **Importances de connaître les valeurs normales (CC'D, VCA, VCE, HTE)**
  - **Dépistage des dysplasies et leur traitement**
- **augmentation des actions et puissance musculaire augmentent les contraintes articulaires**

**$R = 2,5$  à  $3$  fois  $P$  si appui bipodal**

**$R = 3,5$  à  $4$  fois  $P$  si appui monopodal**



**Augmentation des contraintes si ↗ CC'D**



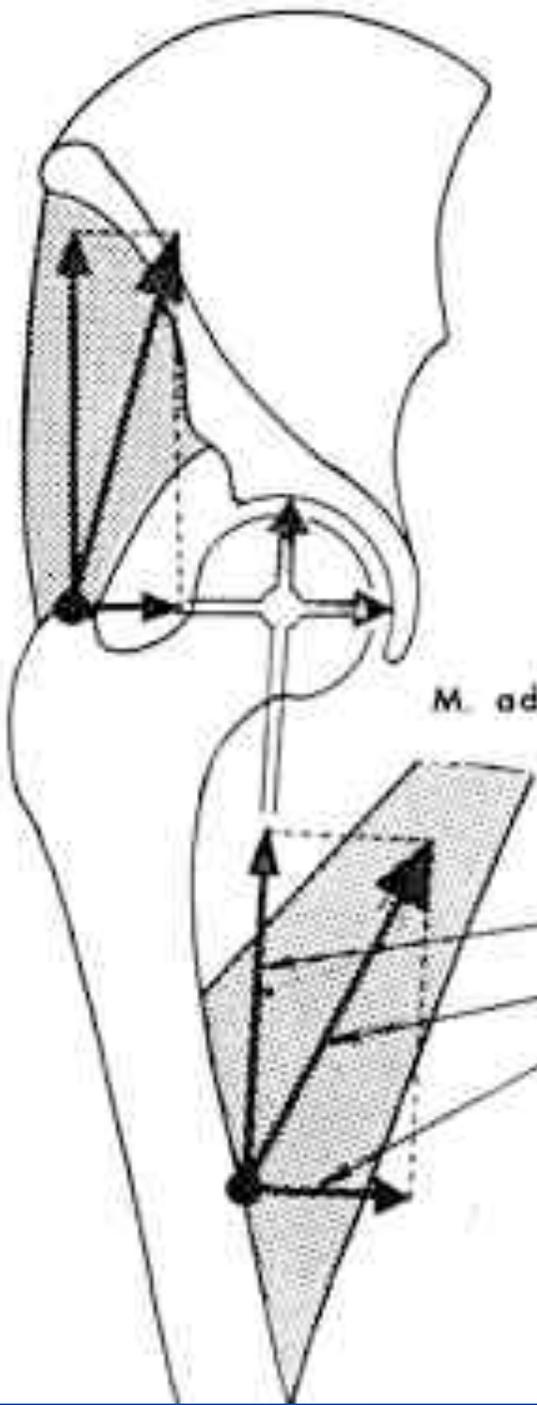
**Possibilités ↗ pression unitaire**

# Les muscles ↗ les contraintes articulaires

M. abducteurs

M. adducteurs

Composante stabilisatrice  
Resultante  
Composante rotationnelle



# CONCLUSIONS

- **Unité anatomique fonctionnelle non fixée**
- **Évolution dès la naissance grâce et par les contraintes**
  - Boule dans son moule
  - morphologie globale (dysplasie)
  - organisation interne (système ogival)
- **contraintes élevées sans anomalies donc encore plus élevées si anomalies, obésité, traumatisme**
- **Équilibre fragile = pathologie dégénérative fréquente (arthrose)**