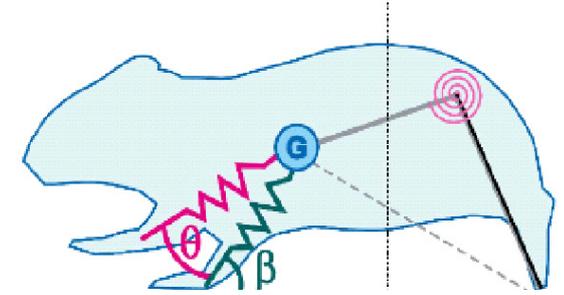


Locomotion



I Vertébrés nous sommes !

II (Bio)mécanique

III **Bipédie**



Rémi Hackert

Tel : 01 40 79 57 29

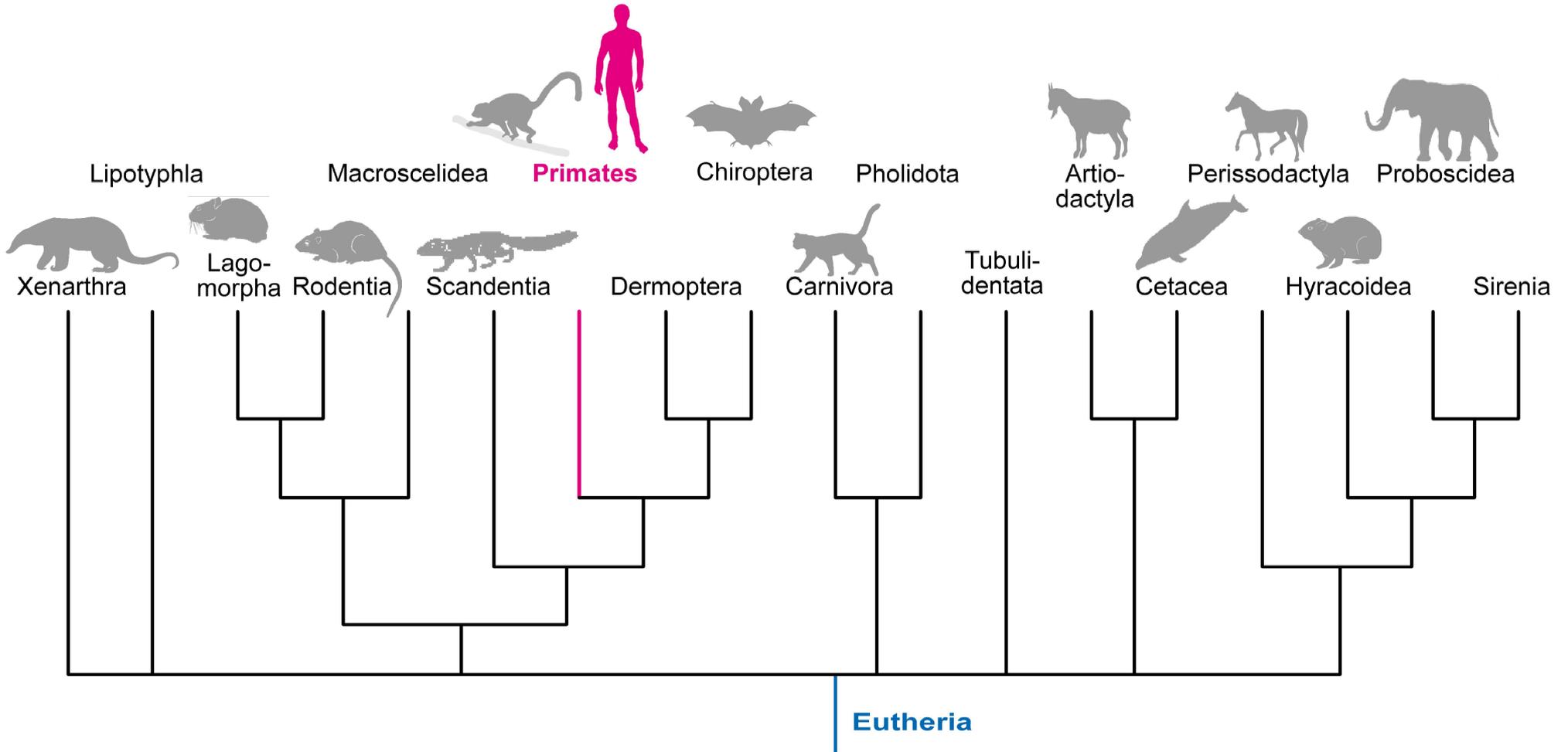
hackert@mnhn.fr

UMR MECADEV

ADERF 2018



Arbre phylogénétique des mammifères placentaires



Beaucoup de polyvalence

Hominoids

spécialisation

Prosimians

Anthropoids



Lemurs and lorises

Tarsiers

New World monkeys

Old World monkeys

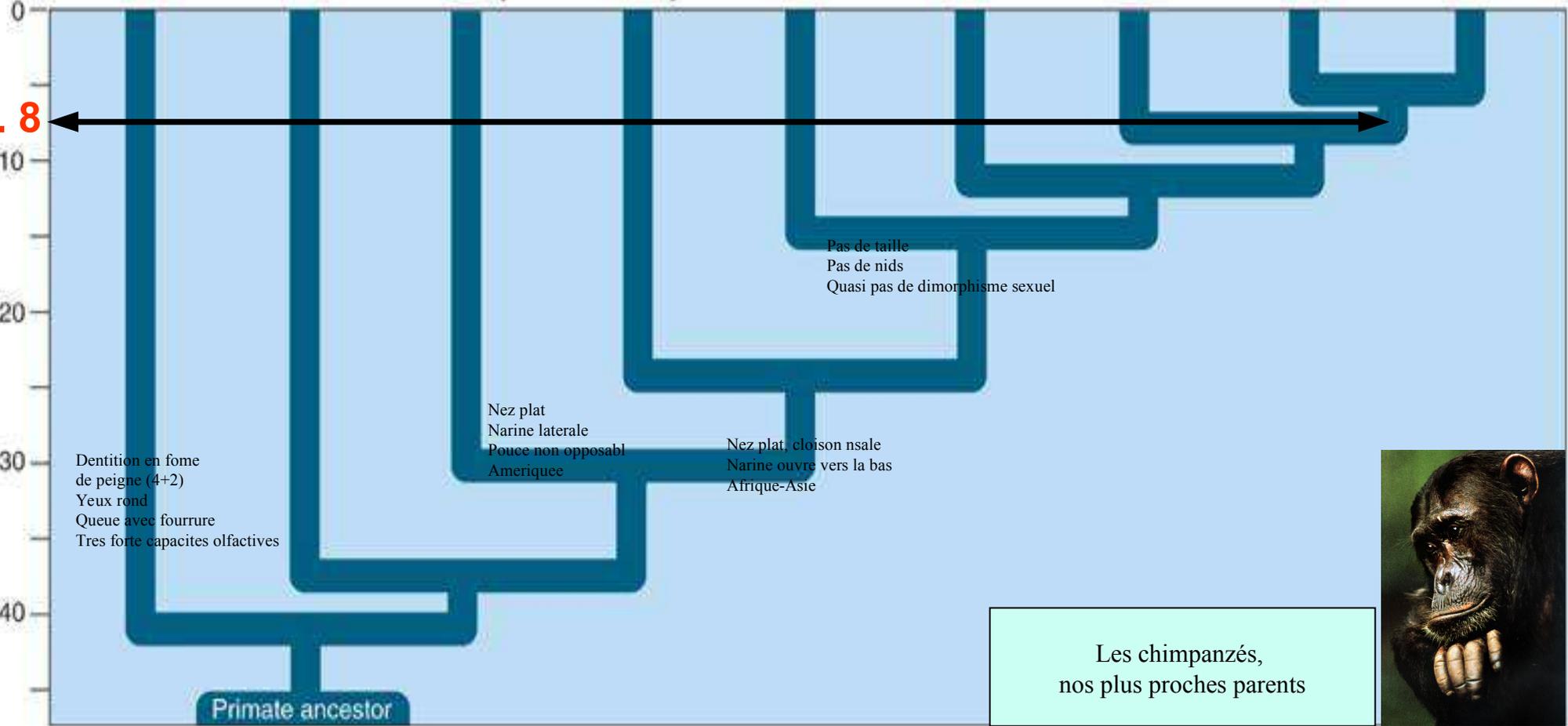
Gibbons

Orangutans

Gorillas

Chimpanzees

Hominids

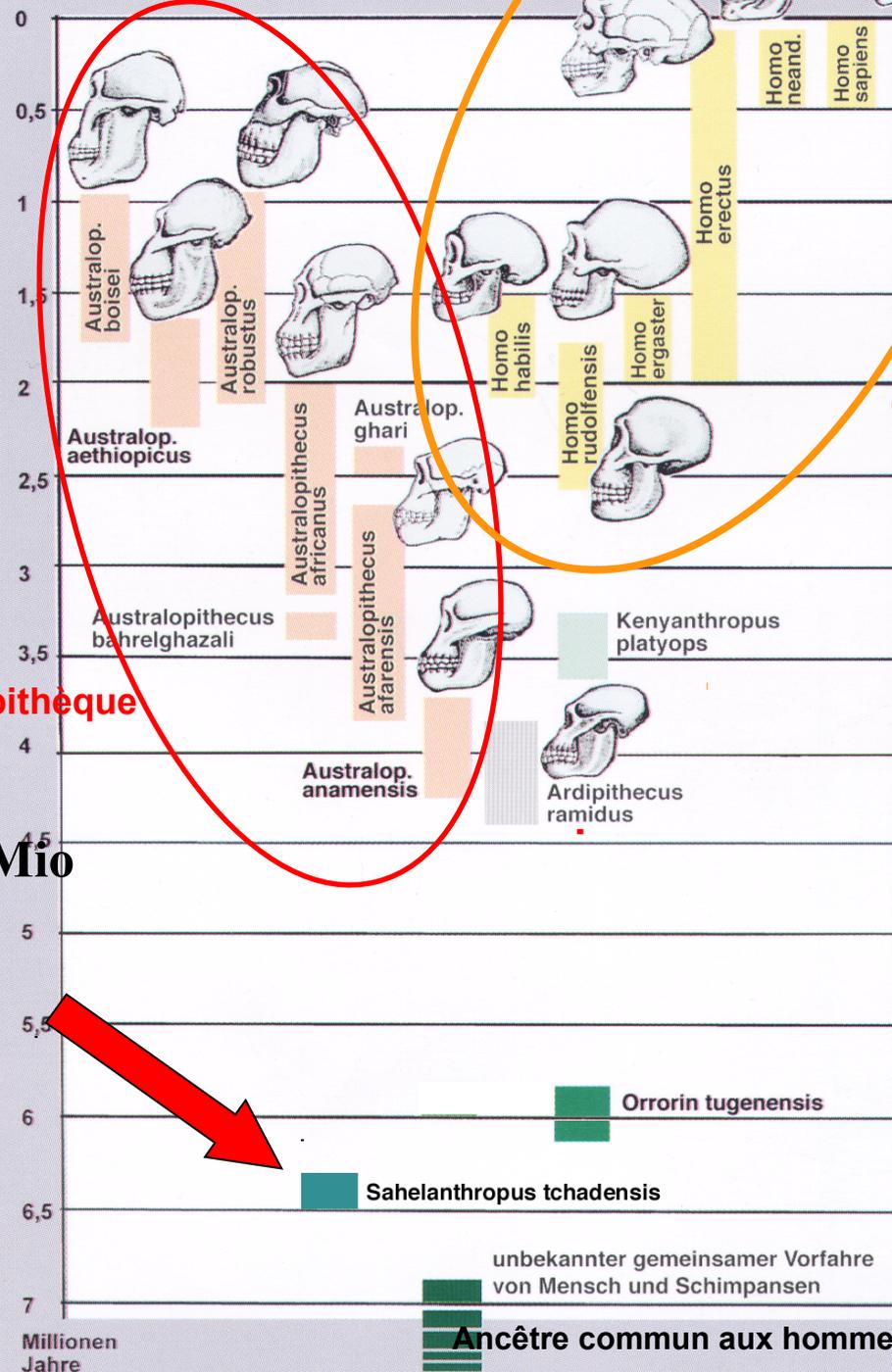


Les chimpanzés, nos plus proches parents



Nos ancêtres, depuis notre séparation d'avec le clade des Chimpanzés

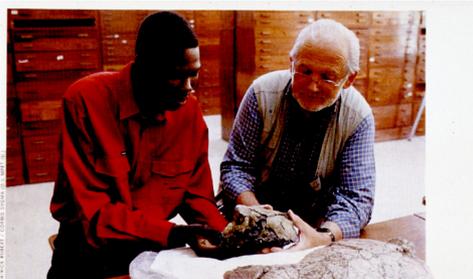
Beziehungen der verschiedenen Hominiden untereinander



Genre Australopithecus

Genre Homo

Sahelanthropus tchadensis il y a 6.3 Mio



Anthropologe Brunet (r.),
Schädel des Sahelanthropus tchadensis



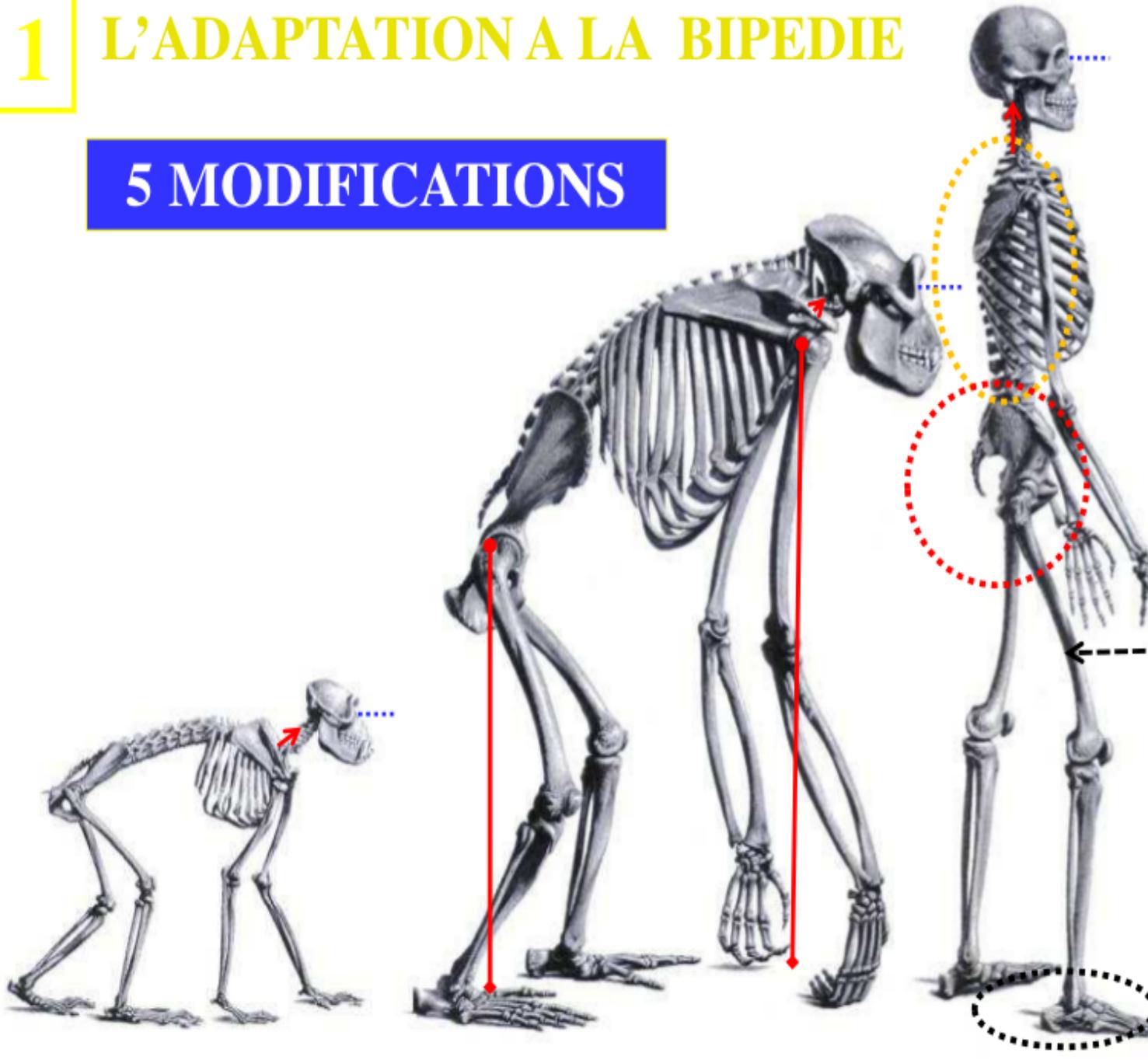
Brunet et al., 2002

Ancêtre commun aux hommes et aux chimpanzés

1

L'ADAPTATION A LA BIPEDIE

5 MODIFICATIONS



MACAQUE

GORILLE

HOMME

I

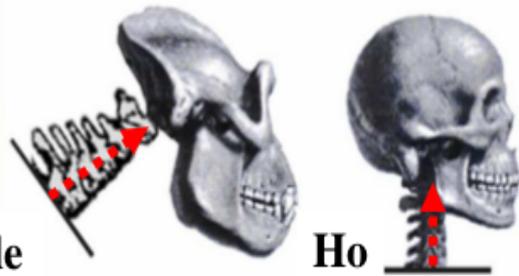
II

III

V

IV

I



gorille

Ho

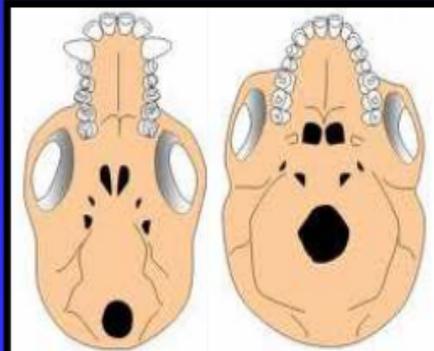
Attache du crâne
sur
la colonne vertébrale

Port de la tête

Articulation cranio-vertébrale
en position antérieure
sous le crâne

=> Crâne en équilibre
sur
la colonne cervicale

Postérieur Antérieur



Go

Ho

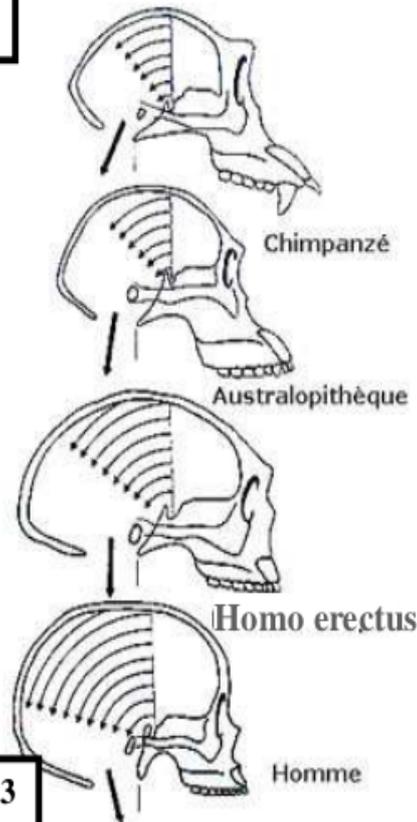
Trou occipital



gorille

homme

400 cm³

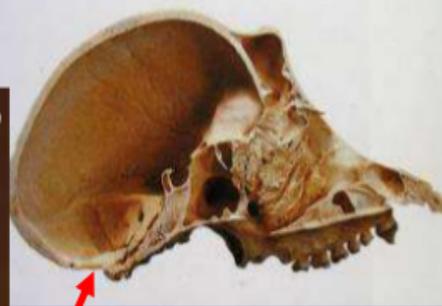


1400 cm³



Australop. H. erectus

	Chimpanzé	Homme
stade foetal		
stade adulte		



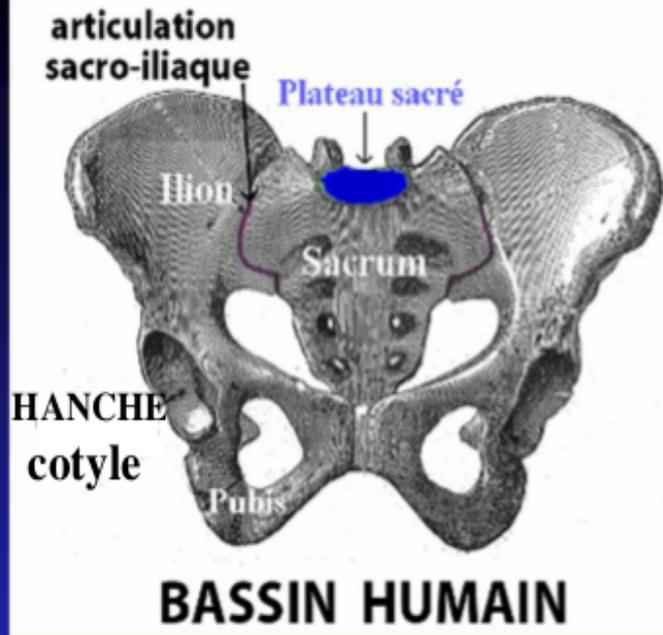
Migration postérieure
du trou occipital



Conservation
du caractère foetal

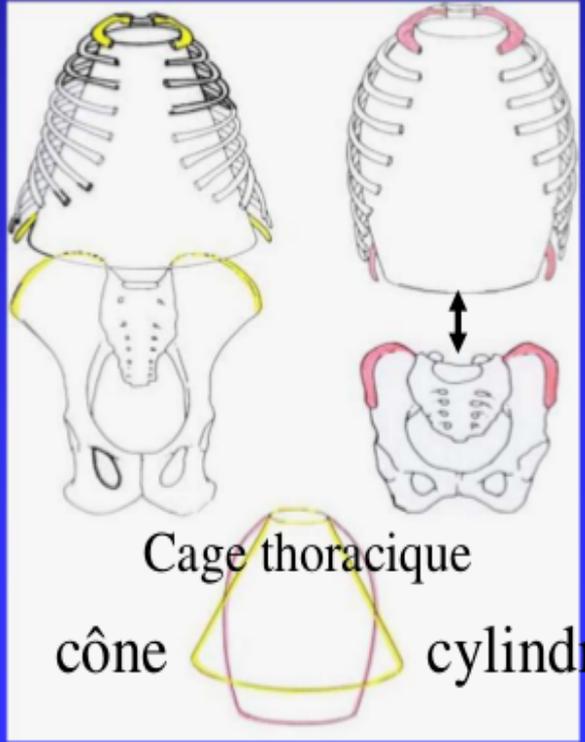
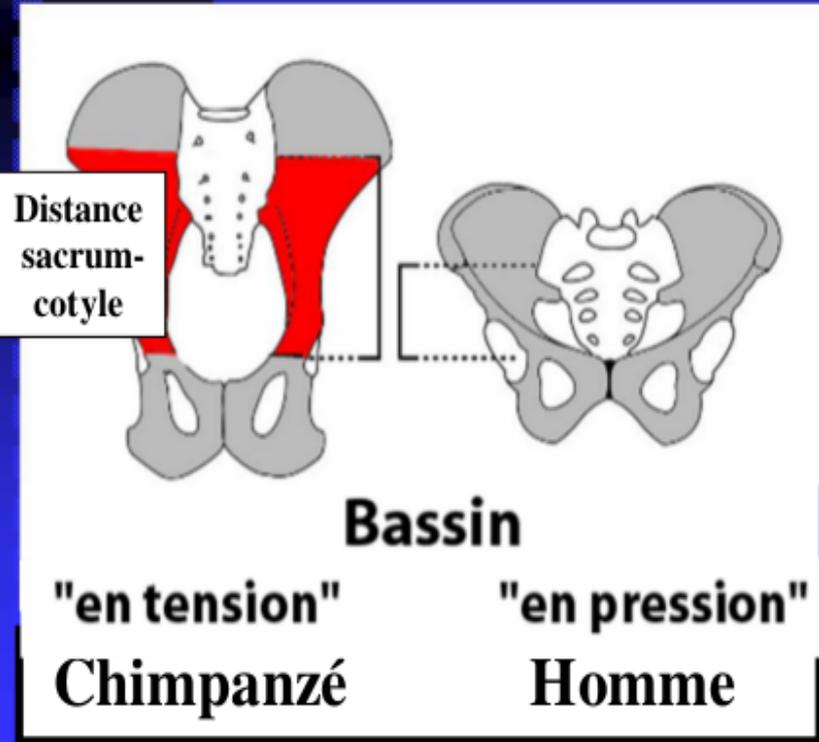
II

