

L'APPAREIL LOCOMOTEUR

Organogenèse de l'appareil locomoteur :

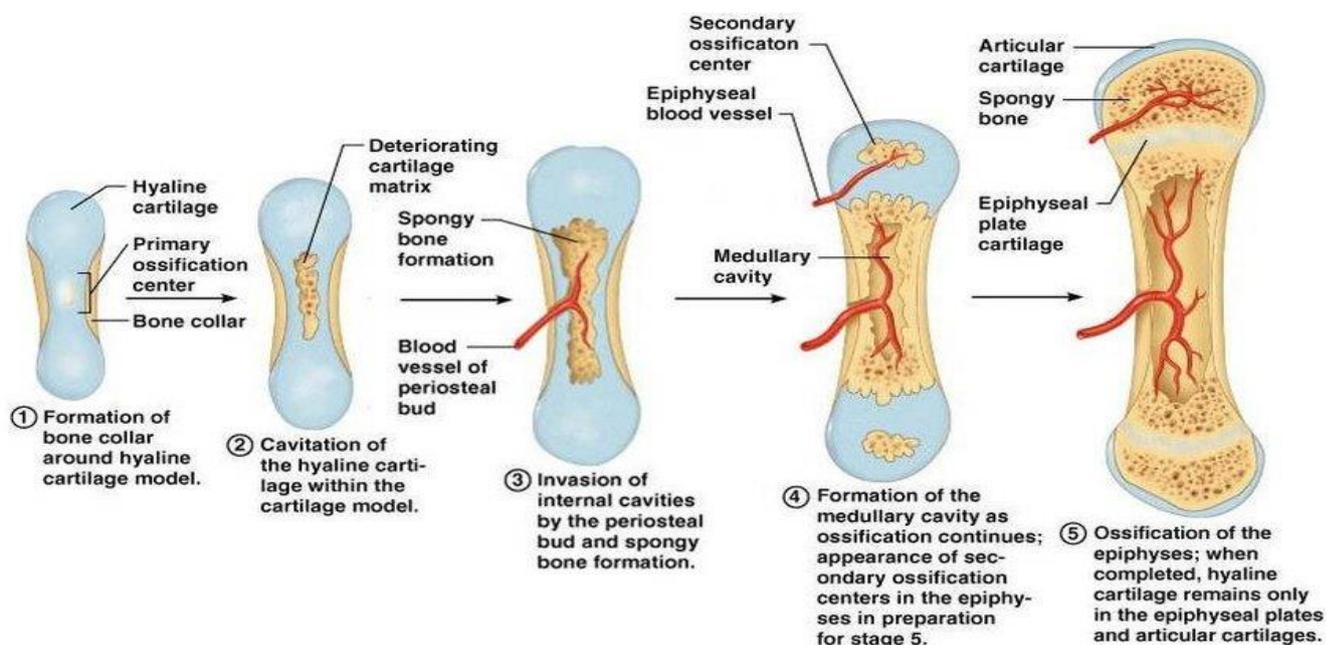
A) Ostéogenèse :

Il existe 2 types d'ossifications : l'**endochondrale** et la **membraneuse**.

→ Pour l'**endochondrale** : un point d'ossification **primaire** apparaît au sein d'une matrice/maquette cartilagineuse formant la cavité médullaire (future diaphyse).

Puis **des points d'ossifications secondaires** apparaissent aux extrémités de la maquette (= aux épiphyses) : certains os ont 40 points d'ossifications

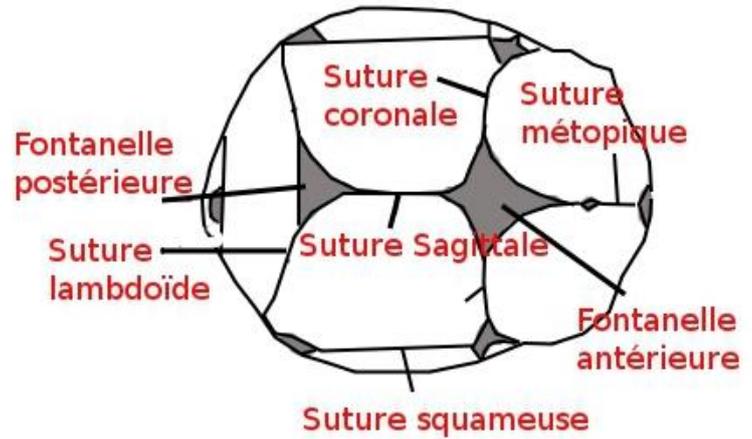
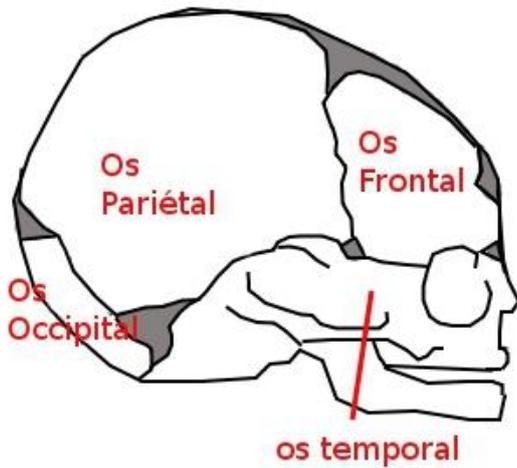
Entre le point primaire et les points secondaires se **trouve le cartilage épiphysaire = cartilage de croissance = point de conjugaison** /!\ à ne PAS confondre avec le **cartilage articulaire = cartilage hyalin** (non entouré de périchondre) recouvrant les épiphyses. Les lésions cartilagineuses ne peuvent pas cicatriser au cours de la vie ++



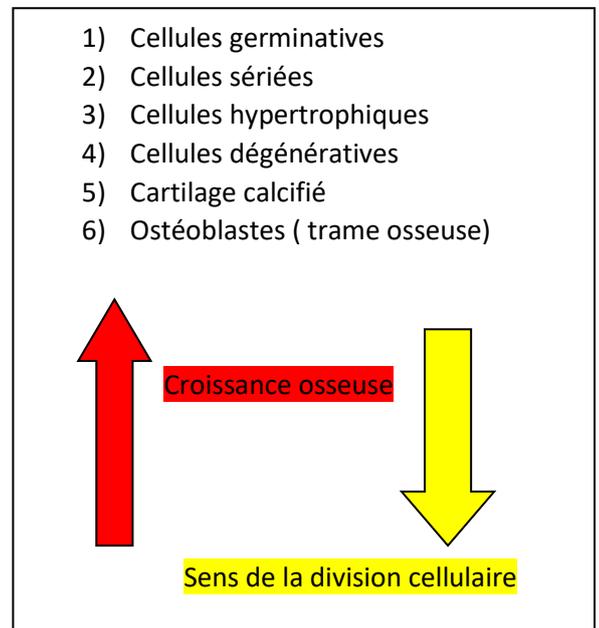
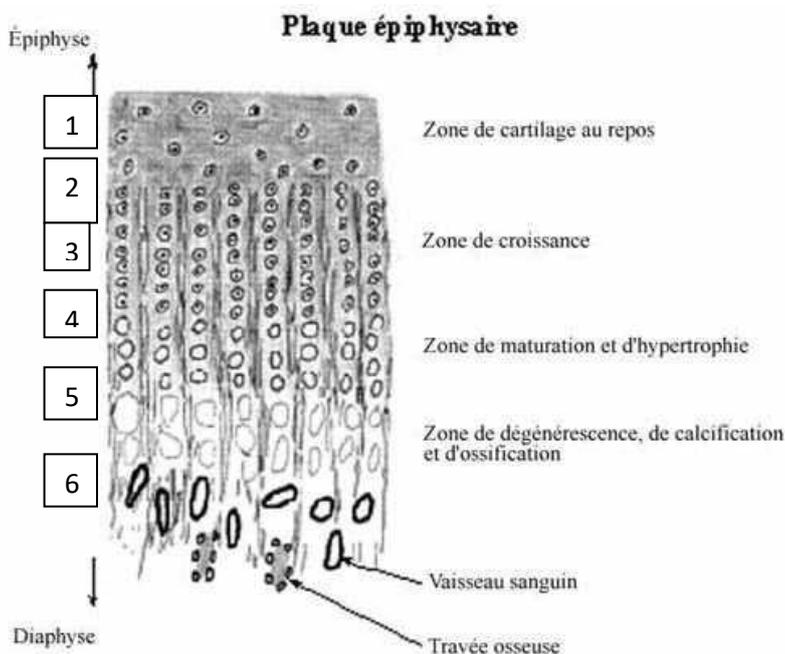
→ Le cartilage épiphysaire est entre des lacs vasculaires épiphysaires et métaphysaires. La croissance s'arrête lors de leur mise en contact.

