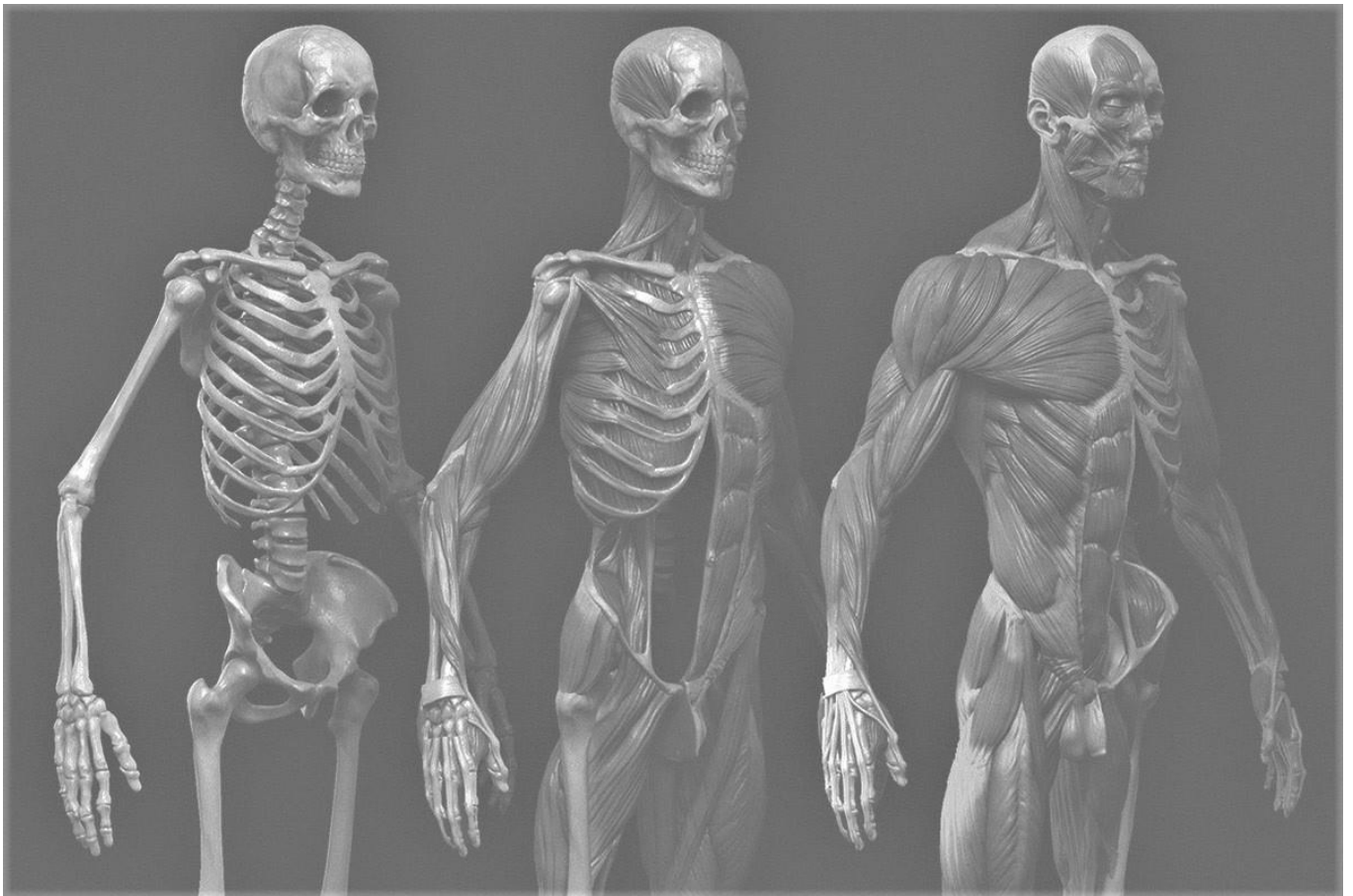


2019/2020



# Appareil Locomoteur

TUTORAT NICOIS

Mamie Louise

## INTRODUCTION

L'appareil locomoteur a pour fonction la préhensions, la lutte contre la pesanteur (soutenir son propre poids), la locomotion, la mastication et la mécanique respiratoire. Il provient du mésoblaste para axial qui se segmente en sclérotome (qui donnera les os, les ligaments, les articulations) en myotome (qui donnera les muscles) et en dermatome (qui donnera la peau). Il s'étudie à travers **l'ostéologie**, **l'arthrologie** et la **myologie**.

## OSTEOLOGIE

Description brève de l'os pour pas être paumé : petit schéma

### OSTEOGENESE

#### DEFINITION

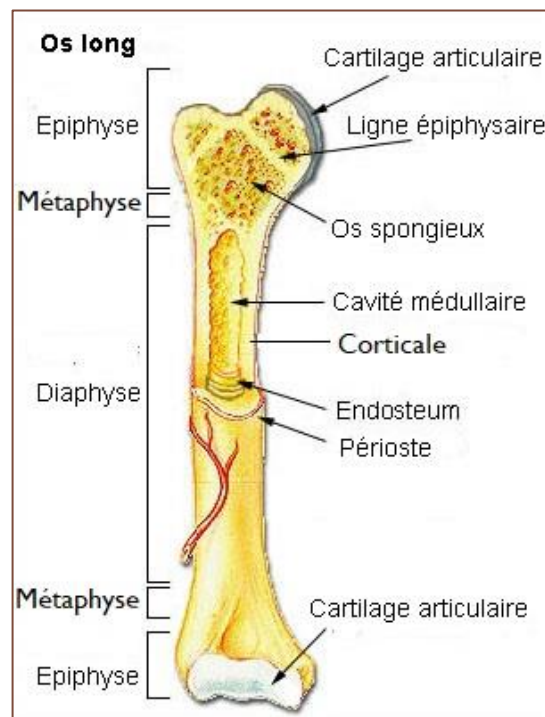
L'ostéogénèse ou l'ossification est la formation du tissu osseux. On retrouve deux types d'ossifications principales : l'ossification endochondrale et l'ossification membraneuse.

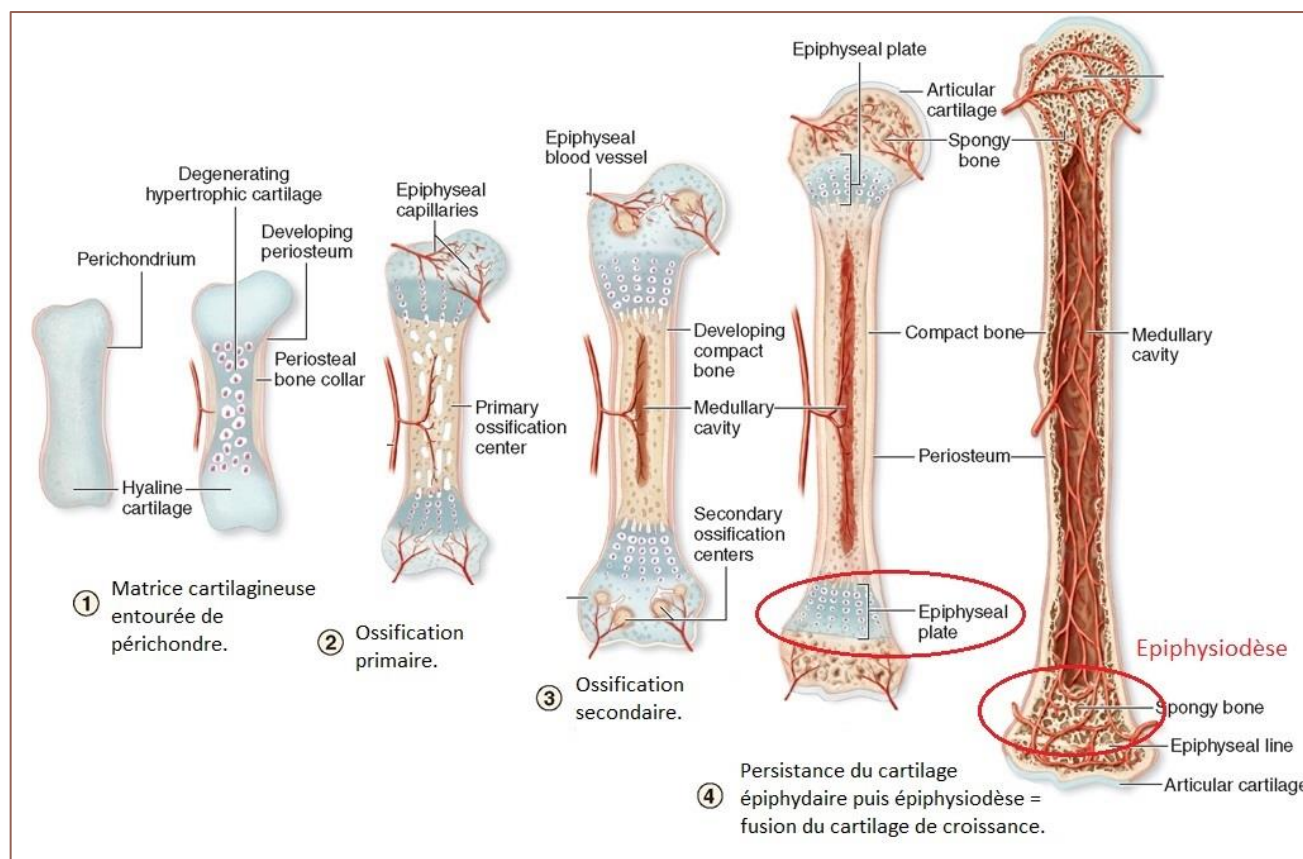
#### OSSIFICATION ENDOCHONDRALE

Elle correspond à l'ostéogénèse des os **longs** et se déroule en plusieurs étapes :