Un bassin court



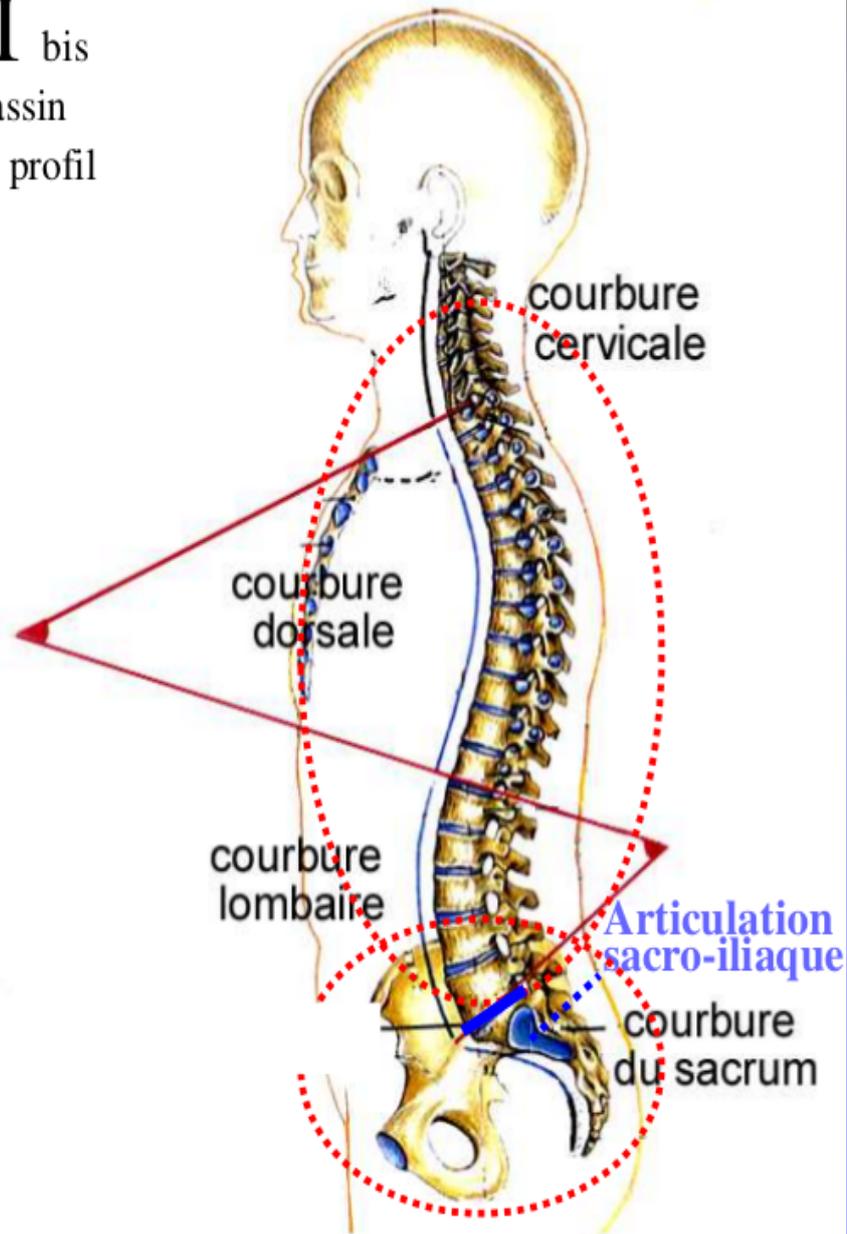
LUCY
3.2 m. a

Evolution
« en mosaïque »
des caractères



libération de la colonne lombaire

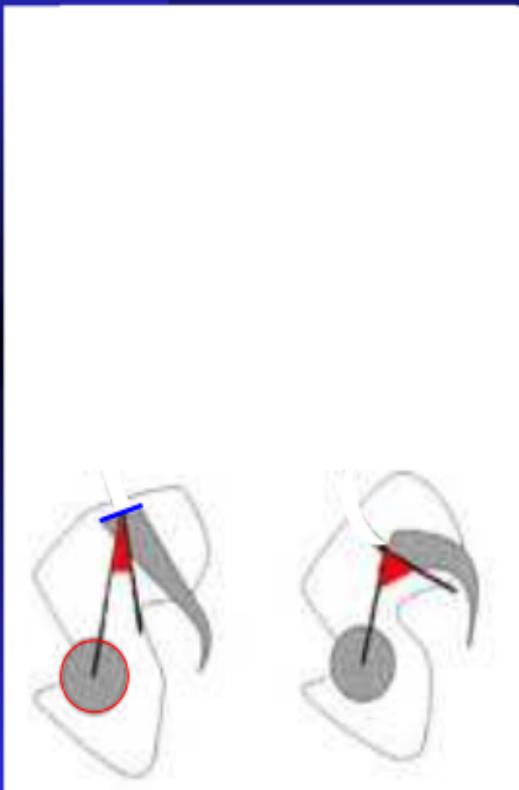
II bis
Bassin
en profil



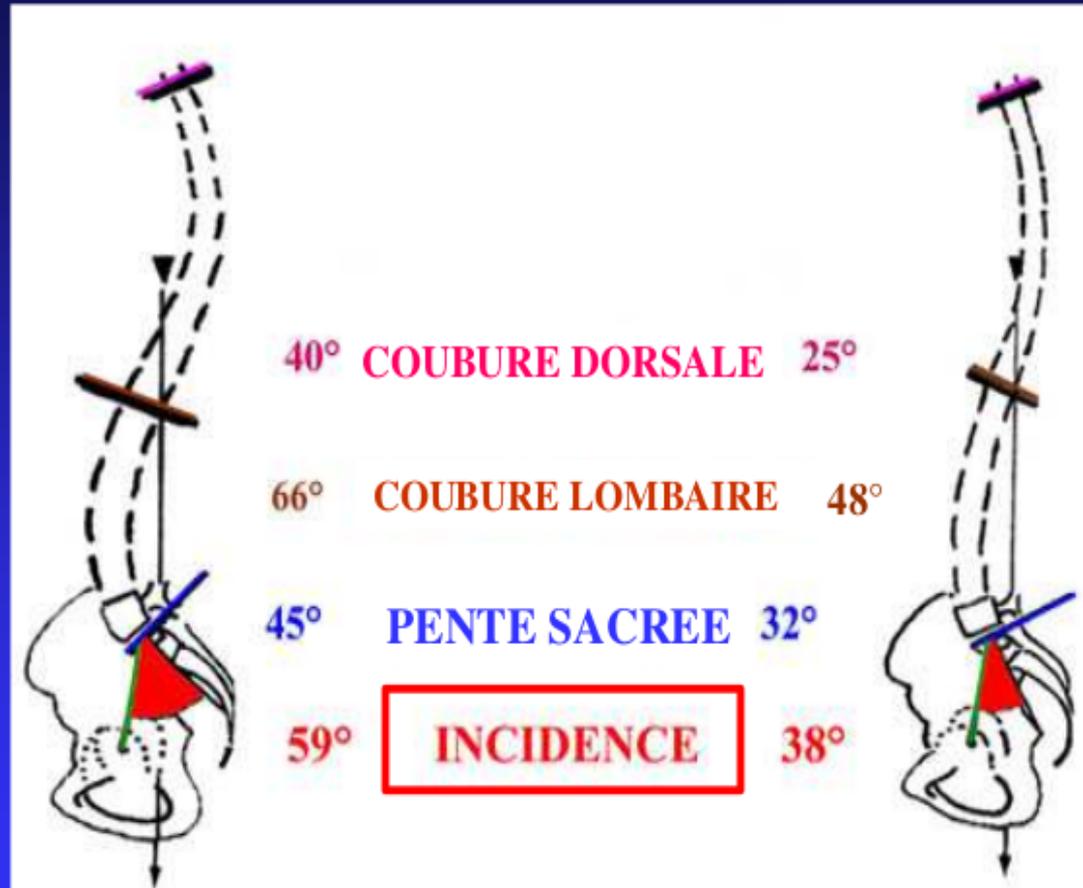
Courbure unique
dorso-lombaire

ROLE DU BASSIN DANS LES COURBURES VERTEBRALES

Angle
d'incidence sacrée



Angle découvert
par radiologie

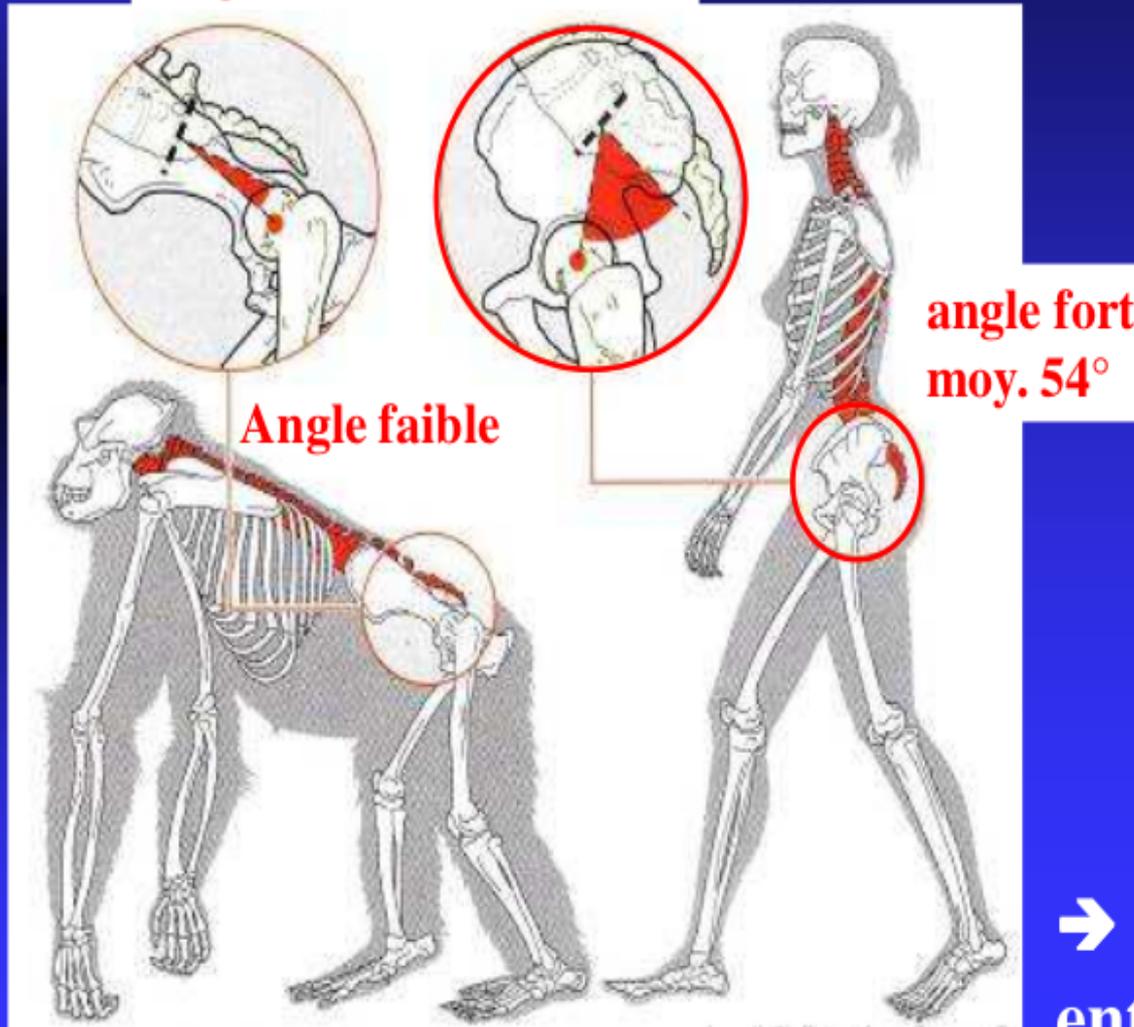


**L'INCIDENCE CONTROLE LE DEGRE
DES COURBURES VERTEBRALES**

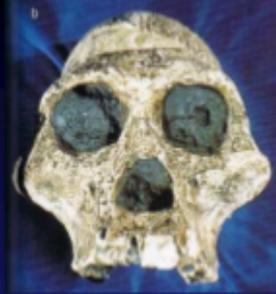
II bis

Un bassin donnant une bonne assise aux courbures de notre colonne vertébrale

Angle d'incidence sacrée



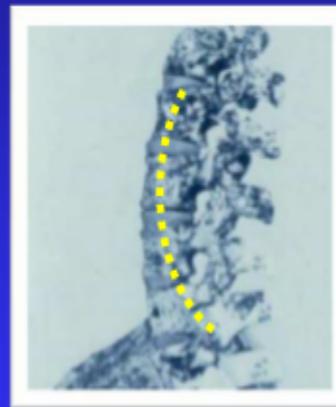
→ Un lien fonctionnel entre rachis et bassin



Enfant de Taung (3 ans)



STS 14



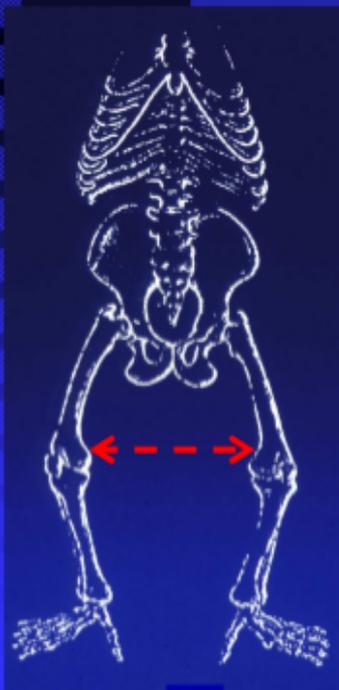
L'angle d'incidence
atteignait
les valeurs
basses de
l'homme

Australopithecus. africanus
« Miss Pleis » (Sterfontein, Afrique du sud)
2,5 m. a

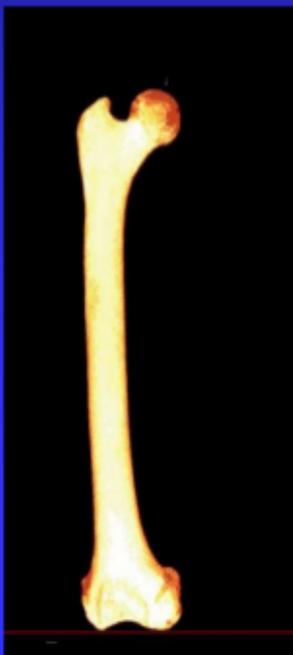
III

Un fémur devenu oblique

Genou
abducté

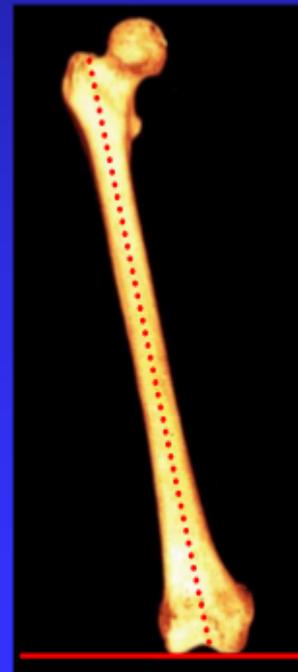


CHIMPANZE



Fémur rectiligne

CETTE
OBLIQUITE
PERMET
L'ADDUCTION
DES
MEMBRES
INFERIEURS



Fémur oblique

Genou
adducté



HO

CHEZ LE NOUVEAU-NE

?????

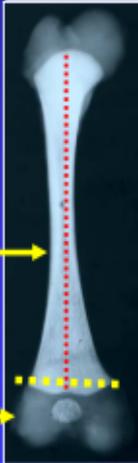
Os
en blanc

Cartilage
en gris



diaphyse →

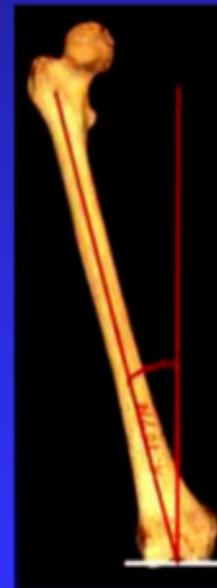
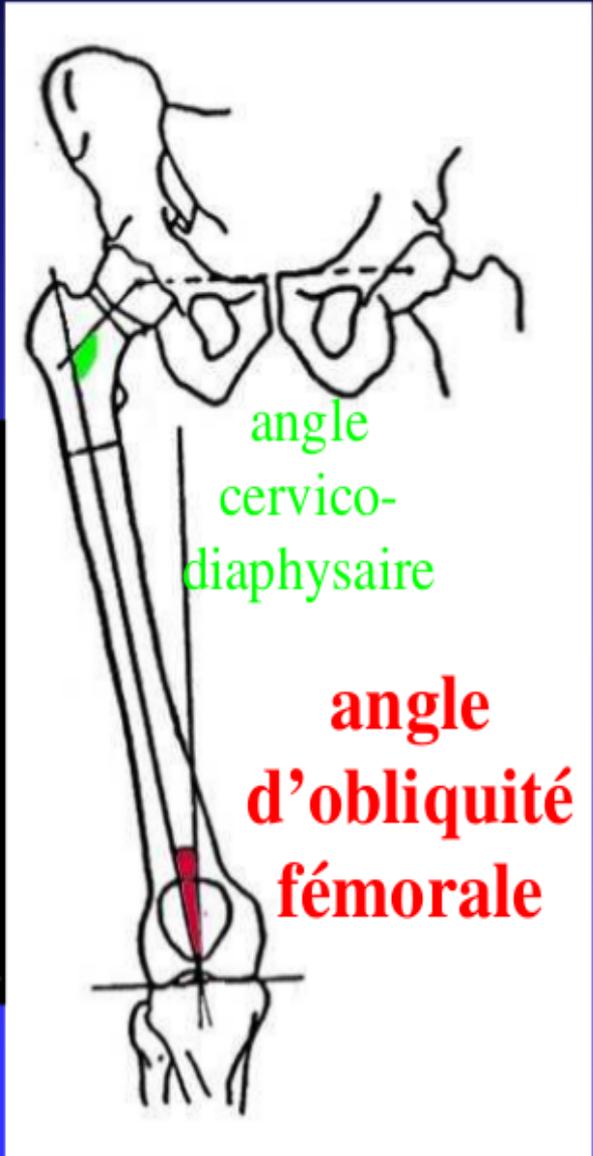
épiphyse →



cartilages
de croissance



CHEZ L'ADULTE



ADULTE

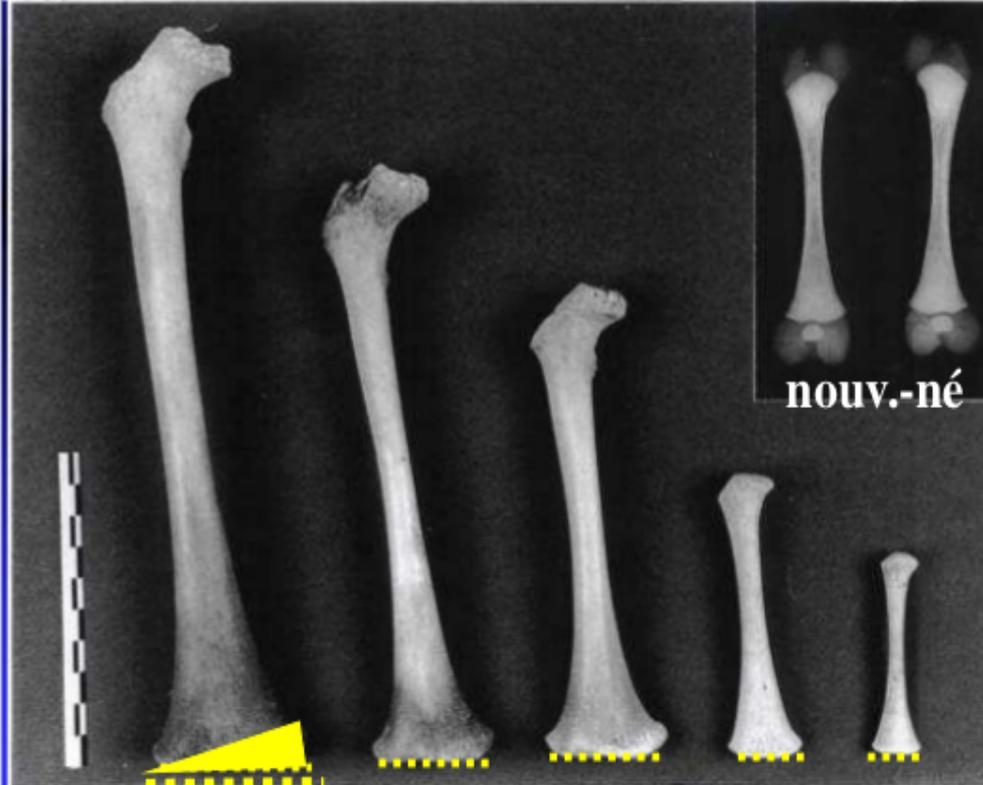
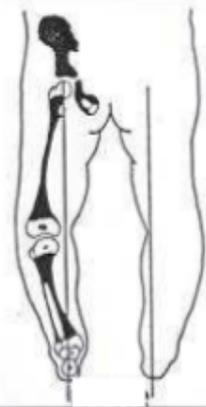
NOUVEAU-NE



Genoux rapprochés



Genoux écartés



7 ans

9°

5a.

9°

3a.

5°

6m.

1°

0m.

0°

Apposition osseuse plus forte du côté interne plus comprimé

Obliquité fémorale



ENFANT NON MARCHANT

8 ANS

C. Tardieu S. R. A. 1997

**L'obliquité du fémur
ne se forme qu'avec l'apprentissage de la marche
→ Un caractère épigénétique**

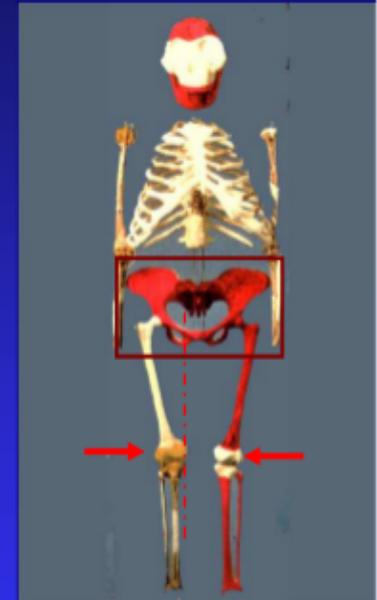
L'ADAPTATION A LA BIPEDIE COMPREND :

- **LA PART DE L'HERITAGE**

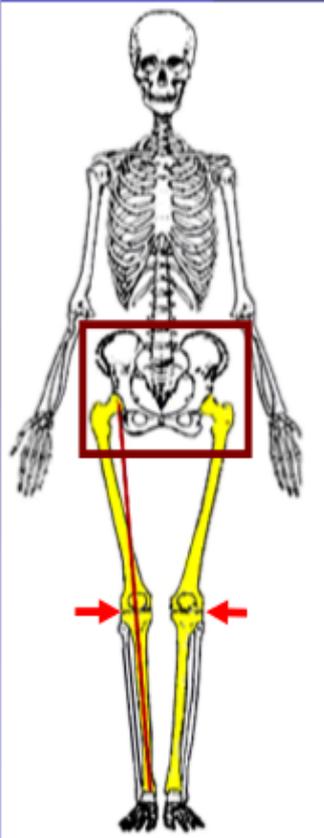
Résultat de la
sélection naturelle

- **LE ROLE DE L'APPRENTISSAGE**

L'ŒUVRE
D'AUJOURD'HUI



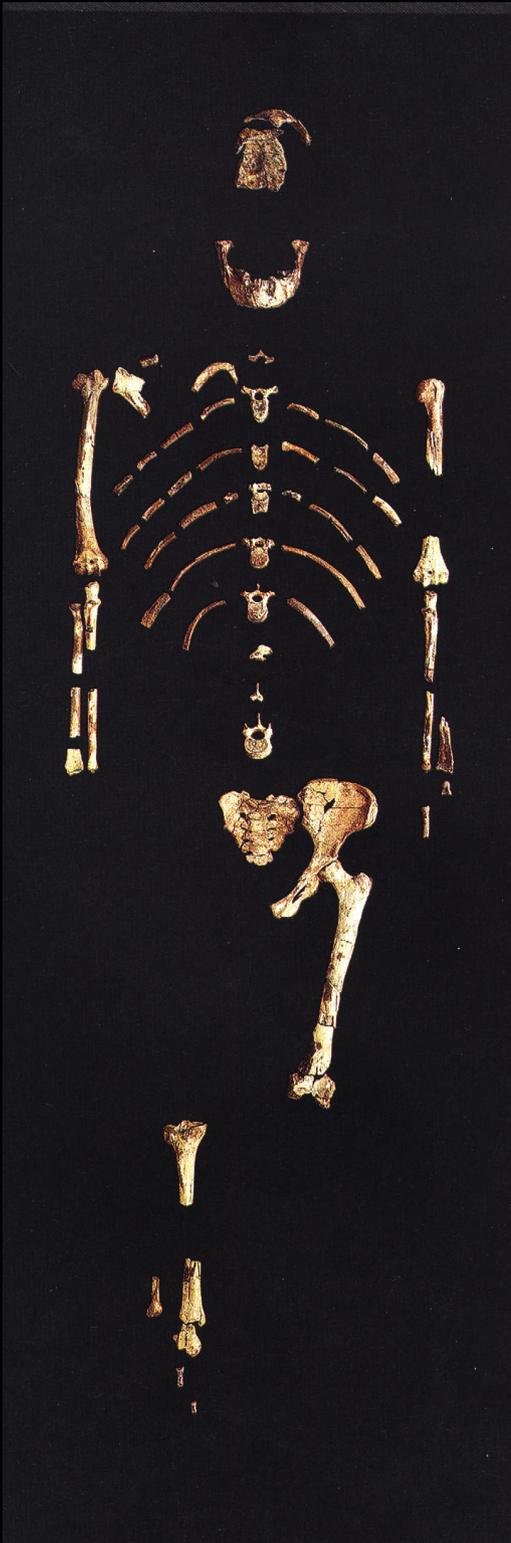
LUCY
3 m.a.



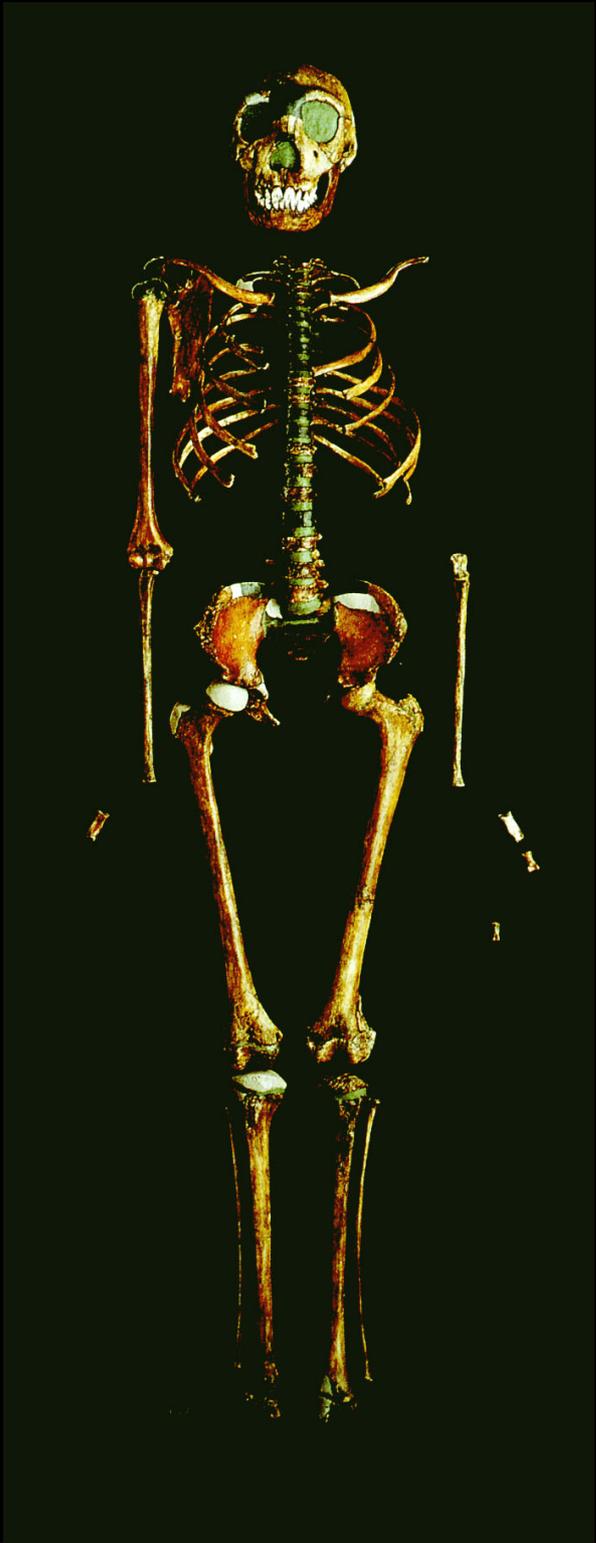
L'enfant australopithèque apprenant à marcher forgeait déjà son obliquité par sa propre action.

L'obliquité fémorale n'a jamais été incluse dans le génome depuis 3ma

Lucy
3.2 Mio
years



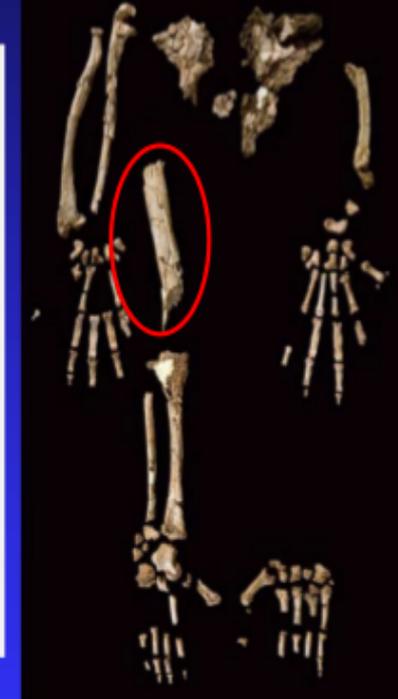
Turkana-
-Boy
1.6 Mio
years



**Aucune
obliquité
fémorale**

*Orrorin
tugenensis*

6 millions années



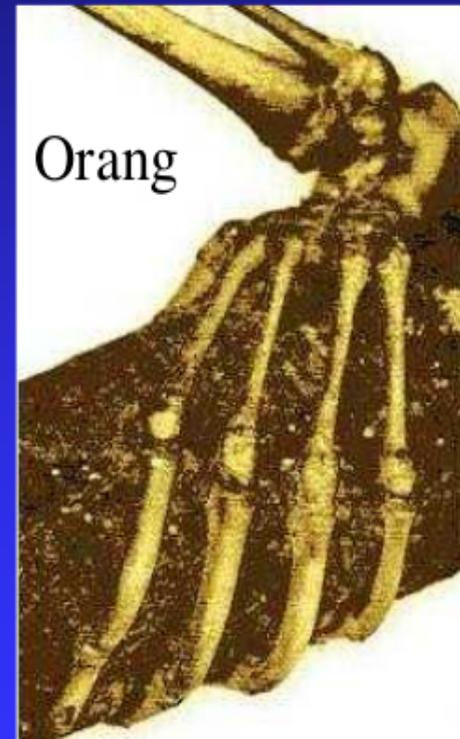
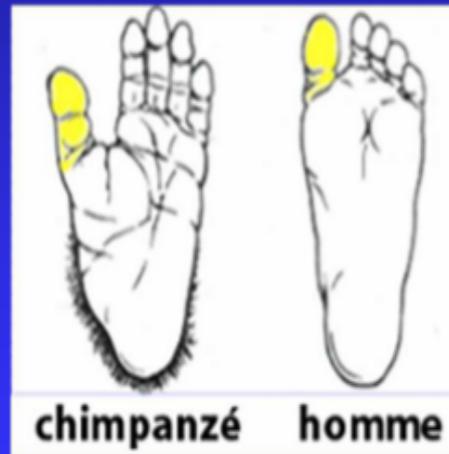
Ardipithecus ramidus
(Aramis) Ethiopie