Clinique ++: L'**épiphysiodèse** = mise en contact des lacs vasculaire par un processus physiologique ou pathologique (ex : fracture) **entraînant la soudure du cartilage de croissance**. L'épiphysiodèse totale entraîne un arrêt de la croissance, et l'épiphysiodèse partielle (=clou) entraîne l'apparition d'une déviation de l'os.

→ les os du crâne présentent **une ossification membraneuse** (ou endochondrale) ne nécessitant pas de matrice cartilagineuse. Une membrane ostéoïde se forme à partir d'un mésenchyme puis un point d'ossification apparaît et la croissance sera centrifuge (les fontanelles, molles et palpables, persistent à la naissance puis disparaîtront).



→ On trouve différentes zones dans le cartilage de croissance :



La croissance osseuse +++

→ La croissance de l'os se fait inversement à la prolifération des cellules à partir du cartilage épiphysaire. ++

→ La croissance est plus accrue dans les zones de **faible pression** (= loi de Delpech)

→ L'alitement entraîne des poussées de croissance chez l'enfant

→ La répartition des contraintes (tension/compression) est nécessaire pour un bon développement des os.

→ Les épiphyses fertiles sont l'endroit où l'os grandit le plus = 2/3 de la croissance en longueur de l'os.

→ **Les épiphyses fertiles sont près du genou et loin du coude +++**

Du coup une épiphysiodese totale au niveau des épiphyses fertiles limitera fortement la croissance de l'enfant

QCM récurrent a comprendre ++ → une épiphysiodese au niveau de la partie proximale du tibia sera plus grave qu'une épiphysiodese distale du tibia

Pathos : Dans ces épiphyses fertiles, la stagnation de certaines bactéries donne des ostéomyélites. Les sarcomes (cancers) se développent fréquemment près des épiphyses fertiles. Préférentiellement dans les lacs métaphysaires. Les asymétries de contraintes entraînent des asymétries de croissance => coxa valga, scoliose.

Arthrogénèse :

- **Articulation synoviale** : On retrouve deux maquettes cartilagineuses entourées par du péri-chondre séparées par une interzone (mésenchyme d'interposition) au sein duquel on voit une cavitation qui va donner une cavité articulaire. Le péri-chondre va donner la capsule articulaire.

- **Articulation cartilagineuse** : C'est le même système, on a une interzone, mais au sein de l'interzone il n'y a plus de cavitation mais l'apparition d'un fibrocartilage d'union (=d'interposition) qui s'insère sur le cartilage articulaire et sur la capsule qui cloisonne l'articulation.

La Myogénèse : le nerf induit le muscle++

Les muscles de l'épimère : migration dorsale, donnant l'ensemble de la musculature érectrice de la colonne vertébrale. L'homme est le seul vertébré à station verticale, tenant droit grâce aux muscles érecteurs de la colonne vertébrale.

Les muscles de l'hypomère : migration ventrale, donnant d'une part les muscles plats du tronc et d'autre part les muscles des membres en migrant vers eux et en s'enchevêtrant.

- Les muscles de l'épimère sont innervés par les **rameaux dorsaux des nerfs spinaux**,
- Les muscles de l'hypomère sont innervés par les **rameaux ventraux des nerfs spinaux**
- Les muscles des membres sont innervés par des **plexus**, issus des **rameaux ventraux** des nerfs spinaux.

+++ Les **rameaux dorsaux des nerfs spinaux** sont tous beaucoup plus minces que les **rameaux ventraux** sauf pour C2 (Grand nerf occipital d'Arnold).

- Au niveau du tronc, les muscles gardent une innervation métamérique (schéma 1) « en ceinture », ce qui n'est pas le cas des muscles des membres où c'est une innervation plexulaire (ex : membre sup schéma 2)

Schéma 1

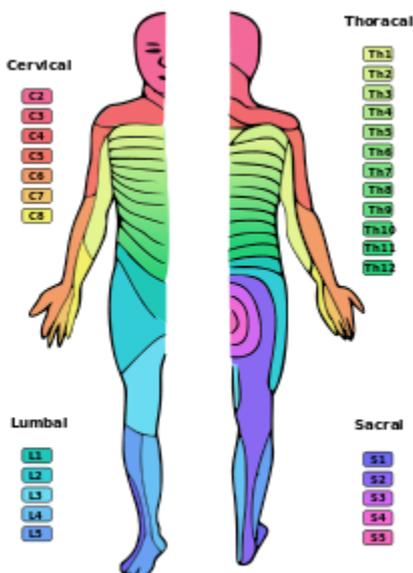
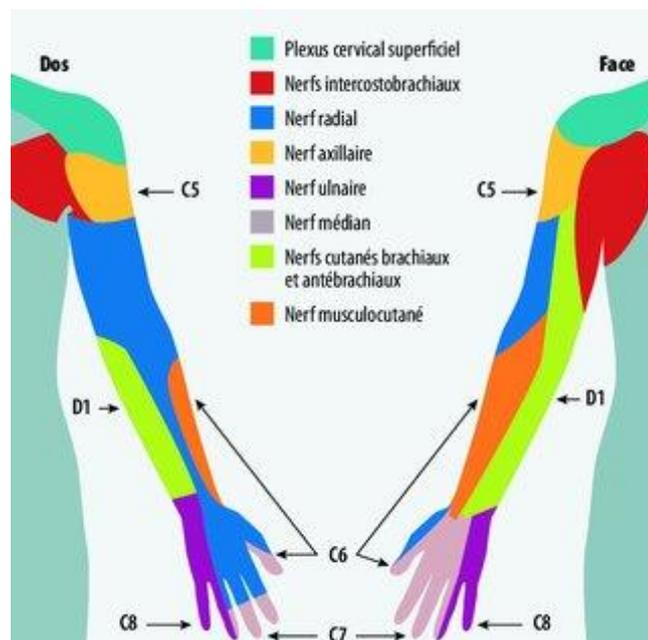
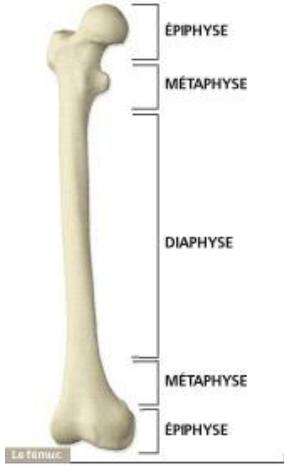
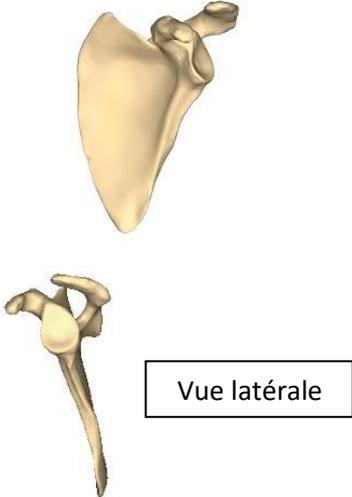


Schéma 2



Mécanique et description de l'os :

Classification des os :

Les os longs :	Les os courts :	Les os plats :
<p>Plus longs qu'épais ou larges. On leur décrit :</p> <p>→ 2 épiphyse bordant les extrémités (encroutées de cartilage articulaire) et une diaphyse centrale séparées par la métaphyse (évasée, intermédiaire)</p>  <p>On passe de l'épiphyse à la métaphyse sans s'en apercevoir lorsque l'on regarde l'os (il n'y a pas de limites bien définies)</p> <p>L'épiphyse est intra articulaire, la métaphyse est extra articulaire.</p>	<p>Toutes les dimensions sont réduites et à peu près équivalentes :</p> <p>par exemple le Talus (<i>os du tarse</i>)</p> 	<p>Une dimension est extrêmement réduite par rapport aux autres : sur la scapula c'est l'épaisseur, on voit du brillant : effectivement, les os plats sont parfois tellement peu épais qu'ils en deviennent translucides, la lumière y passe à travers (<i>dans son point le plus fin la scapula est millimétrique c'est pour cela qu'on dit que la scapula est pellucide</i>).</p> 

