

L'APPAREIL LOCOMOTEUR

JTut'
Els'heimer



Sommaire

Introduction

Organogénèse et croissance

Arthrogénèse

Anatomie générale des os

Structure des os

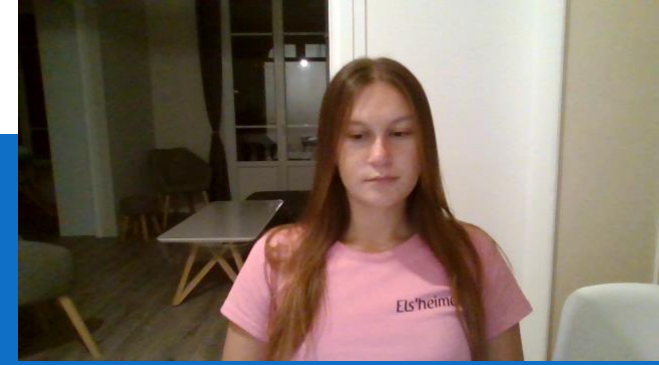
Propriétés mécaniques de os

Anatomie générale des articulations

Biomécanique

Anatomie générale des muscles et classification

Introduction



L'appareil
locomoteur
comprend :

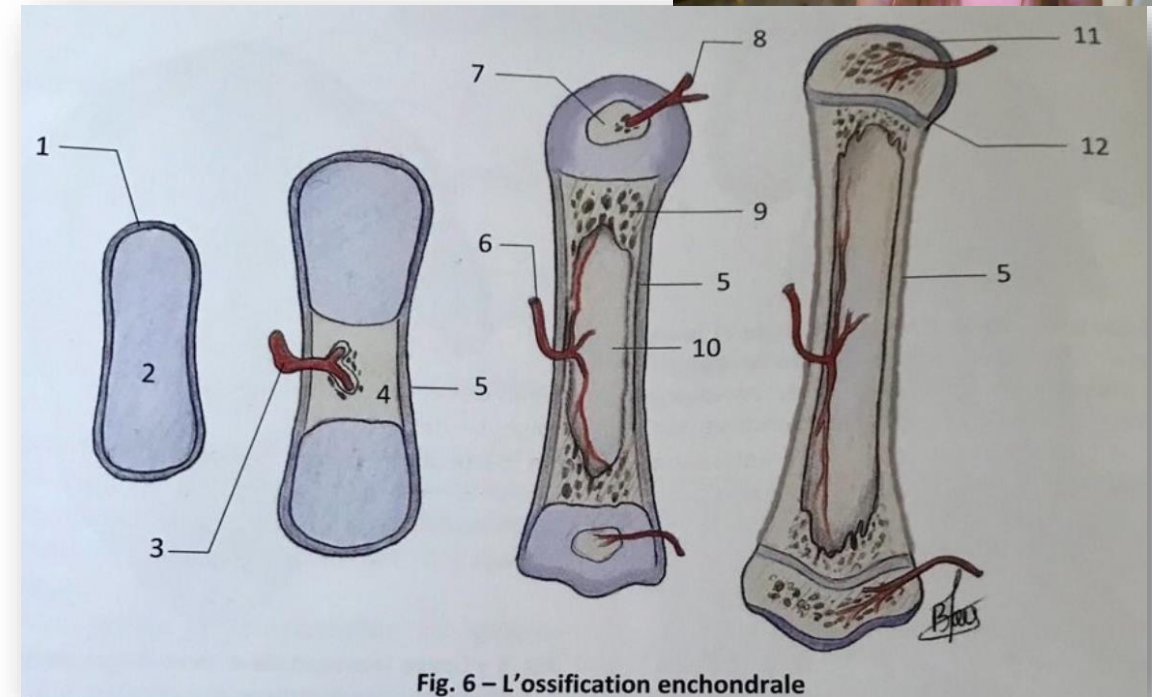
- L'ostéologie (étude des os),
- L'arthrologie (étude des articulations),
- La myologie (étude des muscles).

Fonctions :

- Locomotion,
- Préhension,
- Support du corps,
- Mastication,
- Mécanique respiratoire.

Organogénèse et croissance

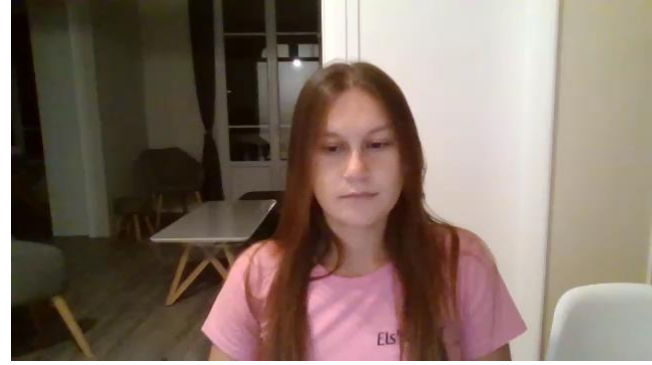
- Os proviennent du **mésoblaste**
- **Ossification enchondrale** → os **longs** ++, os court, os plats (sauf crâne)
 - Maquette cartilagineuse entourée de périchondre (= futur périoste)
 - → PO1 central (rejoint par vaisseaux) → PO2 aux extrémités
 - → PO1 grandit et se creuse de la future cavité médullaire
 - → Cartilage articulaire apparaît aux extrémités



1. Périchondre, 2. Matrice cartilagineuse, 3. Pénétration vasculaire, 4. PO1, 5. Périoste, 7. PO2, 11. Cartilage articulaire, 12. Cartilage épiphysaire.



ATTENTION

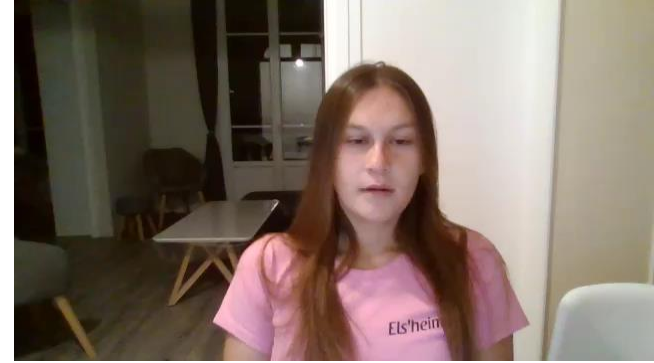


Cartilage épiphysaire = cartilage de conjugaison = cartilage de croissance = entre l'épiphyse et la métaphyse

Cartilage articulaire = cartilage d'encroutement de l'épiphyse, à l'extrémité de l'os.

- Epiphyse = extrémité de l'os
- Diaphyse = milieu de l'os
- Métaphyse = entre l'épiphyse et la diaphyse

Organogénèse et croissance

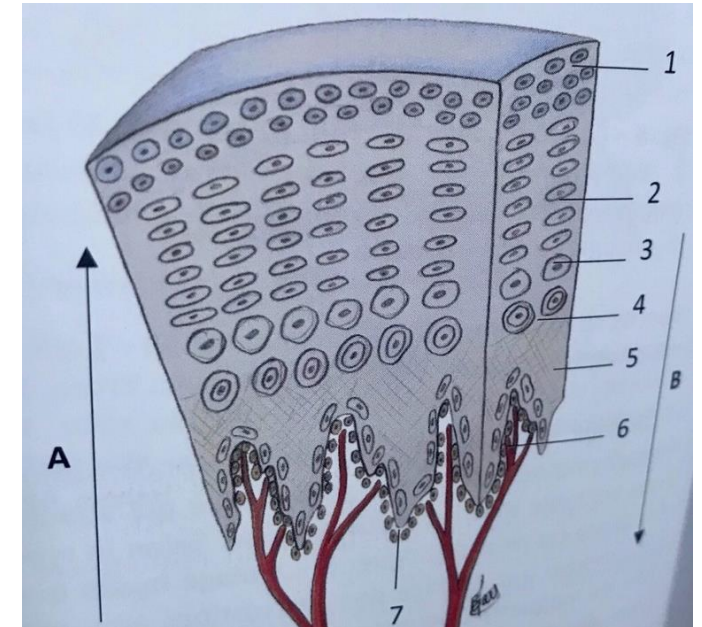


Croissance des épiphyses :