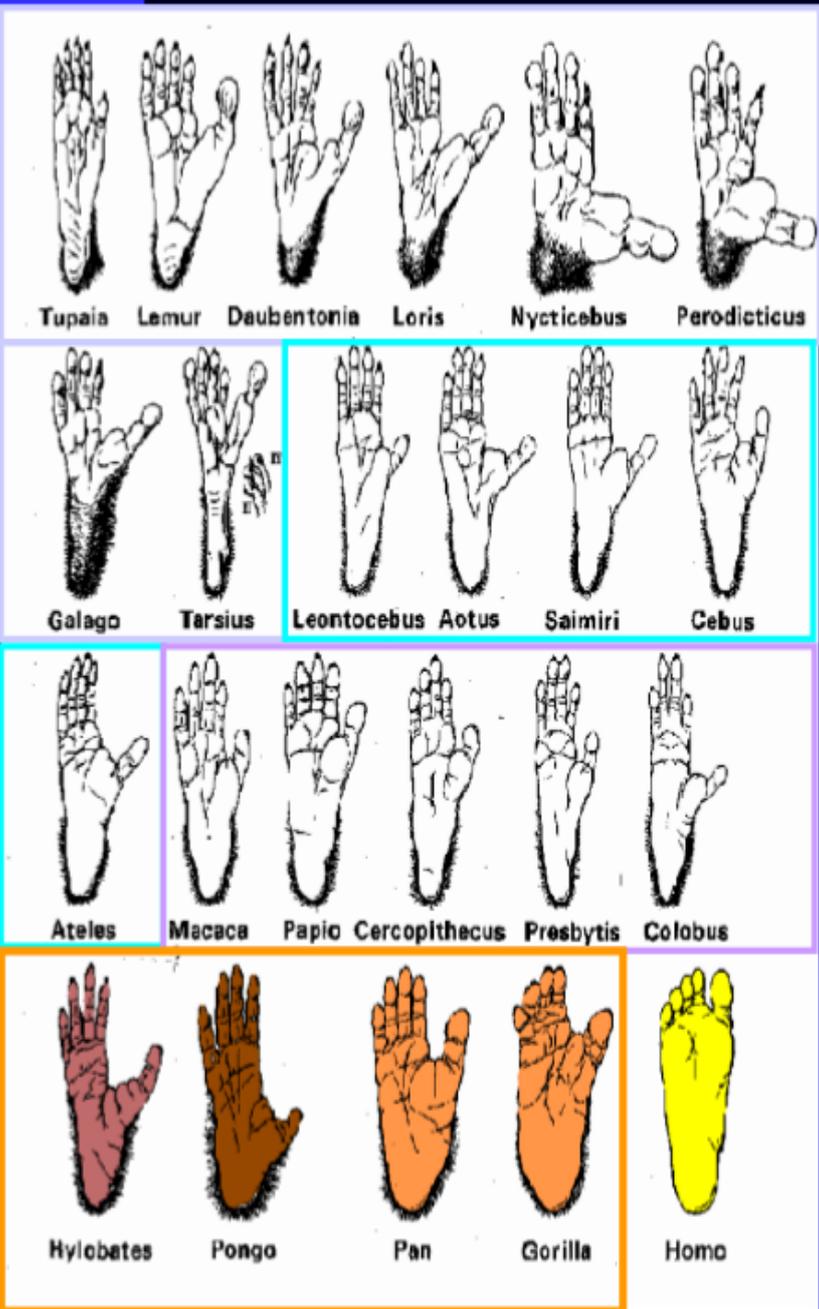
4.4 millions années



IV

Un pied d'appui et de propulsion qui a perdu sa préhensilité





PROSIMIENS

Singes du nouveau monde

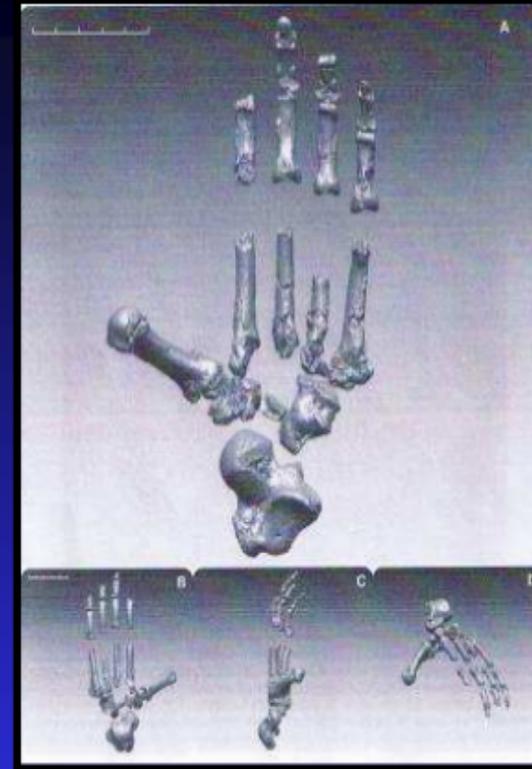
Singes de l'ancien monde

GRANDS SINGES

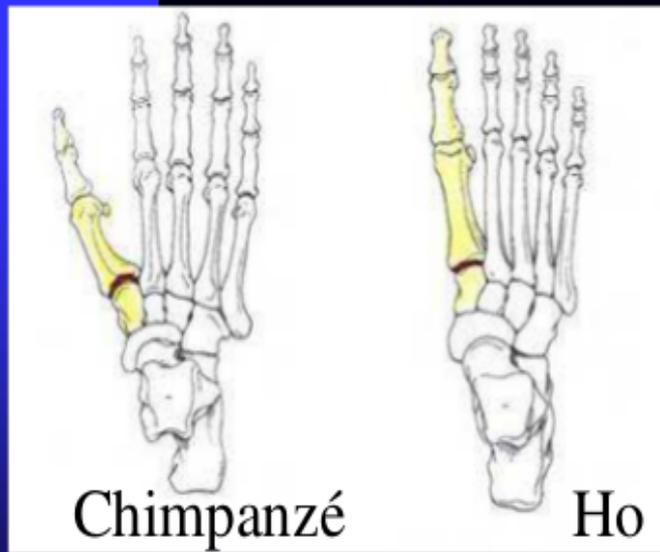
Ardipithecus ramidus

Ethiopie

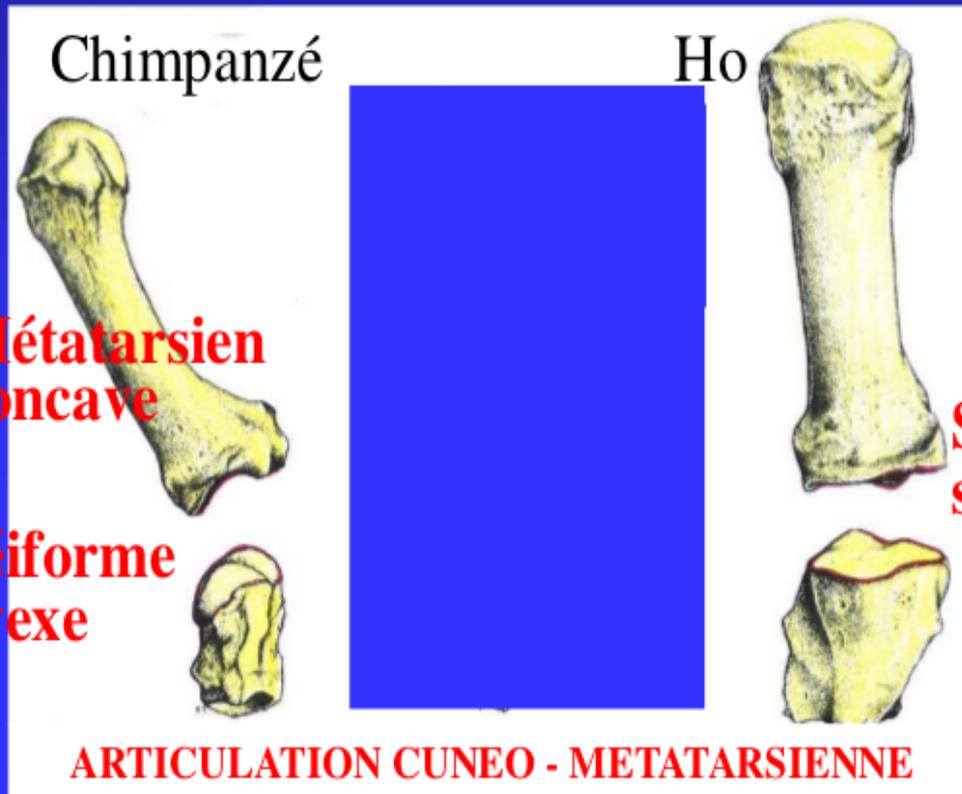
4.4 millions années



Pied préhensile
Abduction du pouce



permettant la mobilité de la pince



Homo habilis
 OH8
 1,8 millions d'années
 Olduvai (Tanzanie)

Evolution « en mosaïque » des caractères

Chimp.

OH8

chimpanzé

Sur un pied fossile,
une « mosaïque » de caractères

1er cunéif. 1er méta

Processus
plantaire
latéral

Ho

Chimp



Calcaneum gauche
Vue post.

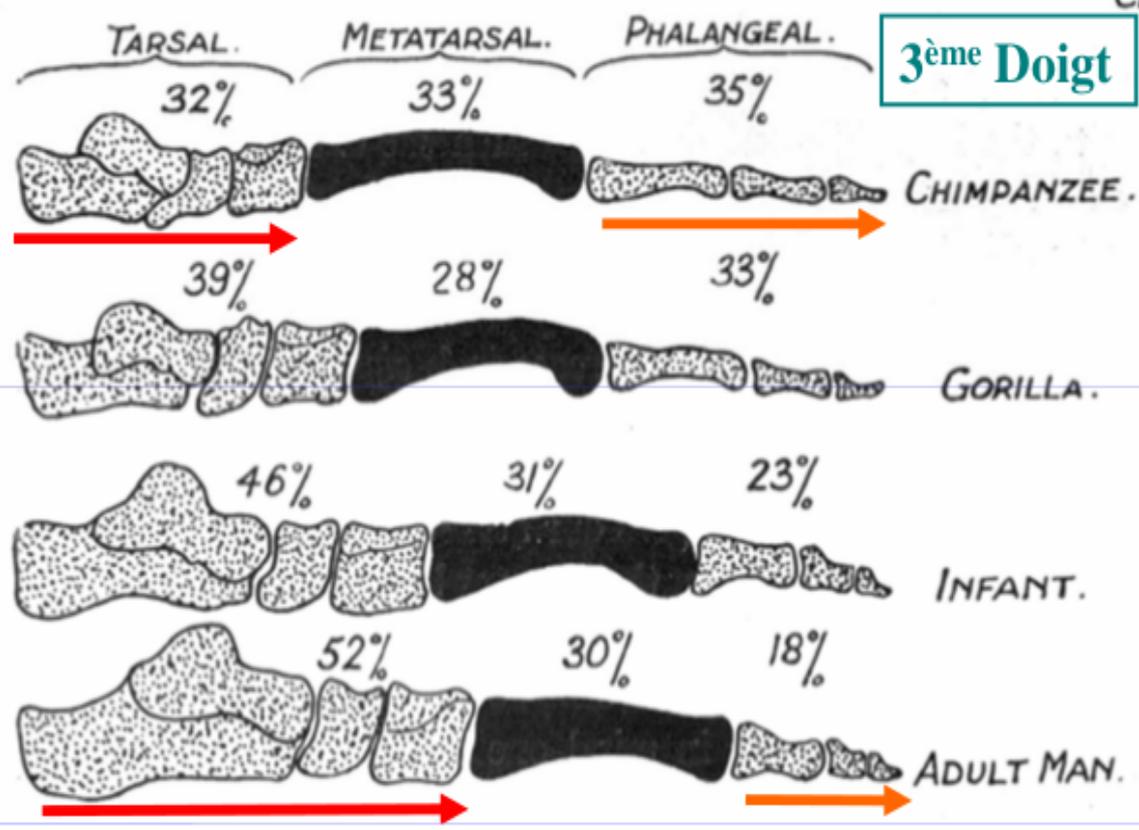
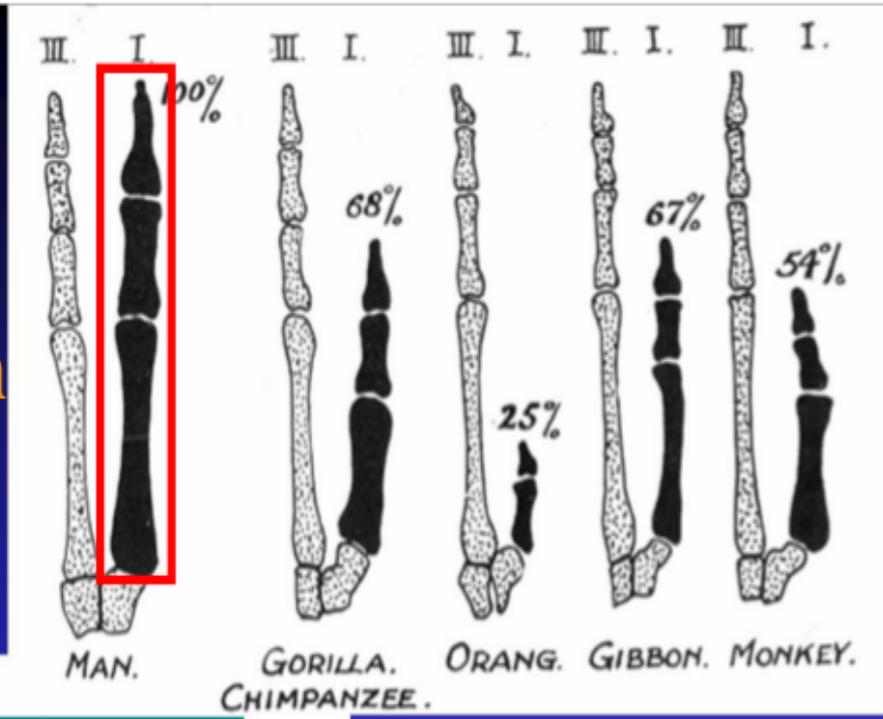
Little foot

Australop. Africanus
3,3 m. a. (Afrique Sud)

Des pieds fossiles contemporains
affichant des « mosaïques » différentes !

Changements de proportions des éléments de notre pied dans l'évolution

Augmentation du tarse
diminution des doigts latéraux



Augmentation et renforcement du 1^{er} doigt / autres orteils

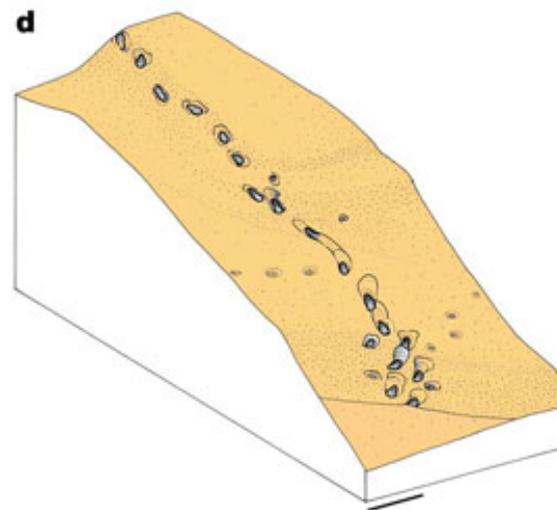
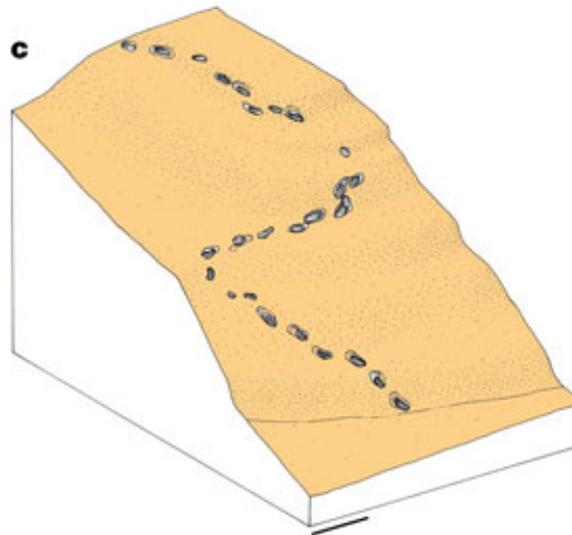
Trace de pas de Laetoli (Tanzanie), 3.6 Mio. d'années





Premier doigt encore abducté et plus court que le doigt 3

Traces de pas de Roccamonfina (Italie)



**certainement
Homo erectus
325-385.000 years
old**

Rolandi et al. 2003

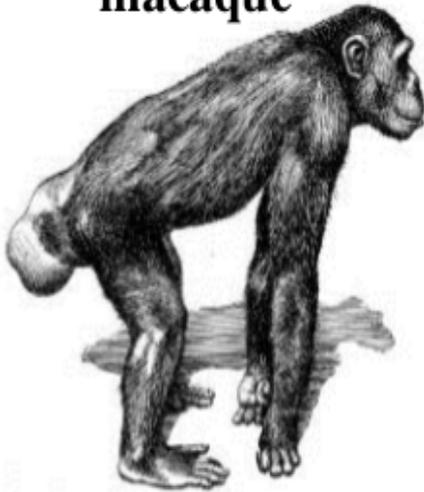
Des proportions corporelles adaptées à la bipédie



macaque



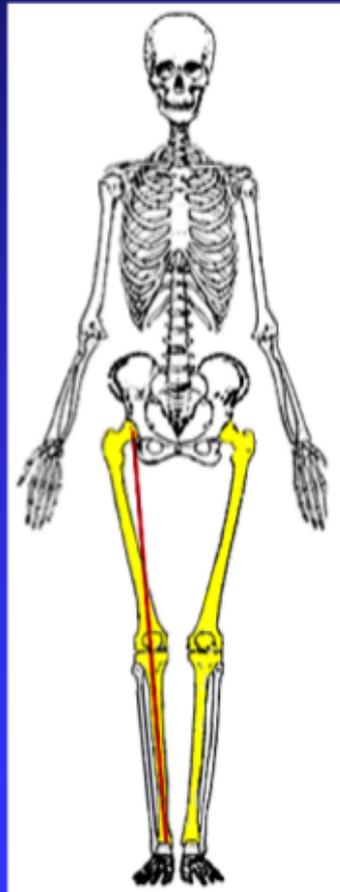
gibbon



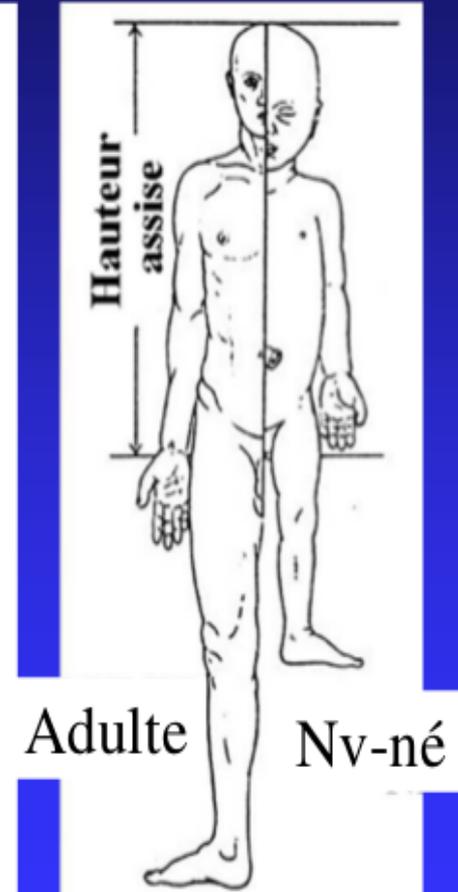
chimpanzé



gorille 7 mois



Adaptation
à la course



Adulte

Nv-né

Des proportions corporelles adaptées à la bipédie.... regardons y de plus près

Hypothèse

**Une morphologie optimisée pour une
marche soutenue**



High mechanical efficiency at an
'Energetically optimal speed'
(cf. Cavagna et al. 1977)

Morphologie fonctionnelle

Morphologie:

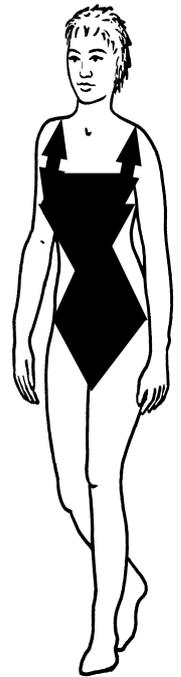
- Dimension**
- Répartition des masses**

Fonction (contrainte sur la structure):

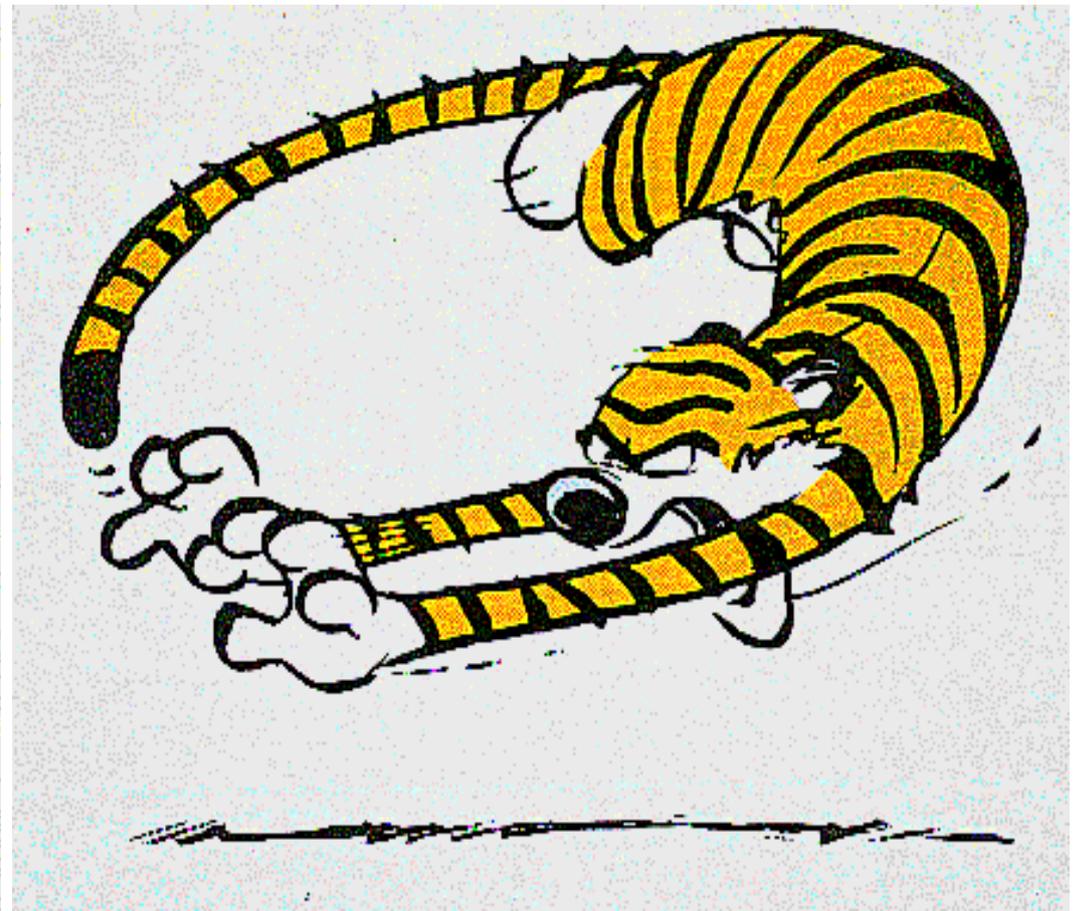
- Locomotion cyclique**

Morphologie (description)

- Jambe longue, fine, conique.
- Bras long, fin, cylindrique
- Tronc long, droit, vertical avec une taille
- Section du corps elliptique
- Largeur épaule = 2 x largeur bassin
- Hauteur limitée



Fonction : locomotion cyclique



Quelques définitions

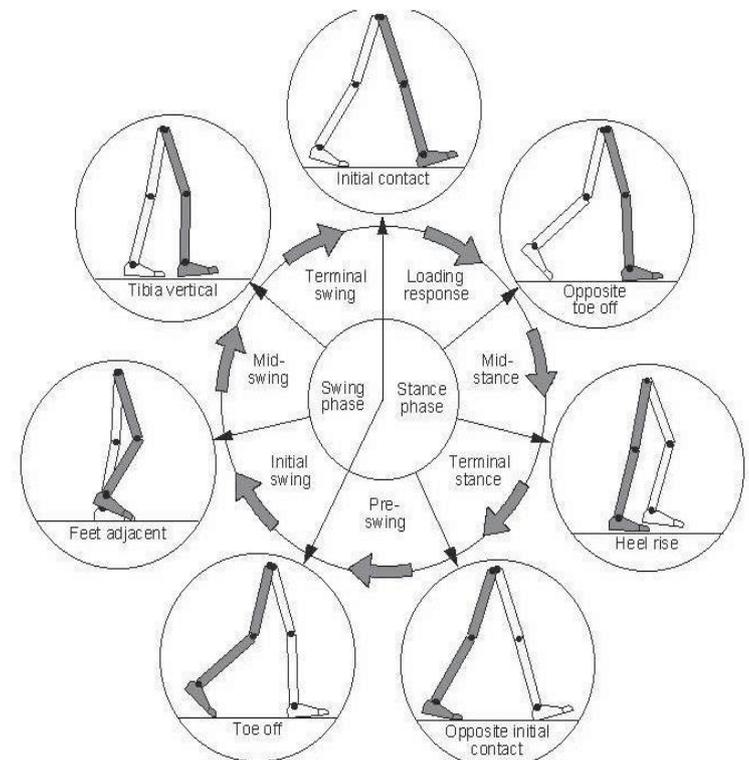
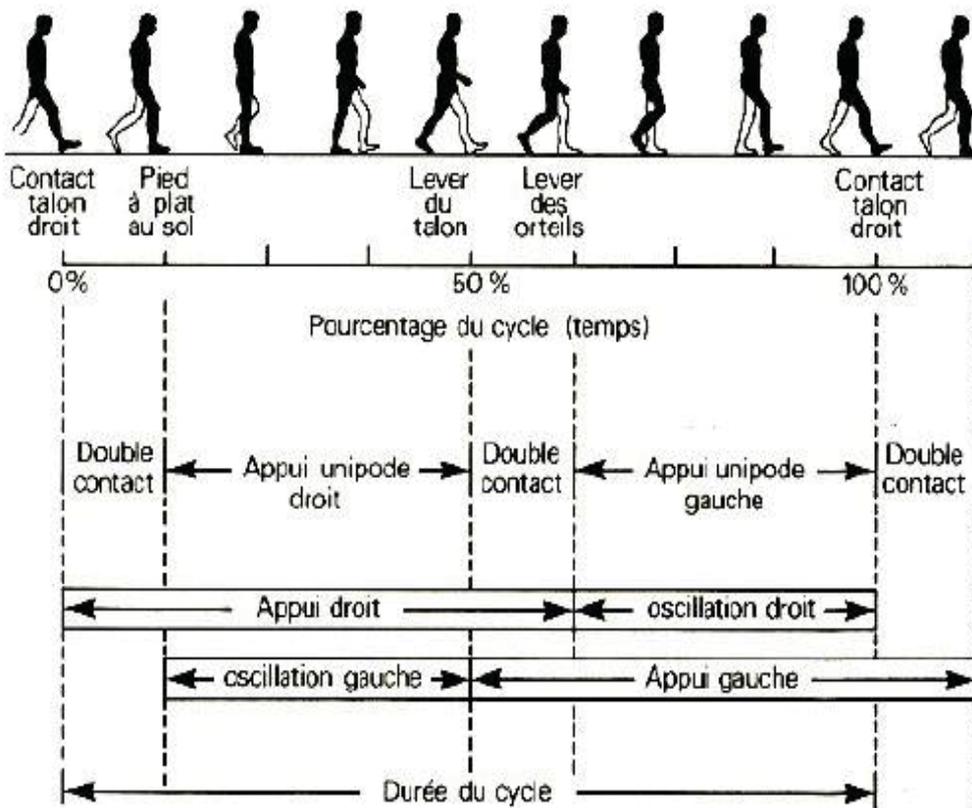
Cycle (stride) : Ensemble des phénomènes compris entre deux contacts successifs du même membre inférieur au sol.

Un pas (step) : Ensemble des phénomènes compris entre l'appui d'un talon au sol et l'appui du talon controlatéral.

Longueur du cycle : distance parcourue entre un contact au sol avec un pied et le contact suivant du même pied au sol.

Locomotion cyclique

La marche humaine : description événementielle

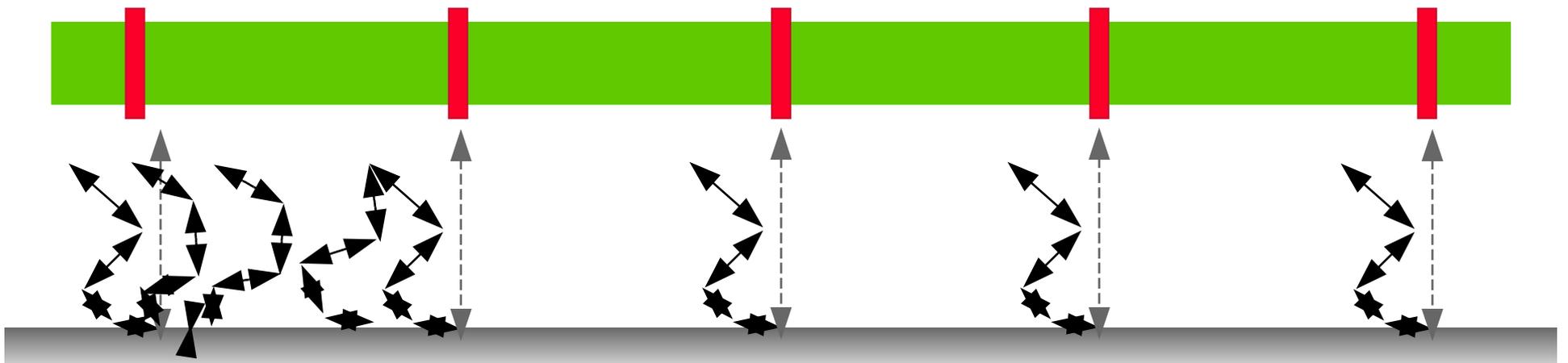


Locomotion cyclique

Vitesse v

=

Enjambée L * Frequence f



Locomotion cyclique

pendule



utilisation de phénomènes résonants



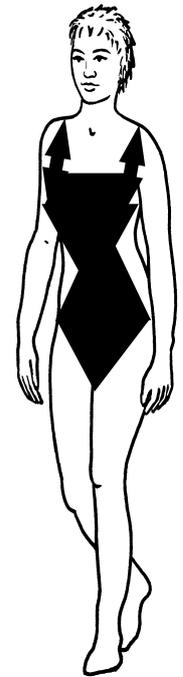
stockage temporaire énergie

Stockage d'énergie

- Dans les masses en mouvement
- Par l'interaction des masses et du champ de gravitation
 - ↔ mécanique des solides
- Dans les éléments élastiques (ressort)
 - ↔ élasto-mécanique

Morphologie

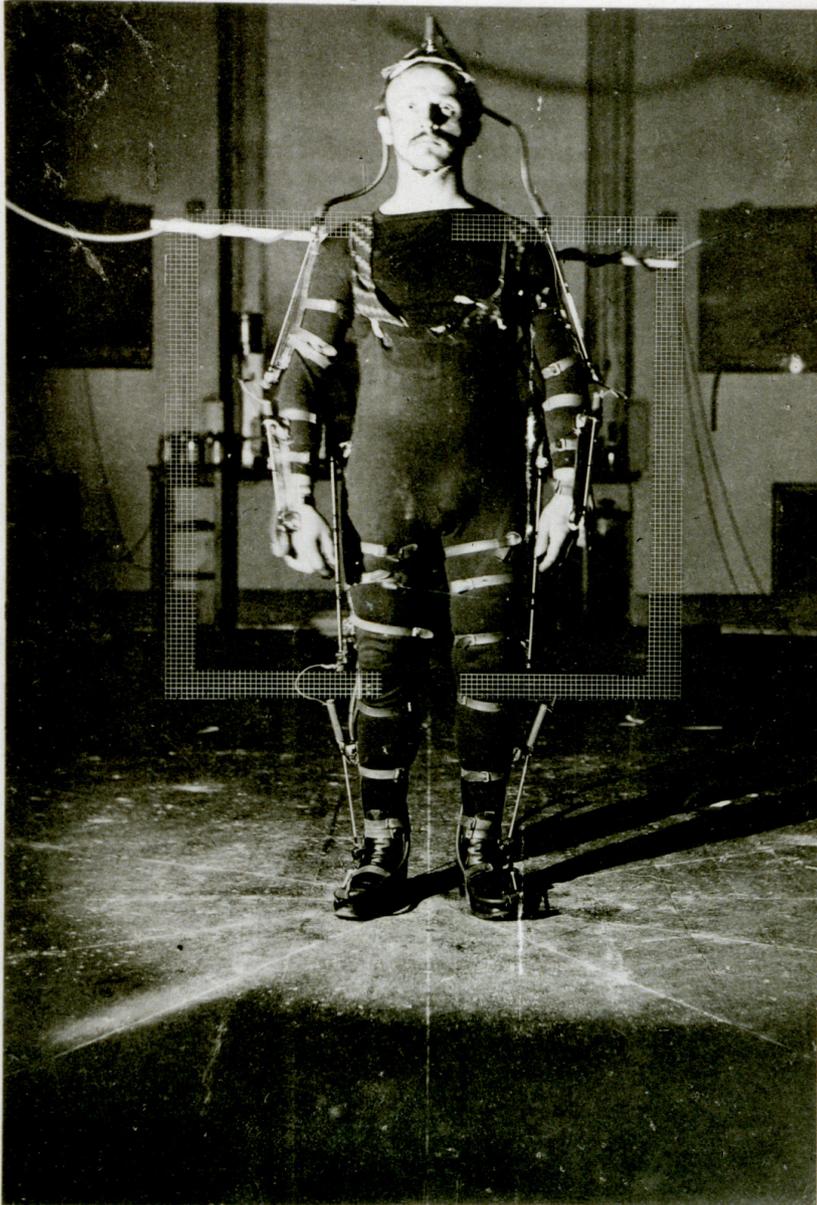
- **Jambe longue, fine, conique.**
avec des proportions segmentaires de 1:1: 0,7
- Bras long, fin, cylindrique
- Tronc long, droit, vertical
avec une taille
- Section du corps elliptique
- Largeur épaule = 2 x largeur bassin
- Hauteur limitée



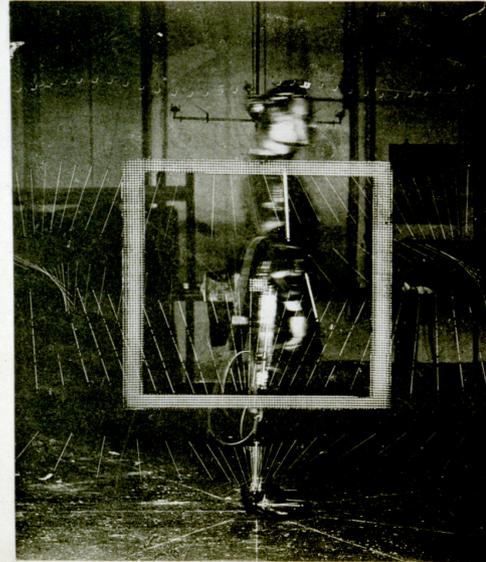
L'armée prussienne après deux défaites face à Napoléon soutient les recherches de Weber qui développe le modèle pendulaire

Abhandl. d. K. S. Ges. d. Wiss. math. phys. Cl. Bd. XXI. 4.