Structure des os :

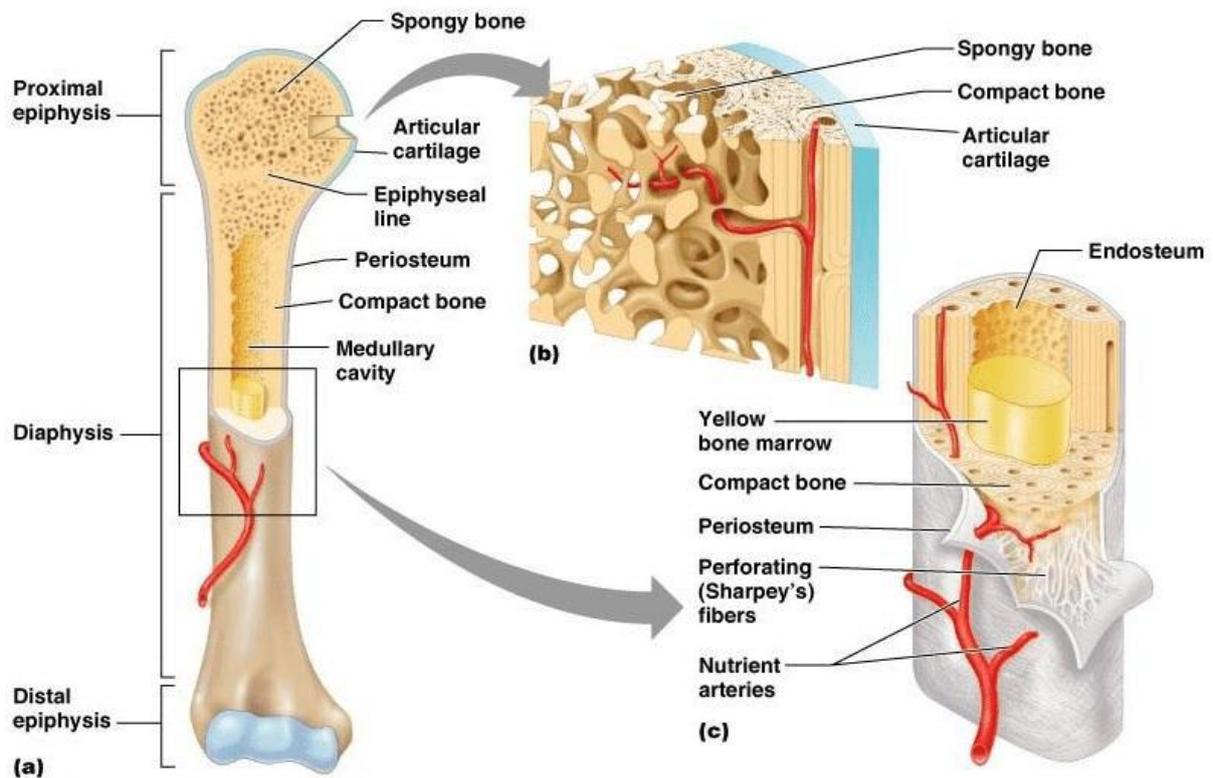
- Au niveau des **extrémités osseuses (épiphyse et métaphyse)**, ou dans tous **les os courts** ou **les os plats**, il y a du **tissu spongieux osseux**, avec des lamelles osseuses orientées dans un certain sens, et on retrouve de la **moelle rouge hématopoïétique** entre les lamelles osseuses.

♥ Les os sont entourés de **périoste = membrane vasculaire qui entoure les os**. Il entoure les os en **tous points SAUF au niveau du cartilage articulaire**.

♥ Sous celui-ci on retrouve la **corticale** (périphérie) des os formée **d'os compact**, le **centre des os** et **les extrémités** sont formés **d'os spongieux**.

→ Dans les **os longs**, on a une **cavité : le canal médullaire**, contenant de la **moelle jaune** et tapissée par l'**endoste** = équivalent du périoste à l'intérieur du canal médullaire.

→ La structure de l'os est **lamellaire** au niveau de **l'os compact et de l'os spongieux** (elle a été aplatie) : l'unité de base de l'os est l'**ostéon**. **L'os cortical** a une **structure fibrillo-lamellaire torsadée** (les ostéons sont torsadés sur eux-mêmes comme les fibres d'une corde : cela entraîne **une extrême résistance à la compression** (« le fémur d'un homme jeune casse à 500 kg de compression »), néanmoins les os n'ont **pas de résistance à la torsion**, car on va défaire les fibres torsadées), et **polyphasique**.



Au sein de l'os il existe un équilibre permanent entre résorption osseuse et renouvellement osseux grâce à des cellules spécialisées au sein des lamelles : les **ostéoclastes** et les **ostéoblastes** (on aime les rappels d'histo)

L'homme est fait pour vivre 100 ans. Or, on s'est aperçu que les os pouvaient casser tout seul à cause des multiples contraintes s'exerçant sur lui, donc en permanence le stock osseux est renouvelé: **il détruit les ostéons vieillissants par des ostéoclastes et les remplace par des ostéons jeunes qui deviennent matures, et qui seront à leur tour détruits dès qu'ils seront suspects de se fissurer. Il y a un cycle de renouvellement permanent de l'os pour que la poutre osseuse soit toujours de bonne qualité.**

Il existe aussi une **substance interstitielle** et une **substance minérale** contenant des **cristaux d'hydroxyapatite** (forme de pastilles Valda/Vichy)

✚ Malheureusement, **les os de la femme ne sont faits pour vivre que 50 ans** du fait de la **baisse de la sécrétion d'œstrogènes à la ménopause**, ce qui entraîne une **fragilité osseuse** chez la femme : le cycle de renouvellement des ostéons n'a plus lieu : on retrouve une **ostéopénie** et une **ostéoporose** (la fameuse ! dédicace à vos grands mères) les os se cassent presque **spontanément ou à cause d'un traumatisme mineur du fait de l'ostéoporose.**

Vascularisation des os longs : artérielle

Epiphyses :	Métaphyses :	Diaphyses :
<p>Vascularisation précaire ...</p> <p>par des artères épiphysaires, soumises au risque de nécrose osseuse, qui survient très fréquemment sur deux os : la tête du fémur et la tête de l'humérus</p>	<p>Extrêmement bien vascularisées par des artères qui proviennent des muscles aux alentours.</p>	<p>Bien vascularisée par 2 sources :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Artères périostées périphériques : circulent sur le périoste et vascularisent le 1/3 externe de la corticale (à respecter lors de chirurgie) • Artères nourricières / endostées : pénètrent à l'intérieur des os via des canaux nourriciers, vascularisent les 2/3 de la corticale et le canal médullaire. Elles donnent des ramifications à l'intérieur de l'os mais aussi sur l'endoste

Patho : Les artères épiphysaires peuvent se boucher ce qui peut provoquer une ostéonécrose → facteurs de risques : tabac, cholestérol, hyperlipidémie entraînant une précipitation des lipides qui vont boucher ces artérioles précaires, **éthylisme chronique+++**, **fracture des épiphyses +++**).

- **Veineuse** :

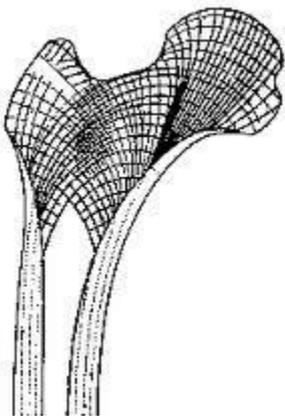
Au niveau des métaphyses, il y a des **lacs veineux** où il y a un **ralentissement de la circulation** : on peut donc avoir une **stagnation** donnant des **infections osseuses** d'origine hématogènes donnant des **ostéomyélites** (fréquents chez les enfants). Donc **un os qui est cassé saigne** : lors d'une fracture ouverte (9 fois sur 10 : **le tibia**), un patient peut saigner à blanc .