- Le **cartilage articulaire** entoure l'os à ses extrémités et **provient du périchondre**
- De l'extérieur vers l'intérieur on a : ++++
 - Les **cellules germinatives** (1) de base qui **se divisent**,
 - Les **cellules sériées** (2), organisées **en pile d'assiette**.
 - Les **cellules hypertrophiques** (3), plus grosses pénétrées par des **vaisseaux**, zone de faiblesse → fracture
 - **Couche dégénérative** (4), avec apparition des cellules osseuses appelées **ostéoblastes**, zone de faiblesse → fracture

Division = extérieur vers intérieur = centripète ++++

Croissance = intérieur vers l'extérieur = centrifuge ++++



Organogénèse et croissance

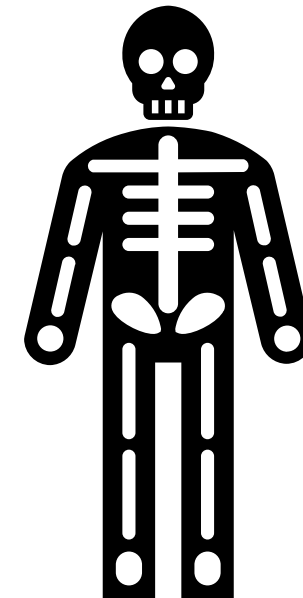


- Le périoste entoure en tout point les os SAUF AU NIVEAU DU **CARTILAGE ARTICULAIRE**. +++++
- Lacs vasculaires épiphysaires et métaphysaires, veines > artères, métaphyse > épiphyse → lieux d'infection (surtout aux épiphyses fertiles)
- Lacs en contact = arrêt de la croissance
- Épiphyse fertile = 2/3 de la croissance, près du genou, loin du coude, + de pathos +++

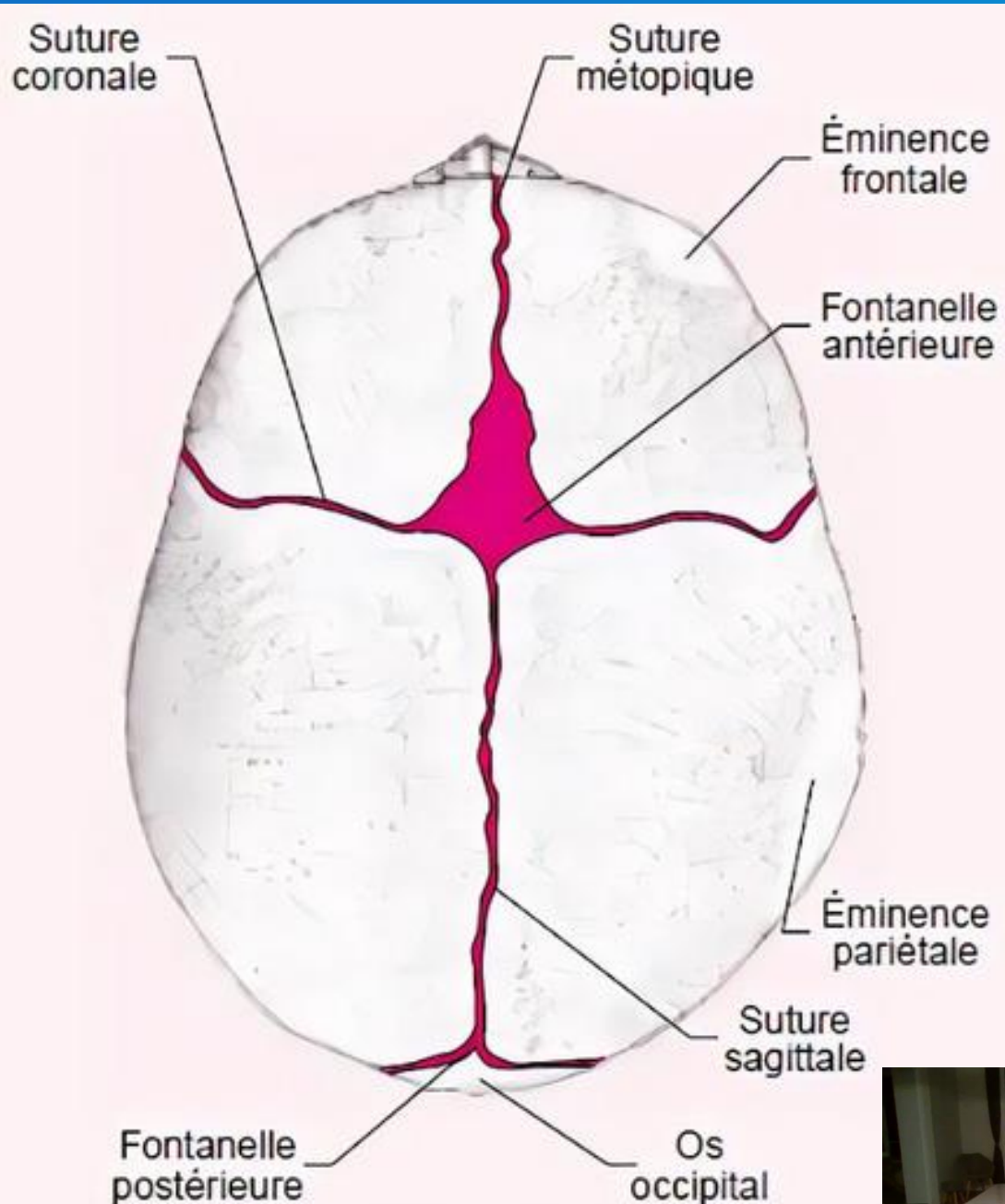


Organogénèse et croissance

- **Croissance osseuse :**
 - 2 poussées de croissance
 - Loi de Delpech : **la croissance est accrue dans les zones de faible pression**
 - **Âge osseux** déterminé grâce à une radio et un atlas

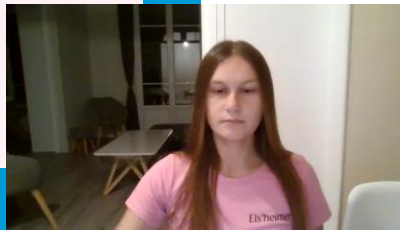


Organogénèse et croissance



- Développement du segment céphalique :

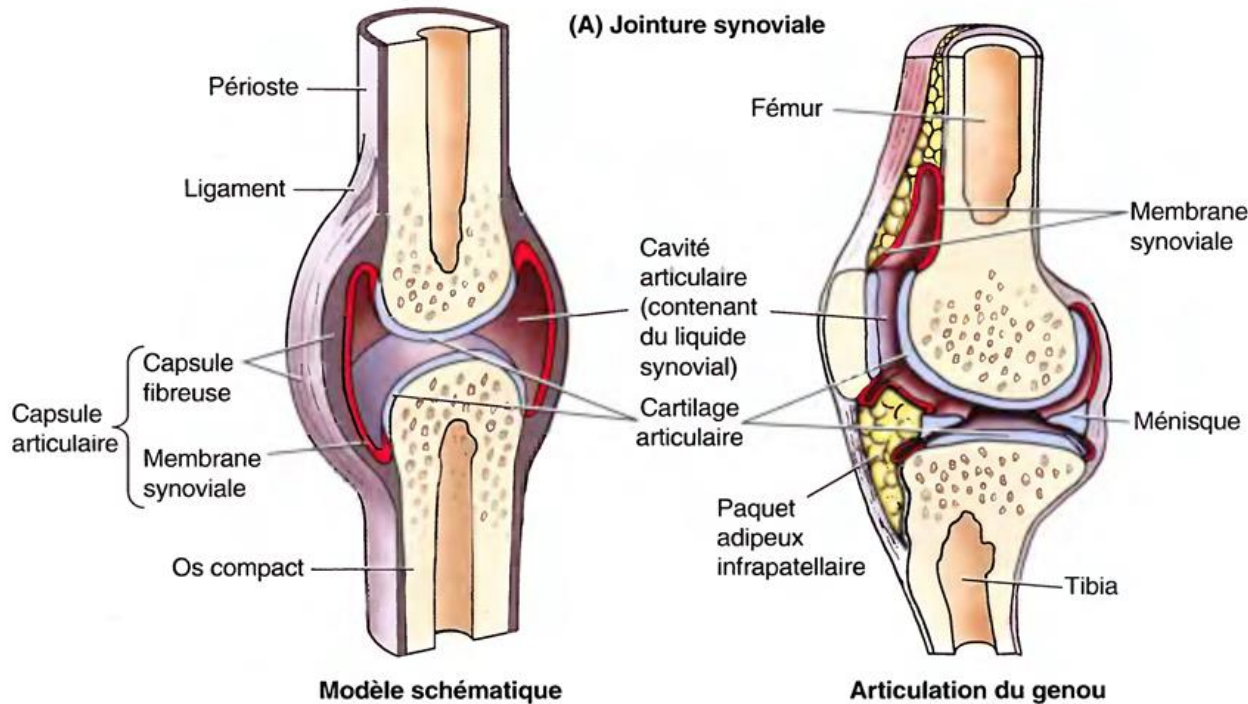
- **Cou et crâne** proviennent des **arcs branchiaux** et des **somites occipitaux et cervicaux**
- **Base** du crâne = ossification enchondrale
- **Voute** du crâne = ossification de membrane
- Membrane ostéoïde → PO de croissance centrifuge → ossification
- Fontanelles = vestiges non ossifiés à la naissance
 - **Grande fontanelle** (= fontanelle bregmatique) entre les deux os frontaux
 - **Fontanelle lambdatique** entre les deux pariétaux et l'occipital
- Fontanelles soudées = sutures