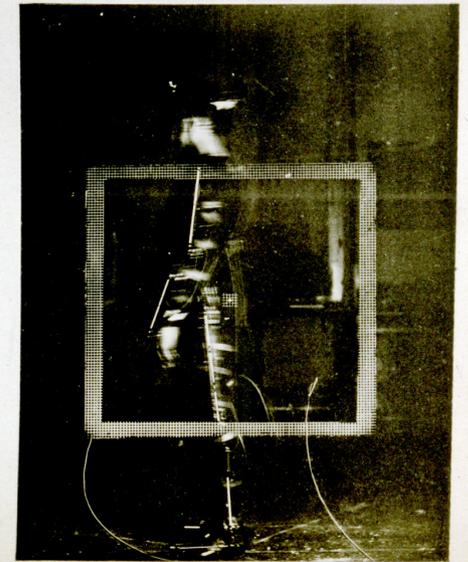
Taf. I.



Das Versuchsindividuum in voller Ausrüstung.

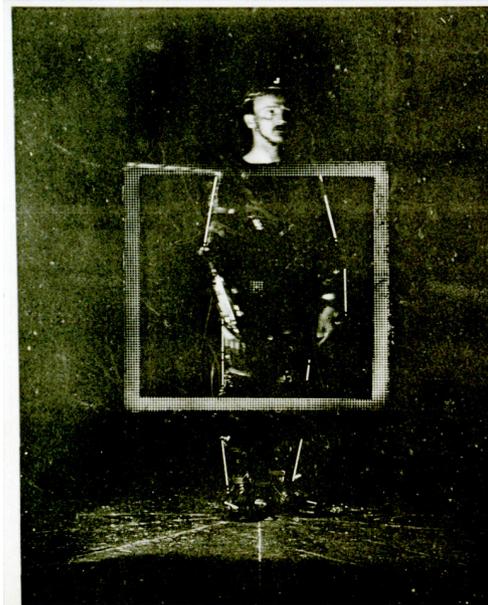


No. 1a: Ansicht von rechts.

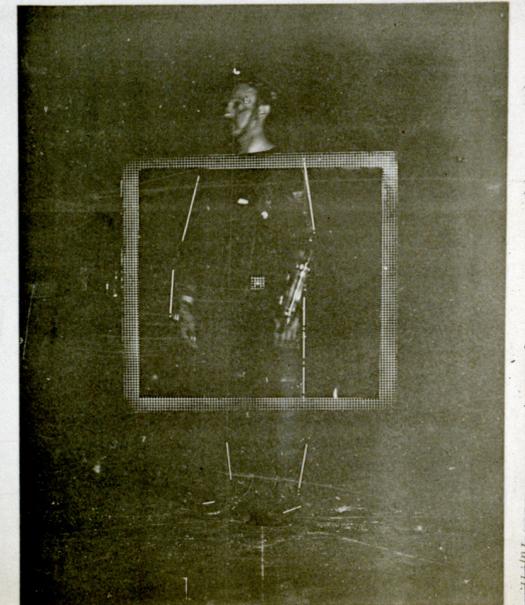


No. 1b: Ansicht von links.

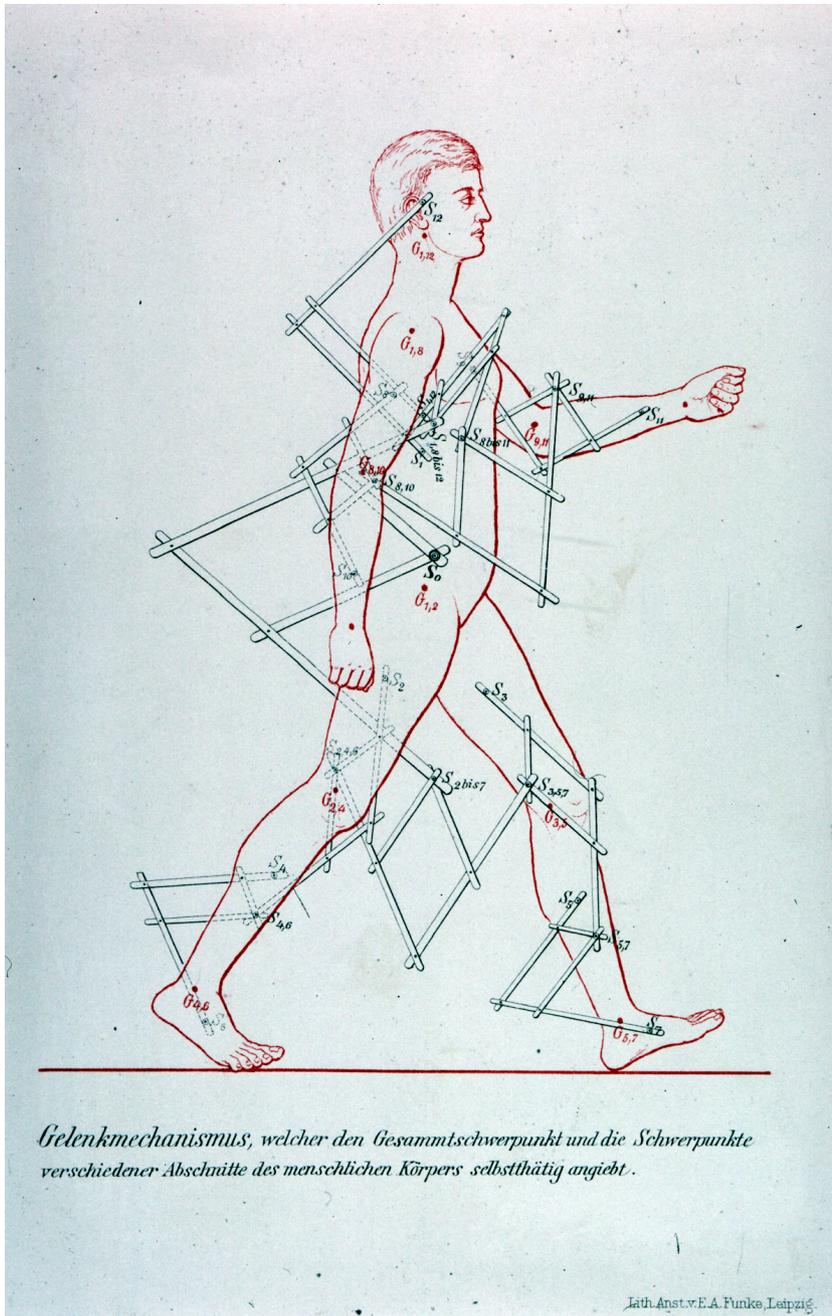
Abhandl. d. K. S. Ges. d. Wiss. math. phys. Cl. Bd. XXI. 4.



No. 2a: Ansicht von vorn rechts.

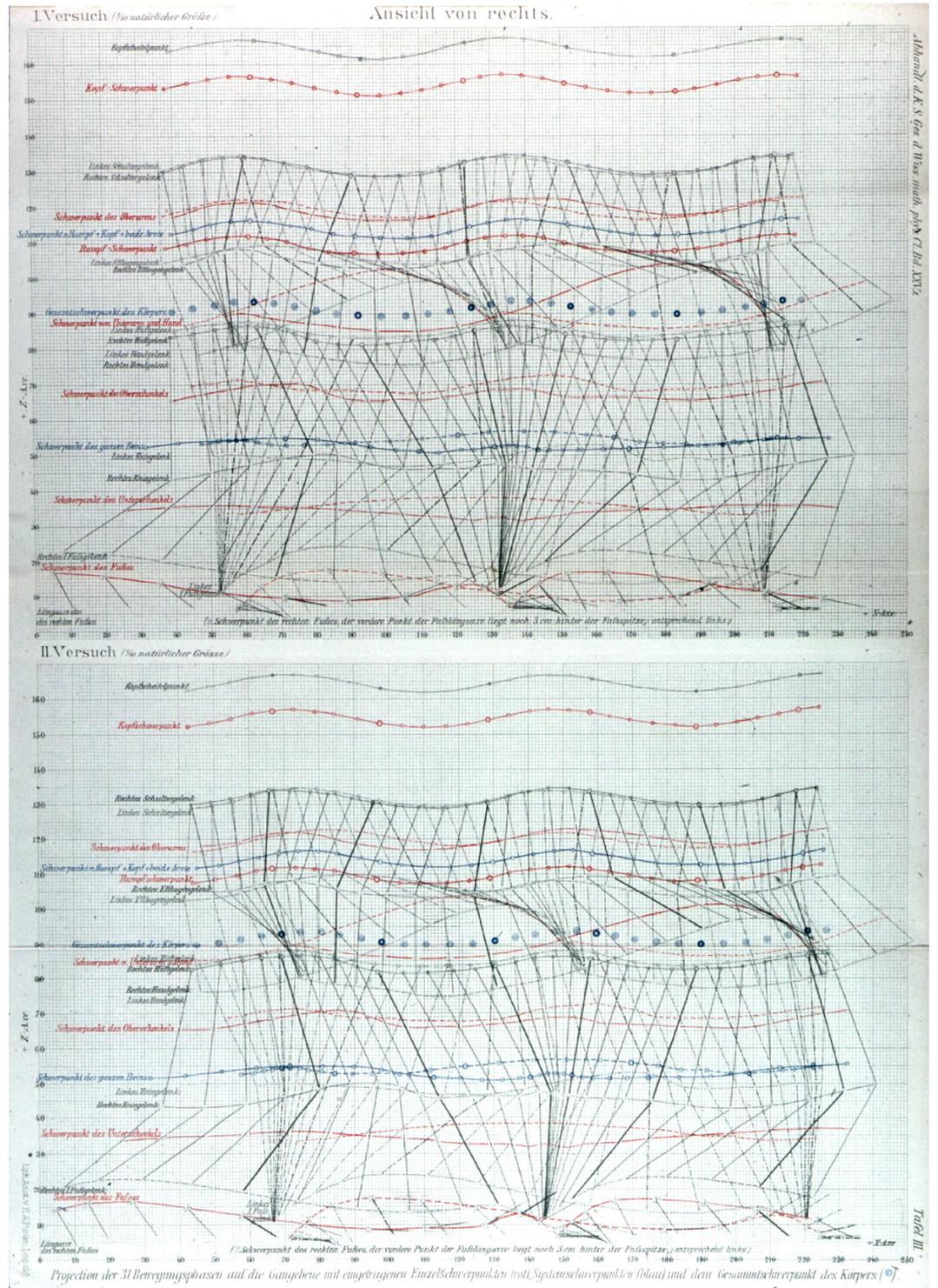


No. 2b: Ansicht von vorn links.



Gelenkmechanismus, welcher den Gesamtschwerpunkt und die Schwerpunkte verschiedener Abschnitte des menschlichen Körpers selbstthätig angiebt.

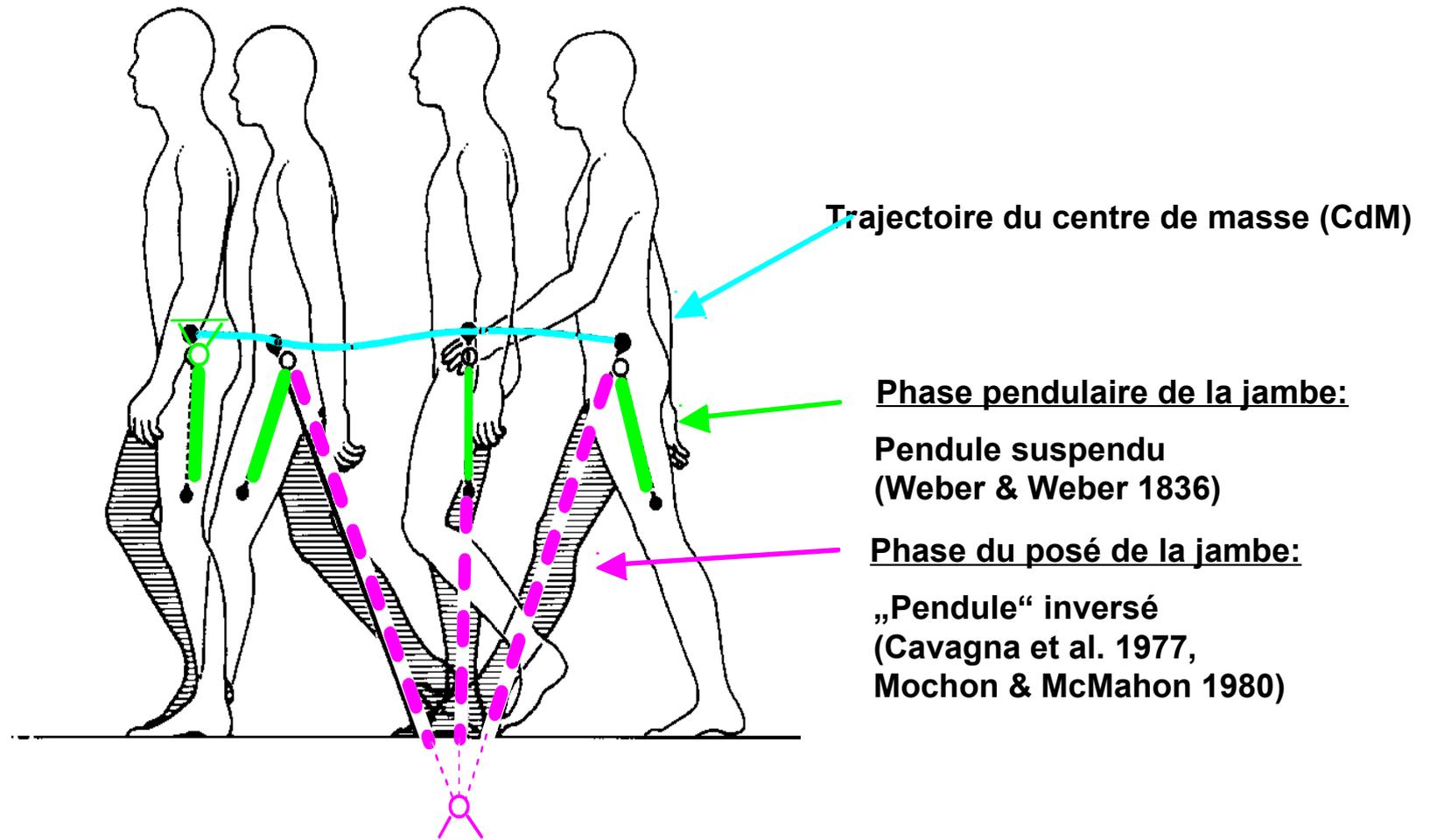
Lith. Anst. v. E. A. Funke, Leipzig.



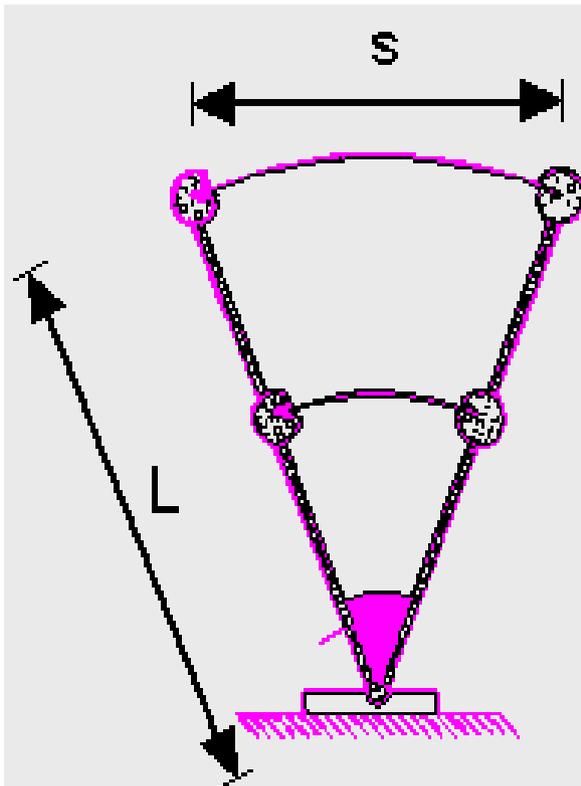
Abhandl. d. K. S. Ges. d. Wiss. math. phys. u. Nat. Hist. XXXV.

Tafel III.

Modèle pendulaire de la marche humaine



Phase du posé : jambe tendue
pendule inversé : longue jambe

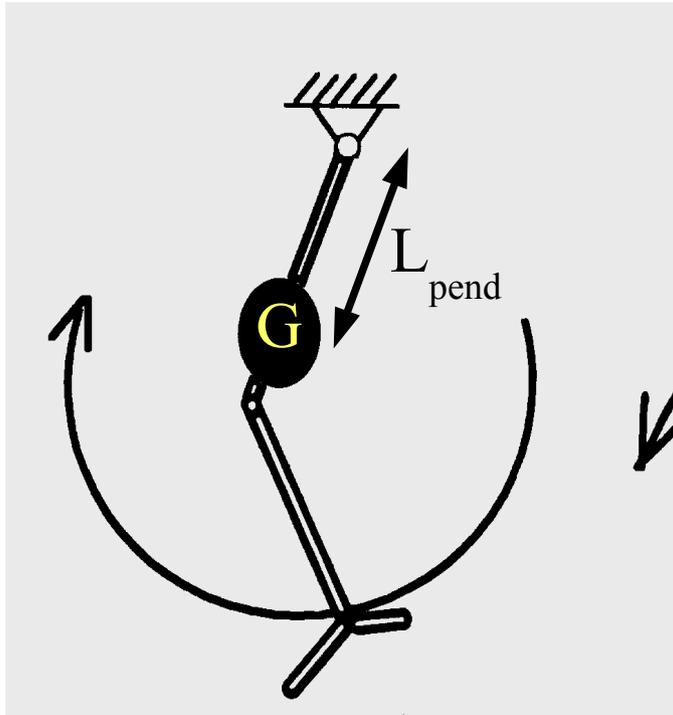


$$\text{vitesse } v = \frac{\text{Enjambée } s}{\text{Durée du pas } T} \propto L$$

Selection :



Phase du levé : Pendule pesant



$$\text{vitesse } v = \frac{\text{longueur du pas}}{\text{durée du pas } T}$$

$$T_0 = 2\pi \cdot \sqrt{(L_{\text{pend}} / g)}$$

L_{pend} longueur du pendule

T_0 Durée (periode propre) d'oscillation du pendule pour de petit angle (aller-retour)

Phase du levé : Pendule pesant

$$\text{vitesse } v \updownarrow = \frac{\text{enjambée}}{\text{demi période propre}} \quad \begin{array}{l} \updownarrow \\ \updownarrow \end{array}$$

$$T_0 = 2\pi \cdot \sqrt{(L_{\text{pend}} / g)}$$

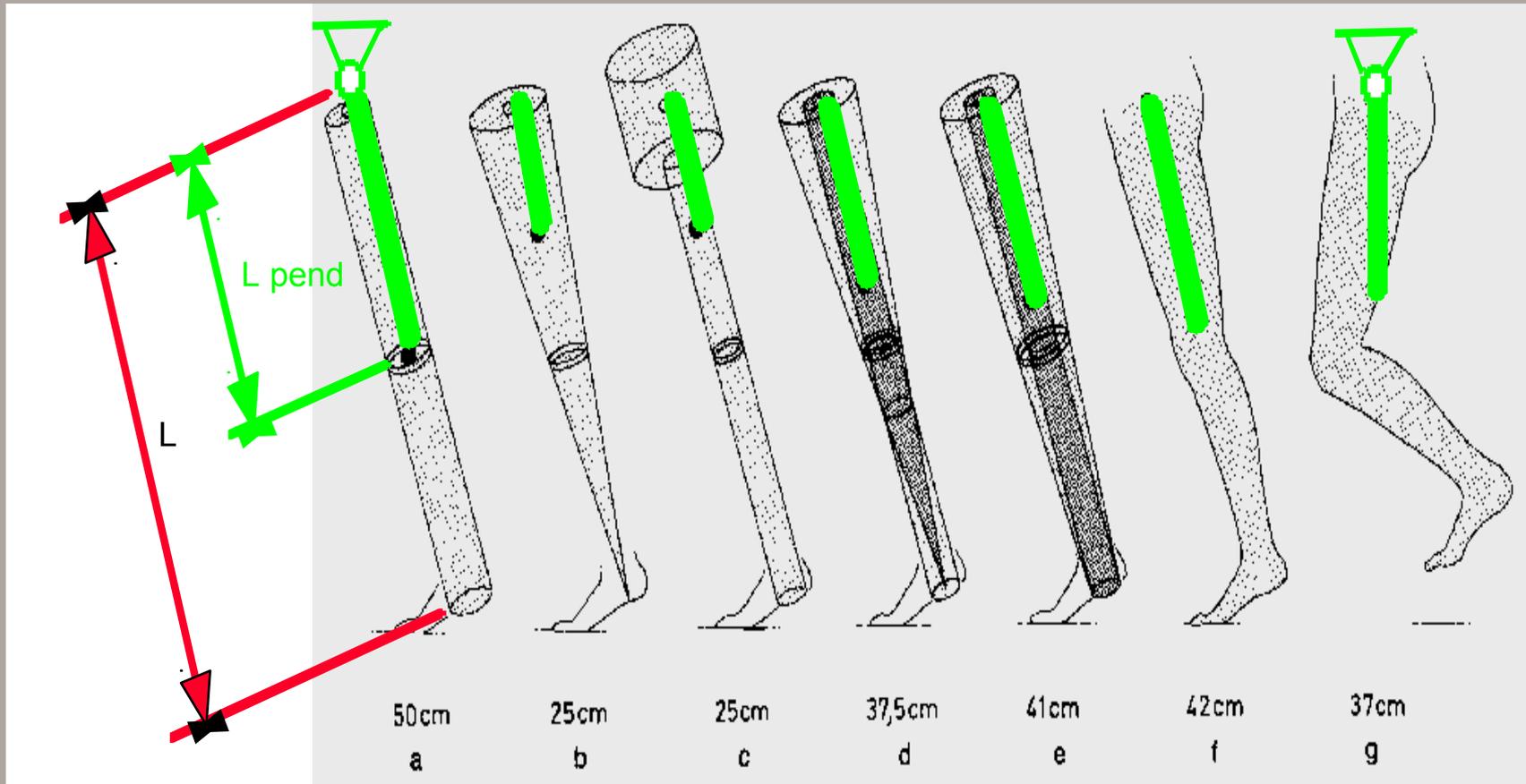
L_{pend} longueur du pendule

T_0 Durée (periode propre) d'oscillation du pendule
pour de petit angle (aller-retour)

Phase du levé : Pendule pesant

Même longueur, même masse,

mais répartition différente ie moment d'inertie différent



Phase du levé : Pendule pesant

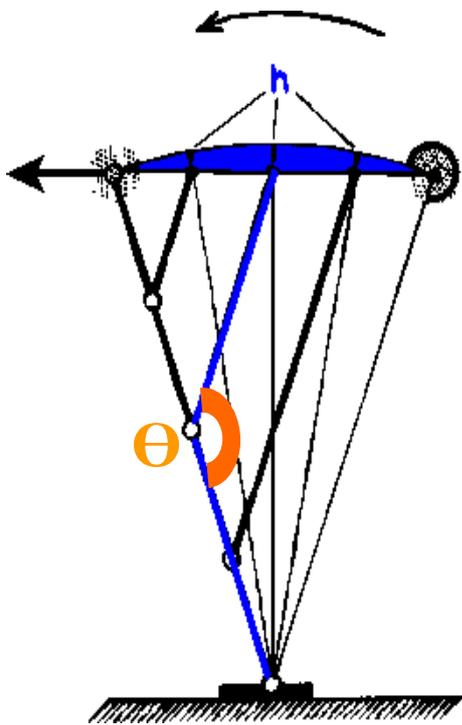
$$\text{Vitesse } v \updownarrow = \frac{\text{Enjambée } L}{\text{Durée du pas } T} \propto \frac{L \updownarrow}{\sqrt{L_{\text{Pend}} \updownarrow}}$$



Sélection : concentration proximale de la masse pour réduire L_{pend}



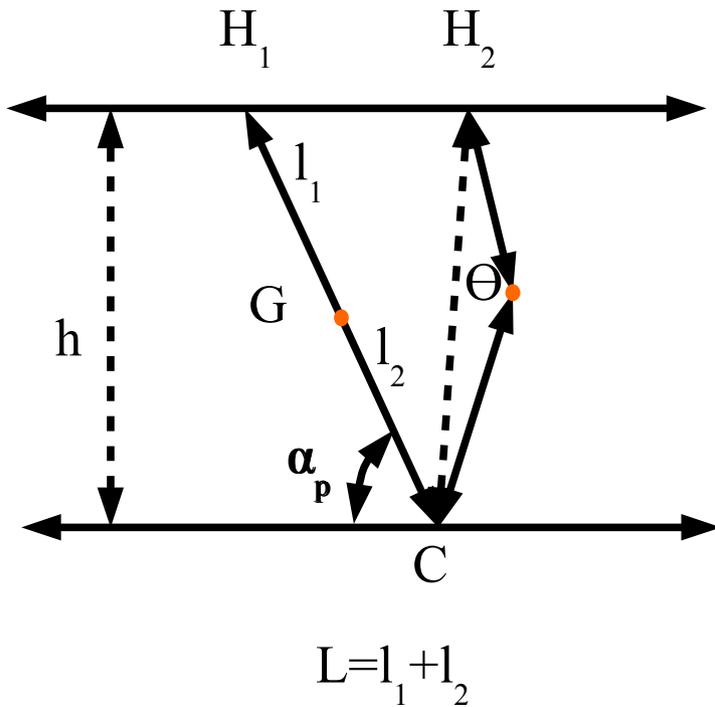
1:1- rapport des longueurs cuisse : tibia



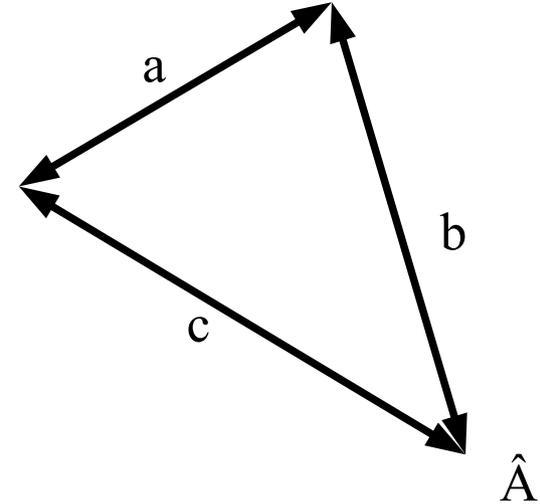
Un rapport des longueurs proche de 1:1 permet d'aplanir la trajectoire du CdM c'est à dire minimiser les variations de h pendant le pas.

Pour aplanir complètement la trajectoire, il y a nécessité de fléchir, mais fléchir pendant l'appui implique un travail musculaire qu'il convient de minimiser ...en fléchissant le moins possible.

Il y a un compromis à trouver.



Rappel : $a^2 = b^2 + c^2 - 2bc \cdot \cos(\hat{A})$



Instant 1 poser $h = (l_1 + l_2) \cdot \sin(\alpha_p) \rightarrow h^2 = (l_1 + l_2)^2 \cdot \sin^2(\alpha_p)$

Instant 2 plus tard avec flexion Θ angle interne

Pythagore généralisé au triangle quelconque (cf rappel)

$$h^2 = CH_2^2 \cdot \sin^2(\alpha) \quad \text{et} \quad CH_2^2 = l_1^2 + l_2^2 - 2l_1 \cdot l_2 \cos(\Theta) = (l_1 + l_2)^2 - 2l_1 \cdot l_2 (1 - \cos(\Theta))$$

On égalise les deux expressions de h^2 .

Il vient en introduisant $\tau_1=l_1/l$ et $\tau_2=l_2/l$

$$\cos(\Theta) = \frac{1-\cos^2(\alpha_p)}{2.\tau_1.\tau_2} \quad -1$$

Si $\Theta=180^\circ$ on a $\cos(\Theta)=-1$ et garder Θ proche de 180° c'est donc avoir le 1^{er} terme à droite de l'égalité le plus petit possible, et donc avoir un dénominateur le plus grand possible.

Or $0,1 \times 0,9 = 0,09$ $0,2 \times 0,8 = 0,16$ etc. $0,5 \times 0,5 = 0,25$

Avoir des longueurs de segments proches réduit le besoin de flexion.

Quelle proportion cuisse tibia ?

$$\text{Cos}(\Theta) = [1 - \text{cos}^2(\alpha_p) / \text{cos}^2(\alpha)] / (2 \cdot \tau_1 \cdot \tau_2) - 1$$

Lorsque la première longueur relative est donnée soit τ_1 , la seconde est $1 - \tau_1$ et donc le produit vaut $\tau_1 \cdot (1 - \tau_1)$. Il est représenté par une parabole centrée en $\tau_1 = 1/2$ (Rappel : abscisse du maxi ou mini d'une parabole d'équation $ax^2 + bx + c = 0$ est en $x = -b/2a$). Qui dit parabole dit qu'autour du max, c'est assez plat, on pourra donc avoir un intervalle de variation de τ_1 de 0.4 à 0.6 qui permet d'avoir une flexion assez petite. Cela laisse un peu de marge « à l'Evolution. »

Maintenir une position fléchie contre la gravité nécessite un travail musculaire permanent... indésirable.
(J Appl Physiol (1985). 1987 Jun;62(6):2326-37. **Groucho running**. McMahon TA, Valiant G, Frederick EC.)