Les reliefs des os : *Bosses, gouttières, incisures, sillons, épines, crêtes, tubercules, éminences, fosses, foramen et méat (le méat est l'ouverture du foramen), les processus (appelés souvent par abus de langage des **apophyses** dans le milieu médical : par exemple le processus styloïde du temporal), les cavités articulaires (pour la tête de la mandibule, ou la cavité cotyloïde sur l'os coxal pour la tête du fémur), et puis, dans certains os de la face, il y a **des sinus aériens**, c'est-à-dire que les os sont creux et remplis d'air.*

- Les **tubercules** sont des **bosses de petite taille mais bien prononcées, vertueuses**.
- Les **éminences** sont des **bosses assez prononcées mais plus grandes qu'un tubercule**.

Chez nous, il n'y a **des sinus qu'au niveau des os de la face**, qui **donnent la sinusite** lorsque l'on a mal (*inflammation de la muqueuse sinusienne*).

Biomécanique osseuse :



Au niveau de la diaphyse les forces s'exerçant sur l'os vont se répartir sur sa **périphérie**. Un os soumis à une contrainte va **flamber (s'arque bouter)** de façon à ce que la poutre osseuse ait des contraintes **positives de sustentation de la concavité**, et **négatives de distraction dans la convexité**. Au centre il n'y a pas de contrainte : c'est la **fibre neutre**. **A l'intérieur, la poutre osseuse est creuse**.

Le tissu spongieux est soumis à une contrainte qui va de l'articulation à la diaphyse : constituant ce tissu, les lamelles osseuses forment **un système ogival** de type gothique (arc de cercle brisé léger et solide). Les travées spongieuses s'organisent selon **les lignes de force de la loi de Wolf +++** (Schéma)

L'os est un matériau composite et élastique : possédant **un module d'Young bas** (échelle caractérisant l'élasticité) donc peu élastique

- **L'os est un matériau résistant**.
- La poutre osseuse est une **poutre composite**, c'est-à-dire armée par **des muscles**. **Pauwells a décrit le haubanage des muscles** : les muscles sont **les haubans des os**, **La contrainte** va passer de façon étudiable physiquement, au niveau de la **poutre osseuse** et des **haubans musculaire** :
→ **La poutre osseuse in vitro est donc moins résistante que la poutre osseuse in vivo** grâce aux muscles +++

• **Les fractures : Physiopathologie :**

- **Par surcharge :** lorsque la contrainte dépasse la contrainte physiologique à laquelle la poutre osseuse peut résister : traumatisme violent qui entraîne une rupture fragile.
- **Par fatigue :** **Fracture physiologique de nombreuses fois répétée.** Les os sont soumis à **une contrainte itérative** (qui se répète) et se **fissent** jusqu'à donner une fracture. *L'exemple le plus typique est la fracture de fatigue de la jeune recrue militaire avec des rangers et un sac à dos lourd : à force de marcher tous les jours, la contrainte répétée s'exerçant sur les os du pied faisait des fractures spontanées du 2^{-ème} métatarsien.*
- **Fracture pathologique :** sur os malade (os ostéoporotique, tumeur...) : survient pour un traumatisme infime, voire même sans traumatisme.

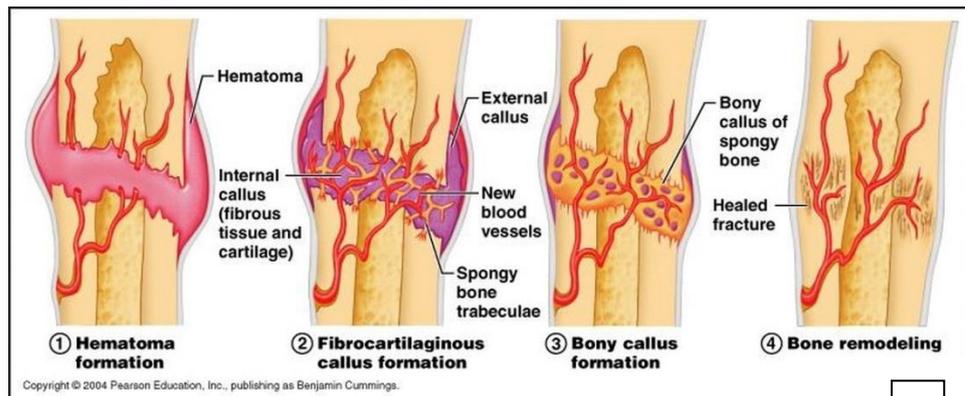
La fracture peut se faire de deux manières sur l'os :

- **Fracture fragile :** Soumis à une contrainte trop importante, l'os s'arque toute et se fracture. Lorsqu'il se fracture en plusieurs morceaux ou en deux morceaux **bien séparés** : **la poutre osseuse se casse d'un seul coup sans prévenir : la plupart des fractures humaines.**
- **Fractures ductiles,** en **bois verts,** ou en **tassement en motte de beurre :** **fractures incomplètes,** on voit cela chez l'enfant qui a des os qui ne sont pas encore matures et qui peuvent présenter des phénomènes de **déformation plastique.**

La réparation de la poutre osseuse :



- 2) De **deuxième intention** : physiologique, spontanée (hématome, puis apparition du cal osseux)
- 1) De **première intention** : quand les os sont opérés, on ne passe pas par l'étape de calcification de l'hématome, c'est comme *une soudure autogène.*



Les articulations : il en existe 3 types : fibreuses/ cartilagineuses/synoviales

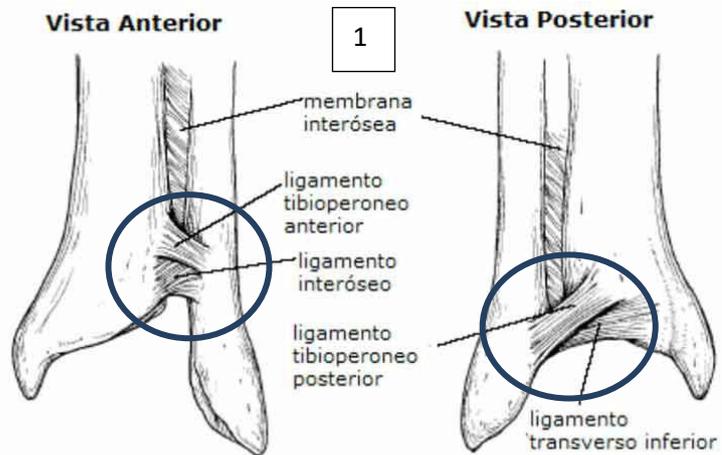
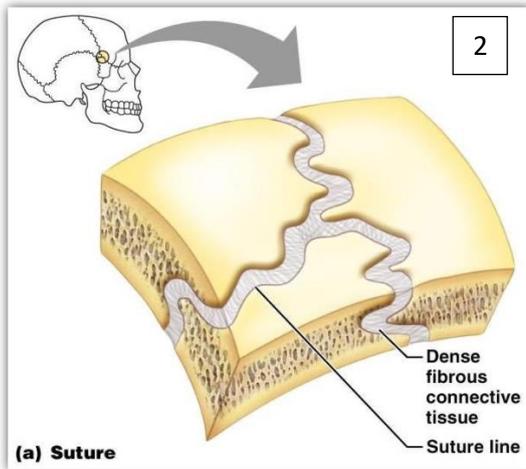
A) les articulations fibreuses : (=synarthrose) SANS surface cartilagineuse, AVEC des ligaments d'union entre 2 os, il y a une cavité articulaire. Il existe 4 types :

1) les syndesmoses : AVEC une cavité articulaire et des ligaments entre les 2 os (ex : l'articulation tibio-fibulaire inférieure) : la cavité articulaire ménage un espace articulaire