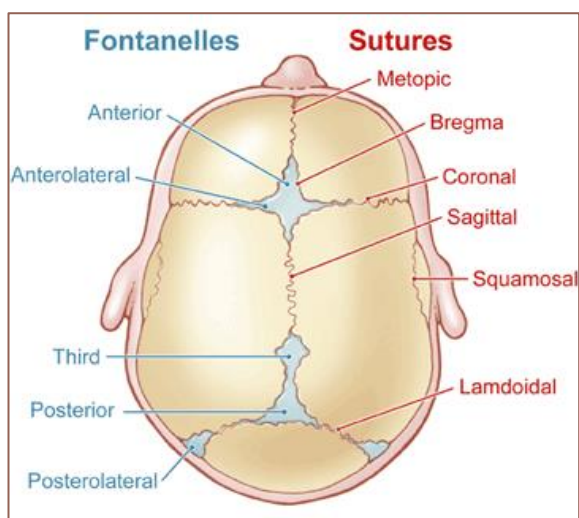
- Une matrice (ou maquette) **cartilagineuse** est entourée de **périchondre**
- au sein de la matrice, il apparaît un point d'ossification **primaire** qui forme la cavité médullaire (future **diaphyse**)
- puis aux **extrémités** de la maquettes (future **épiphyse**) apparaissent des points d'ossification **secondaire**
- entre les points d'ossification primaire et secondaire persiste un vestige de la matrice : le **cartilage épiphysaire = de croissance = point de conjugaison**, différent du cartilage **hyalin ou articulaire** que l'on retrouve aux **extrémités des épiphyses**.

**POINT IMPORTANT** : on ne confond pas cartilage **HYALIN** ou **ARTICULAIRE** qui encroûte les **EXTREMITES** avec le **CARTILAGE DE CONJUGAISON = DE CROISSANCE = EPIPHYSAIRE** qui est entre l'épiphyse et la métaphyse.





## OSSIFICATION MEMBRANEUSE



C'est l'ostéogénèse des os du **crâne** : elle débute au sein du mésenchyme où apparaît une **membrane ostéoïde** et NON PAS une matrice cartilagineuse (tu remarqueras que endo-chondrale veut dire dans le cartilage et que membraneuse veut bien dire dans un membrane). Dans cette membrane apparaît un point d'ossification primaire qui croît de manière **centrifuge** et **envahit** la membrane ostéoïde. **Sauf** au niveau de point de non contact des os où les **résidus de membrane forment les fontanelles**, qui se souderont durant la petite enfance.

**Clinique** : à quoi ça sert une fontanelle ?? Elles permettent au crâne du bébé de se déformer pour passer lors de

l'accouchement, mais aussi au cerveau de croître tranquilou pendant l'enfance. Si elles se soudent trop vite le cerveau ne pourra pas se développer et l'on provoque alors une crânio-sténose : on fracture les os du crâne pour laisser le cerveau grossir. Elles sont palpables et se gonflent quand le bébé pleure. Ex : la fontanelle lambdatique, la bregmatique etc ...

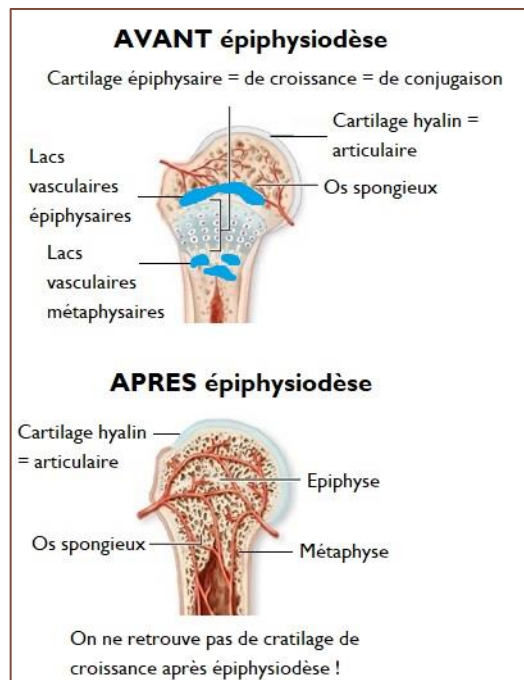
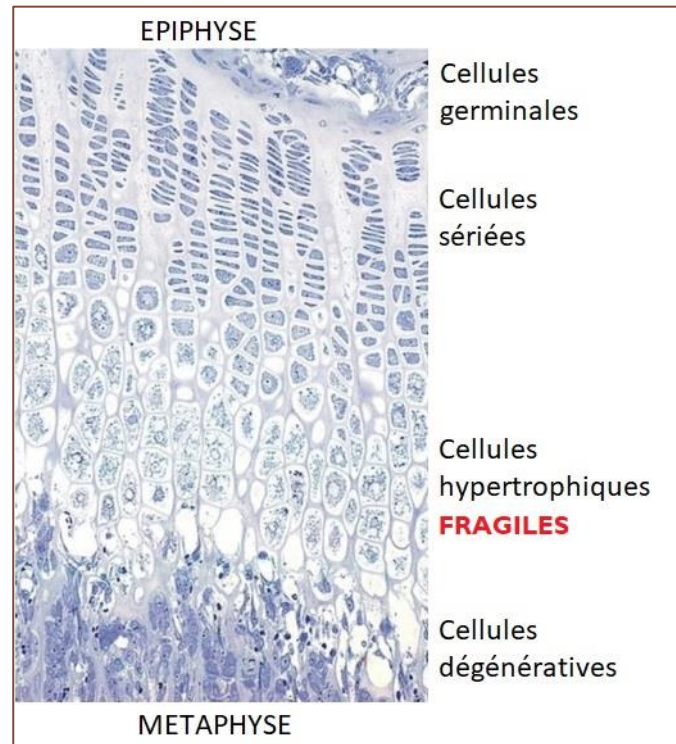
## CROISSANCE ET AGE OSSEUX

## CROISSANCE DE L'OS (CONCERNE L'OSTEOGENESE ENDOCHONDRALE)

➤ Le cartilage de croissance (de conjugaison, épiphysaire) :

Comme son nom l'indique il va permettre la **croissance** en longueur de l'os primaire par division cellulaire. On retrouve 4 zones de cellules différentes selon leur stade de division, partant de l'épiphyse vers la métaphyse : cellules germinatives, cellules sériées, cellules hypertrophiques, cellules dégénératives. La croissance **cellulaire** se fait donc de manière **centripète** (vers le centre) alors que la croissance **osseuse** est **centrifuge** (vers l'extérieur).

**Clinique :** la couche de cellules hypertrophiques est la plus **fragile**, elle sera donc le lieux de la **rupture** du cartilage de conjugaison lors des **fractures** chez l'enfant. La croissance de l'os est sous influence **hormonale**.