Arthrogénèse

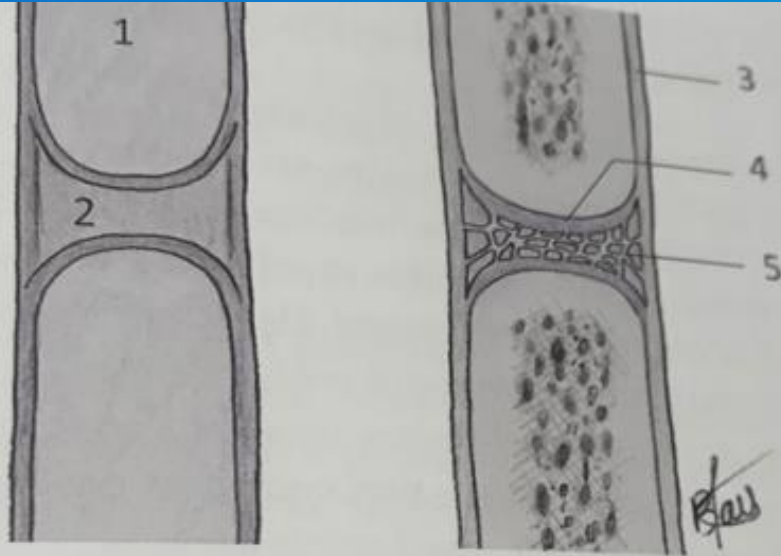
- **Arthrogénèse des articulations synoviales :**

- Cavité articulaire et membrane synoviale
- Maquettes cartilagineuses de 2 os rejointes et entourées de périchondre → interzone → cavitation → cavité articulaire
- Périchondre → capsule et fibro-cartilages d'interposition intra-articulaires
- Membrane synoviale apparaît
- Épiphyses ossifiées et cartilages épiphysaires





Arthrogénèse



**Fig. 15 – Schéma de l'arthrogénèse
des articulations cartilagineuses**

1. matrice cartilagineuse – 2. interzone (mésenchyme)
3. périoste – 4. cartilage hyalin – 5. fibro-cartilage

- Arthrogénèse des articulations
cartilagineuses :

- Même départ que les articulation synoviales mais **PAS DE CAVITATION**
- Interzone → cartilage → fibro-cartilage d'interposition → adhérent à la capsule
- Ossification
- Généralement os courts et os plats

Anatomie générale des os

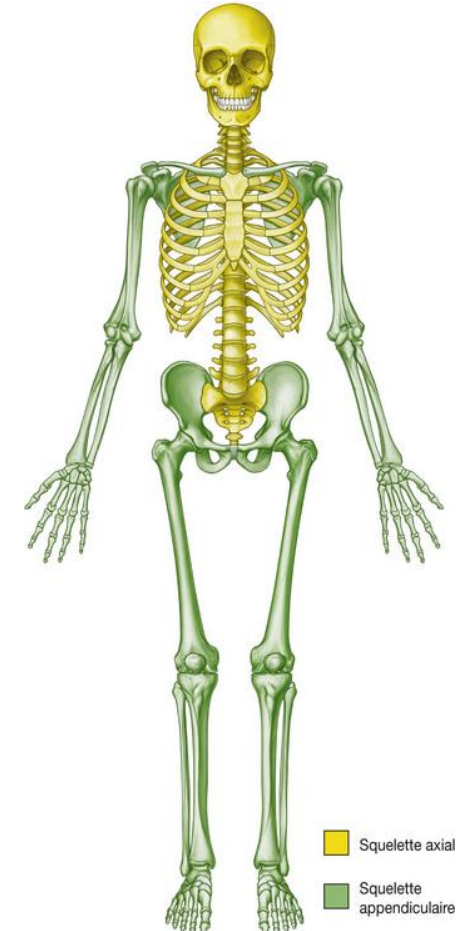
Généralités :

Classification des os
en squelette axial,
thoracique et
appendiculaire:

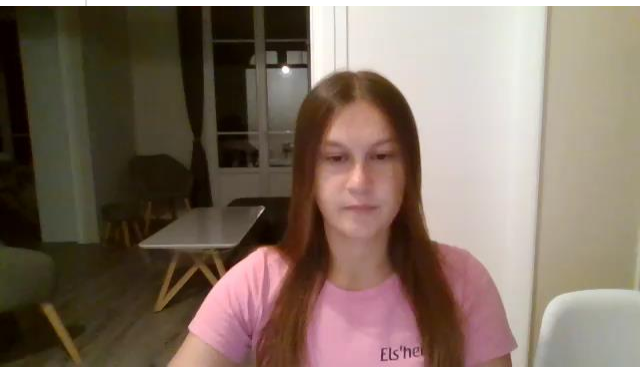
Axial = colonne
vertébrale + crâne +
os hyoïde

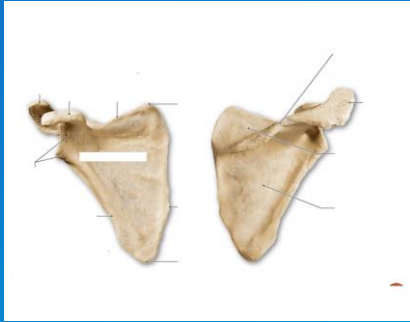
Thoracique = côtes +
sternum

Appendiculaire =
membres + ceintures



Sur le schéma de droite, les côtes et le sternum sont aussi en jaune mais ils font bien partie du squelette thoracique \neq axial