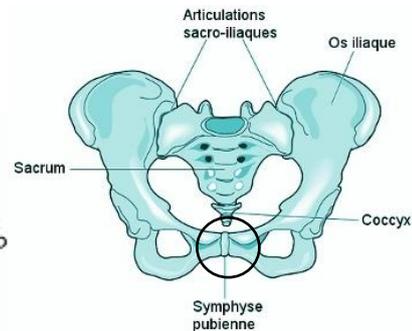
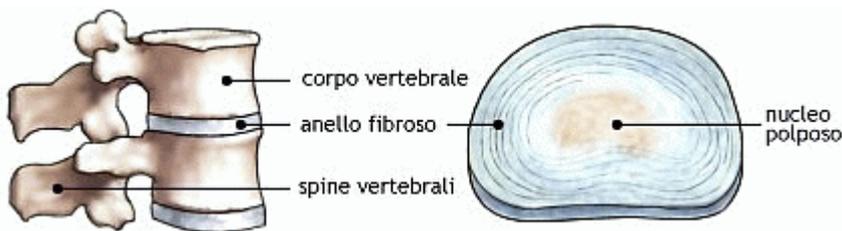
2) les sutures : la cavité articulaire est complètement remplie par le ligament d'union ++ au niveau du crâne et sont strictement immobiles elles peuvent être : squameuses/ planes/ dentelées (crâne)

3) gomphose : l'articulation des dents dans les alvéoles (pas vraiment une articulation car les dents ne sont pas des os)

4) schyndilèse : rail plein dans un rail creux (ex : la sphéno vomerienne)



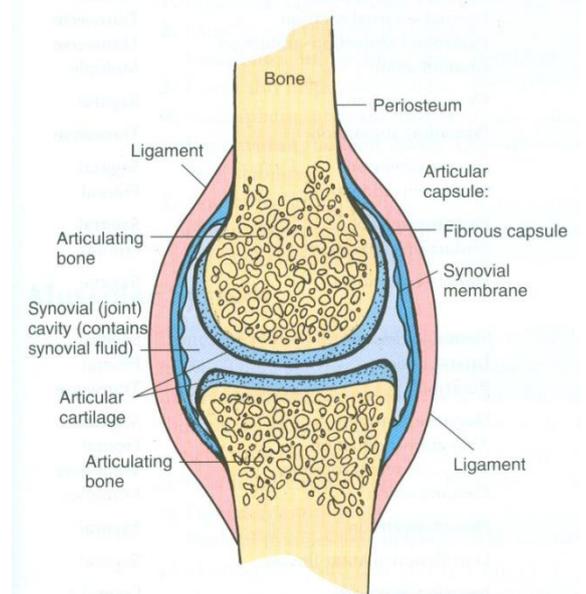
B) les articulations Cartilagineuses : (= amphiarthrose) articulation AVEC du cartilage articulaire (= cartilage hyalin), des fibrocartilages d'interposition, une capsule articulaire, des ligaments, la cavité articulaire est totalement comblée par le fibrocartilage d'interposition donc ce sont des articulations SANS cavité articulaire réelle (ex: symphyse pubienne, articulation disco vertébrale)



C) les articulations Synoviales : (= diarthrose) les plus mobiles et les plus répandues, il en existe 6 types. Elles sont composées de :

Une capsule articulaire qui englobe l'articulation, ça délimite **une cavité articulaire virtuelle**. Les deux extrémités des os sont tapissées de cartilage articulaire (=cartilage hyalin), une membrane synoviale tapisse la face profonde de la capsule articulaire et produit du liquide synovial (riche en acide hyaluronique) qui facilite les mouvements en lubrifiant l'articulation et en nourrissant le cartilage.

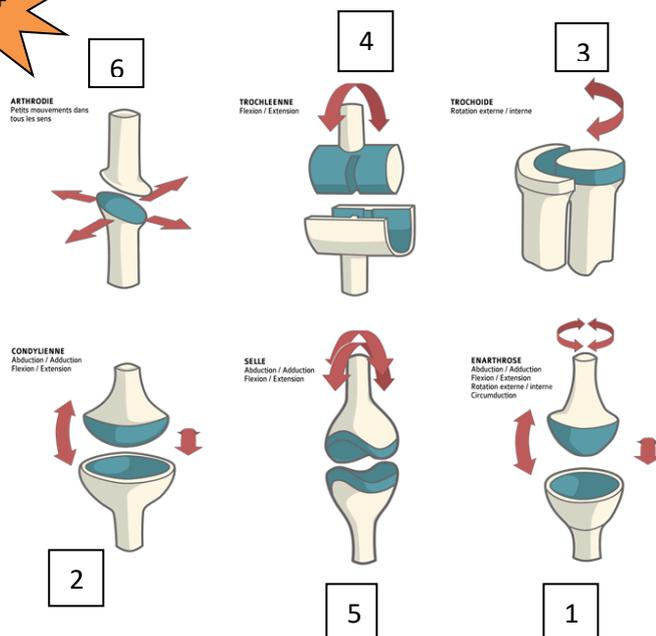
Des fibrocartilages d'interpositions (ménisque dans le genou, bourrelet dans la hanche, disques...) peuvent coexister au sein de la capsule pour améliorer la congruence articulaire et la capsule peut être renforcée par des ligaments à distance : intra articulaire (ex : les croisés du genou) ou extra articulaires (les collatéraux du genou)



Patho : + Rhumatismes/arthroses : On peut soulager les soulager en injectant du **liquide synovial** : il va faire une **visquo-supplémentation** : injection **d'acide hyaluronique** dans l'articulation pour la **lubrifier**(comme quand on met une clé dans une vieille serrure, parfois quand ça tourne pas on met de la graisse et ça remarche).

Il existe 6 articulations synoviales différentes :

- 1) Sphéroïde : (=énarthrose)** sphère creuse dans une sphère pleine : **3 axes de mobilité**, la plus mobile (ex : coxo-femorale)
- 2) Ellipsoïde :(=condylienne)** une ellipse pleine dans une ellipse creuse , **2 axes de mobilité** (ex : la tibio fémorale ou la radio carpienne)
- 3) Cylindroïde : (= trochoïde)** cylindre plein dans un cylindre creux : **1 axe de mobilité** (ex : la radio ulnaire sup & inf)
- 4) Trochlée : (=ginglyme= poulie)** rail plein dans un rail creux : **1 axe de mobilité** (ex : l'huméro ulnaire)
- 5) Articulation « en selle »** : fragment de tore plein dans un fragment de tore creux : **1 axe de mobilité**
- 6) Articulation plane (=arthrodie)** 2 surfaces planes l'une sur l'autre avec une infinité d'axes de mobilité mais avec une amplitude très limitée.



ARTICULATION A PART : La sysarcose :

Articulation de **glissement** qui a **de nombreux axes de mobilités** entre de deux surfaces osseuses par l'intermédiaire de **surfaces musculaires**, et **de graisse** : c'est donc la graisse qui va servir de moyen **de glissement**. Il n'y en a qu'une, **l'articulation scapulo-thoracique** entre la scapula et le thorax



Vascularisation et innervation des articulations synoviales :

Les articulations synoviales sont **vascularisées** et **innervées** avec des **artères très bien connues** des pathologistes (*il y a des artères **péri-articulaires**, **intra-articulaires**, et des **systèmes anastomotiques***). Les **ménisques** et les **fibrocartilages** ne sont vascularisés **que sur leur périphérie**. Il n'y a pas de vascularisation centrale, à l'intérieur du cartilage articulaire.

Il y a une **innervation proprioceptive** importante (vous fermez les yeux vous savez où est votre coude).

Biomécanique du cartilage hyalin : (= cartilage articulaire)

Très important, car quand le cartilage est détruit, ça donne comme on dit vulgairement des **rhumatismes**, de **l'arthrose**, les gens ont mal, ne peuvent plus marcher, vont voir les médecins et les kinés (BAH OUAIS). Pour comprendre cela, il faut étudier la structure du cartilage.