➤ Arrêt de la croissance : l'épiphysiodèse

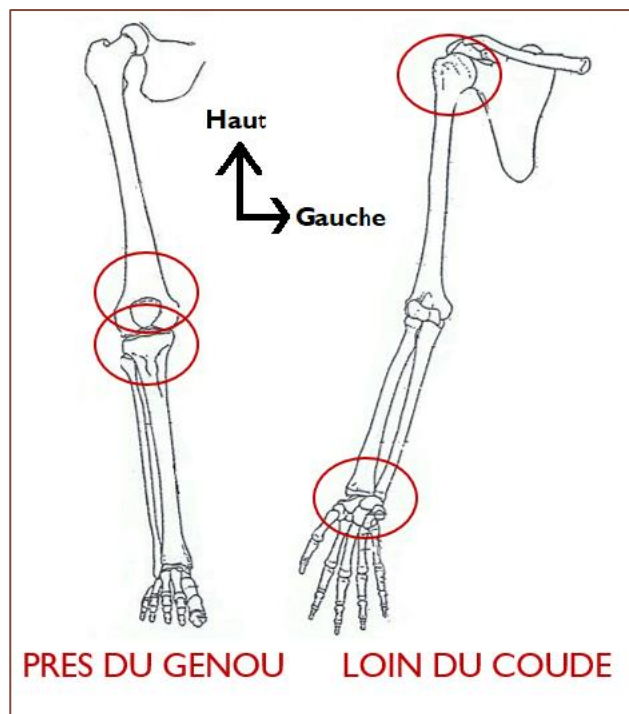
Le cartilage de croissance se situe entre l'épiphyse et la diaphyse, entre des lacs vasculaires métaphysaires et épiphysaires. Lorsque les lacs vasculaires rentrent en contact, la croissance de l'os s'arrête par fusion du cartilage de croissance : c'est l'épiphysiodèse. C'est un phénomène physiologique qui peut aussi être :

- pathologique (lors de fracture)
- total, arrêt de la croissance de l'épiphyse
- partiel, certains endroits du lac n'ont pas fusionnés, entraînant une déviation osseuse
- provoqué par le chirurgien (dans le cas d'un membre plus long que l'autre par ex.)



➤ Les épiphyses fertiles :

Elles se situent près du genou et loin du coude (extrémité proximale du tibia, de la fibula et de l'humérus mais **distale** de l'ulna, du radius et du **fémur**) et correspondent aux zones où l'os grandit le plus (environ 2/3 de la croissance de l'os). **Clinique** : la lésion d'une épiphyse fertile provoquera un plus fort raccourcissement qu'une lésion ailleurs CAR les épiphyses fertiles permettent 2/3 de la croissance des os longs. Les microbes et bactéries stagnent préférentiellement au niveau des épiphyses entraînant des ostéomyélites, et les sarcomes osseux se développent préférentiellement dans les lacs métaphysaires des épiphyses fertiles.



➤ Les contraintes osseuses :

La croissance de l'os est accrue dans les zones de faible pression selon la loi de Delpech. Ainsi, les enfants alités ont des poussées de croissance, faute de pression sur les os.

Une bonne répartition des contraintes est nécessaire au bon développement osseux alors que des asymétries de contraintes peuvent entraîner des asymétries de croissance.

## AGE DES OS

L'âge osseux est différent de l'âge civil, varie selon des individus et se détermine en comparant l'apparition de points d'ossifications avec des valeurs statistiques contenues dans des atlas de valeurs moyennes. Mais ces atlas sont réalisés sur des populations données, occidentales et caucasiennes, et **ne prennent pas en compte les variations inter ethniques**.

**Clinique** : l'âge osseux permet de **prévoir** la croissance de l'enfant et **d'adapter** les traitements. Par ex, pour une stérilisation du cartilage de croissance en prévention **d'une inégalité de longueur** (si on a une fracture du tibia droit avec rupture du cartilage de croissance, en regardant l'âge osseux on sait si le membre gauche doit encore beaucoup grandir ou non. Et s'il doit encore beaucoup grandir on va stériliser le cartilage de croissance pour éviter d'avoir un tibia gauche 5 cm plus grand que le droit).

## DESCRIPTION DE L'OS

### RELIEFS OSSEUX

*Partie peu utile mais qui permet d'avoir le vocabulaire*

On retrouve de nombreux reliefs osseux différents :

- Les bosses > les éminences > les tubercules ;
- Les processus > les épines ;

- Les crêtes ;
- Les gouttières > les sillons > les incisures
- Les cavités articulaires, les cavités aériennes = sinus aérien, les fosses, les sinus, les foramens, les méats (entrée d'un foramen)

## CLASSIFICATION DES OS

On peut classer les os en fonction de leur forme : on retrouve les os longs, courts et plats

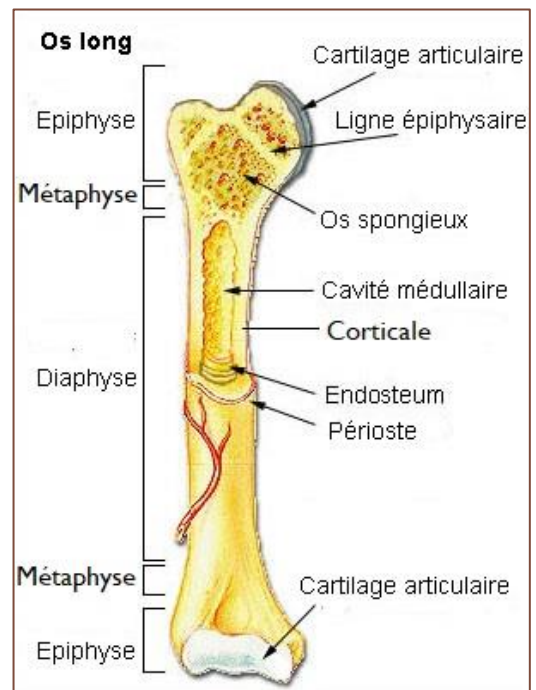
- **Les os longs** : la longueur prédomine sur la largeur et l'épaisseur, par ex le fémur. Ils présentent trois parties :
  - La diaphyse, centrale, entre les métaphyses
  - Les 2 épiphyses, aux extrémités, encroutées de cartilage articulaire = hyalin, intra-articulaire, séparées de la diaphyses par les métaphyses
  - Les 2 métaphyses, entre la diaphyses et chaque épiphyses, élargies et extra-articulaire
- **Les os plats** : leur épaisseur est très inférieure aux deux autres dimensions, parfois l'os est même translucide / pellucide (la lumière passe au travers). Par ex la scapula.
- **Les os courts** : de petites tailles et globalement équivalents dans les trois dimensions, par exemple le talus.

## STRUCTURE OSSEUSE

- Structure Macroscopique
  - Le **périoste** : c'est une membrane **vasculaire** qui recouvre la totalité de l'os **SAUF** au niveau des épiphyses qui sont encroutées de cartilage **hyalin = articulaire**.
  - La **corticale** de l'os : elle est située **sous le périoste**, et en très fine lamelle sous le cartilage articulaire. C'est de l'os **compact**, tandis que le centre et les **extrémités** de l'os sont constitués d'os **spongieux**.
  - L'**endoste** : c'est l'équivalent du périoste mais à l'intérieur de la cavité médullaire
  - La **diaphyse** : cette partie centrale de l'os possède un canal médullaire tapissé d'endoste et contenant la **moelle osseuse / moelle jaune**.
  - **Epiphyses et métaphyses** : au niveau des extrémités (ainsi que dans les **os courts et plats**) on retrouve de l'os spongieux lamellaire contenant de la **moelle rouge hématopoïétique**.
- Histologie
 

L'unité de base de l'os est l'**ostéon** (cylindre longitudinal formé de lamelles osseuses concentriques). Les os ont une structure fibrillo-lamellaire :

  - compact, torsadée (les ostéons sont torsadés comme les fibres d'une corde) et polyphasique au niveau de la corticale de l'os, très résistante à la **compression** mais peu à la torsion

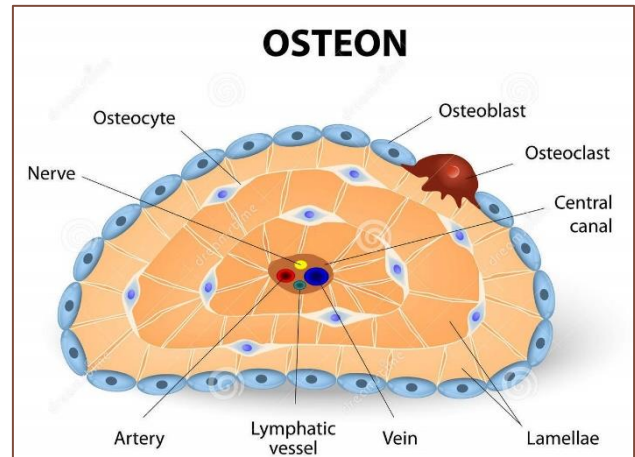


- spongieuse et aplatie au niveau du tissu spongieux.

Entre les ostéons on retrouve la **substance interstitielle** faite de **fibrilles de collagène** inversées d'une lame à l'autre et de **soluté minérale** contenant des cristaux d'**hydroxyapatite** (en forme de pastille Vichy ; on recouvre les prothèses d'hydroxyapatite pour qu'elles se soudent aux cristaux de l'os).

Un cycle de **renouvellement et de destruction** est permis par des cellules **spécialisées** : les **ostéocytes** (dans les ostéons matures), les **ostéoblastes** (ostéons jeunes) et les **ostéoclastes** (ostéons vieux). Dès que les ostéons vieillissent, ils sont remplacés pour assurer la solidité de l'os.