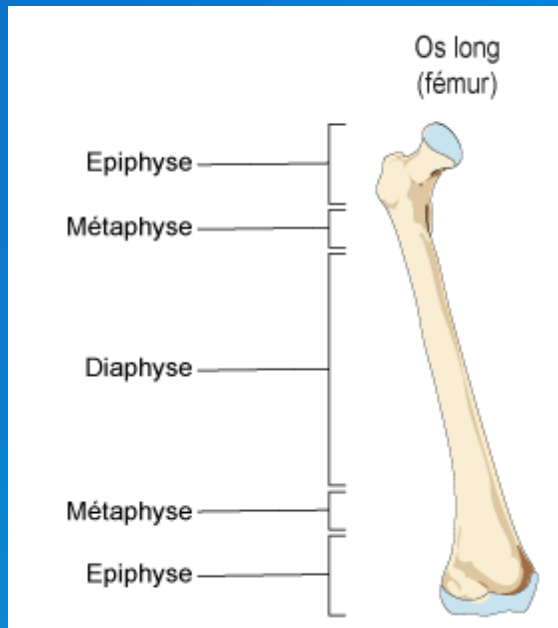


+



○

●



Anatomie générale des os

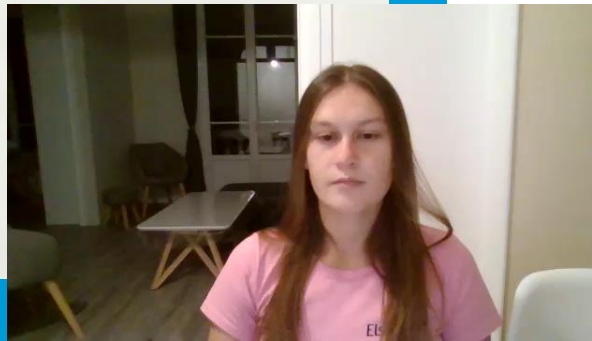
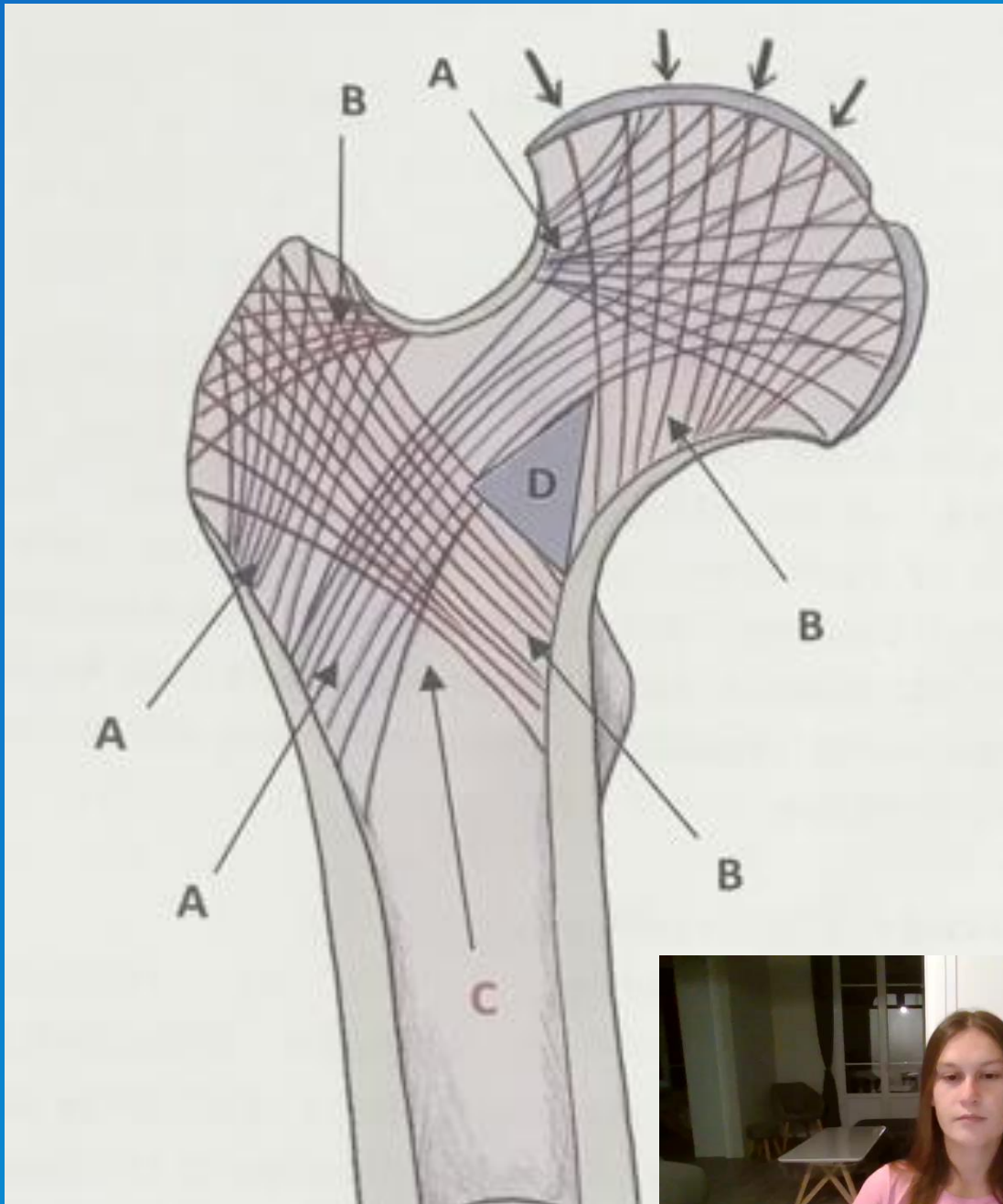


- **Classification des os selon leur taille :**
 - **Os longs** : une dimension beaucoup plus grande que les deux autres.
 - 3 zones : **épiphyse, métaphyse, diaphyse**
 - *Ex : fémur, métacarpiens, métatarsiens...*
 - **Os courts** : toutes les dimensions sont similaires
 - *Ex : talus, tarse, carpe, vertèbres...*
 - **Os plats** : épaisseur de très faible dimension
 - *Ex : scapula, os coxal*

Structure des OS

- Structure macroscopique des os : exemple du fémur en vue ant

- Os recouverts de périoste partout **SAUF AUX ENDROITS AVEC CARTILAGE ARTICULAIRE**
- Sous le périoste : os cortical, ostéons torsadés, **structure fibrillo-lamellaire** → dureté
- Aux extrémités : tissu spongieux, lamelles osseuses → structure ogivale, cintre brisé
- **En dehors : arche de traction**
- **En dedans éventail de sustentation**
- Entre les deux : **triangle de faiblesse** → fractures



Structure des os

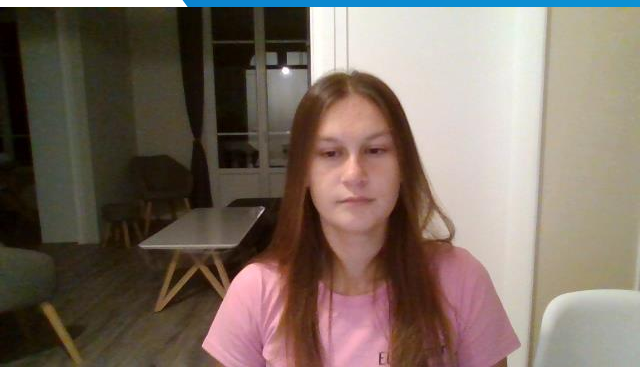
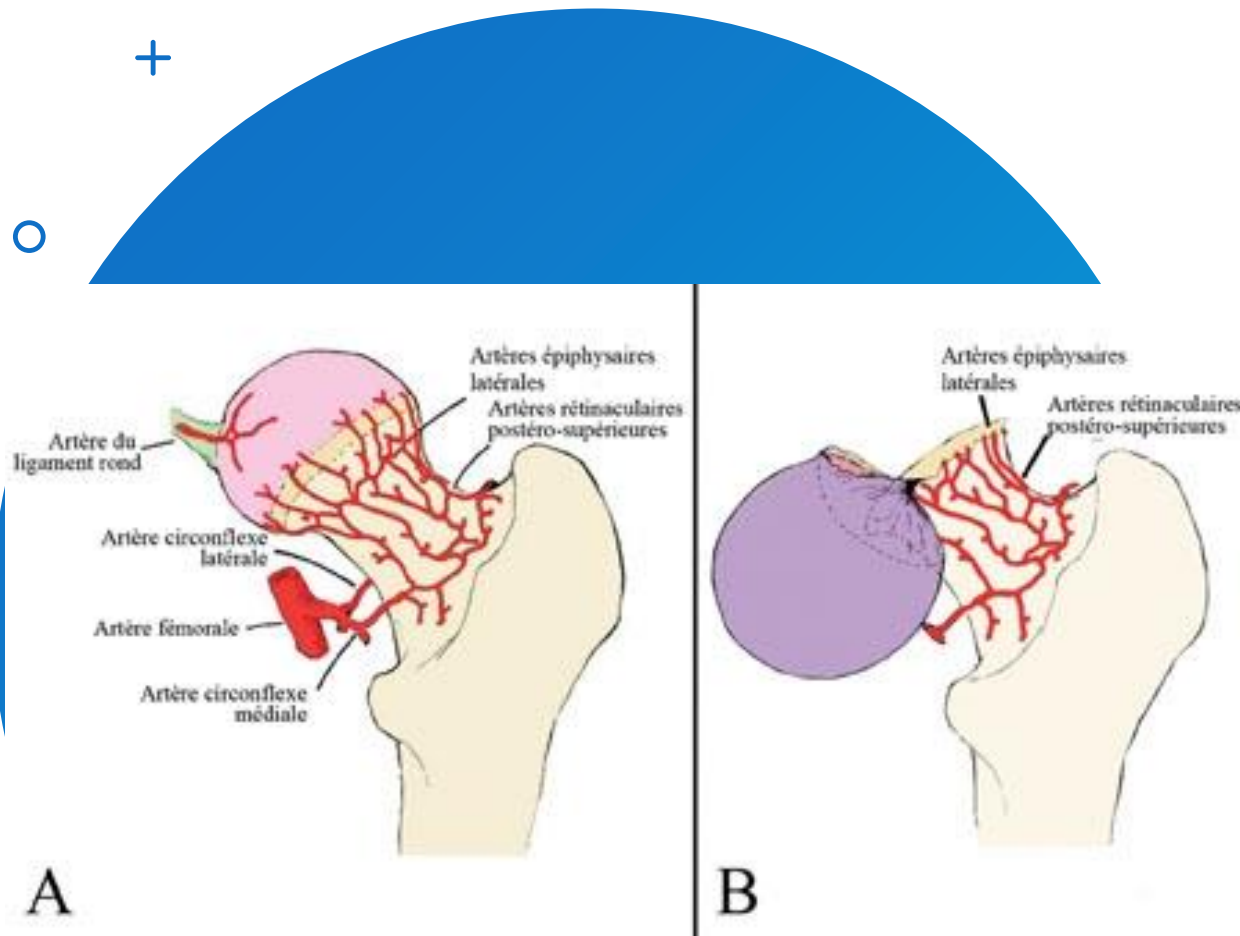