Mais quid de la longueur du pied
par rapport aux autres segments ?

d'autres considérations sont nécessaires
pour répondre à cette question

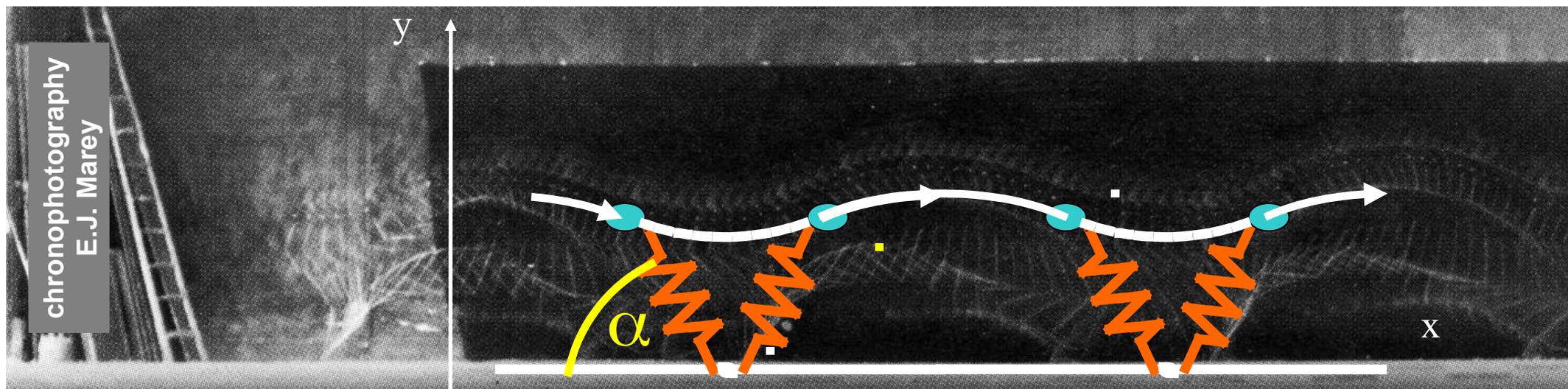
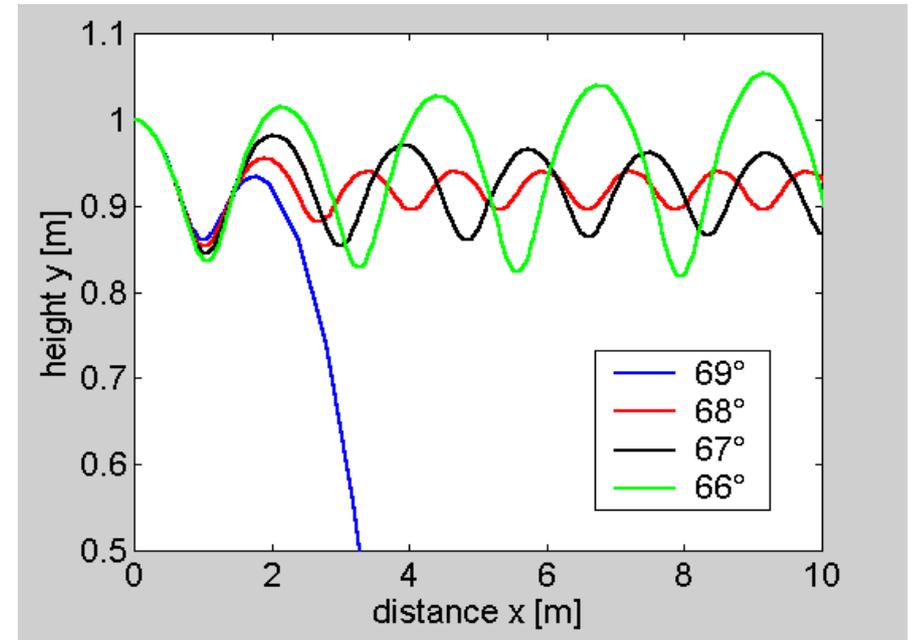
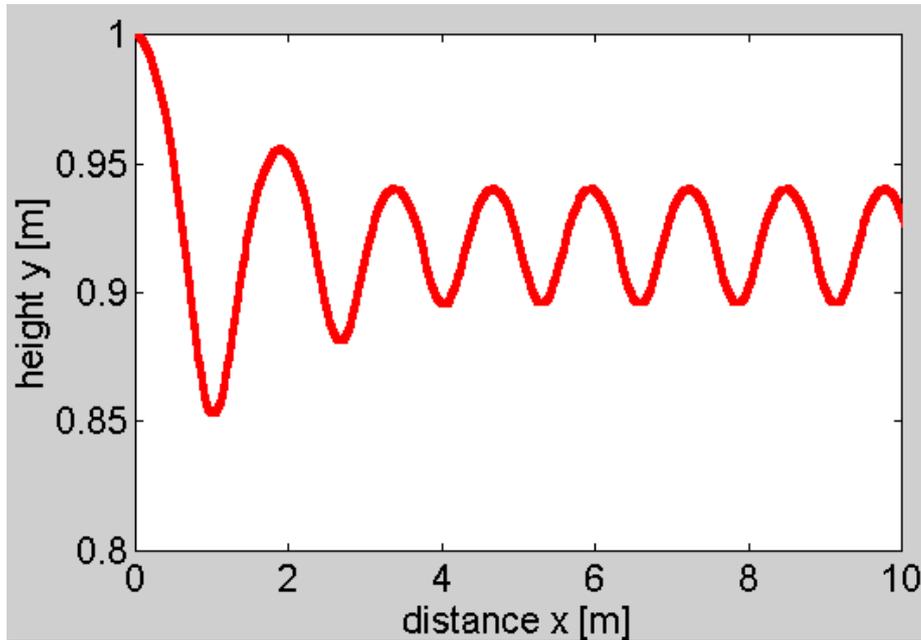
Propriété d'auto-stabilisation

**Le mouvement d'un système
est qualifié de**

dynamiquement stable ou auto-stabilisé

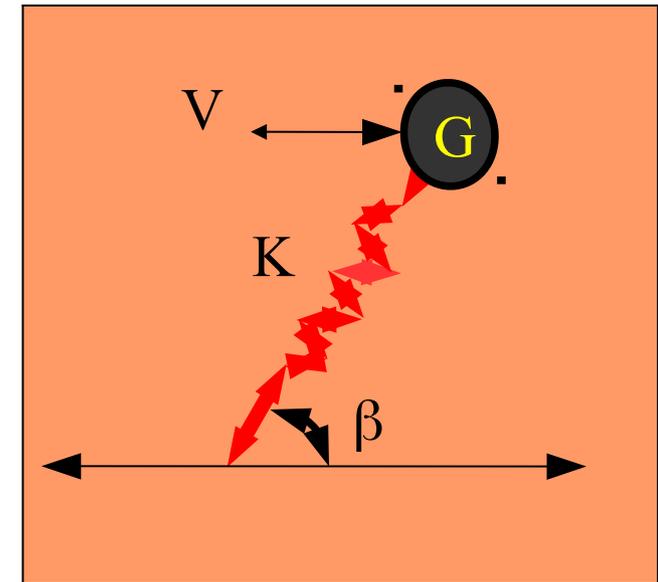
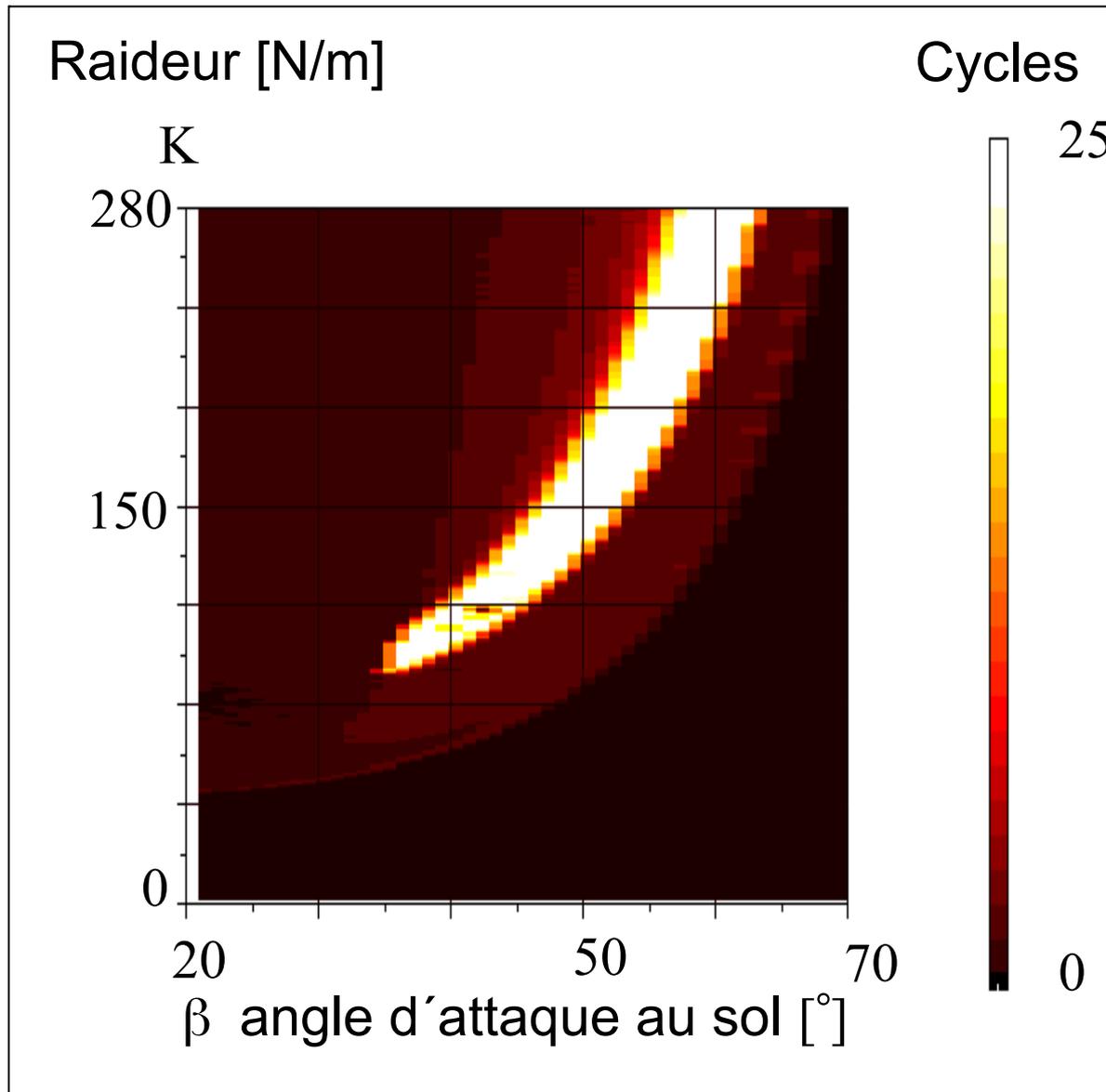
**si le système retrouve sa trajectoire initiale après une
perturbation**

Attraction du Système 2D masse-ressort



Seyfarth, Geyer, Blickhan (2002): A stability criterion for running, *J. Exp. Biol.*

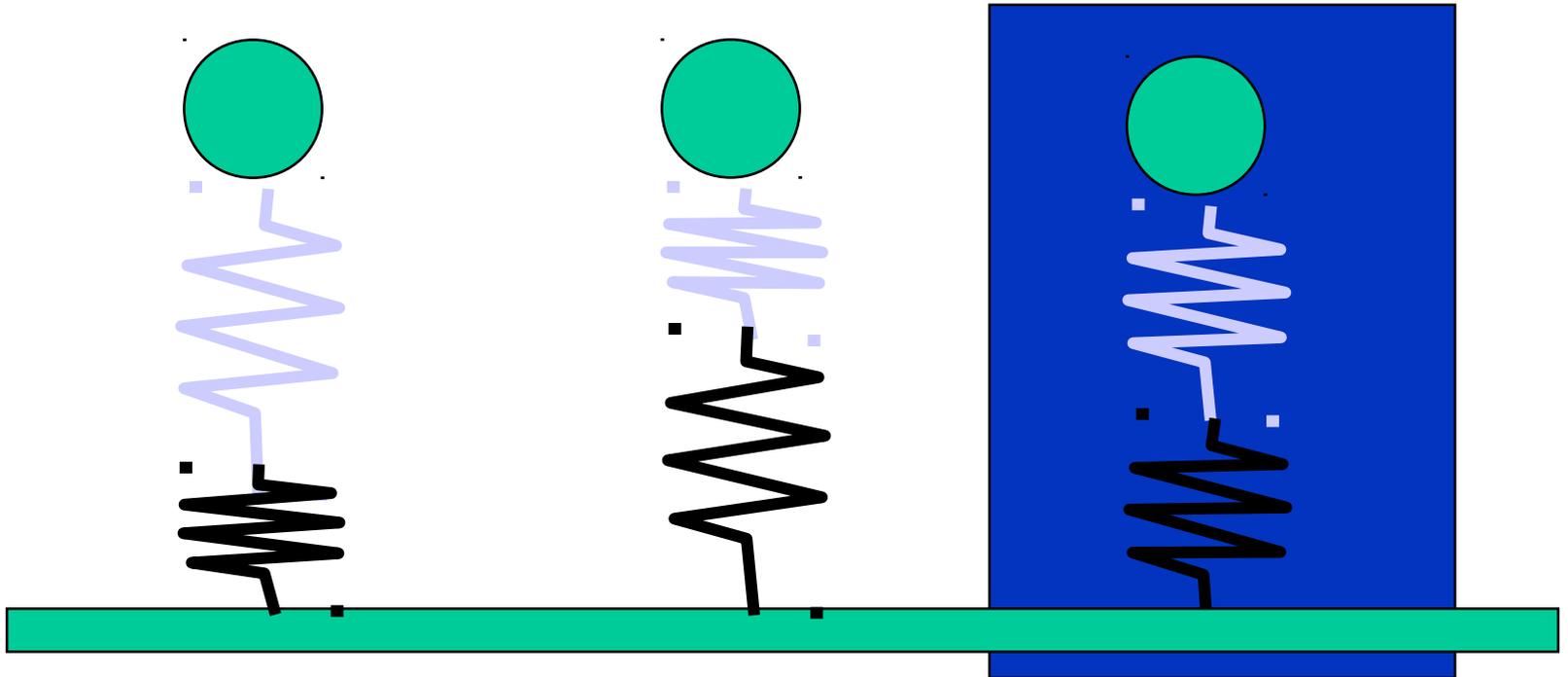
Stabilité dynamique du système masse-ressort



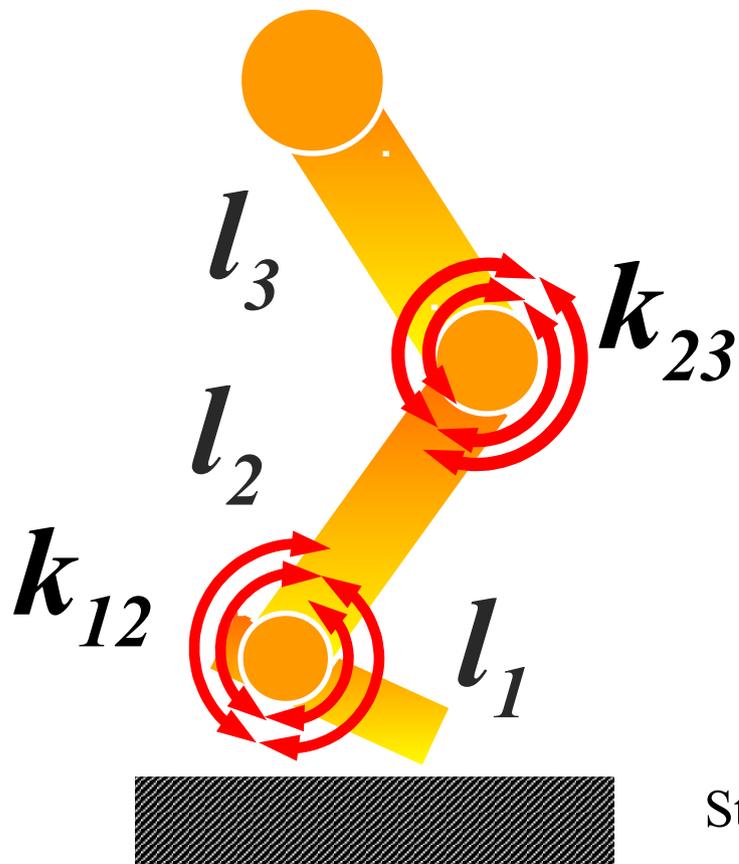
Ressorts en série

Genou

Cheville



Chargement homogene des articulations



Equilibre des moments conduit à :

$$k_{12} = k_{23} \frac{l_1}{l_3}$$

Les mesures expérimentales donnent k_{23} un peu plus grand que k_{12} et donc on devrait avoir $l_1 < l_3$

c'est à dire un pied plus court que la cuisse. !

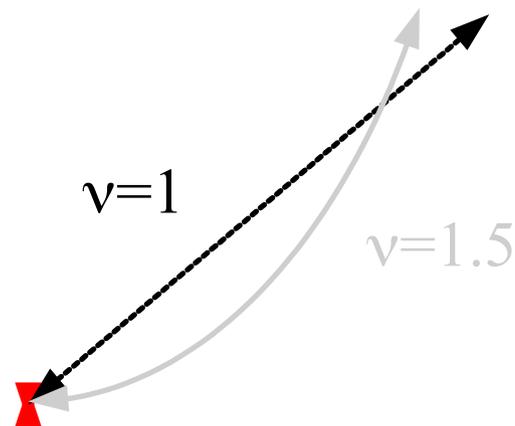
Stiffness ratio k_{12}/k_{23} does **not** depend on l_2 .



Robustesse de la jambe

... ..dépend de l'exposant ν de la caractéristique Moment-Angle

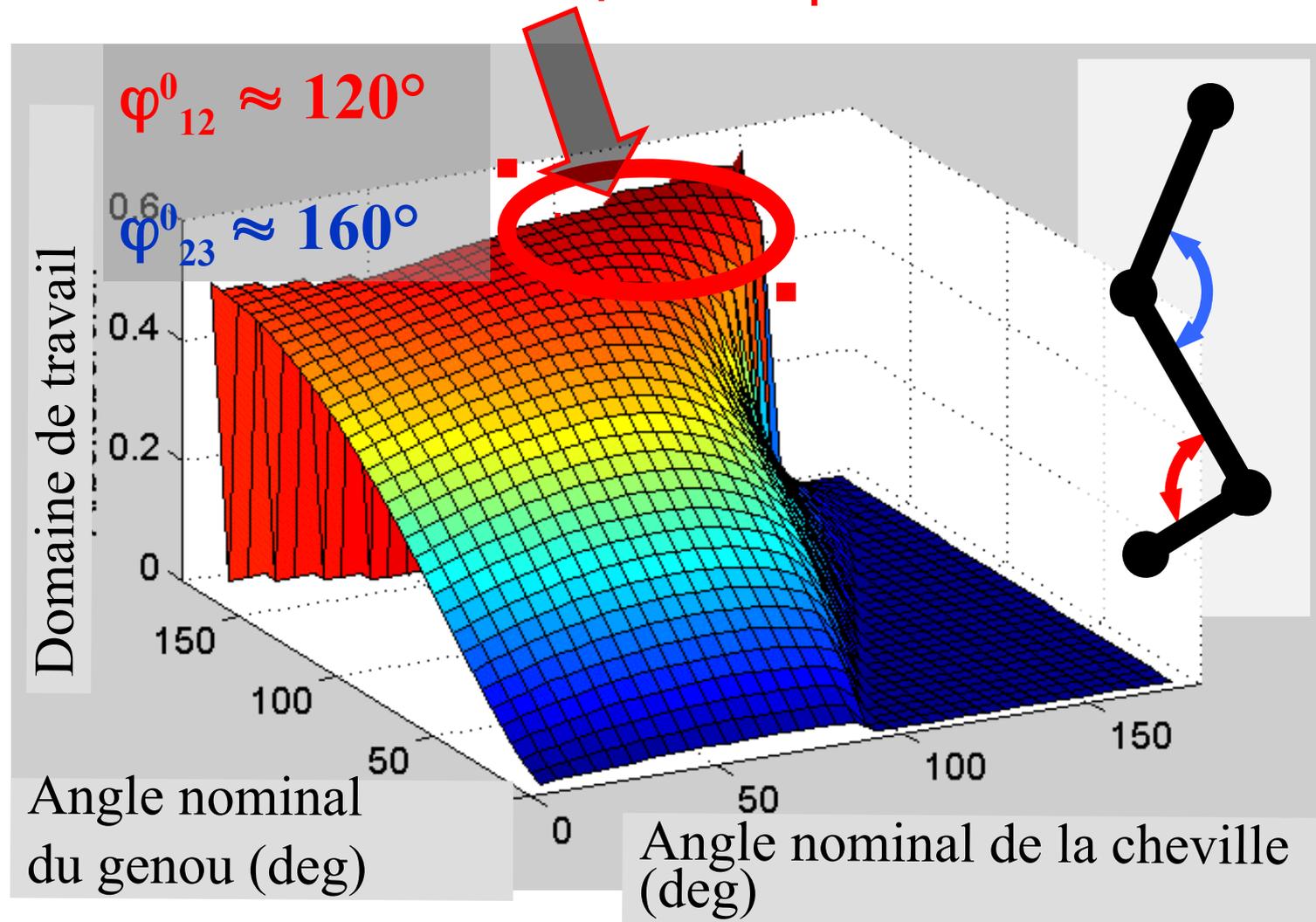
$$M \sim (\varphi - \varphi_0)^\nu$$



Robustesse de la conformation

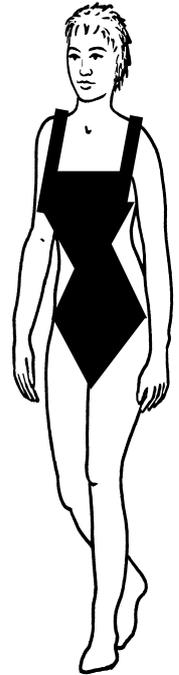
...dépend de la conformation initiale.

Intervalle de travail optimal



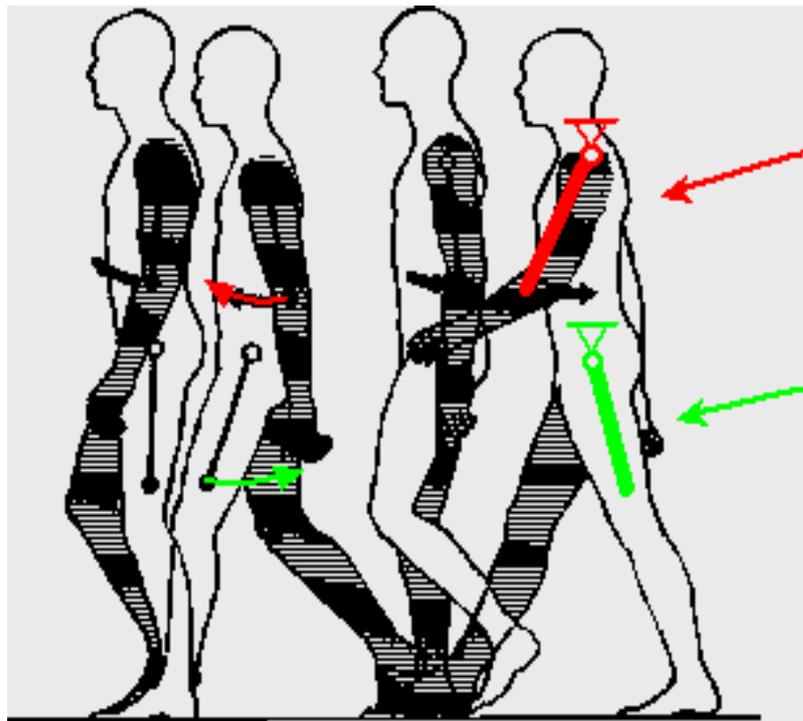
Stature du corps humain

- Jambe longue, fine, conique.
- **Bras long, fin et cylindrique**
- Tronc long, droit, vertical avec une taille
- Section du corps elliptique
- Largeur épaule = 2 x largeur bassin
- Hauteur limitée



Pendules suspendus:

Longueurs des bras et jambes similaires



Bras:
Longueur du pendule 35 cm

Jambe:
Longueur du pendule 37 cm

Cf TD 1.

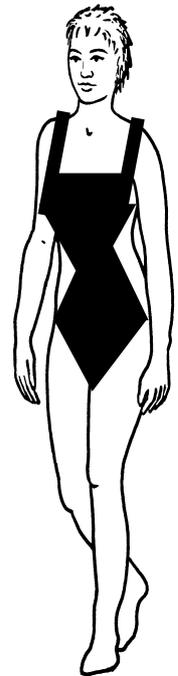


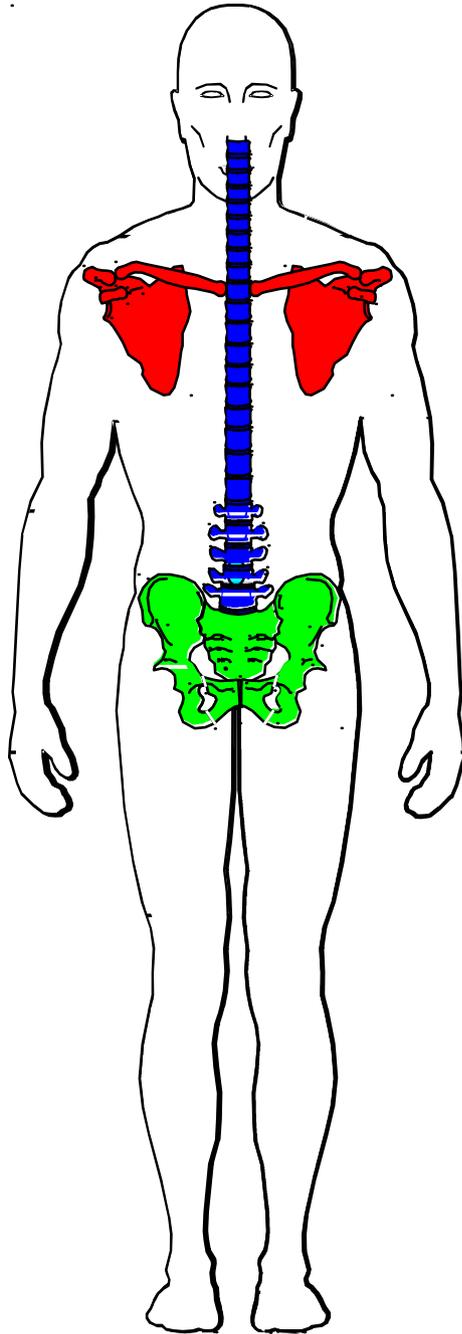
Bras longs et cylindriques

Le bras, autre pendule, doit avoir une fréquence propre identique à la jambe

Stature du corps humain

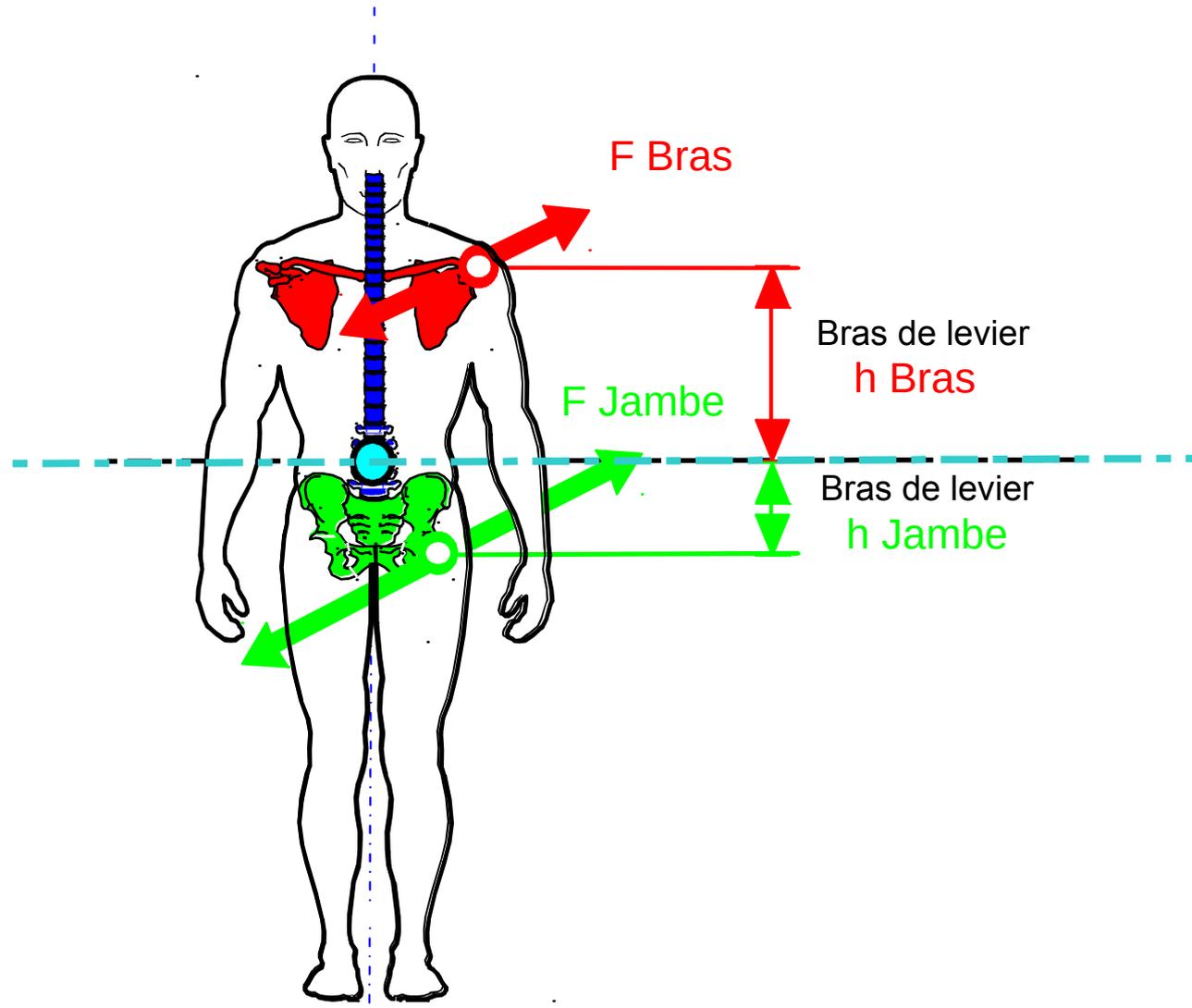
- Jambe longue, fine, conique.
- Bras long, fin et cylindrique
- **Tronc long, droit, vertical avec une taille**
- Section du corps elliptique
- Largeur épaule = 2 x largeur bassin
- Hauteur limitée