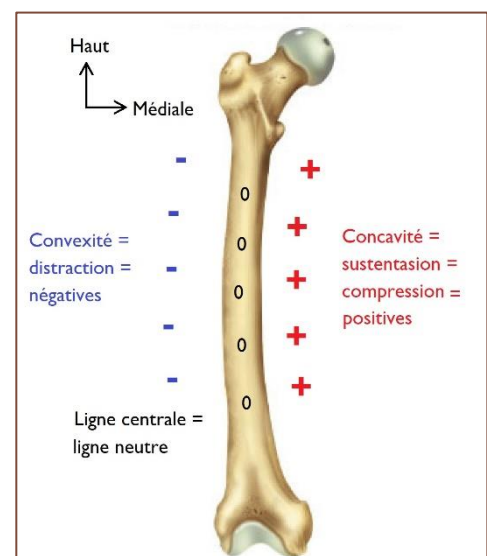
**Clinique** : le renouvellement osseux de la femme ménopausée est fortement réduit car les taux d'hormones (sécrétion d'œstrogène) chutent, entraînant ostéoporose et ostéopénie. L'os risque de se fracturer plus fréquemment sous des contraintes mineures.



## MECANIQUE ET BIOMECHANIQUE OSSEUSE

### BIOMECHANIQUE OSSEUSE

- Théories (*ok c'est pas super intéressant mais c'est facile à apprendre et ça tombe*) :
  - Théorie des haubans de Pauwels : les muscles absorbent les contraintes exercées sur l'os à la manière des haubans d'une grue, pour solidifier la poutre osseuse.
  - Théorie de Rabischong et Avril : l'os et les muscles sont comme un matériau composite résistant qui partage les contraintes entre l'os et les muscles.
  - La résistance de l'os est supérieure in vivo qu'in vitro grâce à la présence des muscles
  - L'os est matériau composite et élastique avec un module d'Young bas = il est peu élastique. Les épiphyses et les os courts ont la résistance d'un bidon d'huile : la corticale et le tissu spongieux permettent une résistance élevée.
  - Loi de Delpech : des contraintes faibles entraînent un fort développement osseux = la croissance osseuse est élevée dans les zones de faibles pressions.
- Contraintes
  - La poutre osseuse est creuse et **flambe** lorsqu'elle est soumise à une contrainte (elle s'arque toute)
  - Les contraintes circulent à la **périphérie** de l'os (et PAS au centre, c'est la ligne neutre) : elles sont **positives** (de compression ou de sustentation) dans les **concavités** et **négatives** (de distractions) dans les **convexités**.



- Les os résistent mieux à la **compression qu'à la torsion** car les ostéons sont organisés en **torsades**. L'os résiste à 500 kg de compression alors que la torsion défait les fibres d'ostéons.
- Loi de Wolff : Les contraintes qui s'exercent entre l'épiphyse et la diaphyse suivent des lignes imaginaires en forme de voutes **gothiques**. Les travées spongieuses prennent la forme de ses lignes de force.

## FRACTURES OSSEUSES

On retrouve deux **types** de fractures et trois **causes** de fractures :

- Les fractures **fragiles** (l'os se brise d'un coup comme du verre) ou **ductiles / incomplètes** (en **bois vert** ou en **motte de beurre**, l'os ne casse pas totalement).
- Les fractures :
  - De **surcharge** supra-physiologique, un traumatisme violent entraînant une **rupture fragile** ;
  - De **fatigue**, physiologique mais répétées de nombreuses fois rapidement qui fissurent l'os sans permettre son renouvellement, entraînant des fractures **ductiles** (tassement osseux) ou **fragiles** (fracture du 2<sup>ème</sup> métatarsien lors de longues marches) ;
  - **Pathologiques**, dues à un os malade qui rompt facilement sous une contrainte infra-physiologique (ex : ostéoporose à la ménopause).



## REPARATION OSSEUSE

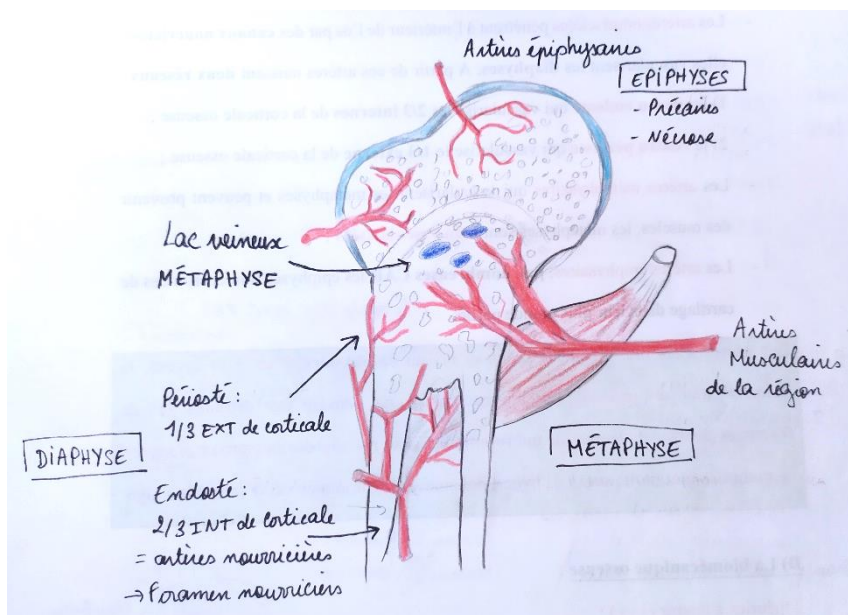
La réparation peut être de première intention, par ostéosynthèse chirurgicale ou soudure autogène **sans attendre la calcification** ; ou bien de deuxième intention, c'est la réparation spontanée et physiologique de l'os avec un hématome puis un **fibro cartilage et ossification**.

## VASCULARISATION DE L'OS

### ARTERIELLE

- De la diaphyse : elle est bien vascularisée par deux réseaux
  - Les artères nourricières, qui pénètrent à l'intérieur de l'os par des canaux nourriciers, circulent dans le canal médullaire et la corticale et donnent le réseau endosté vascularisant les 2/3 internes de l'os cortical
  - Les artères périostées vascularisant le 1/3 externe de la corticale et circulant sur le périoste
- Des épiphyses : elles sont peu vascularisées, par des artères épiphysaires précaires car elles sont recouvertes de cartilage articulaire qui n'est PAS vascularisé
- Des métaphyses : elles sont bien vascularisées par des artères métaphysaires provenant des muscles de la région





**Clinique** : un os coupé va saigner au niveau de la diaphyse et des extrémités (contenant le tissu spongieux) : on peut mourir d'une hémorragie interne par fracture osseuse. Lors d'une fracture ouverte (9 fois sur 10 : le tibia), un patient peut aussi saigner à blanc.

**Clinique** : Les épiphyses, mal vascularisées, sont sujettes aux ostéonécroses dues à des artères épiphysaires bouchées. Elles sont fréquentes au niveau de la tête de l'humérus et très fréquentes sur la tête du fémur. Elles sont causées

par : le tabac, le cholestérol, l'hyperlipidémie (entraînant une précipitation des lipides qui vont boucher ces artérioles précaires), l'éthylisme chronique, les fractures des épiphyses.

## VEINEUSE

Les lacs veineux métaphysaires ralentissent la circulation : on peut donc avoir une stagnation donnant des infections osseuses d'origine hémotogènes et des ostéomyélites (fréquentes chez les enfants).

## ARTHROLOGIE

L'arthrologie est l'étude des articulations. L'arthrogénèse correspond à la formation de l'articulation et on en étudie deux types : la synoviale et la cartilagineuse.

## ARTHROGENESE

### SYNOVIALE

Entre deux matrices cartilagineuses apparaît une interzone mésenchymateuse. Un phénomène de cavitation forme une cavité articulaire dans ce mésenchyme, entourée par une capsule articulaire issue du péricondre. Cette cavité contient une membrane synoviale et un fibrocartilage interarticulaire.

### CARTILAGINEUSE

Ici, on passe directement de l'interzone à un fibrocartilage d'union (=d'interposition) qui s'insère sur le cartilage articulaire et sur la capsule qui cloisonne l'articulation, SANS cavitation.

## CLASSIFICATION

IL existe trois types d'articulations principales ainsi qu'une catégorie à part : les sysarcoses.