▪ Histologie du cartilage : la cartilage comprend :

- **Zone Basale**, qui est la zone d'insertion des fibres de collagènes sur l'os chondral,
- **Zone profonde** Cette zone c'est donc **des logettes de collagène** qui emprisonnent des cellules à l'intérieur de gel de Mucopolysaccharide chondroïtine sulfate : ça évoque donc **une structure alvéolaire amortissante du cartilage** : en **nid d'abeille**, comme dans **les semelles des chaussures de sports** : c'est la partie **amortissante du cartilage**.
- **Zone superficielle** : les fibres de collagènes deviennent **horizontales**, quelques cellules sont emprisonnées : cette partie est recouverte par une **surface en tôle ondulée**. Il y a des pores qui s'ouvrent dans l'articulation, ce qui permet au liquide synovial de pénétrer à l'intérieur du cartilage pour le nourrir : c'est **le pumping synovial**.
- **Pumping synovial** : Le cartilage avasculaire se comporte comme une éponge : Lorsque l'articulation est **mis en contrainte**, il va être **comprimé** ; lorsque l'articulation est mise en « **décontrainte** » (sans contrainte) le cartilage va s'expandre et le liquide synovial va rentrer à l'intérieur. **Le mouvement** est donc nécessaire 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♥.

Patho : La zone profonde, amortissante, va **amortir la pression des contraintes**. Mais malheureusement, avec la vie, **la zone superficielle peut s'user**, et verra alors apparaître un phénomène d'**usure par fibrillation** apparaissant sur les articulations donnant un aspect en **chair de crabe** : c'est le début de **l'usure cartilagineuse**.

La lubrification synoviale : permise par l'acide hyaluronique

• Pression faible + vitesse élevée :

Les molécules d'acide hyaluronique vont s'organiser selon une forme laminaire, elles adhèrent à la paroi de la tôle ondulée mais restent alignées dans le sens du mouvement : cela forme simplement un film lubrificateur : **c'est la lubrification à flux laminaire**.

• Pression plus importante + vitesse élevée:

Les molécules d'acide hyaluronique vont adhérer à la paroi empêchant le contact des couches superficielles cartilagineuses : c'est **la lubrification limite**.

• Pression considérable + couche superficielle du cartilage peut être atteinte :

Il y a ce que l'on appelle **la gélification des molécules d'acides hyaluroniques** qui vont créer des aspérités à l'intérieur de la couche superficielle : des **micro billes d'acide hyaluronique** : système de **roulement à bille** : c'est grâce à ça qu'on **peut garder le cartilage toute la vie**. La **gélification empêche donc le contact et établit un véritable roulement à billes d'acide hyaluronique entre les surfaces articulaires**.

L'anatomie générale des Muscles :

Les muscles sont des **organes charnus contractiles** transformant l'énergie chimique et énergie mécanique. Les muscles sont inclus dans **des loges musculaires**. Il y a **trois types histologiques** de muscles :

- Les **muscles striés volontaires** à contraction **rapide striés squelettiques (ceux dont nous allons parler) ++**
- Les **muscles striés involontaires** à contraction **rapide** (le **myocarde**)
- Les muscles **lisses involontaires** de la **vie végétative**.

Classification des muscles :

A) Selon la forme : **Orbiculaires** : qui ferment les orifices (ex : le muscles orbiculaires des lèvres, c'est un muscle peucier innervé par le VII facial (le miroir de l'âme). **Courts** : (ex : le masséter). **Longs** : (ex : le quadriceps)

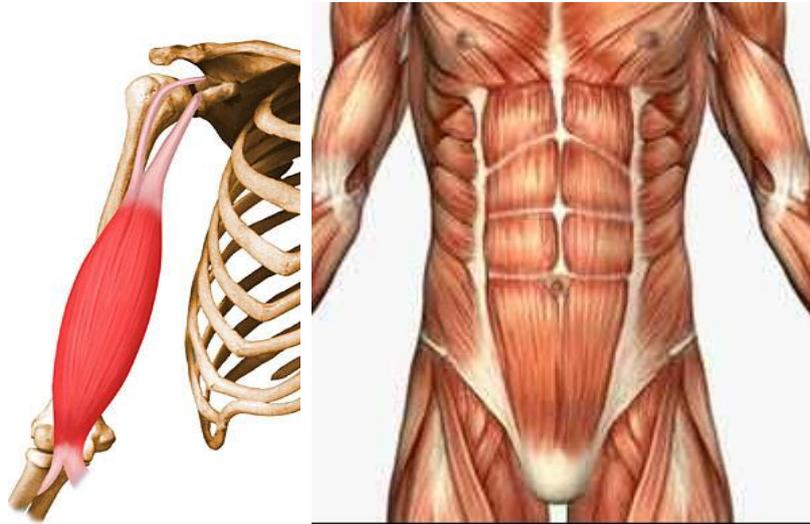
B) Selon leurs ventres :

→ **Muscles monogastriques** : un seul ventre musculaire

→ **Muscles pluri gastriques** : plusieurs ventres musculaires

→ **Pluri gastriques en série** : par exemple **le grand droit** de l'abdomen : il y a des intersections tendineuses en série qui donnent cette impression en carré de chocolat que l'on voit sur l'abdomen des athlètes

→ **Pluri gastriques en parallèle** : le biceps qui a un **ventre superficiel** et un **ventre profond** (bigastrique)

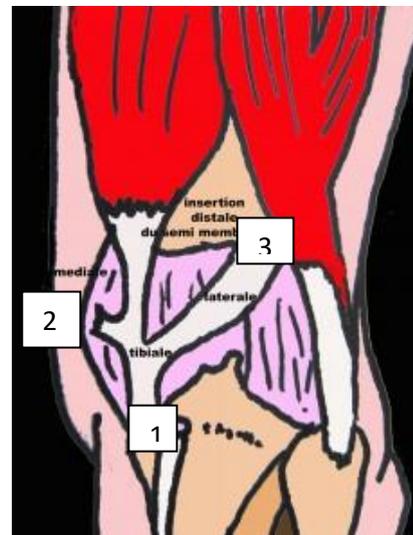


C) Selon la terminaison :

- Sur la **peau** (les muscles peauciers s'insèrent directement sur la peau, ils sont sur le visage chez l'homme, mais il y a des animaux qui en ont plein, par exemple quand un chien a froid, on voit sa peau frémir)
- Sur des **aponévroses** : ce sont des éléments larges et tendus
- Sur des **tendons** : qui peuvent être

- **Direct** : 1) qui continue la direction des fibres musculaires
- **Réfléchi** : 2) qui va se réfléchir pour entourer par exemple une structure osseuse
- **Récurrent** : 3) trajet totalement aberrant

Le muscle **semi-membraneux** (composant la partie profonde et médiale de nos ischio-jambiers) a les trois types de tendons, son tendon récurrent va s'insérer sur la **patella** du genou, c'est-à-dire la **coque externe** du genou.



D) Les fibres musculaires peuvent se terminer de différentes manières au niveau des tendons :

Bout à bout : les fibres musculaires se continuent **directement** par de fibres tendineuses

- **Fusiforme** : les fibres musculaires forment **des cônes/des fuseaux** au niveau des tendons
- **Unipenné** : les fibres musculaires se terminent comme **les barbes d'une plume sur la tige de la plume** (la fibre tendineuse pénètre **loin** dans le muscle, les fibres s'insèrent **obliquement** sur la fibre tendineuse)
- **Bipenné** : c'est la même chose des deux côtés
- **Multipenné** : la fibre tendineuse se divise en plusieurs fibres tendineuses sur lesquelles chaque chef musculaire va s'insérer (par exemple le muscle deltoïde)

L'insertion du tendon dans l'os se fait comme les racines d'un arbre dans la terre♥ . Quand un arbre est déraciné, les racines emportent avec elles de la terre. De la même manière, les fibres tendineuses vont **pénétrer à l'intérieur de l'os**, traverser une **fine lame de cartilage** et pénétrer **dans la corticale** comme les racines d'un arbre dans la terre.

Pathos :

→ **Tendinites** : inflammation du tendon

→ **Enthésites** : inflammation de l'enthèse (**enthèse = insertion du tendon sur l'os**) (donnant par exemple une douleur au niveau de l'insertion des adducteurs sur l'os coxal). Beaucoup de danseuses et de footballeurs en ont

→ **Avulsion** : Lorsque, les muscles et les tendons **s'arrachent** (ça arrive en pathologie sportive, en pathologie du travail) : soit le tendon se désinsère de l'os de façon simple et effilochée, soit il arrache un morceau d'os, comme les racines de l'arbre arrachant des mottes de terre autour d'elles. Ainsi, on retrouvera un morceau d'os au bout du tendon qui peut être assez volumineux. Pour le thérapeute, la prise en charge sera **totale** **différente** si on a un **morceau d'os arraché** avec le tendon/ligament ,ou pas.