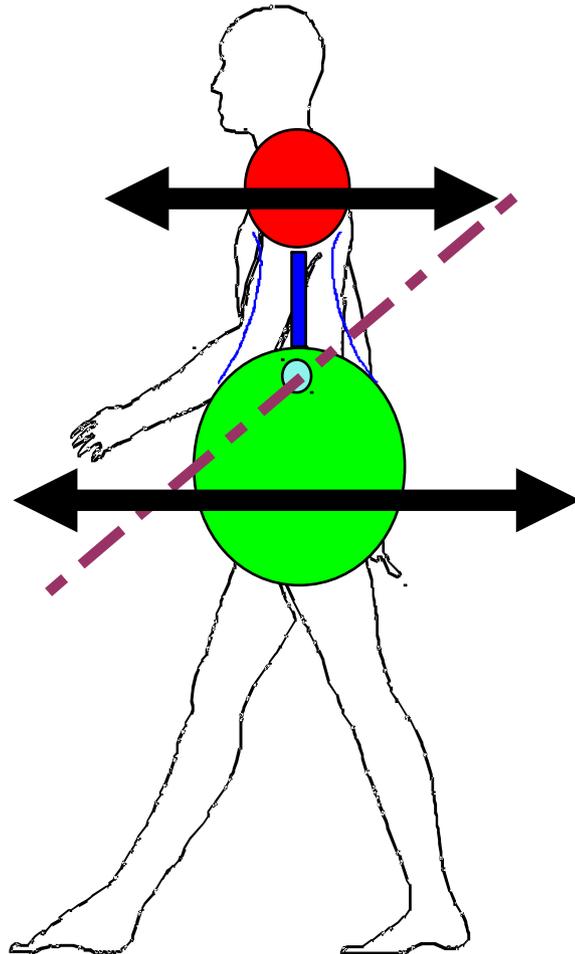


Codage des couleurs:
Ceinture scapulaire,
Colonne vertébrale
et
Ceinture pelvienne

Moments par rapport à des axes transversaux passant par G



Forme générale du tronc



Influence des mouvements de pendule des membres dans le plan transversal réduite par la concentration des masses près de du centre de gravité



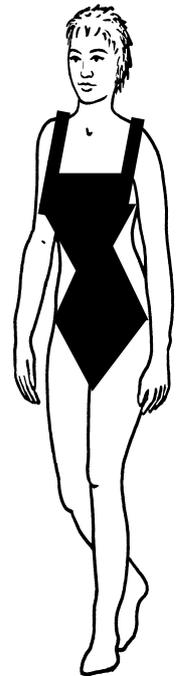
**concentration des masses
autour des pivots
aux extrémités du tronc**



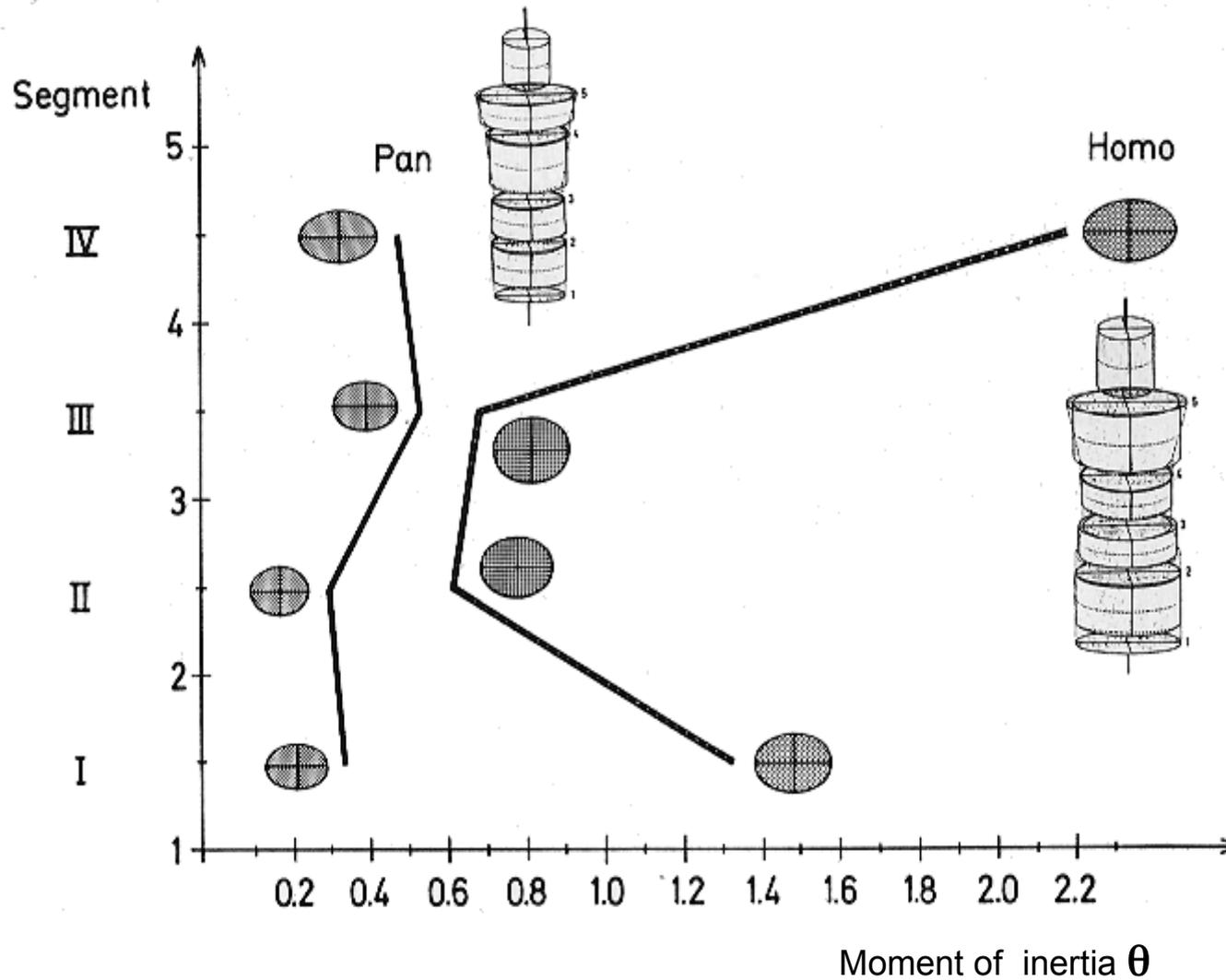
Forme du tronc hyperboloïde

Forme générale du tronc

- Jambe longue, fine, conique.
- Bras long, fin et cylindrique
- Tronc long, droit, vertical avec une taille
- **Section du corps elliptique**
- Largeur épaule = 2 x largeur bassin
- Hauteur limitée

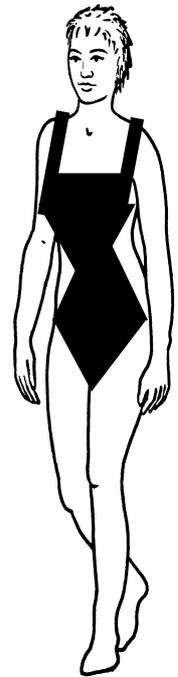


Section transverse du tronc

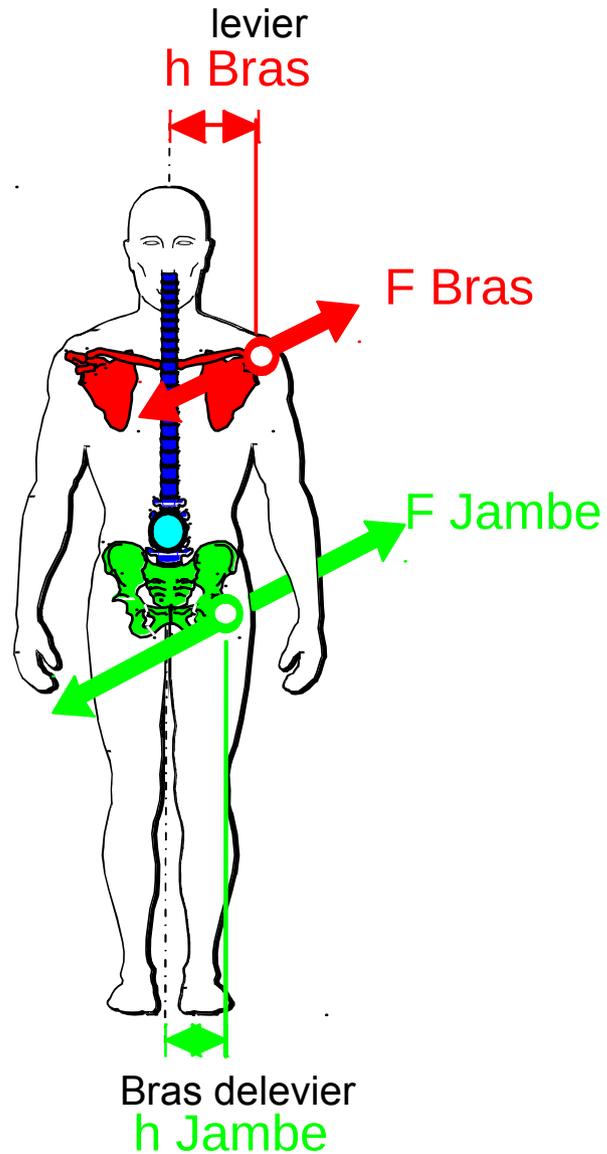


Dessin global du corps humain

- Jambe longue, fine, conique.
- Bras long, fin et cylindrique
- Tronc long, droit, vertical avec une taille
- Section du corps elliptique
- **Largeur épaule** = 2 x **largeur bassin**
- Hauteur limitée

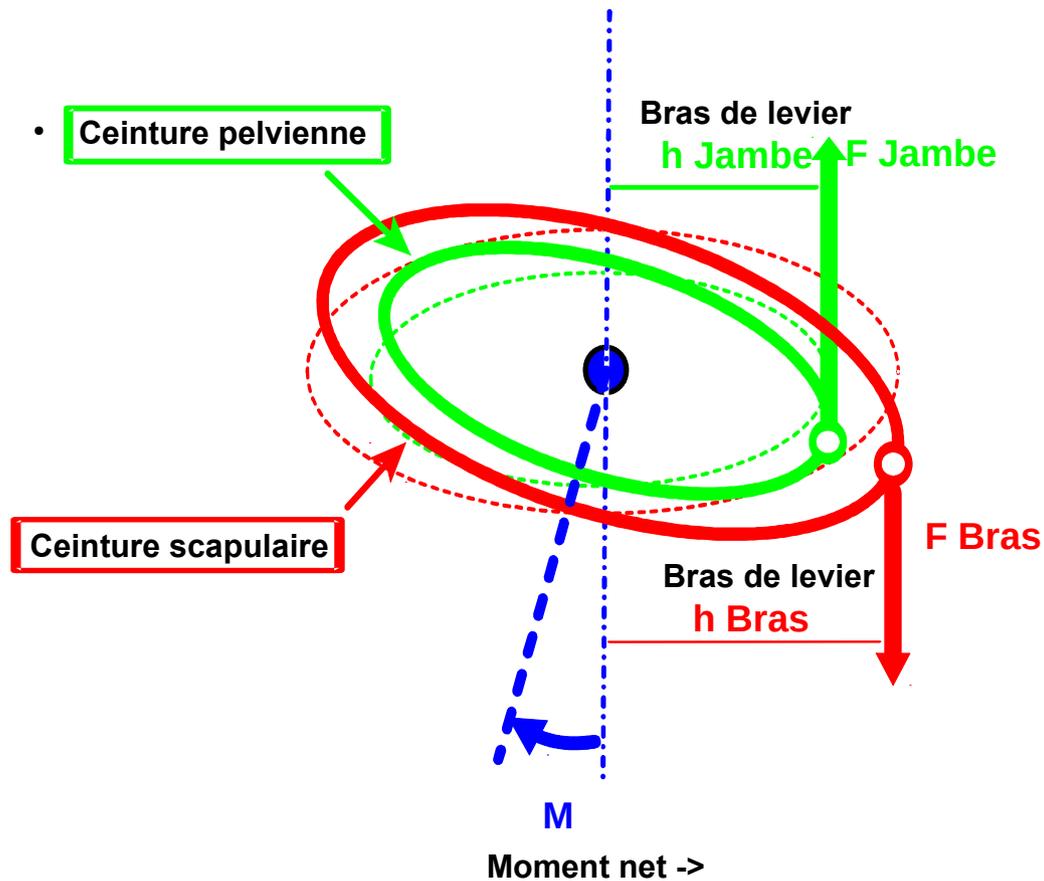


Moment autour de l'axe longitudinal



Rotation: tronc raide

Vue de dessus



Rotation du tronc autour de l'axe longitudinal

Compensation complète des moments par rapport à l'axe longitudinal

$$M = 0$$

$$h_{\text{Jambe}} \times F_{\text{Jambe}} = h_{\text{Bras}} \times F_{\text{Bras}}$$

$$F_{\text{Jambe}} \approx 2 \times F_{\text{Bras}} \longrightarrow h_{\text{Bras}} \approx 2 \times h_{\text{Jambe}}$$



Largeur de la ceint. scapulaire > Largeur de la ceint. pelvienne

Mais compensation incomplète des moments par rapport axe longitudinal

Rappel

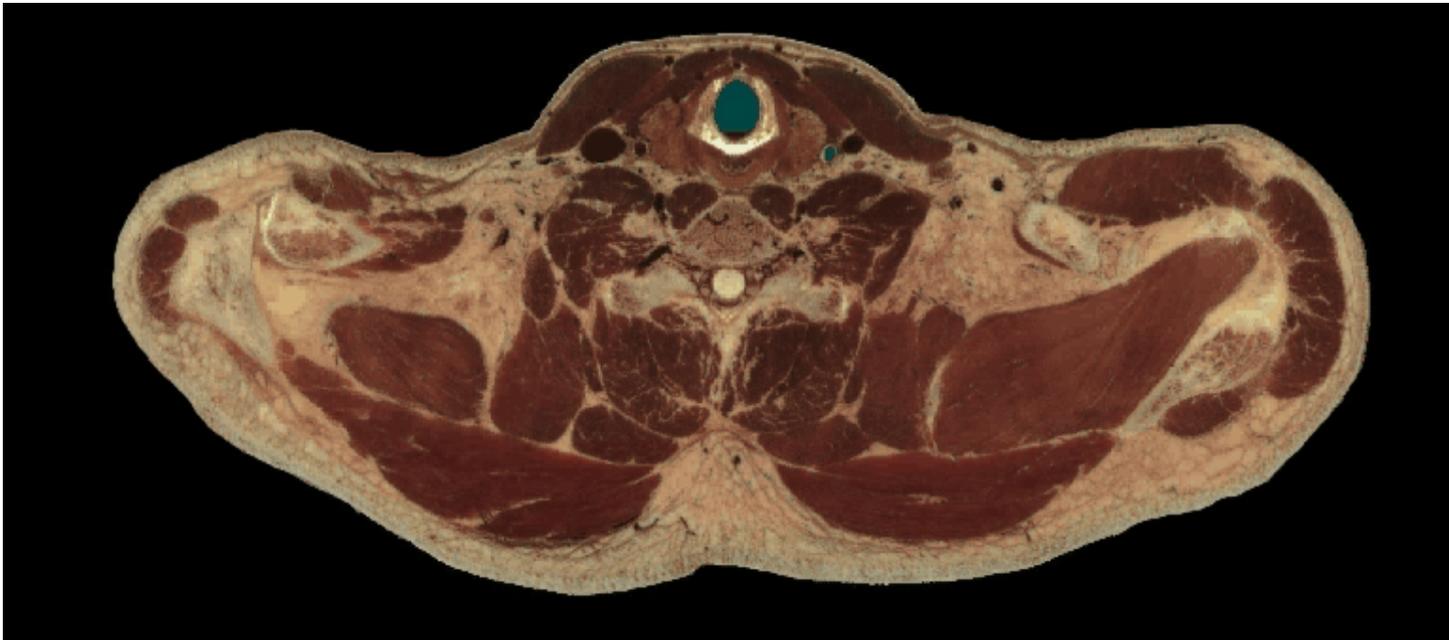
$$\textit{Rotation} \propto \frac{M}{\Theta}$$

$$\textit{Rotation} \downarrow \rightarrow \Theta \uparrow \rightarrow \frac{a}{b} \uparrow$$



Forme elliptique de la section du tronc

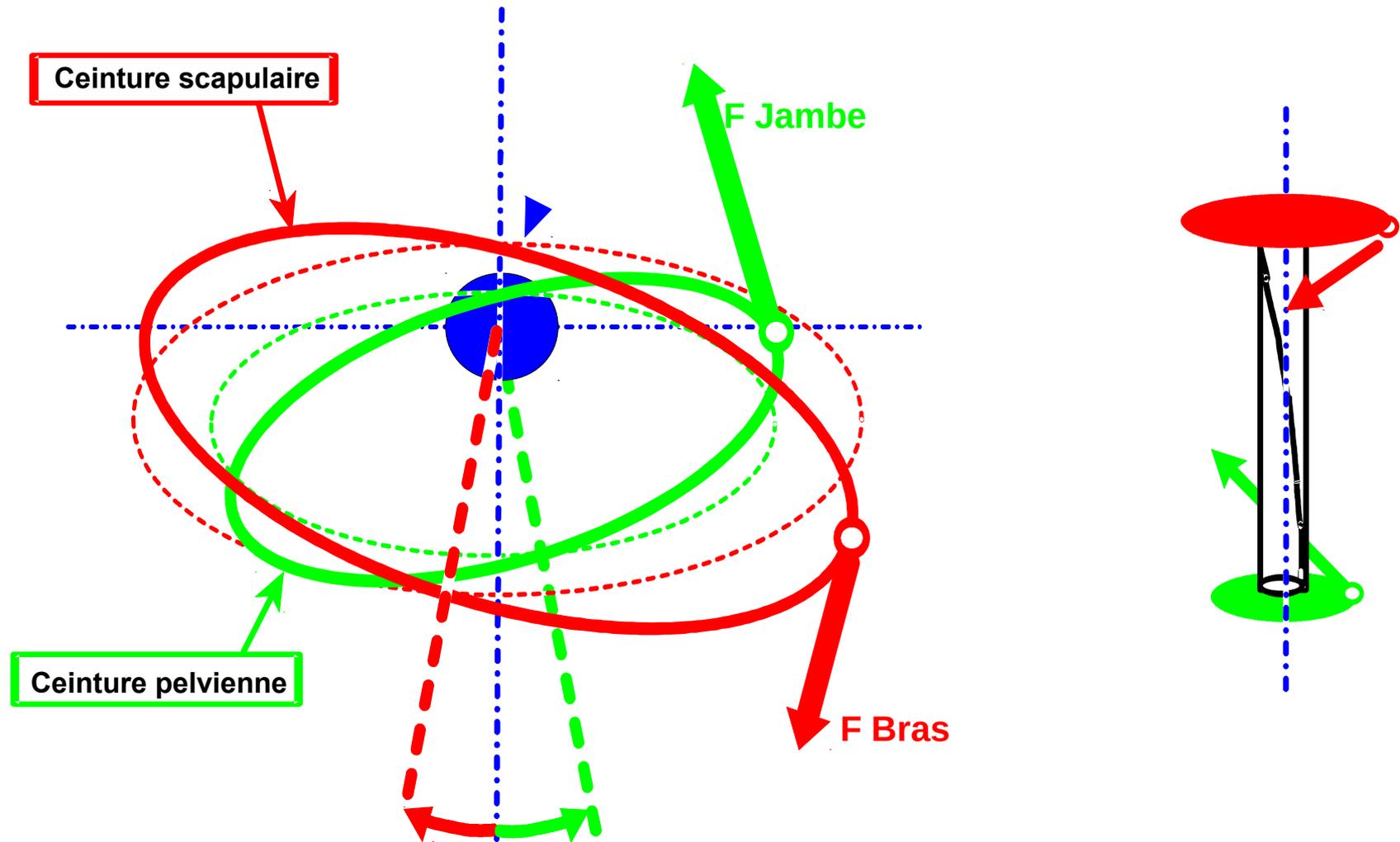
Section du tronc elliptique



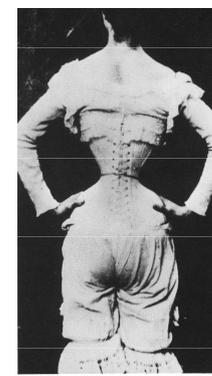
Stature du corps humain

- Jambe longue, fine, conique.
- Bras long, fin et cylindrique
- **Tronc long, droit, vertical
avec une taille**
- Section du corps elliptique
- Largeur épaule = 2 x largeur bassin
- Hauteur limitée

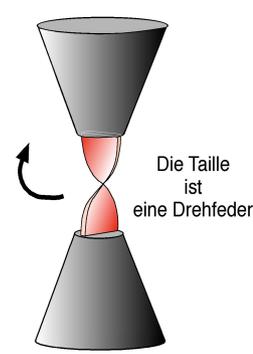
Le tronc une ressort de torsion



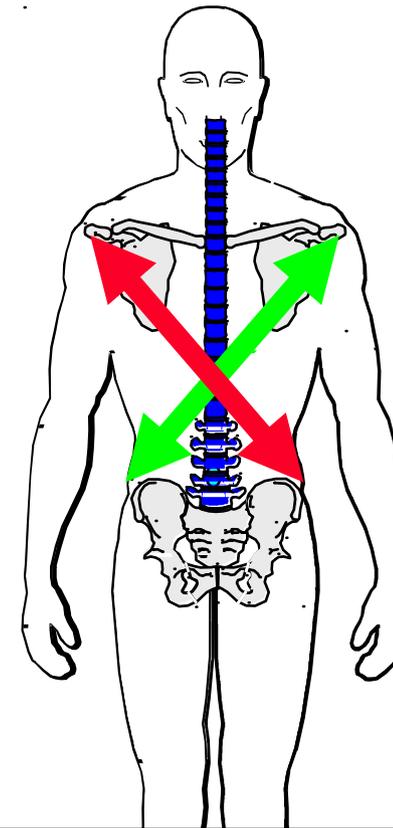
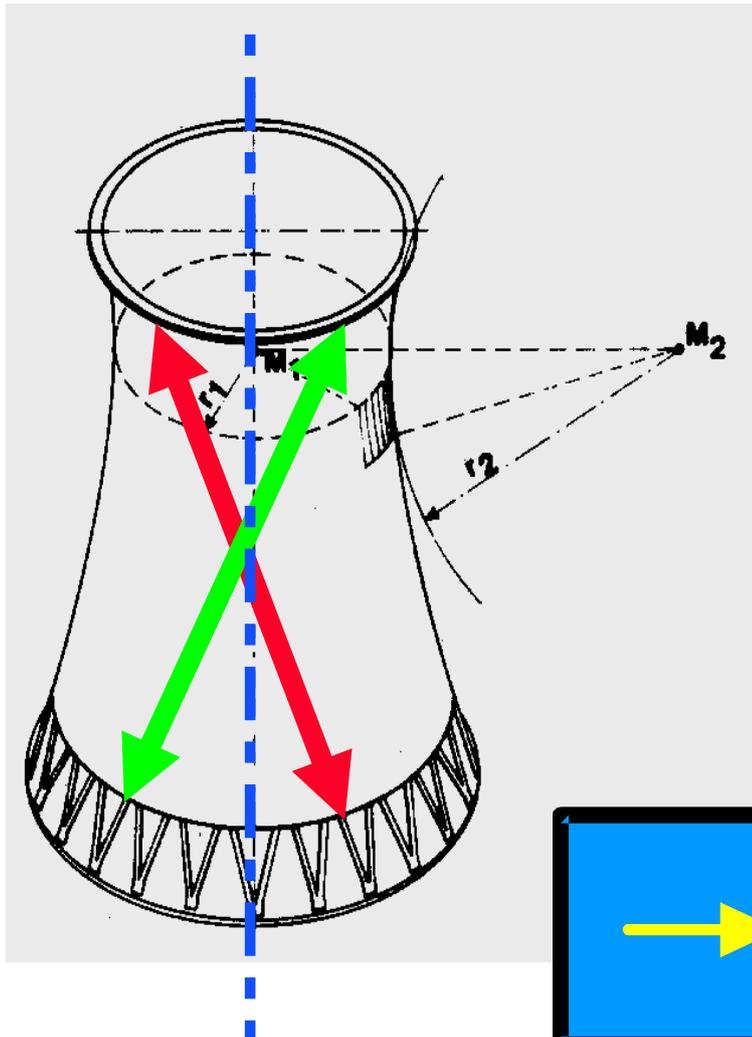
La taille humaine



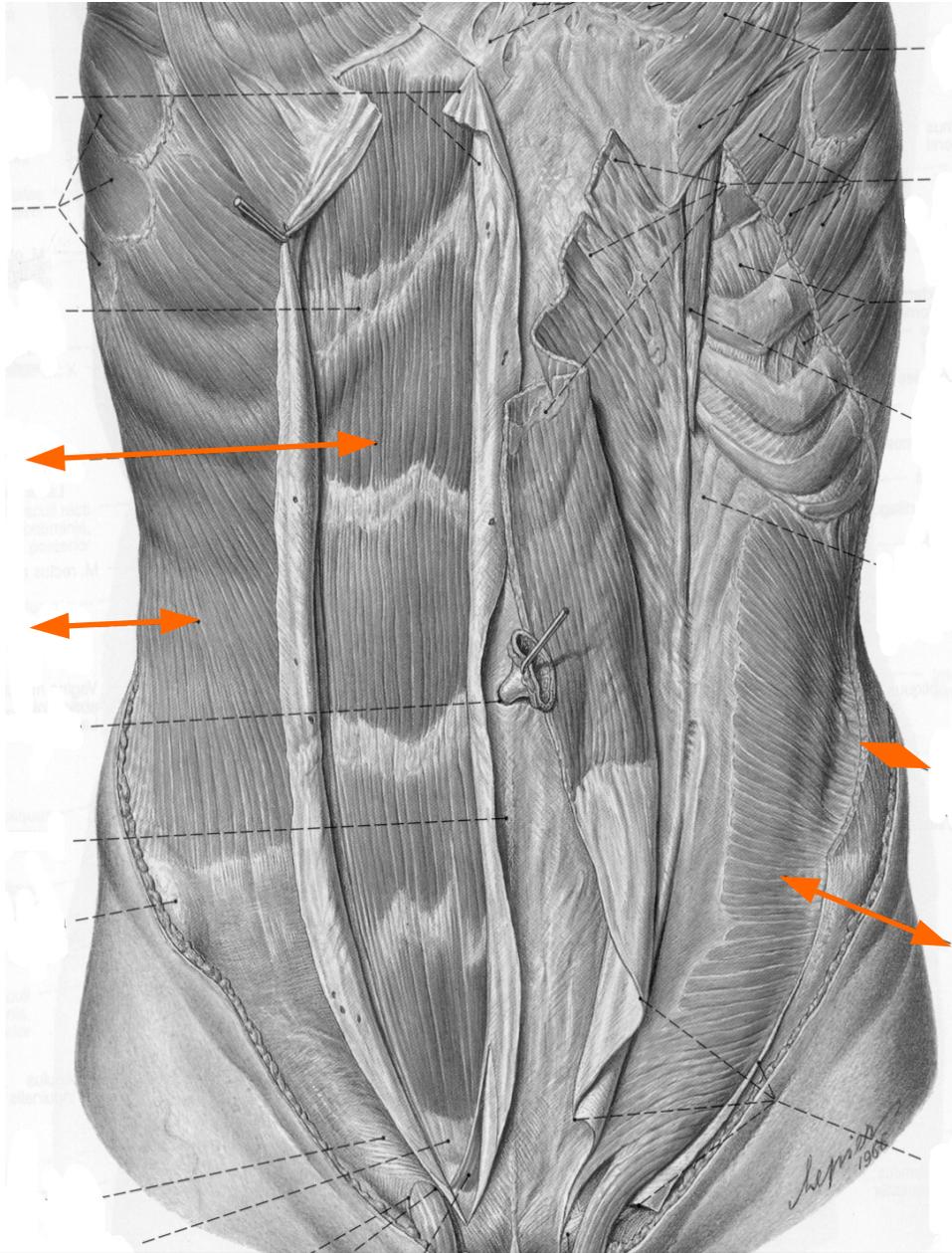
171 Extrem eng geschnürte Taille einer Korsettträgerin, erdichtet Foto, um 1900, HMF