Avant tout : une cavité articulaire peut être réelle ou virtuelle. Une cavité virtuelle est une cavité qui n'existe pas **mais que l'on peut créer**, comme une ventouse sur une plaque de verre : si j'appuie sur ma ventouse il n'y a pas de cavité, mais je peux la créer en glissant mon doigt entre la ventouse et la vitre. Une cavité peut être réelle **et remplie par le fibrocartilage** : comme elle est remplie on ne peut pas la créer artificiellement (sauf si le cartilage casse) je ne peux pas y glisser mon doigt puisque c'est plein / rempli.

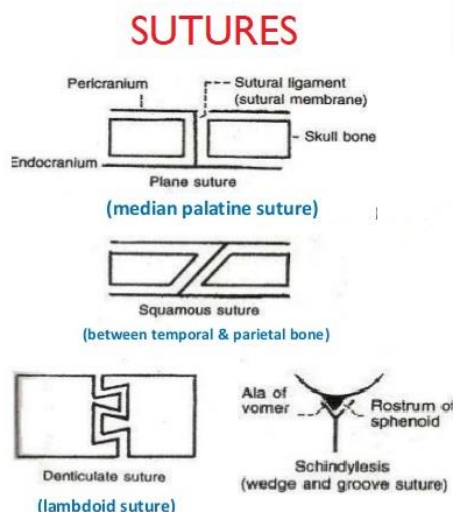
Autre exemple de Monsieur de Peretti : le vagin ! C'est une cavité virtuelle qui peut être créée si j'y glisse mon doigt (par exemple). Mais en temps normal / au repos, le vagin a ses deux parois qui se touchent, ce n'est pas un petit trou béant entre les cuisses de madame !

Au final : les syndesmoses et les articulations synoviales possèdent des cavités virtuelles, tandis que les sutures et les articulations cartilagineuses possèdent une cavité réelle remplie.

## FIBREUSES

Les articulations fibreuses possèdent un ligament d'union et parfois une cavité articulaire mais PAS de fibrocartilage, ni de surface cartilagineuse. On en retrouve trois types :

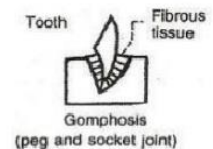
- Les Syndesmoses : elles possèdent une **cavité articulaire virtuelle**, avec des ligaments d'interposition entre les os. Ex : l'articulation tibio-fibulaire inférieure
- Les Sutures : elle possède une **cavité articulaire réelle complètement remplie** par le ligament. On en retrouve 4 types au niveau du crâne, totalement immobiles :
  - Schindylèse, rail creux dans un rail plein ex : articulation sphéno-vomérienne
  - Planes, rares
  - Dentelées, d'aspect godronné
  - Squameuses ou en écaille
- Les Gomphoses : c'est l'articulation de la dent dans son alvéole



## SYNDESMOSE

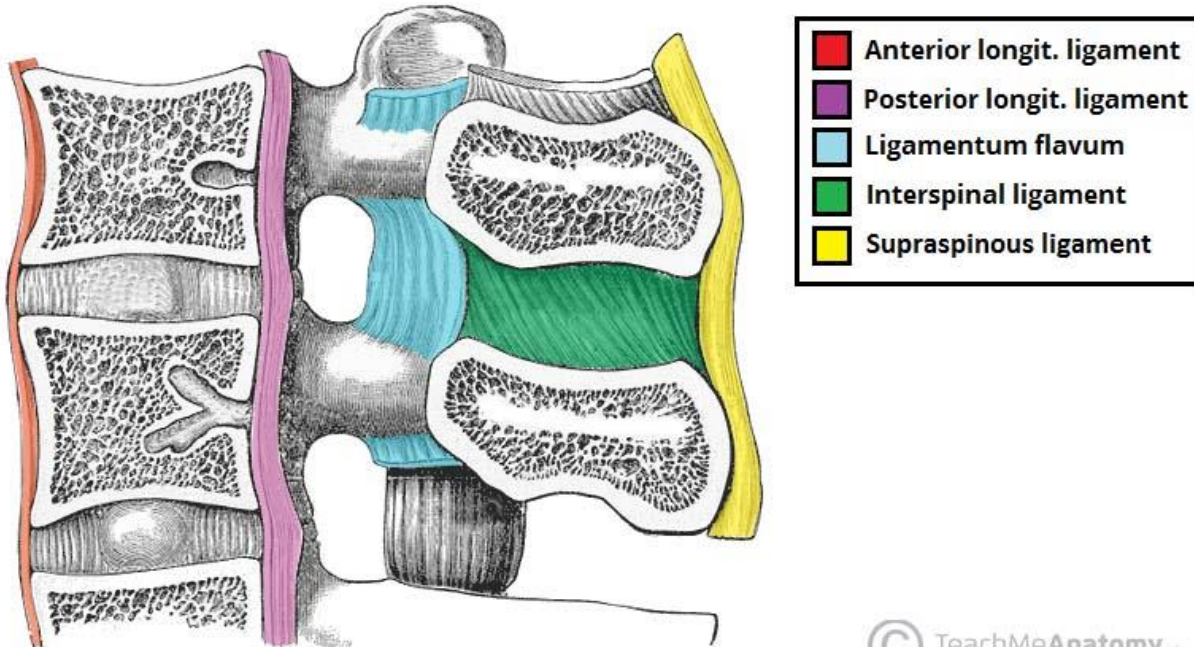


## GOMPHOSE



## CARTILAGINEUSES

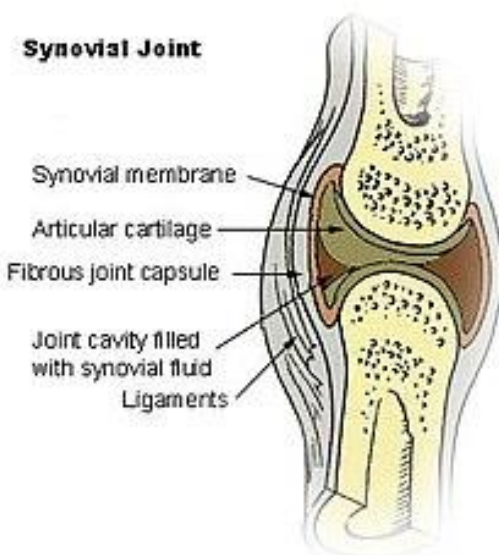
Elles possèdent : une **cavité articulaire réelle mais remplie** par le fibrocartilage d'interposition ; du cartilage hyalin ; une capsule articulaire et des ligaments. Ex : la symphyse pubienne et l'articulation inter-corporelle des disques vertébraux (schéma ci-dessous).



© TeachMeAnatomy

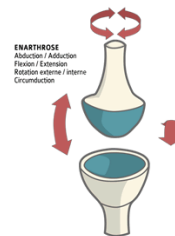
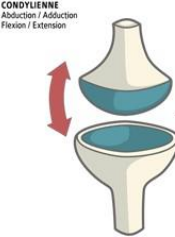


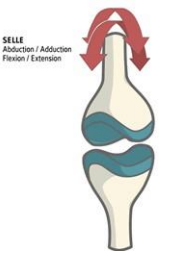
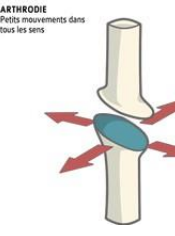
## SYNOVIALES

Elles possèdent :



- une cavité articulaire **virtuelle** (comme pour la syndesmose)
- une capsule articulaire tapissée d'une membrane synoviale, sécrétant du liquide synovial riche en acide hyaluronique pour la lubrification articulaire, permettant un fonctionnement sans surchauffe
- des replis synoviaux formés par la membrane
- des ligaments renforçant la capsule, intra-articulaire, extra-articulaire pour enforcer la capsule, extra-articulaire à distance de l'articulation ex : ligaments croisés du genou
- des fibrocartilages d'interposition : des ménisques, des disques ou des bourrelets.
- du cartilage articulaire aux extrémités des os

On en retrouve 6 types :

Nom	Description	Schéma	Axe(s) de mobilité	Exemple d'articulations :
Sphéroïde ou énarthrose	Sphère pleine dans une sphère creuse	 <p>ENARTHROSE Abduction / Adduction Flexion / Extension Rotation externe / interne Circumduction</p>	3	Coxo-fémorale
Ellipsoïde ou Condyléenne	Une ellipse pleine dans une ellipse creuse	 <p>CONDYLÉENNE Abduction / Adduction Flexion / Extension</p>	2	Radio-carpienne
Cylindroïde ou trochoïde	Un cylindre plein dans un cylindre creux	 <p>TROCHOÏDE Rotation externe / interne</p>	1	Radio-ulnaire supérieure
Trochlée ou poulie	Rail plein dans un rail creux, comme une poulie	 <p>TROCHLÉENNE Flexion / Extension</p>	1	Huméro-ulnaire
En selle	Un torse plein dans un torse creux (comme une selle de cheval)	 <p>SELLE Abduction / Adduction Flexion / Extension</p>	2	Trapézo-métacarpienne
Plane ou arthrodie	2 surfaces planes en contact	 <p>ARTHRODIE Petits mouvements dans tous les sens</p>	Infinité de faible amplitude	Costo-vertébrale