Innervation et vascularisation des muscles : elle se fait au niveau de la plaque motrice ++

→ **Précision du mouvement :**

Ce qui est important, c'est que **la finesse (=précision) du mouvement d'un muscle est inversement proportionnelle au nombre de fibres musculaires par neurone d'innervation :**

☞ si un motoneurone alpha innerve un million de fibres musculaires et un autre en innerve 1000 : celui qui en innerve 1000 fibres engendre une action beaucoup plus précise (je me disais que c'est plus facile de s'occuper de moins de choses, on s'en occupe mieux, le motoneurone qui s'occupe de un million de fibres est surbooké et du coup travaille de façon un peu brouillon ☺) .Donc : **plus il y a de fibres musculaires par motoneurone alpha, plus la finesse du mouvement est faible.** (ex : Les muscles des **mains** ont une finesse exceptionnelle. Le muscle du **quadriceps** n'a aucune finesse. Car le nombre de motoneurones alpha qui innerve les mains est supérieur à celui du quadriceps, plus il y en a moins il y a de fibres musculaires à innover).

→ **Différents types d'innervation :**

Innervation radulaire ou segmentaire	Innervation tronculaire
<p>Ce sont les racines qui vont innerver un muscle ; Plusieurs racines vont véhiculer des fibres neuronales qui vont former la constitution d'un nerf.</p> <p>par exemple, les myélotères C5 et C6 donneront les neurones du nerf axillaire : donc plusieurs myélotères peuvent participer à la constitution du contingent nerveux (les neurones) d'un nerf.</p> <p>Parmi ces racines, il y en a une qui est dominante par rapport aux autres, c'est-à-dire qui va porter plus de fibres musculaires : pour le nerf axillaire c'est C5.</p>	<p>Le nerf qui arrive directement au muscle à partir d'un plexus nerveux, Toujours avec le même exemple ici le nerf axillaire qui innerve le deltoïde</p> <p>→ RECAP</p> <p>☞ l'innervation tronculaire du muscle deltoïde est le nerf axillaire.</p> <p>☞ L'innervation radulaire du nerf axillaire sont les racines C5 et C6.</p>

Les muscles peuvent être innervés par **plusieurs nerfs** , en particuliers les muscles des parois et du rachis.

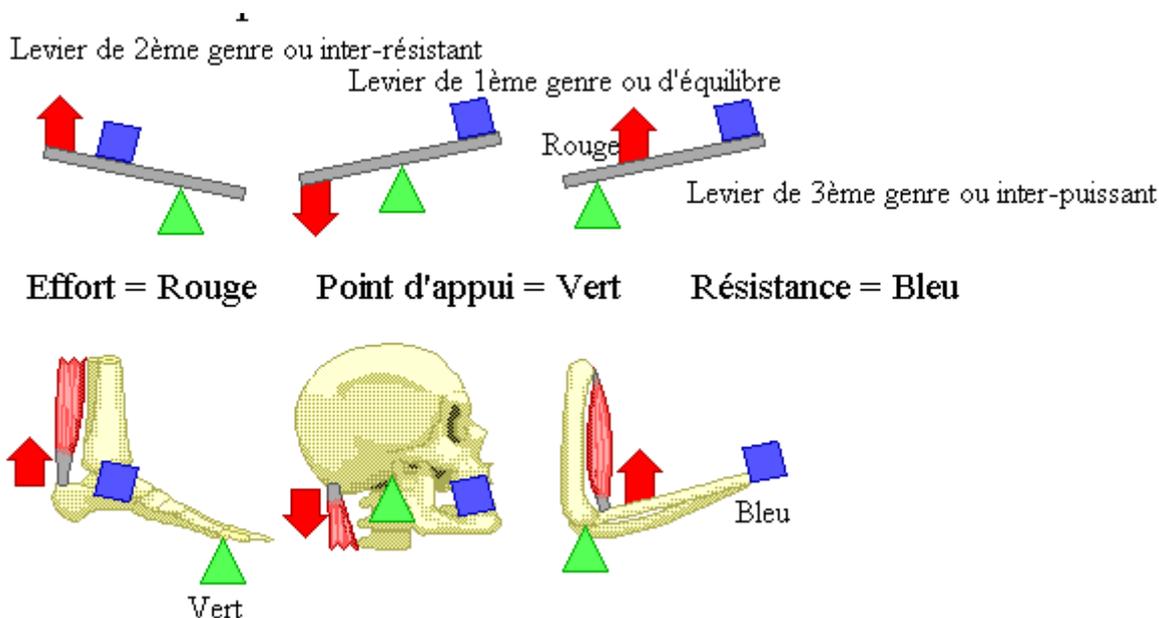
Le **nerf axillaire** provient de *C5 et C6*, avec une racine **C5 prédominante**, pour aller innerver le **deltoïde** :

✚ Comme la racine C5 est dominante, en cas de **lésion de C6** (*fréquent dans les arthroses du rachis cervical, ou les hernies discales du rachis cervical*) on n'aura **pas forcément une paralysie clinique**(*que l'on peut voir importante*) du muscle deltoïde, elle pourra passer **inaperçue** ou être **infraclinique**, c'est-à-dire être difficilement explorable par l'examen clinique. Par contre, en cas de **lésion radiculaire de C5** on aura une **paralysie clinique du muscle deltoïde**, car **C5 est la racine dominante**. Le **myélomère dominant** du deltoïde est donc **C5** (rappel : on a une **organisation horizontale** de la moelle, avec des **racines** qui sortent des **myélomères**, qui vont s'unir pour former des **plexus**, eux-mêmes allant former des **troncs** qui vont aller aux muscles).

On distingue aussi :

- **Innervation sensitive** faite fuseau neuromusculaire : c'est essentiellement une innervation **proprioceptive**.
- **Innervation végétative** : quand un muscle travaille, il va y avoir une **vasodilatation artérielle** pour qu'il soit **hypervascularisé** et **hyper oxygéné**. En général, l'innervation végétative est dans la **paroi vasculaire**, elle suit les vaisseaux, et est surtout **artérielle**.
- **Vascularisation** : Il y a plusieurs types de vascularisation des muscles, très étudiés par les gens qui font des lambeaux.
- ✚ **Les lambeaux** : c'est une technique chirurgicale qui permet d'apporter du tissu (muscle) pour réparer une perte de substance (boucher une fracture). À la différence de la greffe, le lambeau est **vascularisé** (du sang arrive par une artère, et repart par une veine, on appelle pédicule cet ensemble artère/veine, pouvant contenir un nerf) donc il faut connaître cette vascularisation.

Anatomie fonctionnelle des muscles :



• Les leviers :

- **inter-appui** : force et résistance opposées par un appui central
- **inter-résistant** : appui et force opposés par une résistance centrale
- **inter-force** : résistance et appui opposés par une force musculaire centrale.

• La contraction musculaire :

→ Le raccourcissement musculaire est proportionnel à la longueur et sensiblement égal à la moitié de la longueur.

2 types de contraction :

→ **Travail statique** = contraction isométrique, sans mouvement, les insertions restent fixes

→ **Travail dynamique** = contraction isotonique (excentrique ou concentrique) avec mouvement ++

Le testing musculaire : (vous allez en bouffer les futurs kinés +++)

La force est proportionnelle au volume du muscle, alors que la précision est proportionnelle au nombre de neurones qui innervent le muscle. Le testing c'est une évaluation de la force de contraction d'un muscle ++ (**6 niveaux de contraction numérotés de 0 à 5**) : (c'est de la pratique clinique qui se fait quotidiennement en neurologie ou en traumatologie)

0	Pas de contraction
1	Contraction perceptible par palpation (on met la main dessus) musculaire sans mouvement (le muscle frémis mais n'est pas suffisamment puissant pour entraîner un mouvement)
2	Mouvement réalisable dans la totalité de l'amplitude en apesanteur : ☞ <u>Concrètement</u> : Il faut annihiler le poids du segment du membre : c'est très simple : par exemple si je plie mon coude dans le plan sagittal, je suis en contraction avec apesanteur. Si je plie mon coude dans le plan horizontal, je suis en mouvement en apesanteur, car à ce moment-là, le poids de l'avant-bras n'a plus d'influence sur le mouvement. Dans un mouvement en apesanteur, ça bouge, mais sans contrainte.
3	Mouvement réalisable dans l'amplitude complète contre pesanteur :
4	Mouvement contre résistance : j'effectue un mouvement avec une contrainte légère
5	La résistance = force normale

Entre 4 et 5 va intervenir **la subjectivité de l'examineur** : contre « résistance », mais laquelle de résistance ? La force normale d'un homme baraqué qui fait des haltères ne va pas être comparable à celle d'une jeune fille d'un mètre 60 et 45 kilos : **la force c'est donc très subjectif.**

• **Tonus et longueur :**

Un muscle est élastique et présente **un tonus permanent du à son innervation.**

- **Longueur de repos** : celle du muscle dans l'organisme
- **Longueur d'équilibre** : longueur du muscle désinséré et dénervé : elle est plus importante que la longueur de repos +++++
- **Longueur d'étirement maximum** : la longueur que l'on peut imprimer à un muscle sans l'arracher.