Die Taille ist eine Drehfeder



→ **Tronc long, droit avec une taille**



RA



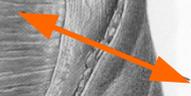
OE



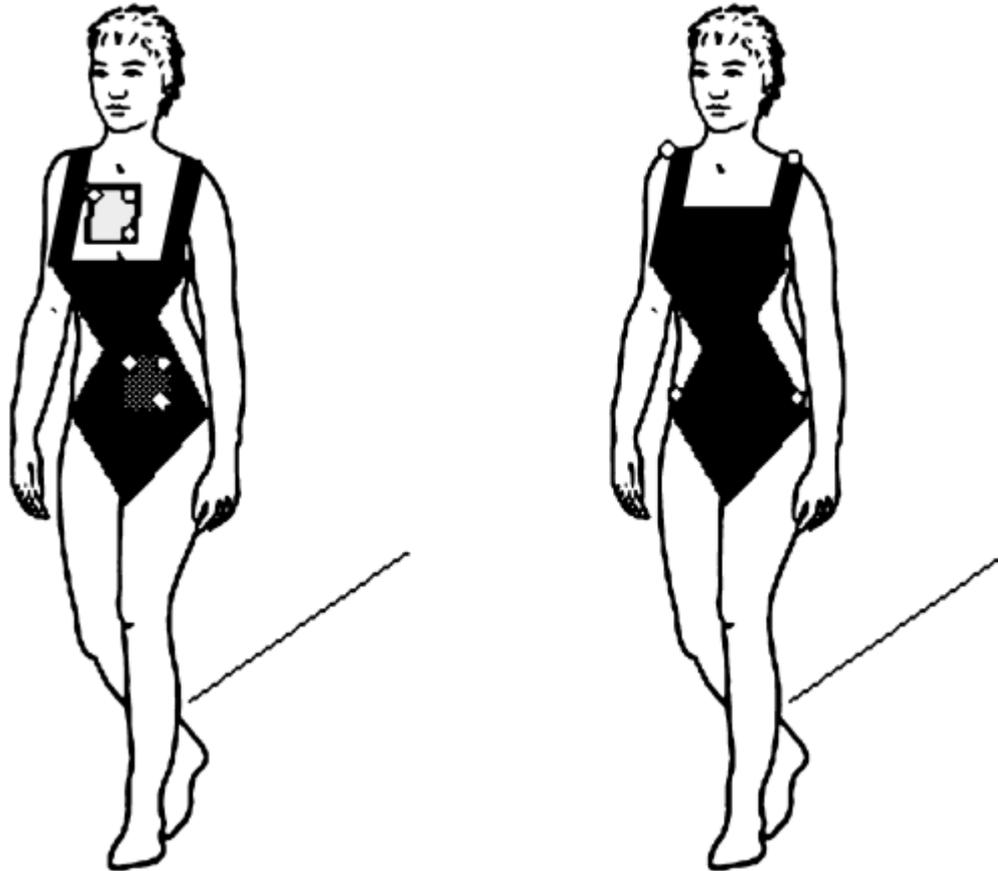
OE



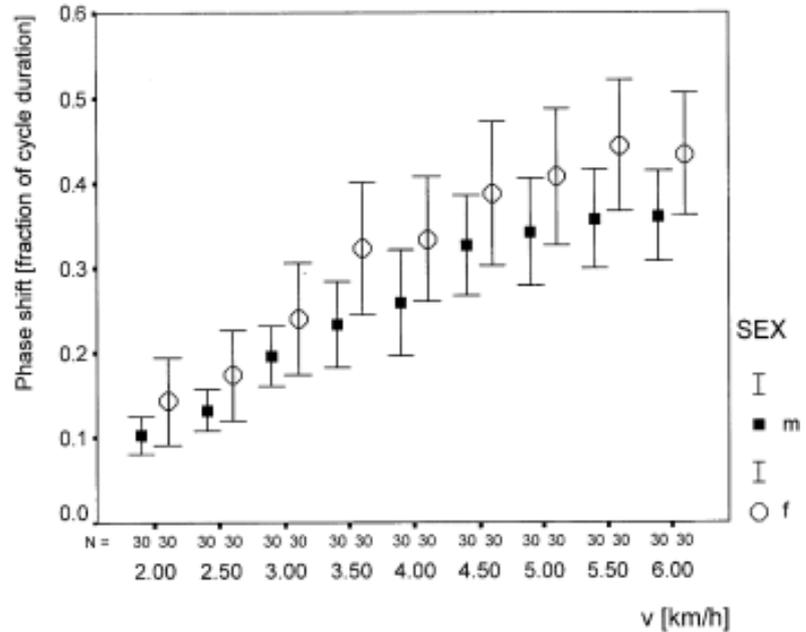
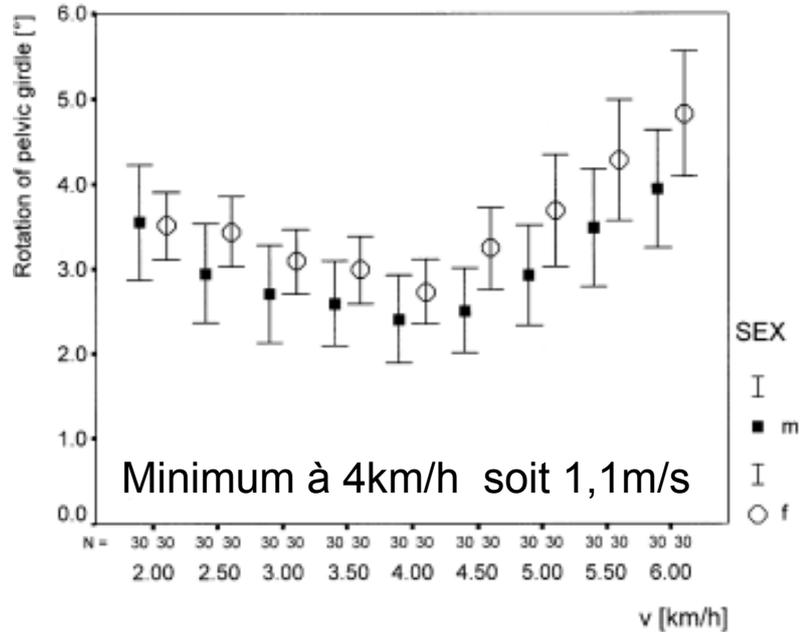
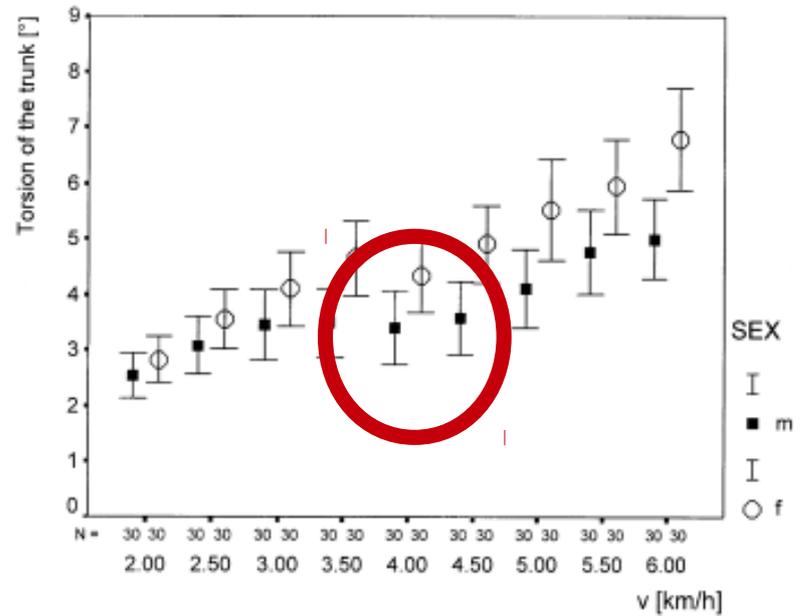
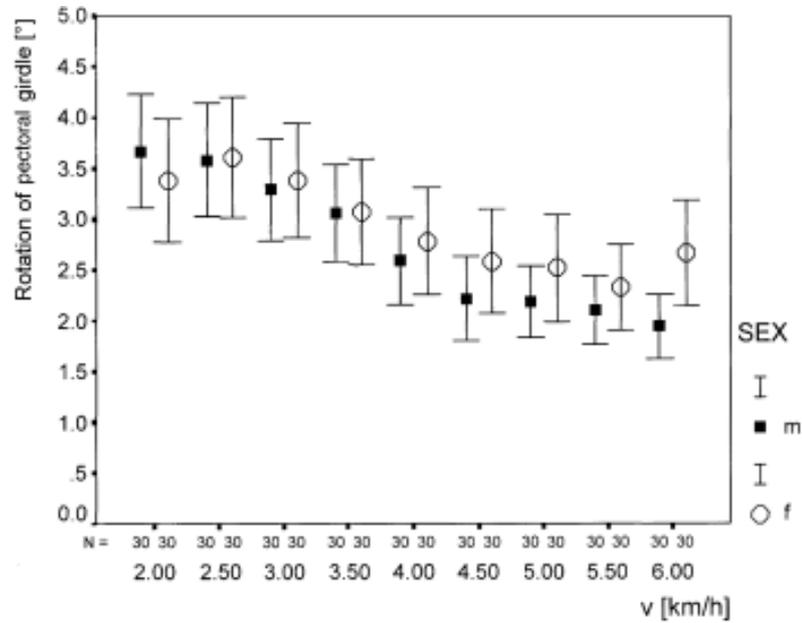
M. obliquus internus
abdominis

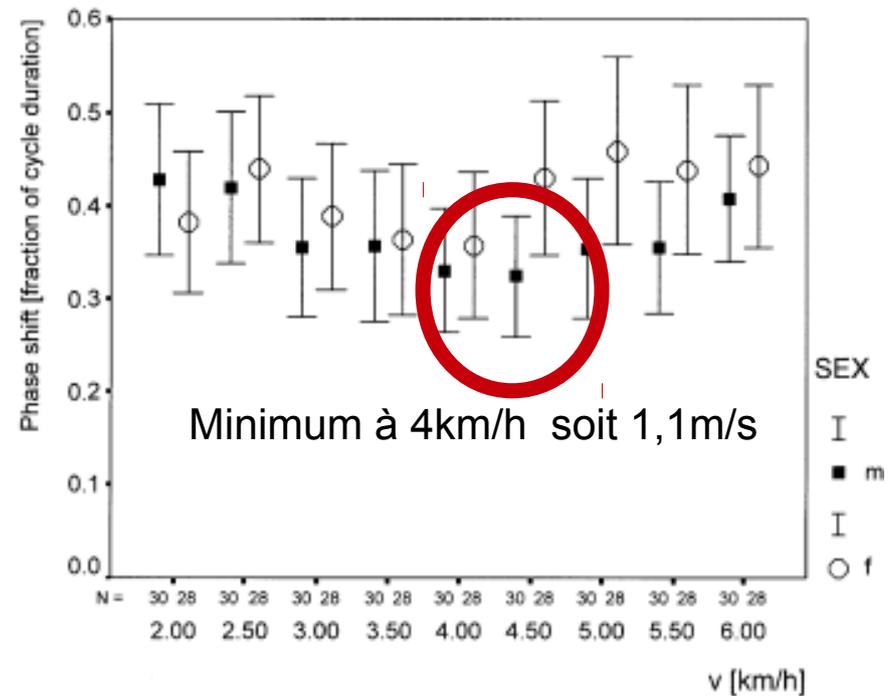
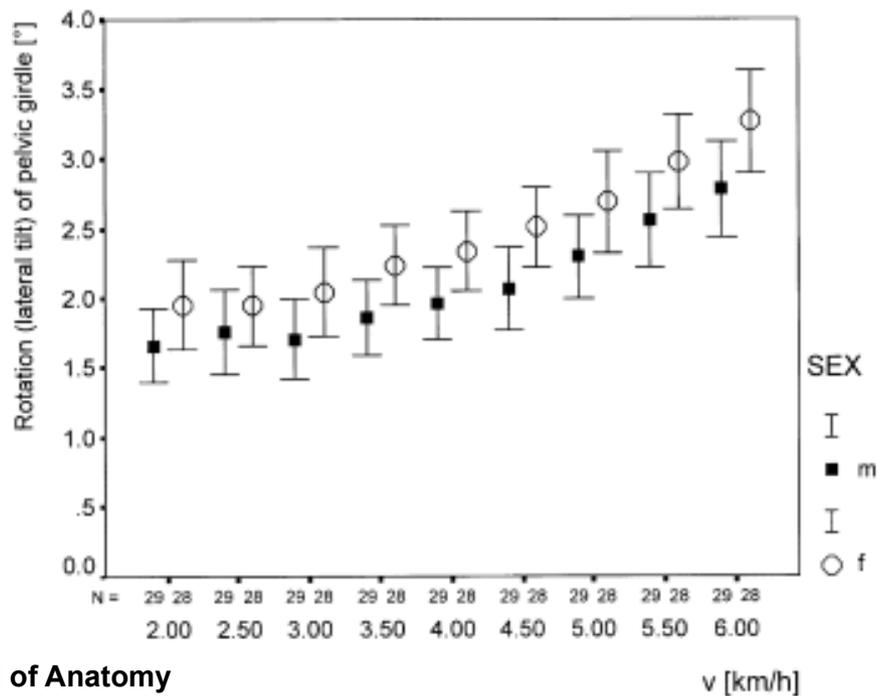
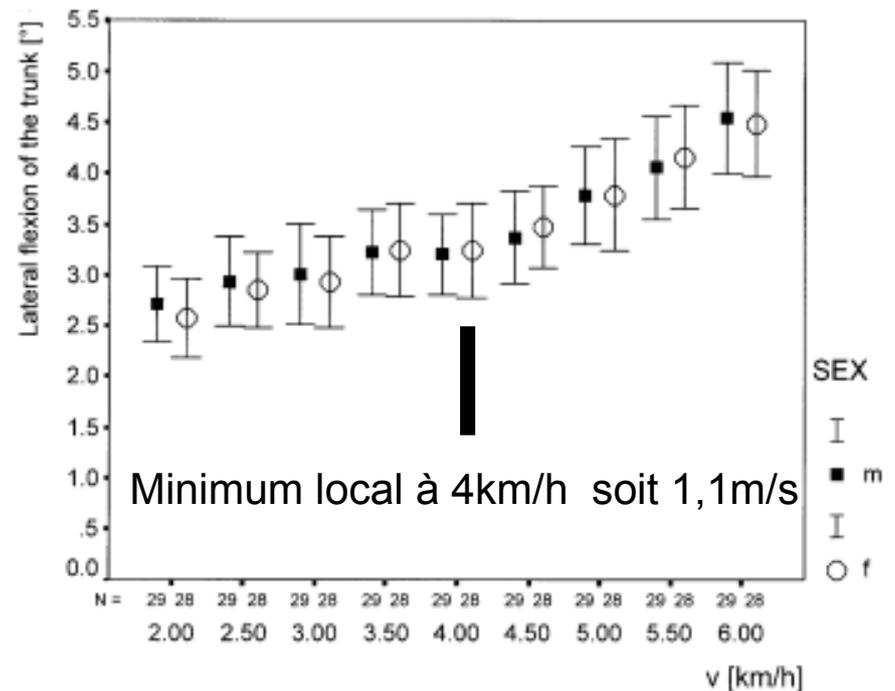
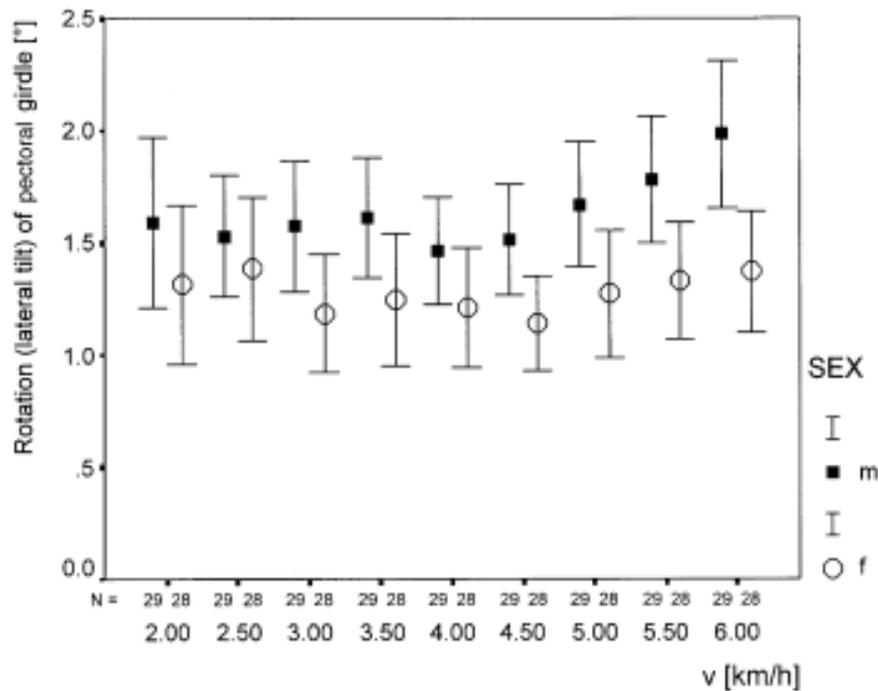


Mesure de la torsion: methodologie



Mesure de la torsion: résultats



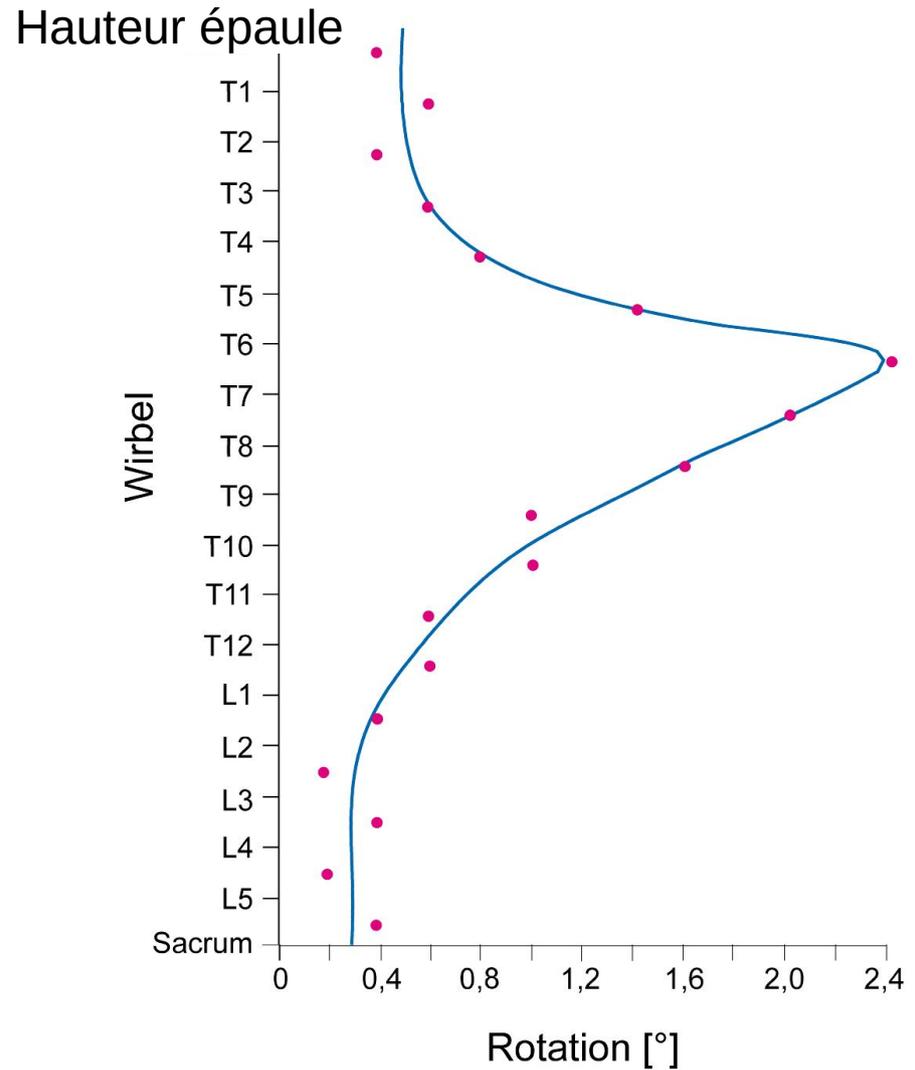
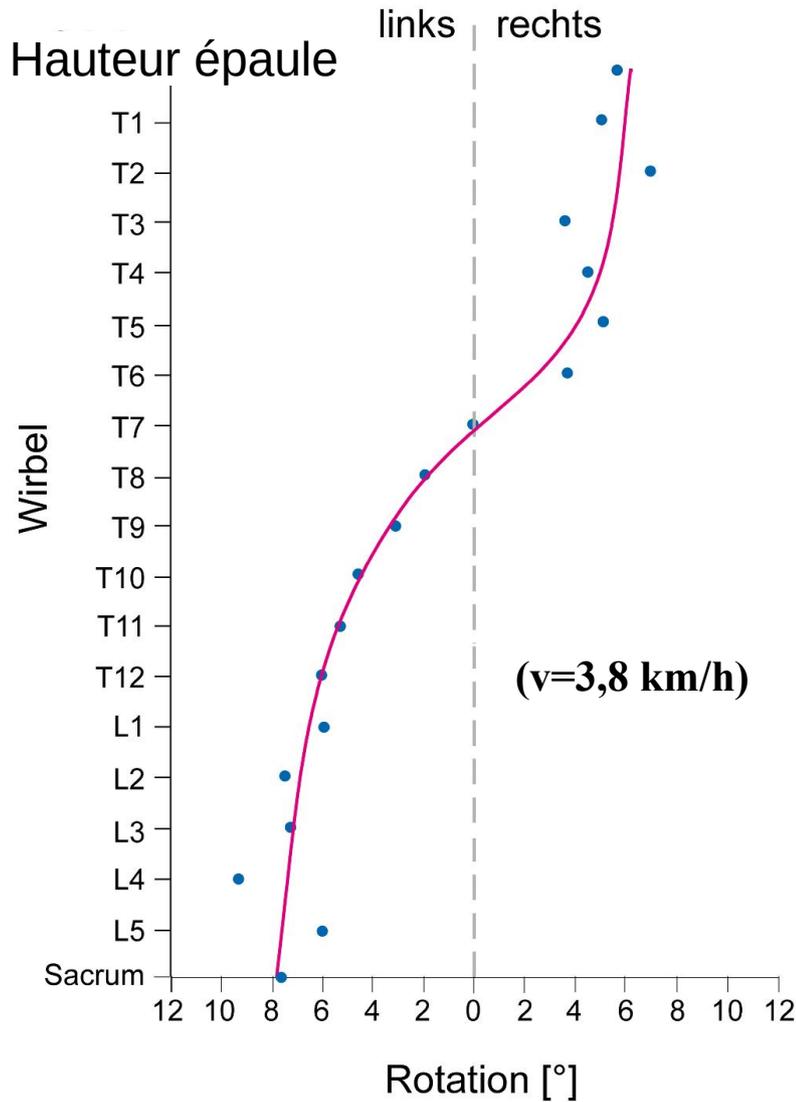


Torsion de la colonne pendant une marche soutenue

Maximum amplitude

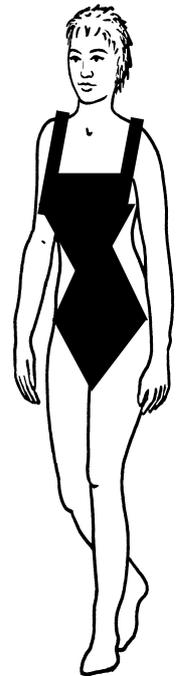
Difference between adjacent vertebrae

Rappel capacité additive max en rotation de T1-T12 env. 75°, L1-L5 env. 35°

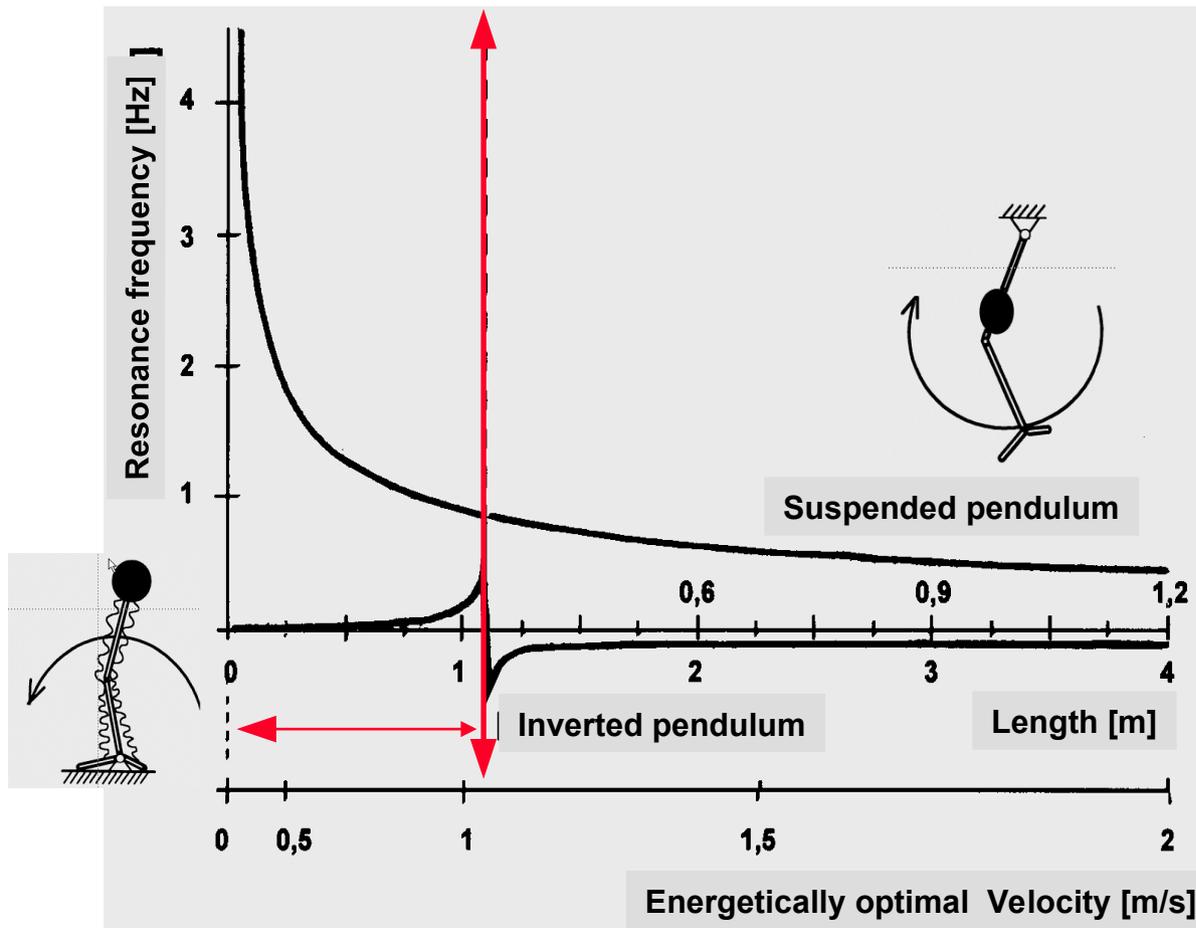


Dessin global du corps humain

- Jambe longue, fine, conique.
- Bras long, fin et cylindrique
- Tronc long, droit, vertical avec une taille
- Section du corps elliptique
- Largeur épaule = 2 x largeur bassin
- Hauteur limitée du corps

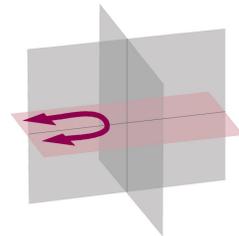


Limitation de la taille humaine

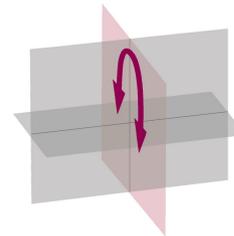


Mouvements de la colonne pendant la locomotion

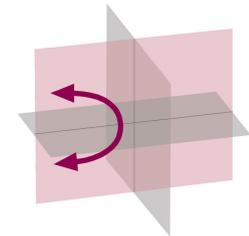
horizontal plane
,lateral bending'



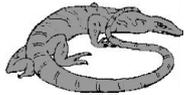
transversal plane
,tilting'



sagittal plane
,sagittal bending'



tétrapode non mammaliens



+

+

-

Mammifères quadrupèdes



+

+

+

Mammifères bipèdes



(-)

+

-

Types de fibre musculaire



Comparaison des fibres musculaires lentes et rapides

fibres lentes= type I

Dimètre plus petit (20-50% of fast fibres)

Bien vascularisé

myoglobine abondante, rouge (!)

mitochondrie abondante

système enzymatique oxydatif

innervation parallèle des fibres

long-lasting contractions prolongées

resistant contre la fatigue

Fibres rapides = type II

gros diamètre (jusqu'à 300µm)

faiblement vascularisé

pas de myoglobine, white (!)

quelques petites mitochondries

enzymes pour la glycolyse anaerobie

innervation des fibres à angle droit

contractions brèves

fatiguables

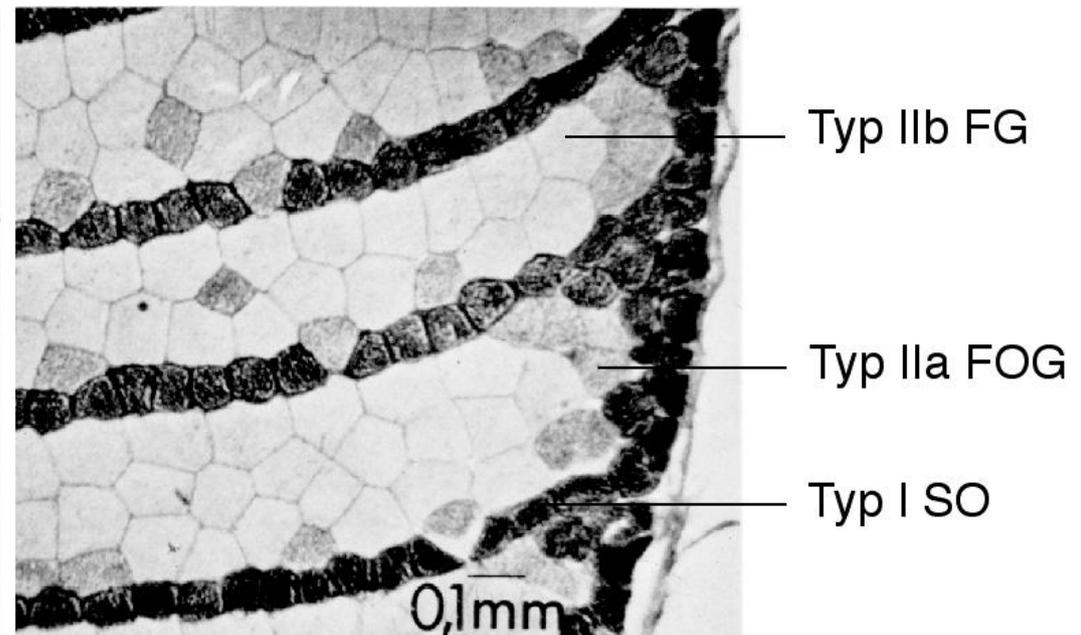
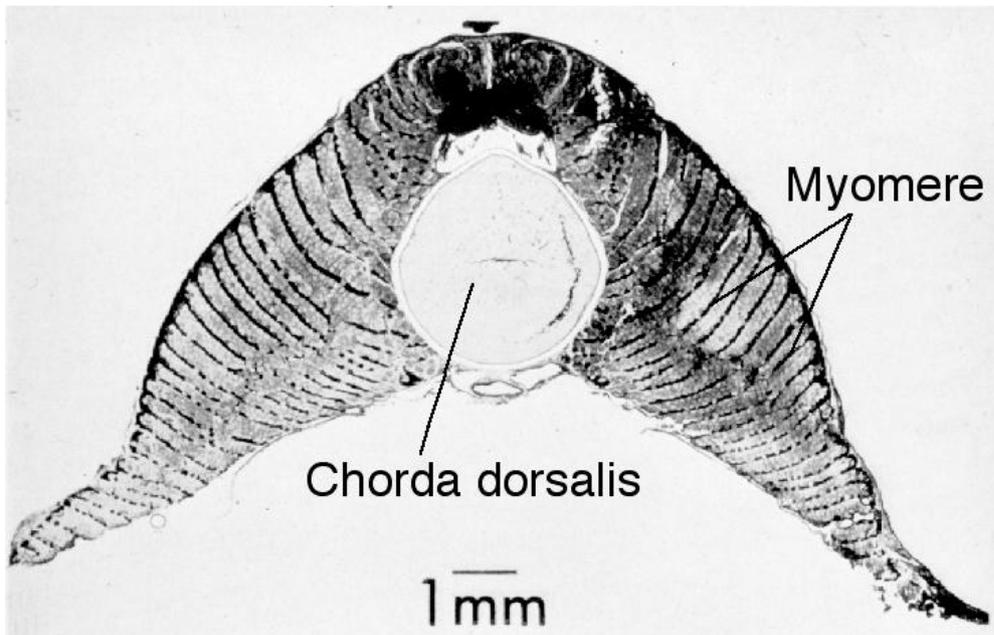
Muscle fibre types