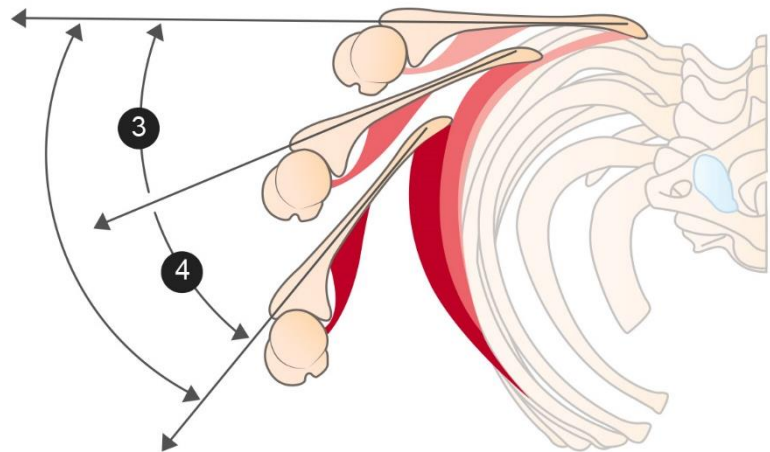


Vascularisation et innervation de l'articulation synoviale :

- La vascularisation articulaire synoviale se fait par via un système anastomotique (artères épiphysaires, péri articulaires, intra articulaires ...). Les fibrocartilages ne sont vascularisés qu'à leur périphérie : l'intérieur du cartilage articulaire n'est pas vascularisé. Mais l'articulation synoviale complète (membrane, ligaments, capsules etc ...) est bien vascularisée !
- L'innervation est proprioceptive consciente (en fermant les yeux on sait où est notre articulation) et inconsciente.

## SYNSARCOSES

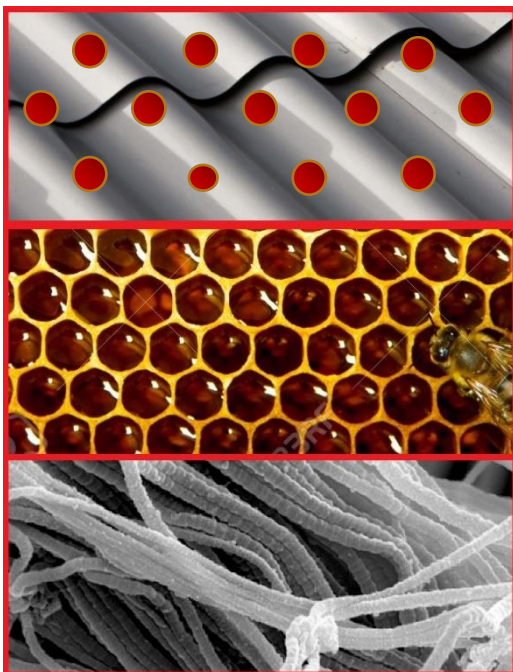
Ce sont des articulations entre deux os tapissés de muscles, séparés par un espace de glissement rempli de graisse. Elles sont très mobiles, permettant des mouvements pluri-centimétriques, ex : articulation scapulo-thoracique.



## BIOMECHANIQUE ET LUBRIFICATION ARTICULAIRE

## HISTOLOGIE

Le cartilage hyalin = articulaire se décompose en trois zones, de la plus superficielle à la plus profonde :



- Zone superficielle : sa surface est en **tôle ondulée**, contenant des pores de nutrition du cartilage, dans lesquels pénètrent le liquide synovial : ce phénomène s'appelle le pumping synovial ou imbibition.
- La zone profonde : c'est la zone d'amortissement du cartilage. Sa structure en **nid d'abeille / alvéolaire** emprisonne dans ses logettes de fibre de collagène un gel riche en mucopolysaccharides chondroïtine sulfates et des chondrocytes.
- La zone basale : elle tapisse l'os spongieux sous-jacent, c'est la zone **d'insertion des fibres de collagène** sur l'os sous-chondral

Pumping synovial : Le cartilage se comporte comme une **éponge** : lorsque l'articulation est sous contrainte, il est comprimé ; lorsque l'articulation est hors contrainte, le cartilage va s'expandre et le liquide synovial va rentrer à l'intérieur. Les **mouvements sont donc nécessaires à la vie du cartilage** pour pouvoir établir le pumping synovial. **C'est le seul moyen de nutrition du cartilage**

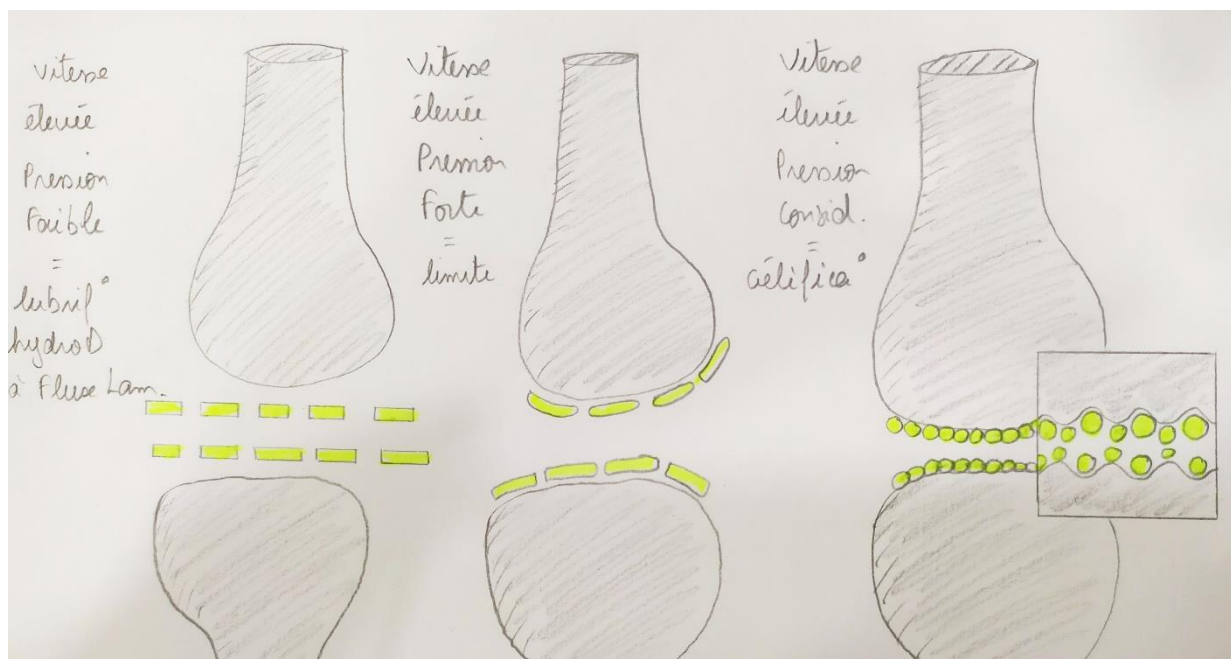
car il n'y a pas d'artère à l'intérieur du cartilage.

**Clinique** : après la fin de la croissance, le cartilage ne se répare plus et l'usure par fibrillation de sa couche superficielle laisse apparaître la zone **profonde**. On parle de structure en **chair de crabe**, marquant le début de l'usure cartilagineuse.

## LUBRIFICATION

On constate trois types de lubrification selon la vitesse et la pression exercées sur l'articulation :

- Vitesse élevée et pression faible : lubrification hydrodynamique à flux laminaire, les molécules d'acide hyaluronique sont parallèles entre elles et aux surfaces articulaires dans un mouvement laminaire régulier.
- Vitesse élevée et pression forte : lubrification limite, les molécules d'AH s'accrochent aux surfaces cartilagineuses et empêchent leur contact.
- Vitesse élevée pression considérable : gélification, l'AH forme des petites billes microscopiques agissant comme un roulement à bille sur les aspérités de la tôle ondulée de chaque articulation.



## MYOLOGIE

C'est l'étude des muscles. Les muscles sont des organes charnus contractiles transformant l'énergie chimique en énergie mécanique. On retrouve trois types histologiques : les muscles striés squelettiques et volontaires à contraction rapide, le myocarde : muscle strié involontaire à contraction rapide, et les muscles lisses involontaires.