- **Structure macroscopique des os** : *exemple du fémur en vue ant*
 - Maillage de microfibrilles de collagène inversées d'une lamelle à l'autre → résistance de l'os
 - Énorme résistance à la compression, mais mauvaise résistance à la torsion
 - Perpétuelle destruction et reconstruction
 - Diaphyse = cavité médullaire tapissée d'endoste, avec moelle jaune grasse à l'intérieur
 - Épiphyses et métaphyse = moelle rouge hématopoïétique
 - Os creux → pas de contraintes au centre de la poutre
 - Contraintes positives dans la concavité
 - Contraintes négatives dans la convexité
 - Loi de Wolf : « Le tissu spongieux va s'orienter selon les lignes de force »

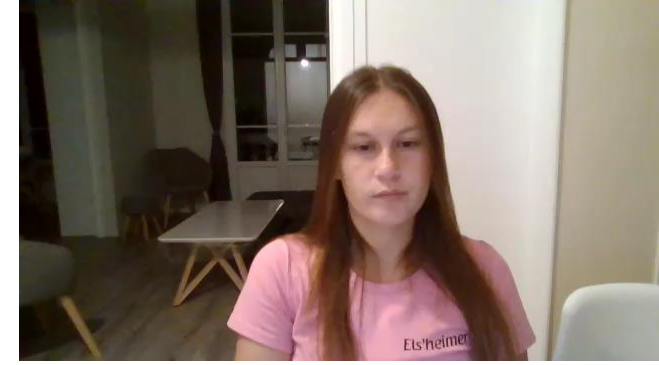
Structure des OS

- Vascularisation des os : exemple du fémur en vue ant (mais description valable pour tous les os)

- **Diaphyse** : artères périostées vascularisant le tiers externe + artères propres + artères endostées vascularisant les 2/3 internes de la diaphyse
- **Métaphyse** : extrêmement bien vascularisée par des artères provenant des muscles de voisinage
- **Épiphyse** : très mal vascularisée, artère fémorale → fémorale profonde et fémorale superficielle. Fémorale profonde → artères circonflexes → pédicules vasculaires. + artère du ligament rond



Propriétés mécaniques de os



Os élastique : reprend sa forme après avoir subi une contrainte

Si contrainte trop importante → **fracture** :

- Fracture fragile
- **Incomplète** : motte de beurre ou en bois verre
- **Tassement**
- **Fatigue**
- **Pathologique**

L'os est plus résistant in vivo qu'in vitro :

- **Théorie de Rabischong et Avril** : os = poutre composite
- **Théorie des haubans de Powels** : os = grue

Os courts :

- Os = bidon d'huile, besoin de **corticale + tissu spongieux** (= bidon + huile)

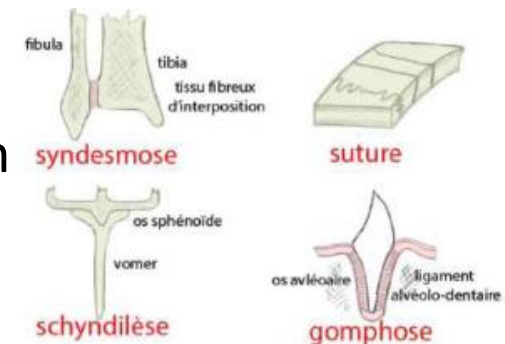
Anatomie générale des articulations



Articulation = élément d'union des os.

3 types d'articulation : **fibreuse**, **cartilagineuse** et **synoviale**

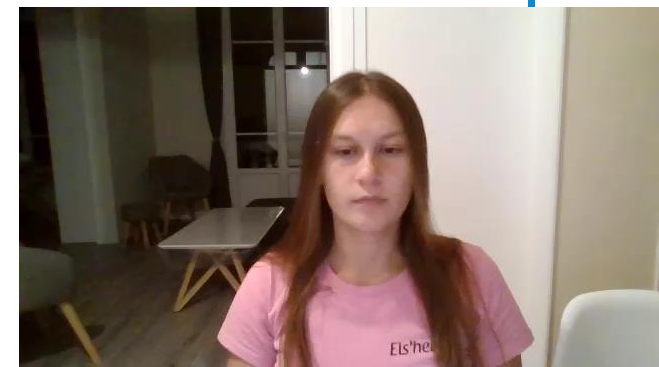
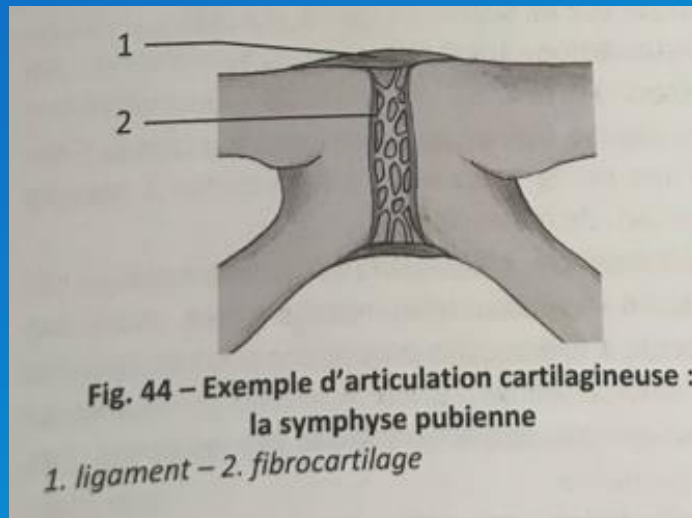
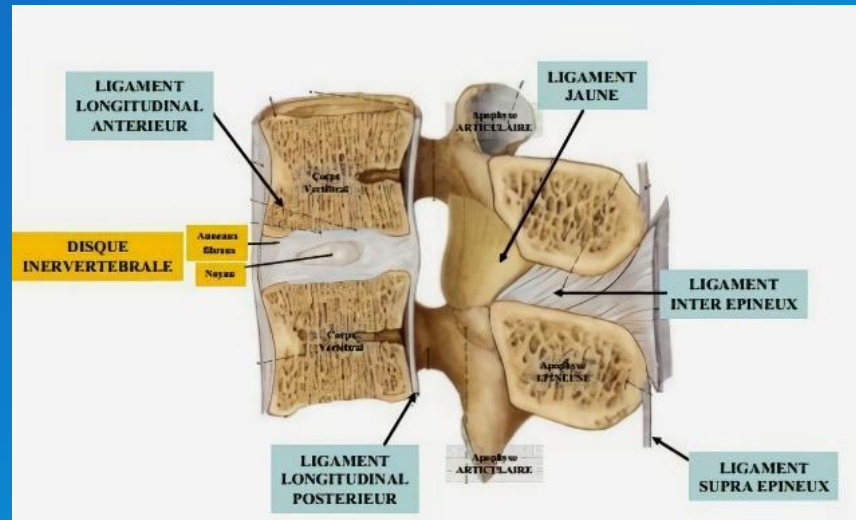
- Articulation fibreuse :
 - Cavit  articulaire, ligament intra-articulaire d'interposition
 - **Syndesmose** : extrémités inf tibiale et fibulaire, pas d'encroûtement cartilagineux des SA
 - **Sutures** : dentelées, planes, squameuses
 - **Schindyl se** : rail plein dans rail creux. Ex : articulation sph n
 - **Gomphose** : articulation entre les deux mâchoires