→ **Le muscle se contracte d'autant plus qu'il est étiré.** (Pensez à un écartèlement)

Exemple du départ d'une course d'athlétisme : l'athlète est en **flexion maximale** du genou au sol, les pieds calés, **et le quadriceps est étiré au maximum**, ce qui va lui permettre de **bondir**, comme un boulet de canon lorsqu'il entendra le départ du start-up. C'est extrêmement étudié et travaillé par les athlètes qui font du 100 mètres.

Les muscles agonistes et antagonistes interviennent simultanément afin de réguler la précision du mouvement avec une prédominance de l'un des deux muscles selon le mouvement (ex : le biceps= agoniste → flexion du coude, et son antagoniste= triceps va inhiber ce mouvement)

On classe aussi les muscles en fonction du nombre d'articulations sur lesquelles ils agissent.

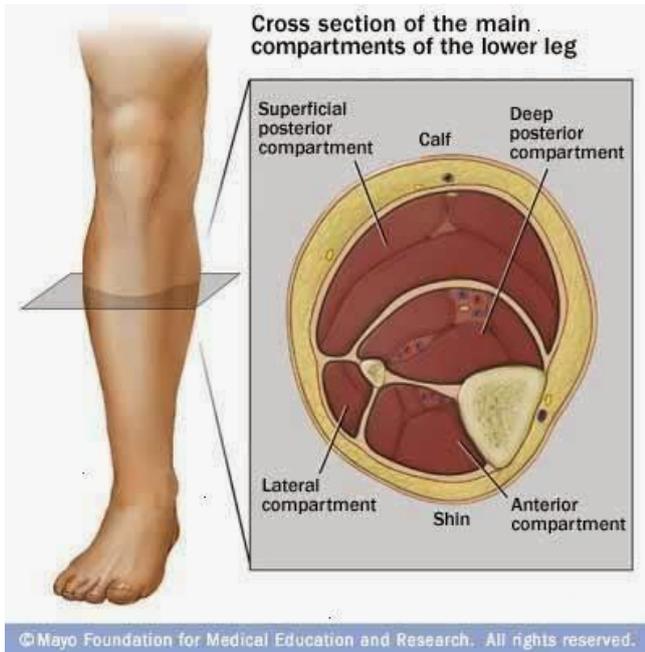
Par exemple :

- le biceps est bi-articulaire car il pompe le coude et l'épaule, donc il agit sur les deux articulations.
- Le vaste latéral du triceps est un muscle mono articulaire qui n'agit que sur une articulation.

- **Annexes musculaires :**

- **Les fascias et les septums :** ce sont des **expansions fibreuses** qui délimitent des **loges musculaires**.

Les muscles sont en effet dans des loges musculaires (*surtout les muscles des membres*); les **facias** qui délimitent les loges sont **très peu extensibles**. Donc lorsqu'un **muscle augmente de volume** dans une loge, il va y avoir une **hyperpression** dans la loge.



Syndrome des loges



Par exemple : Lorsqu'un muscle **travaille** (*par exemple lors d'un travail de fond*), ou présente un phénomène **d'œdème**, il va augmenter de volume, et il va entraîner une **hyper pression dans la loge**. Le même phénomène se produit en cas d'**hématome** dans la loge.

+ Syndrome des loges : ischémie capillaire sur artère battante par hyperpression de la loge ♥♥☠*

C'est une pathologie **mortelle** si elle non traitée ou laissant des **séquelles gravissimes**.

Physiopathologie : Lorsque dans la loge (**peu extensible**), la pression dépasse la **pression de perfusion capillaire** (égale à la moitié de la minima) alors que l'artère est battante, on a une ischémie puis une nécrose musculaire (mortification des muscles). Comme **l'artère est battante** on a une **persistance des pouls habituelle dans le syndrome de loge** . On le voit dans deux circonstances :

☞ **Après les sports de fonds :** (marathon, ski de fond...) développement d'une **hypervascularisation musculaire**, augmentation du volume musculaire, pouvant aboutir à une ischémie capillaire et finalement un syndrome de loge. On a aussi des syndrome de loge chroniques chez certaines personnes dès qu'ils font un effort (le muscle augmente trop). Peut mener à **l'amputation**

☞ **Post traumatique**

+ Signes cliniques du syndrome de loge : 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).

+ Traitement : Faciotomie : on enlève **le fascia** : on fait un **petit trou**, ou **une grosse incision**, on glisse des ciseaux et on va **ouvrir le fascia** et à ce moment-là on voit **le muscle** qui sort comme **un chou-fleur de la loge**, le **sang recircule** et **le patient est sauvé**.

Alors oui quand on prend du muscle a la salle vous allez me dire que les loges sont extensibles, mais en fait le syndrome des loges c'est si cette hyperpression se fait brusquement que ca deconne. Quand vous prenez du tour de bras ca prend du temps (eh ouais putain) et c'est plutot physiologique)

Si vous regardez les annales, Depé pose au moins une année sur deux une question sur le syndrome de loge.
+++++

- **Les bourses séreuses :**

On les retrouve aux endroits où **les tendons des muscles, les os déplacés** par les muscles sont en **frottement avec une structure**. Les bourses séreuses sont donc une formation de tissu synovial (*on en a plusieurs, par exemple celle sous la peau du genou qui est mobile par rapport à la rotule, sous la peau du coude en regard de l'olécrane : comme ça bouge beaucoup le fabricant a mis sous la peau une bourse séreuse pour que la peau puisse bouger par rapport au plan musculaire ou au plan osseux*). Les bourses séreuses sont donc **synoviales**.

- **Les gaines séreuses :** vont **envelopper les tendons** (*ce sont des gaines qui ont deux feuillets, un profond et un superficiel, séparés par une cavité virtuelle au centre, et ces gaines sont en membrane synoviale et sécrètent du liquide synovial lubrifiant*). Toutes ces gaines subissent les **mêmes maladies que les articulations synoviales**.

- **Les gaines fibreuses :** **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 (*là on voit le squelette d'un doigt, là un tendon fléchisseur, là une gaine fibreuse, et là le fléchisseur profond. Quand le muscle se contracte la gaine fibreuse va empêcher le tendon de prendre la corde de l'arc et le tendon va faire le mouvement*).

Pour que le tendon puisse **glisser** dans **sa gaine fibreuse**, le fabricant y a mis **une gaine synoviale**(séreuse) avec du **liquide synovial**.

✚ Ces gaines synoviales qui sont **très présentes au niveau des mains peuvent s'infecter**. A ce moment là **l'infection va suivre le trajet de la gaine**, leur **topographie** est donc très bien connue. C'est ce que l'on appelle un **phlegmon des gaines** :

*Vous verrez beaucoup de travailleurs manuels qui ont **des phlegmons des gaines**, parce qu'ils ont eu une blessure sur un chantier, il y a eu un **inoculation à l'intérieur de la gaine** et ensuite un **phlegmon des gaines** : ils seront **opérés et guéris** dans l'immense majorité des cas.*

Voilà c'est fini pour l'appareil loco bossez biens vos articulations et prenez soin de vous surtout (FAITES DU SPORT)
<3 <3<3