## MYOGENESE

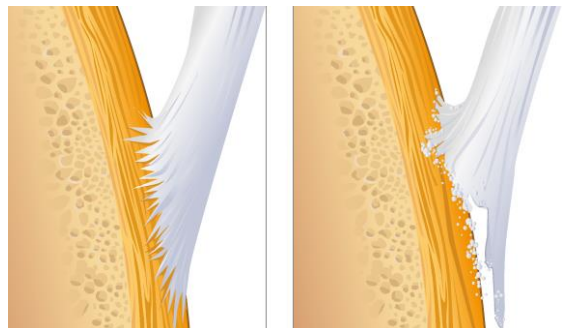
Le tissu musculaire provient du myotome qui migre en dorsal pour les muscles de l'épimère et en ventral pour ceux de l'hypomère. C'est le nerf qui induit le muscle.

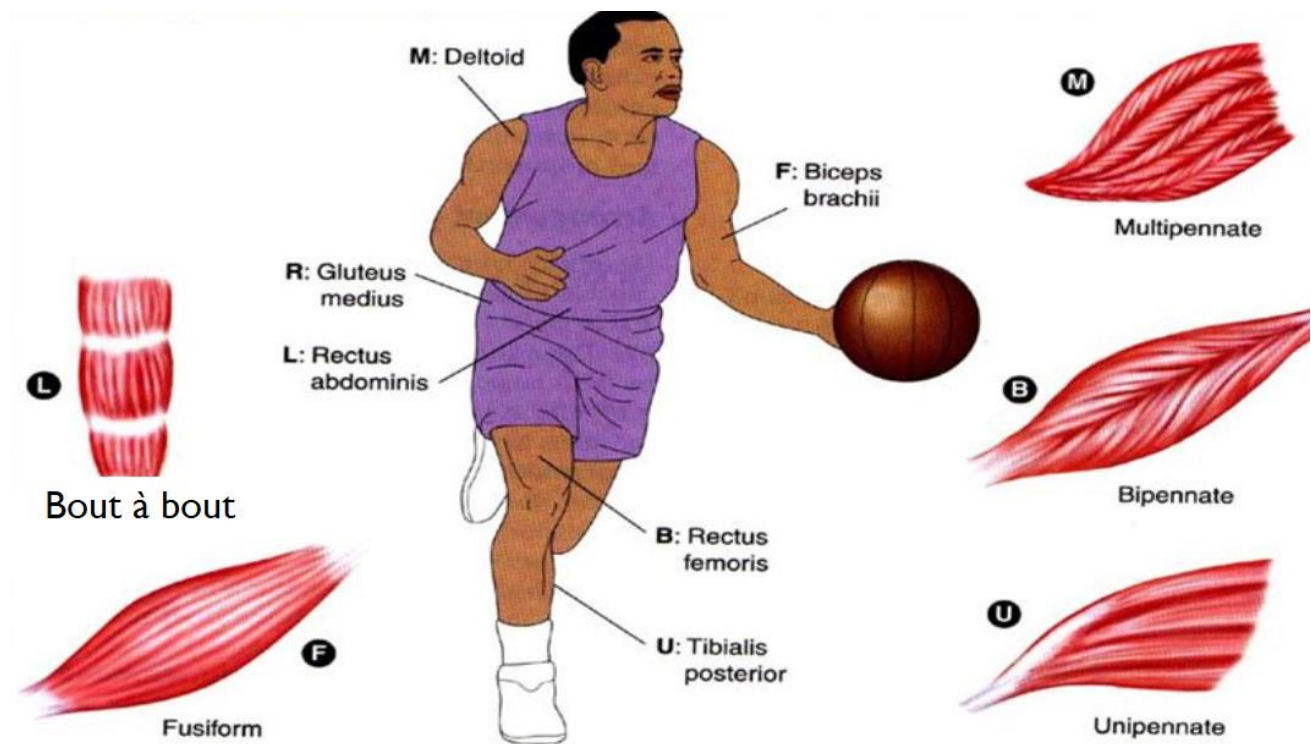
- L'épimère : il donne les muscles érecteurs de la colonne vertébrale, innervés par les rameaux dorsaux des nerfs spinaux
- L'hypomère : il donne les muscles des **membres**, innervés par des **plexus** enchevêtrés issus des rameaux ventraux des nerfs spinaux ; et les muscles du **tronc**, innervé en **ceinture (métamérique)** par les rameaux ventraux des nerfs spinaux.

## CLASSIFICATION

### CLASSIFICATION DESCRIPTIVE

- Selon la forme :
  - Orbiculaires : ils ont la forme d'un anneau et ferment les orifices naturels ex : muscle orbiculaire des lèvres
  - Plats : l'épaisseur est faible, ex : le transverse de l'abdomen
  - Courts : toutes les dimensions sont réduites, ex : le masseter
  - Longs : la longueur est la principale dimension ex : le quadriceps
- Selon le ventre :
  - Monogastrique : un seul ventre
  - Pluri-gastrique : plusieurs ventres en série (grand droit de l'abdomen), plusieurs ventres en parallèle (biceps : 2 ventres, quadriceps : 4 ventres), en série avec un tendon intermédiaire (le digastrique)
- Selon la terminaison :
  - Sur la peau : au niveau des muscles du visage chez l'homme, ou bien sur tout le corps chez les animaux
  - Sur des aponévroses = des lames tendineuses
  - Sur des tendons : c'est la terminaison la plus courante. Elle peut être directe (suit le sens du muscle), récurrente (dans le sens contraire du muscle), réfléchie (entoure une structure osseuse)
- Selon l'insertion aux tendons
  - L'insertion au tendon : c'est l'enthèse, les fibres tendineuses s'insèrent dans l'os comme les racines d'un arbre dans la terre traversent une mince couche de cartilage et s'étalent dans la corticale de l'os.  
Clinique : lorsque le tendon s'arrache de l'os il emporte des petits bouts d'os avec lui : c'est une avulsion tendineuse. Une inflammation de l'insertion du tendon (=enthèse) s'appelle une enthésite (schéma), une inflammation du tendon s'appelle une tendinite.





- Classification : on peut classer les muscles selon leur insertion aux tendons :
  - Bout à bout : les fibres musculaires s'insèrent dans la continuité des fibres tendineuse
  - Fusiforme : les fibres musculaires forment un fuseau / un cône en s'insérant sur le tendon
  - Unipenne : les fibres musculaires s'insèrent sur un seul coté de la fibre tendineuse
  - Bipenne : les fibres musculaires s'insèrent de chaque coté de la tige centrale tendineuse
  - Multipenne : la fibre tendineuse se divise en plusieurs fibres tendineuses, avec plusieurs insertions bipennes sur chaque tige centrale tendineuse

### CLASSIFICATION FONCTIONNELLE

- Mono / Poly articulaire : qui se projettent sur une seule ou plusieurs articulation
- Agoniste / Antagoniste : le muscle agoniste est celui responsable du mouvement tandis que l'antagoniste inhibe / contrôle le mouvement. Ils interviennent simultanément dans le mouvement pour plus de précision : le mouvement est polymusculaire. ex : lorsqu'on fléchit le coude, le biceps est l'agoniste et le triceps l'antagoniste.

### INNERVATION ET VASCULARISATION

#### INNERVATION



- La précision du mouvement : la finesse du mouvement est inversement proportionnelle aux nombres de fibres musculaires par neurones. (hein ???) explication : plus il y a de fibres musculaires reliées au même motoneurone, moins la précision est bonne ; moins il y a de fibres musculaires reliées au même motoneurone, plus la précision est bonne. Ex : 100 fibres pour 1 motoneurone permet un mouvement moins précis que 15 fibres pour 1 motoneurone.
- Les types d'innervation
  - Motrice : l'innervation motrice peut être tronculaire ou bien radiculaire = segmentaire :
    - Radiculaire = segmentaire : correspond aux racines qui vont innervées le muscle ; plusieurs racines vont constituer et véhiculer l'influx nerveux d'un nerf. L'une d'elles prédomine ex : le nerf axillaire vient des myélotomes C6 et C5, et c'est la racine C5 qui prédomine.
    - Tronculaire : c'est l'innervation du muscle via un nerf directement ex : le nerf axillaire innerve le deltoïde
    - Recap : l'innervation tronculaire du muscle deltoïde se fait grâce au nerf axillaire. L'innervation radiculaire du nerf axillaire provient des racines C5 et C6. Etant donné que c'est C5 qui prédomine, une lésion de C6 n'entraînera pas forcément une paralysie clinique (que l'on peut constater) tandis qu'une lésion de C5 aura des conséquences plus importantes sur le deltoïde (paralysie clinique).
  - Sensitive : assurée par le fuseau neuro musculaire, essentiellement proprioceptive
  - Végétative : cette innervation suit les vaisseaux, souvent les artères, pour assurer une vasodilatation lorsque le muscle travaille. Le muscle est alors hypervascularisé et bien oxygéné.