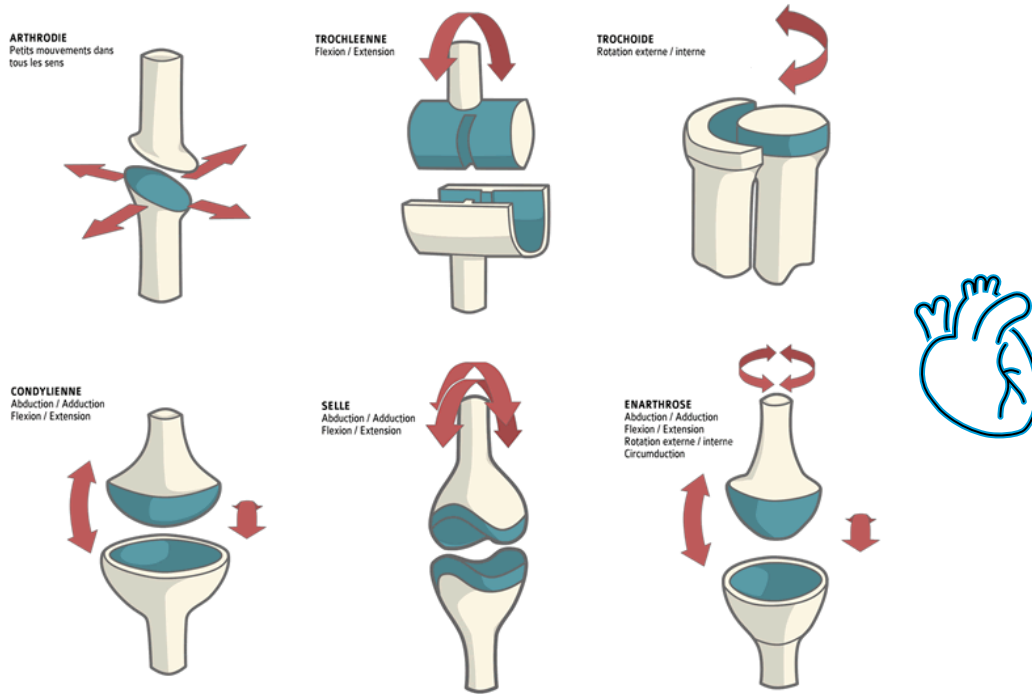


Anatomie générale des articulations

- Articulation cartilagineuse :

- Cavité articulaire, fibrocartilage d'interposition, SA encroutées de cartilage, ligaments, capsule
- *Ex : symphyse pubienne, inter-corporéale des vertèbres*





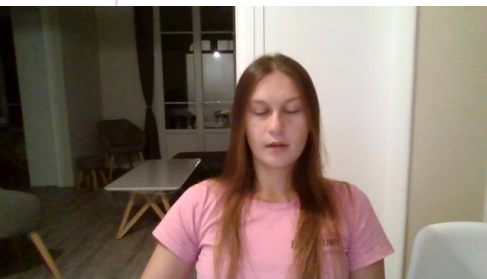
Nom de l'articulation	Nombre de DDL	Exemple
Enarthrose (sphéroïde)	3	Hanche
Condyléenne (ellipsoïde)	2	poignet
Trochoïde (cylindroïde)	1	Coude
Trochlée (poulie)	1	Coude
En selle (torroïde)	2	Pouce
Plane (arthrodie)	Infini, mais très faible amplitude	côtes/vertèbres

Tableau +++++

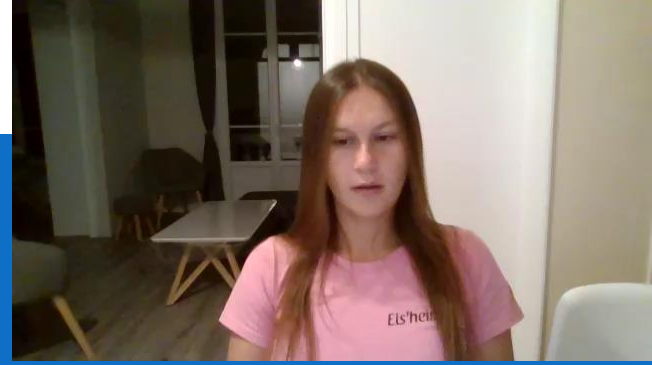
Anatomie générale des articulations

• Articulation synoviale :

- Généralement **mobile**
- Cavité virtuelle, pas d'espace libre, cartilage hyalin, fibrocartilage, capsule, membrane synoviale, ligaments intracapsulaires ou à distance, tissu synovial graisseux



Anatomie générale des articulations



Vascularisation :

- **Epiphyses mal vascularisées** par artères de voisinage
- **Capsule et membrane assez bien vascularisées** par artères de voisinage
- **Ménisques pas vascularisés SAUF** dans leur partie périphérique

Innervation :

- **Cartilage articulaire : innervation sensitive extrêmement modérée** par nerfs de voisinage
- **Capsule et ligaments : innervation proprioceptive** grâce à des récepteurs de tension

Anatomie générale des articulations

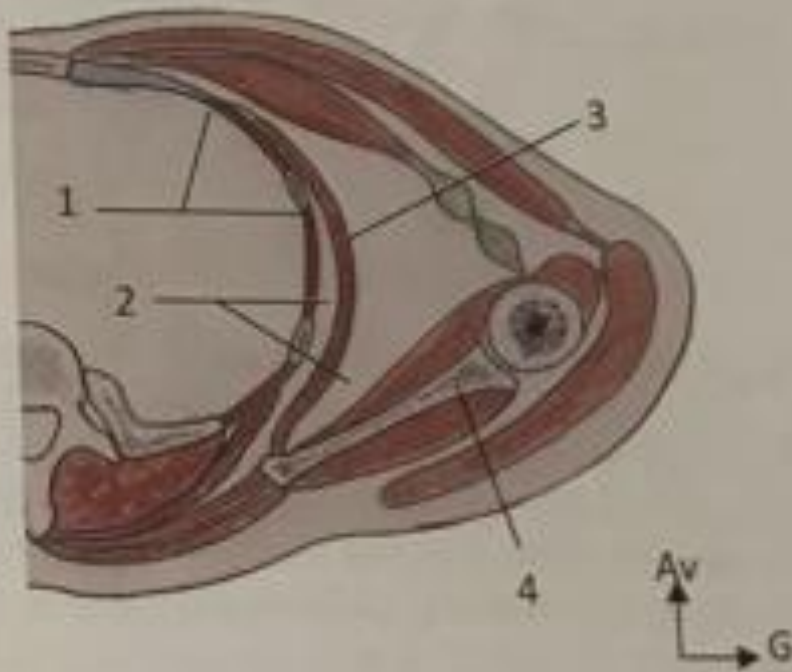
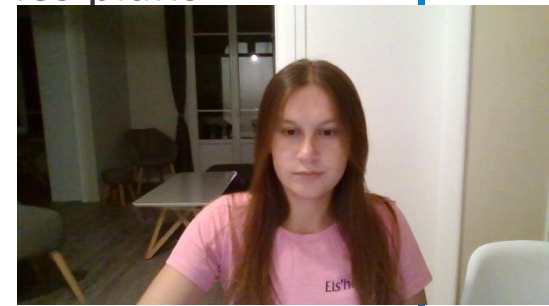


Fig. 48 – La syssarcose (coupe horizontale)
1 – cage thoracique – 2. espaces de glissements – 3. muscle dentelé antérieur – 4. scapula

- La syssarcose :

- Entre os en mouvement et structures plus ou moins fixes
- Articulation scapulo-thoracique
- 2 espaces de glissement : entre serratus ant et scapula et entre serratus ant et cage thoracique