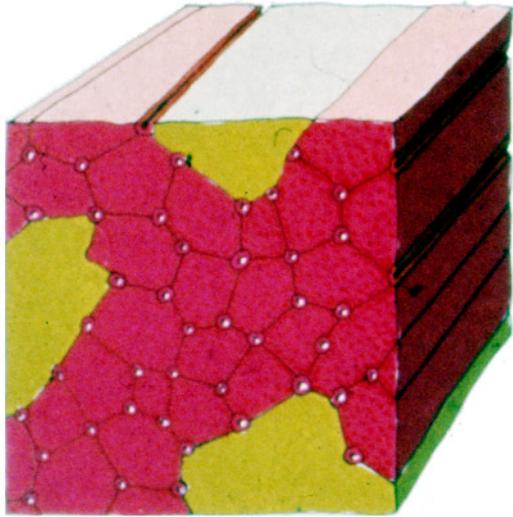
Flood & Mathiesen (1962)
Der Atlantische Inger (*Myxine glutinosa*), europäische Küsten, Länge bis 40 cm

Myxine, the most primitive living vertebrate

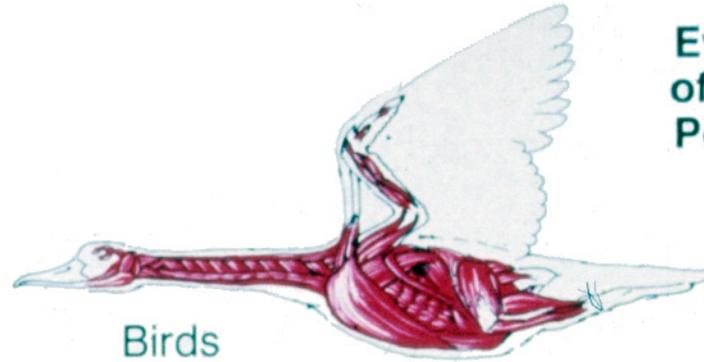
Flood & Mathiesen 1962



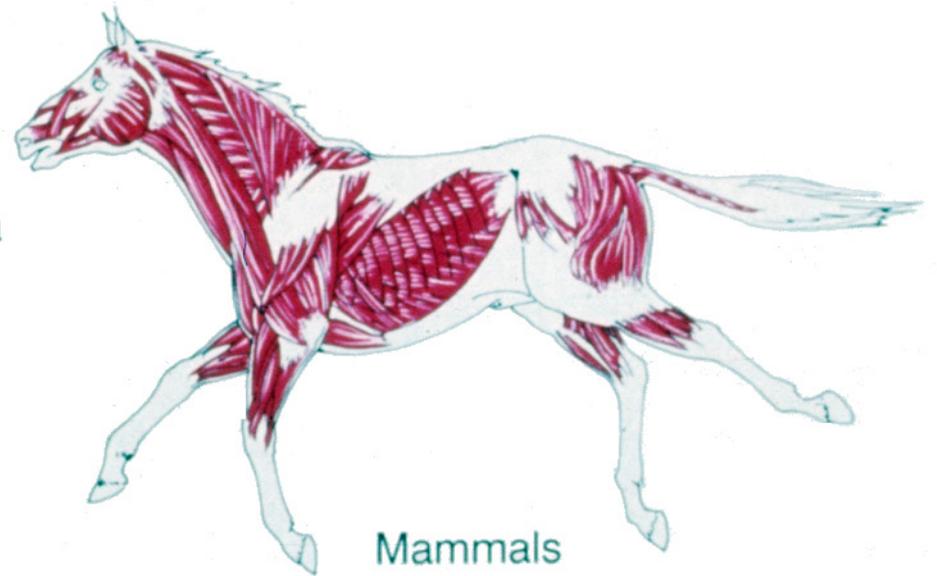
Evolution of the Fiber Composition of Skeletal Muscles from Poikilotherms to Homoiotherms



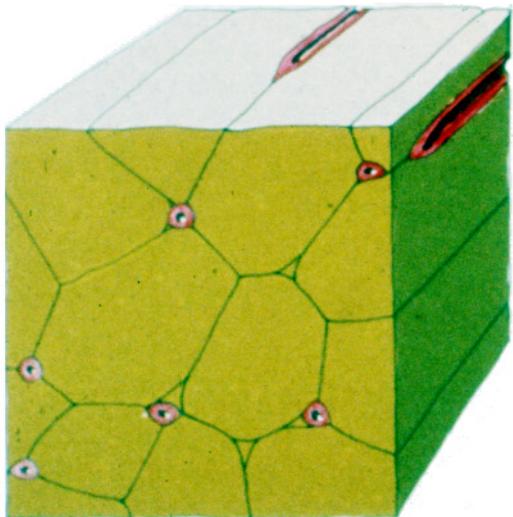
In homoiotherms:
predominantly small
aerobic muscle fibers
with numerous mitochondria
and a rich capillarisation



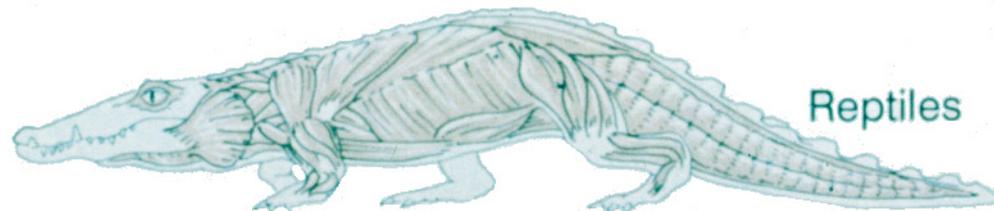
Birds



Mammals

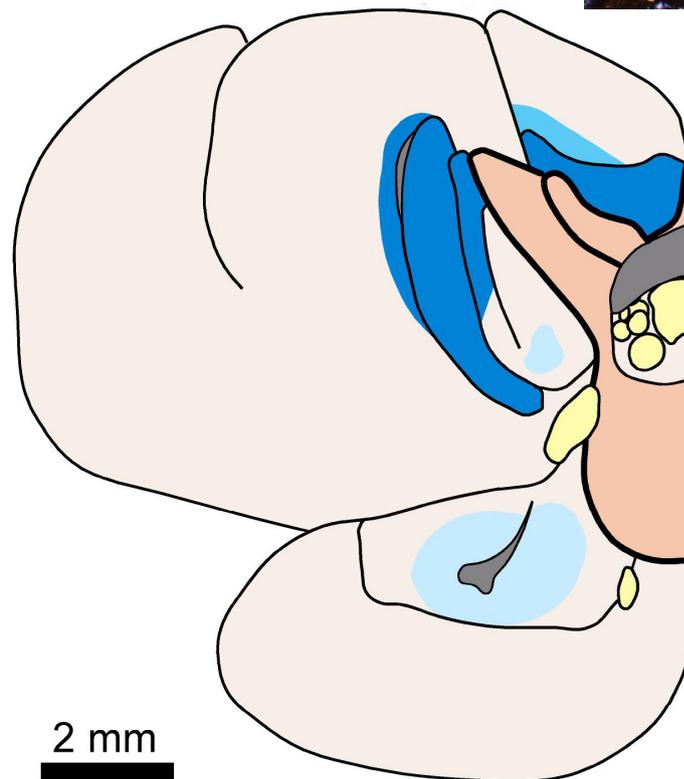
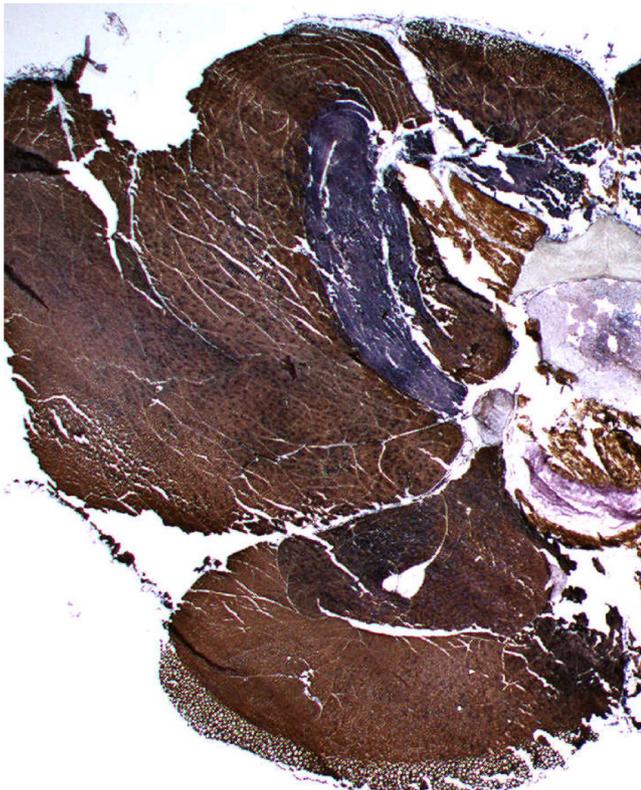
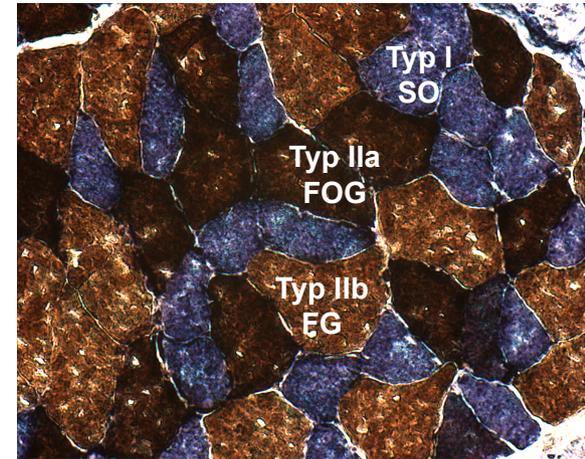


In poikilotherms:
predominantly large
anaerobic muscle fibers
with few mitochondria
and a sparse capillarisation

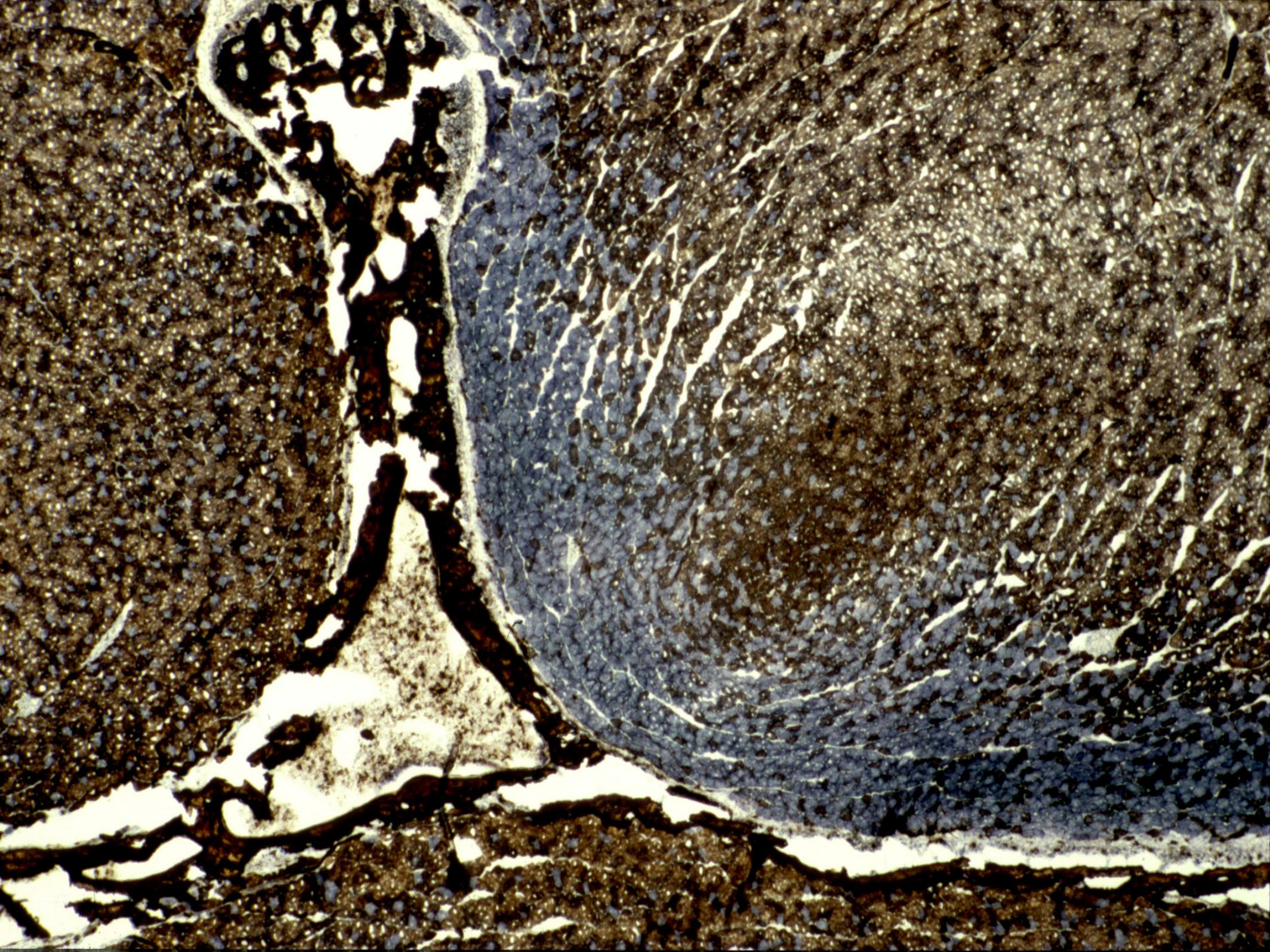


Reptiles

Reconnaitre les fibres en utilisant des reactions enzymatiques



- Rückenmark, Nerven
- Sehnen, Knorpel
- Knochen
- > 90% glykolytische Muskelfasern
- > 10% oxidative Muskelfasern
- > 60% oxidative Muskelfasern
- > 90% oxidative Muskelfasern

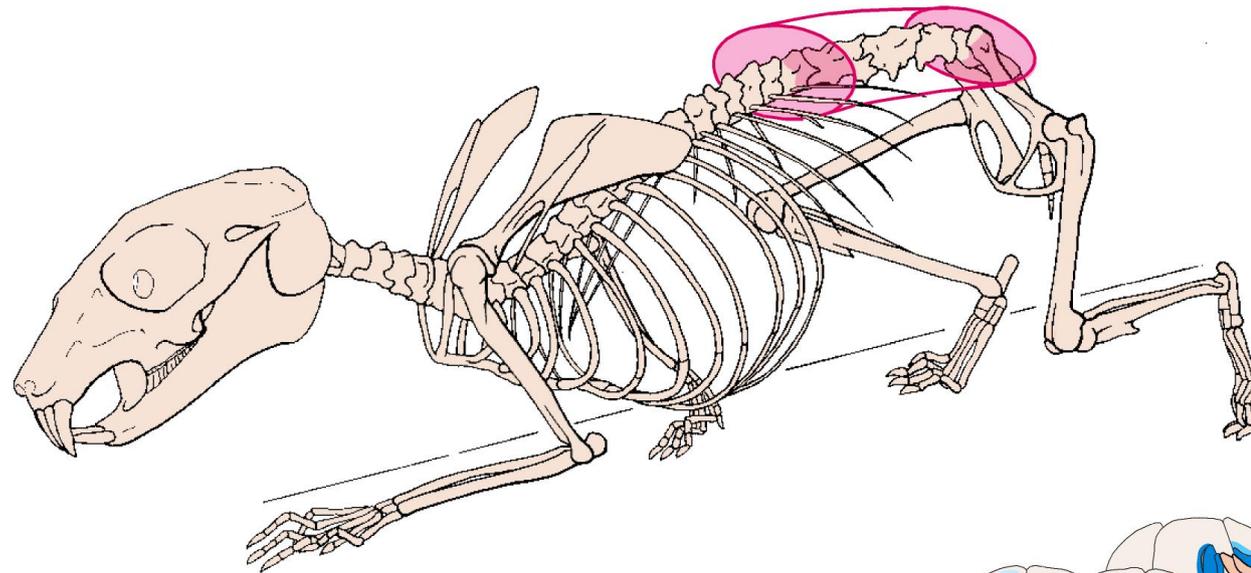


Sources d'énergie pour l'activité musculaire

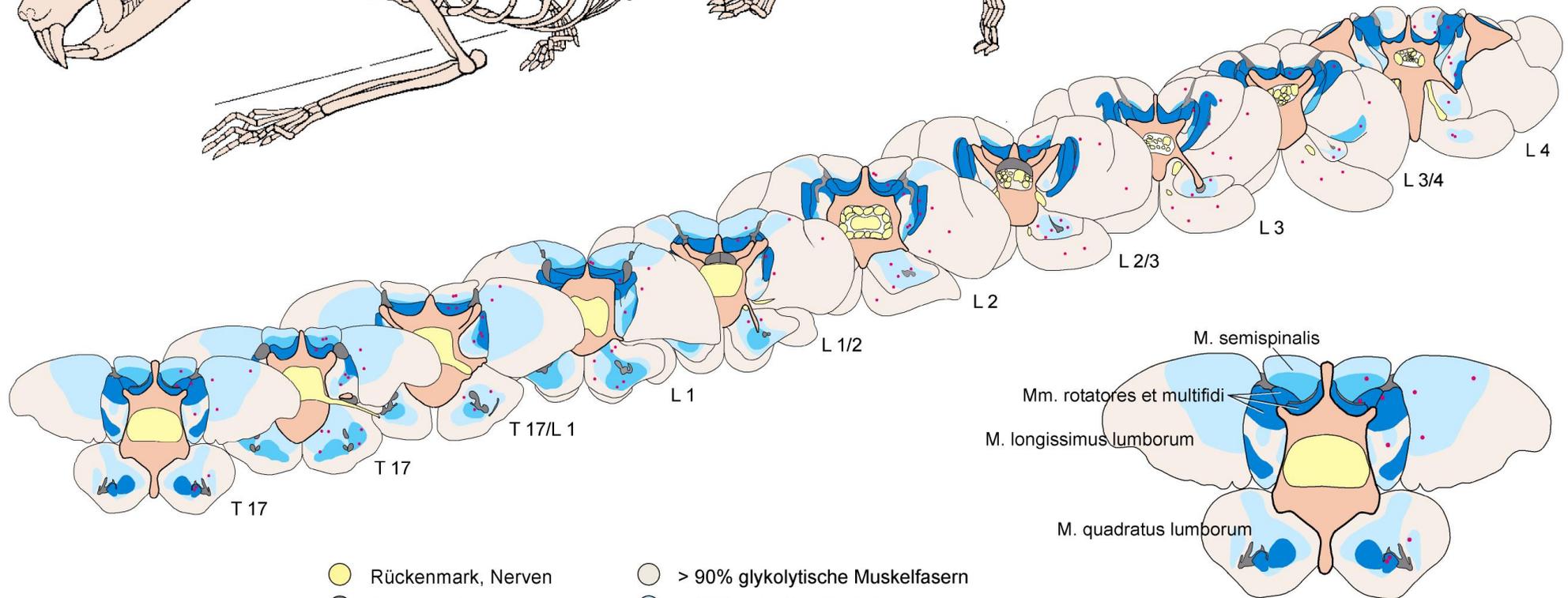
Contraction forte et rapide (e.g. Komi 1992):

- ATP - reserve for the first 2-4s
- next 20-30s: ATP - synthesis from phosphocreatin
- starting at about 7s: ATP - production from anaerobic glycolysis (less efficient)

Caractérisation de la musculature paravertébrale



Ochotona rufescens
pika



- | | |
|--|--|
|  Rückenmark, Nerven |  > 90% glykolytische Muskelfasern |
|  Sehnen, Knorpel |  > 10% oxidative Muskelfasern |
|  Knochen |  > 60% oxidative Muskelfasern |
|  Muskelspindel |  > 90% oxidative Muskelfasern |

Characterisation of paravertebral muscles



Homogene distribution of fibre types

glycolytic fibres

M. longissimus lumborum

M. iliopsoas

oxidative fibres

Mm. rotatores

Mm. multifidi

Mm. interspinales

Inhomogene distribution of fibre types

M. semispinalis

M. quadratus lumborum



Stabilité de la partie lombaire chez les petits mammifères

Local (stabilising)

Stabilité entre les segments
muscles courts et profonds
fibres musculaires du type I

Actions soutenues

exemples:

M. multifidus

M. transversus abdominis

Global (mobilising)

Maintien de l'équilibre

muscles longs et superficiels

fibres musculaires principalement
du type II

action courte et puissante

exemples:

M rectus abdominis

M. longissimus thoracis pars
thoracica

Distribution des fibres de type 1 et 2 dans la musculature paravertébrale lombaire des tout petits mammifères

Pour les très petits : persistences de régions oxydative spécialisées et profondes
 Mais globalement type IIa ultra-majoritaire. → rôle dans la production de chaleur
 Or plus je suis petit plus j'ai besoin de produire de la chaleur .

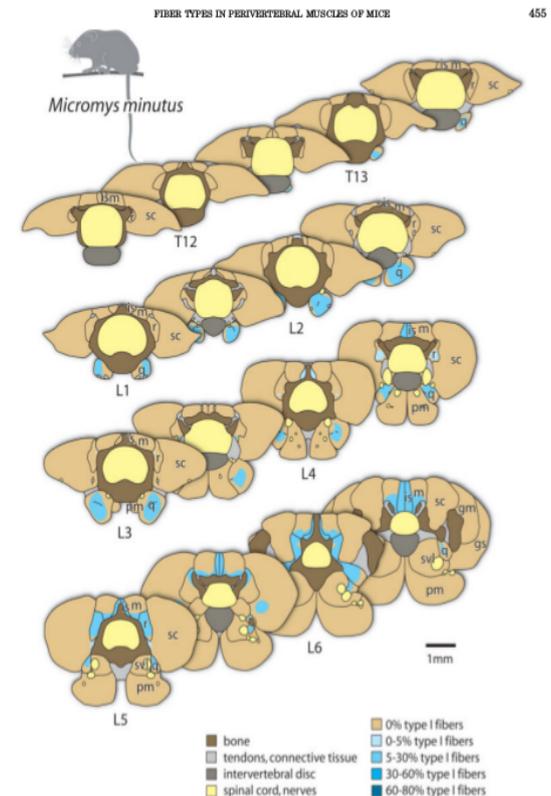
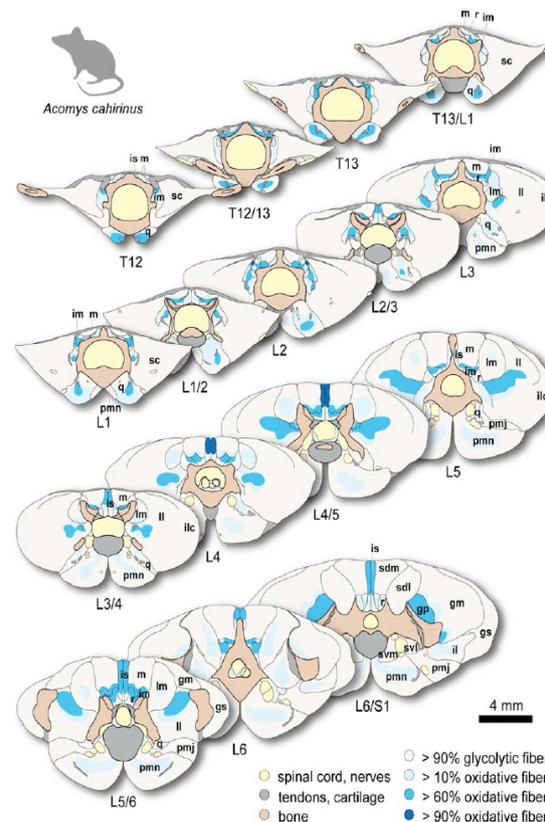
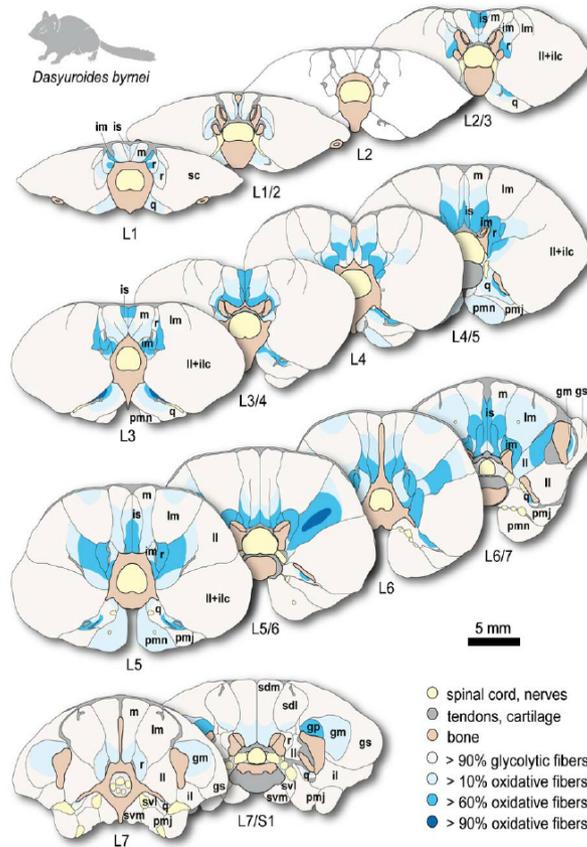


Fig. 3. Distribution pattern of Type I fibers in the harvest mouse. For abbreviations of the muscle names, see Fig. 2. Note the absence of Type I fibers in large areas of the musculature but the relatively high proportion in the m. quadratus lumborum (q) compared with the laboratory mouse (Fig. 2).

Distribution des fibres de type 1 et 2 dans la musculature paravertébrale lombaire de l'homme

Hesse and Schilling
(2013)
Première étude
complète toute la
section observée et pas
seulement des spots
Étude sur 2 cadavres.

- composition en fibre : fifty-fifty, distribution plus centrée sur 50-50 dorsalement que ventralement ou elle est un peu plus répartie
- distribution des fibres : section homogène à l'échelle macro, quasi aucune différence de début à la fin de la zone lombaire. Petite zone d'accumulation de fibres lentes dans la musculature dorso latérale présente aussi chez les petits mammifères mais qui croît en dimension dans un gradient caudo-cranial. Grande inhomogénéité locale de la distribution. Pas de variation en fonction de la distance à la vertèbre.

CI : le rôle fonctionnel n'est pas inscrit dans la composition en fibre. Sur le plan évolutif les demandes antérieures (grimper, etc..) ont du conduire à ce mix qui permet donc une grande versatilité fonctionnelle

Distribution des fibres de type 1 et 2 dans la musculature paravertébrale lombaire des grands singes

Distribution en fibre lente et rapide mixte

Cela peut paraître surprenant mais

la musculature para-vertébrale de l'homme et des grands singes est identique jusque dans la répartition des types de fibres musculaires

Il n'y donc pas eu d'adaptation de ce côté ces 6 derniers millions d'années alors même qu'on pourrait penser que sur le plan de la demande fonctionnelle il y a eu de fortes évolutions

CI : le rôle fonctionnel n'est pas inscrit dans la composition en fibre. Sur le plan évolutif les demandes antérieures (grimper, etc..) ont du conduire a ce mix qui permet donc une grande versatilité fonctionnelle

Distribution des fibres de type 1 et 2 dans la musculature paravertébrale lombaire des petits mammifères

N. Schilling (2009)

Deep and short, mono- or multisegmental muscles (i.e., mm. Interspinales, intermammillares, rotatores et intertransversarii) consistently showed the highest percentage of slow, oxidative fibers implying a function as local stabilizers of the vertebral column. Superficial and large, polysegmental muscles (i.e., mm. multifidus, sacrospinalis, iliopsoas et psoas minor) were predominantly composed of fast, glycolytic fibers suggesting they function to both globally stabilize and mobilize the spine during rapid non-locomotor and locomotor activities. Some muscles contained striking accumulations of oxidative fibers in specific regions (mm. longissimus et quadratus lumborum). These regions are hypothesized to function independently from the rest of the muscle belly and may be comparable in their functionality to regionalized limb muscles. The deep, central oxidative region in the m. longissimus lumborum appears to be a general feature of mammals and likely serves a proprioceptive function to control the postural equilibrium of the pelvic girdle and lumbar spine.

Because this novel muscle mass is mainly composed of fast, glycolytic fibers in extant species, it is plausible that these changes were associated with the evolution of increased sagittal mobility in the posterior trunk region in the therapsid ancestors of mammals. The caudally increasing role of sagittal bending in body propulsion is consistent with the overall increase in the percentage of glycolytic fibers in the cranio-caudal direction.

The evolution of mammals was also associated with a loss of ribs in the posterior region of the trunk. This loss of ribs is thought to have decreased the stability of the posterior trunk, which may explain the observed greater oxidative capacity of the caudal local stabilizers. The increased need for postural feedback in the more mobile lumbar region may also explain the evolution of the proprioceptive system in the m. longissimus lumborum.

FIN.