## VASCULARISATION

La vascularisation musculaire est très variée, on peut avoir une artère et une seule veine, plusieurs artères et veines, un pédicule vasculaire principal et des petites artères, un muscle bipolaire avec deux pédicules ... Ce qui est important c'est de connaître cette vascularisation pour former des lambeaux.

Un pédicule vasculaire est un ensemble d'artère et de veine, qui peut contenir un nerf : pédicule vasculonerveux.

Clinique : les lambeaux sont des prélèvements de tissu musculaire intact que l'on greffe sur une autre partie du corps, dans le cas de fractures ouvertes par exemple. La vascularisation du lambeau est importante à connaître pour la greffe.

## ANATOMIE FONCTIONNELLE DES MUSCLES

Les muscles sont élastiques et possèdent un tonus permanent in vivo, dû à leur innervation. Ils possèdent trois longueurs distinctes :

- La longueur de repos : la longueur du muscle dans l'organisme et sans effort, mais soumis à un tonus permanent
- La longueur d'étirement maximale : les muscles se contractent d'autant plus qu'ils sont étirés
- La longueur d'équilibre : longueur du muscle hors de l'organisme, désinnervé. Elle est plus longue que la longueur de repos car le muscle n'a plus tonus.

## LA CONTRACTION MUSCULAIRE

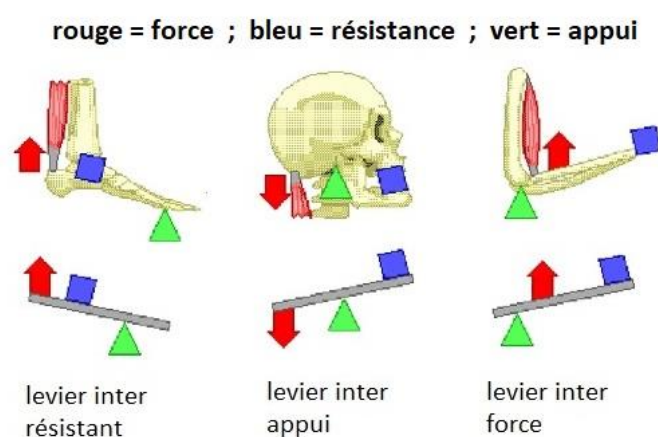
La force de contraction est proportionnelle au volume du muscle et le raccourcissement musculaire est proportionnel à la longueur du muscle. Le raccourcissement est environ égal à la moitié de la longueur du muscle et se fait sans diminution du volume musculaire. On retrouve deux contractions :

- La contraction isotonique : le travail est dynamique (on entend tonique) avec un mouvement, ex : flexion du coude, contraction isotonique du biceps
- La contraction isométrique : le travail est statique, sans mouvement ex : le gainage

## LES TYPES DE LEVIERS

Il existe trois types de leviers :

- **inter-appui** : force et résistance opposées par un **appui** central, ex : la stabilité du crâne
- **inter-résistant** : appui et force opposés par une **résistance** centrale, ex : cheville en flexion plantaire
- **inter-force** : résistance et appui opposés par une **force** musculaire centrale, ex : flexion du coude



## LE TESTING MUSCULAIRE

Le testing musculaire permet d'évaluer la force de contraction d'un muscle selon 6 niveaux, numérotés de 0 à 5.

0	Pas de contraction	
1	Contraction perceptible sans mouvement	Perceptible à la palpation ou visible mais sans aucun mouvement (quand tu serres les fesses mais que tu ne bouges pas le membre inférieur pour autant)
2	Mouvement en apesanteur	Le mouvement est dans plan qui annule l'attraction terrestre ex : flexion / extension du bras dans le plan horizontale
3	Mouvement contre pesanteur	Le mouvement est contre l'attraction terrestre ex : plier le coude dans le plan sagittale
4	Mouvement contre une résistance faible	En plus de la pesanteur, une contrainte est exercée sur le muscle en mouvement ex : tu soulèves un truc pas lourd
5	Force normale	Tu soulèves des mères aisément

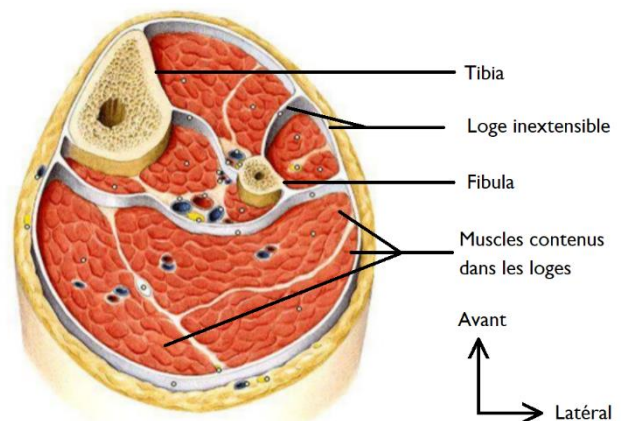
## ANNEXES MUSCULAIRES

### LES LOGES

Les muscles sont contenus dans des loges fibreuses, délimitées par des fascias et des septums. Ces expansions fibreuses sont très peu extensibles et lorsque le muscle travaille, il gonfle et la pression sanguine augmente : on aura une hyper pression dans la loge.

#### Clinique : le syndrome des loges

C'est une ischémie capillaire musculaire par hyperpression dans la loge (qui n'est pas extensible) sur artère battante. Chez les sportifs de fond par exemple, le muscle se vasodilate et la pression dans la loge dépasse la pression de perfusion capillaire (moitié de la minima artérielle) alors que les artères sont toujours battante, entraînant une ischémie capillaire.



L'artère est battante donc on conserve le pouls. On peut aussi retrouver ce syndrome en post traumatique. Les signes sont nombreux : douleur atroce, paralysie, persistance des pouls, anesthésie des nerfs qui passent dans la loge, hypertension de la loge, nécrose, mortification des muscles, anurie (n'urine plus), puis mort (rare car bien traité).

Pour traiter ce syndrome on pratique une fasciotomie : le chirurgien ouvre les loges en coupant les fascias pour diminuer la pression et reprendre une perfusion capillaire.

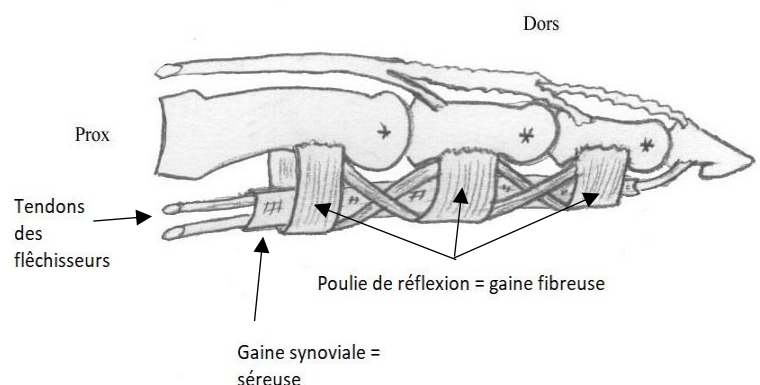
### BOURSES ET GAINES SÉREUSES

Les **bourses séreuses** permettent de faciliter les mouvements. Ce sont des formations synoviales interposées entre un tendon et un muscle ou entre un os et une structure anatomique. Elles permettent un meilleur glissement ex : entre la peau du genou et la patella.

Les **gaines séreuses** enveloppent les tendons et sécrètent du liquide synovial. Ce sont des doubles membranes (un feuillet profond et un superficiel) synoviales séparées par une cavité virtuelle. Elles sont soumises aux mêmes pathologies que les articulations synoviales.

Les **gaines fibreuses** sont des poulies de réflexion qui vont permettre aux tendons des muscles d'être dirigés dans l'espace et qui vont imprimer des mouvements particuliers aux tendons des muscles.

**Clinique** : Ces gaines synoviales qui sont très présentes au niveau des mains peuvent s'infecter. L'infection suit le trajet de la gaine, leur topographie est donc très bien connue. C'est ce que l'on appelle un phlegmon des gaines, très présent chez les travailleurs manuels.



Fin de cette fiche, qui sera remise à jour quand le cours aura eu lieu. Elle fait 17 pages sans les schémas, ce qui est très long je vous l'accorde (mais c'est très, très complet). Ce sont toujours les mêmes choses qui tombent et De P. ne fait pas de truc trop farfelu. Apprenez bien les articulations, ne lâchez rien !

Dédicaces à mes petits partenaires : en premier lieu mes co tut, mes p'tits zamours !!! Ensuite à mes fillotes motivées et infatigables, à Mathoubas la menace, à la petite team Lulu Quentin et Michou, les casos de Montebello, ma colloc dérangée, Alexandre la machine, mon petit lardon d'amour, Arthurète et Diego le sancho.