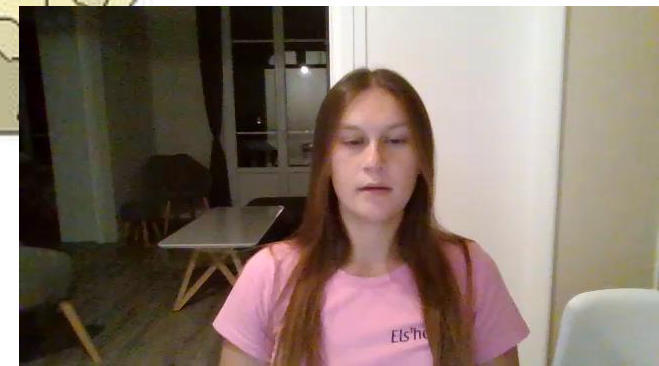
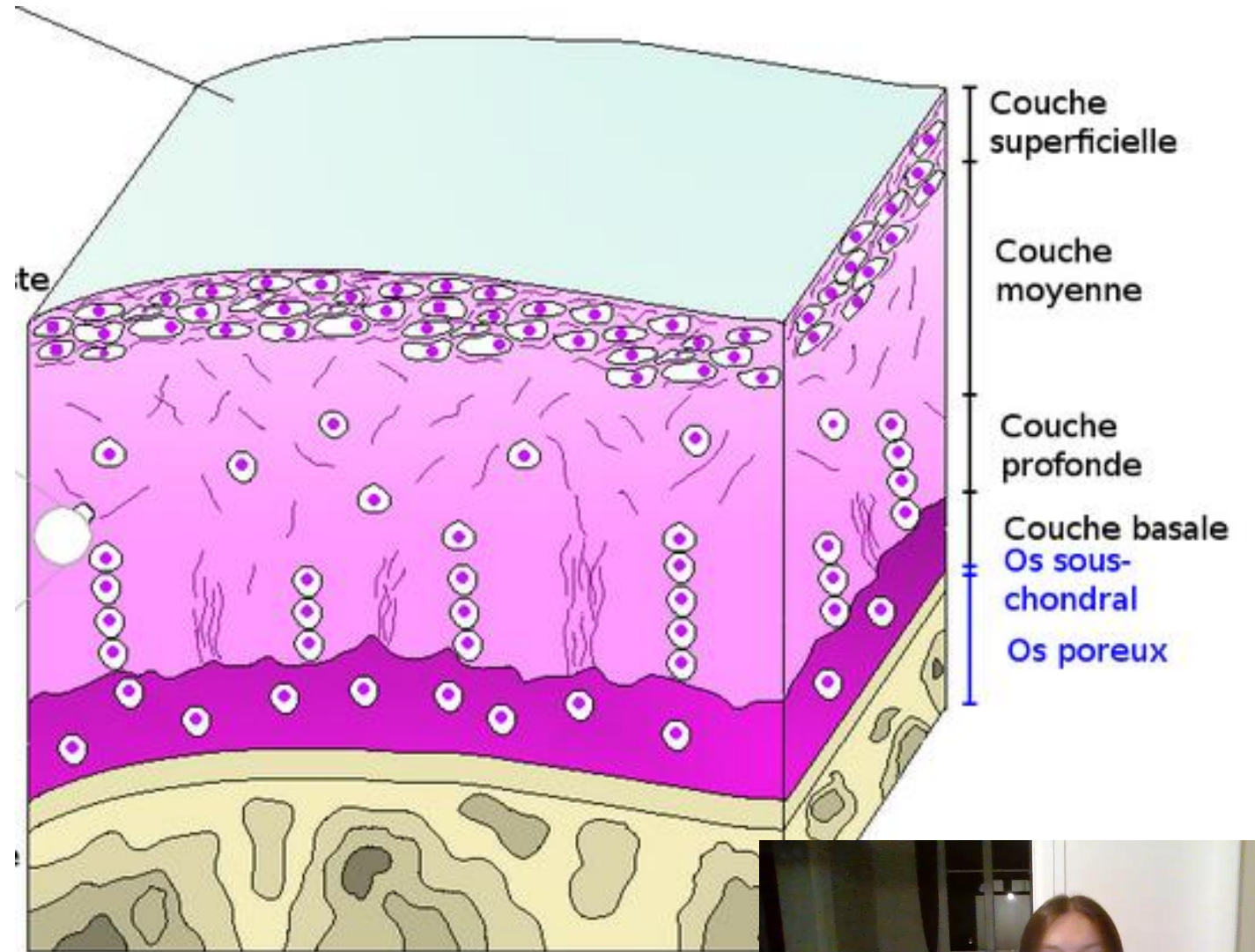
→ Scapula animée de mouvements très importants dans tous les plans

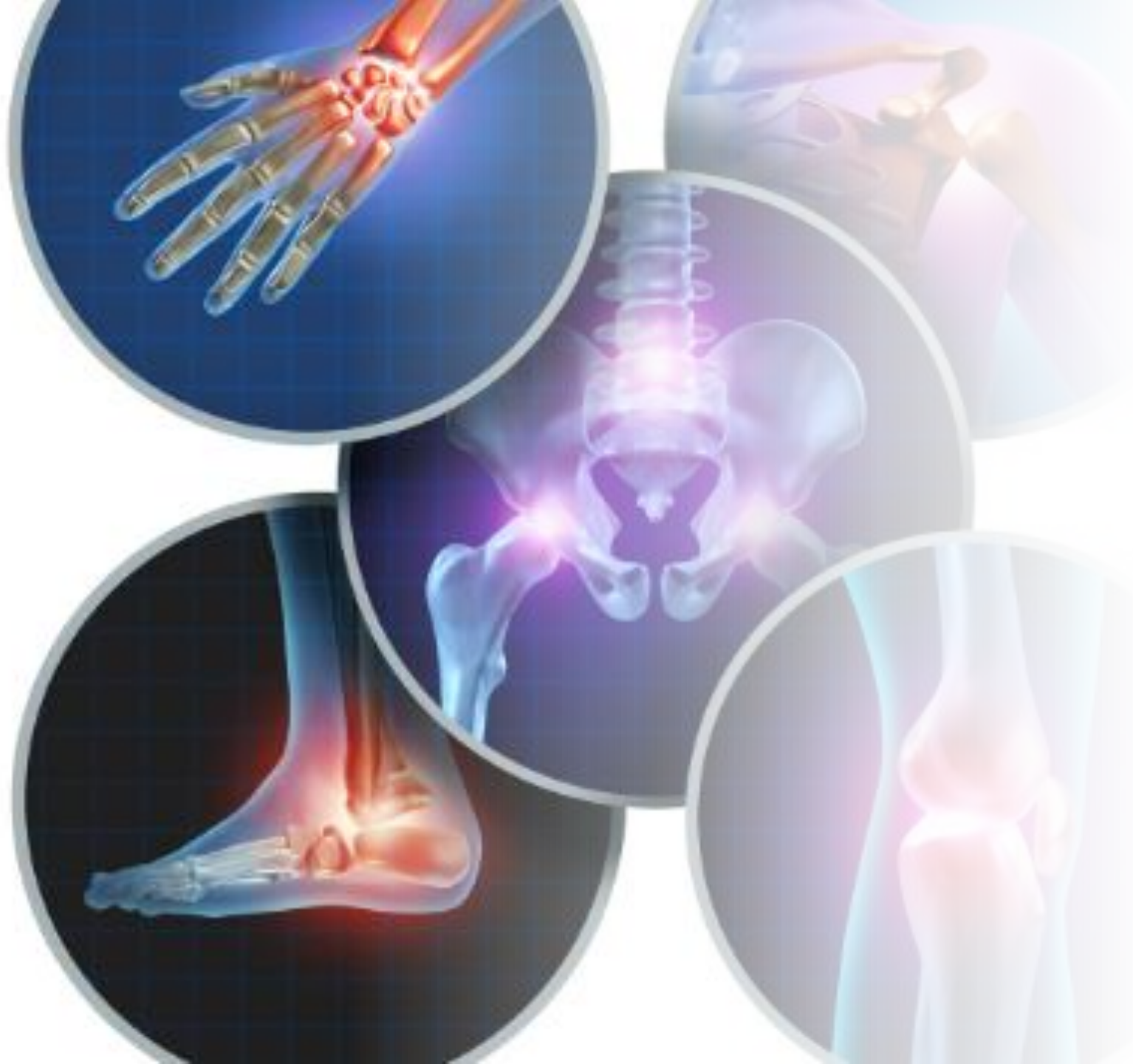


Biomécanique

- Description du cartilage hyalin :

- 3 zones : **basale**, **profonde**, **superficielle**
- Surface bleue nacré, en tôle ondulée
- **Pas de vaisseaux** dans le cartilage articulaire
- Nourri comme une éponge

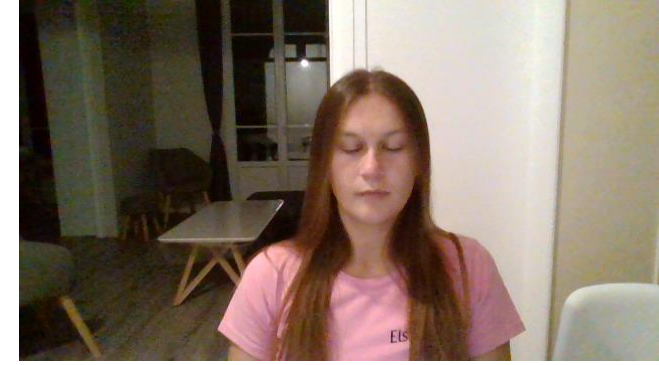




Biomécanique

- Usure :

- Le cartilage est **élastique** → se déforme et reprend sa forme initiale
- Si contraintes excessives :
 - Usure par **fibrillation**
 - Sommet de la zone profonde visible = **forme en chair de crabe**

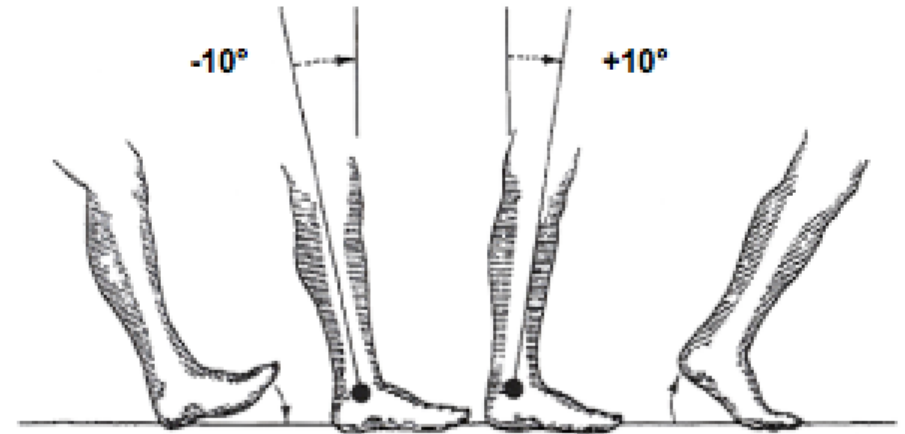


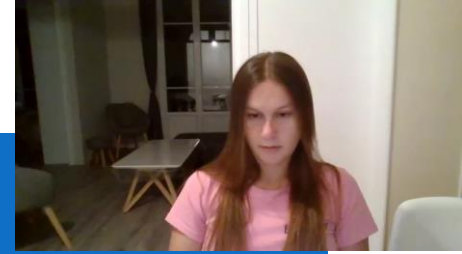
Biomécanique

- Lubrification :
 - **Acide hyaluronique** : permet **d'éviter l'usure** du cartilage
 - Vitesse élevée et pression faible : **lubrification hydro-dynamique à flux laminaire**
 - Vitesse élevée et pression augmentée : **lubrification limite**
 - Vitesse et pression considérable : **lubrification par gélification**
 - **Usure par fibrillation** seulement dans conditions extrêmes

Biomécanique

- Amortissement et propulsion articulaire :
- 3 phases de la marche :
 - **Amortissement** : talon
 - **Support** : plante du pied
 - **Propulsion** : avant du pied





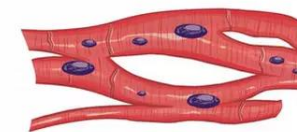
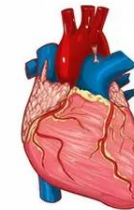
Anatomie générale des muscles et classification

- **Muscles** = organes charnus et contractiles qui convertissent l'énergie chimique en mouvement.
- Classification selon leur fonction : +++
 - **Striés rouges squelettiques** : contraction rapide volontaire
 - **Myocarde** : contraction rapide involontaire
 - **Lisses** : contraction lente involontaire

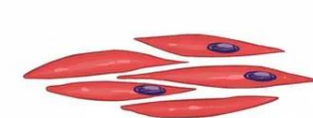
Types de muscles



Muscle squelettique

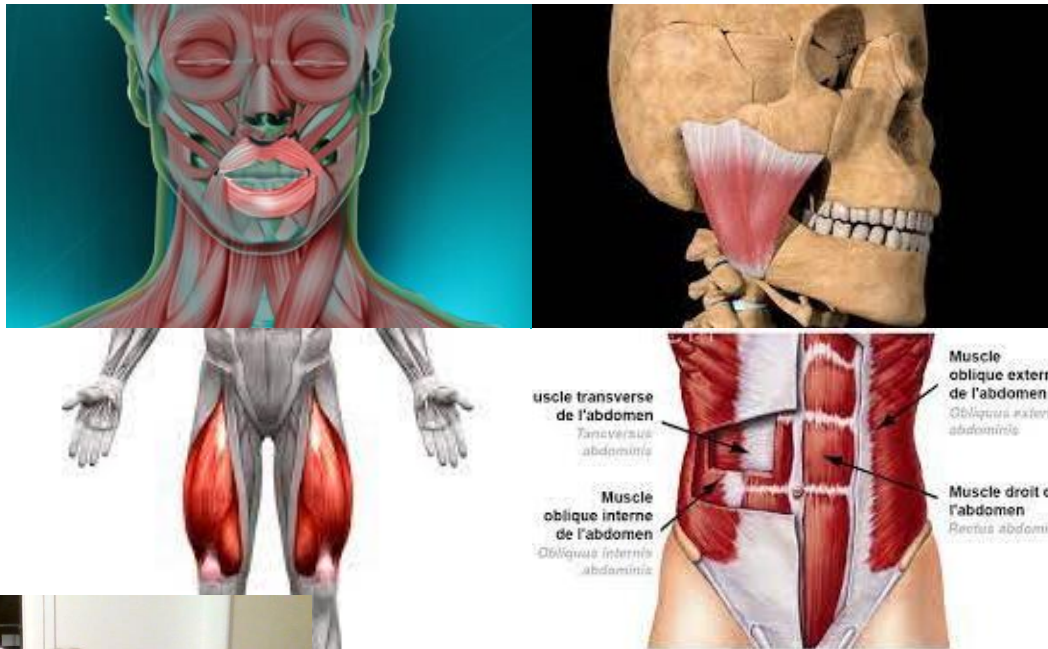


Muscle cardiaque



Muscle lisse

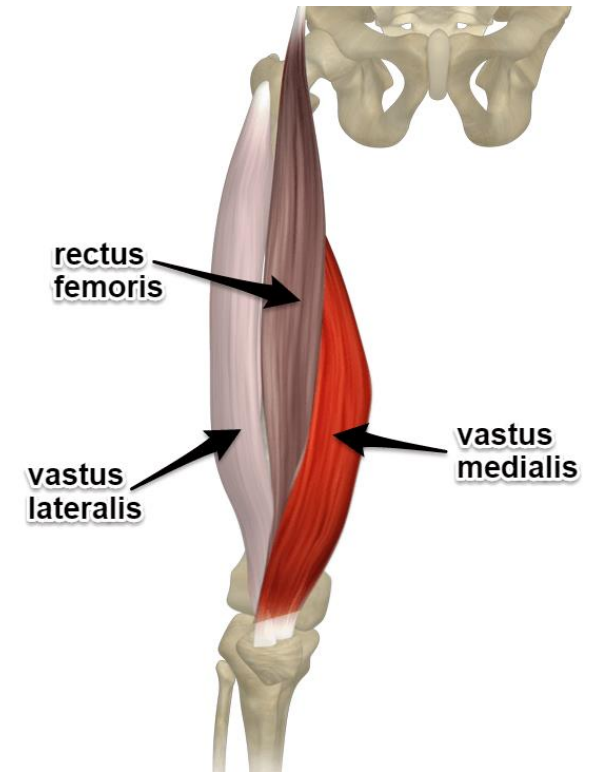
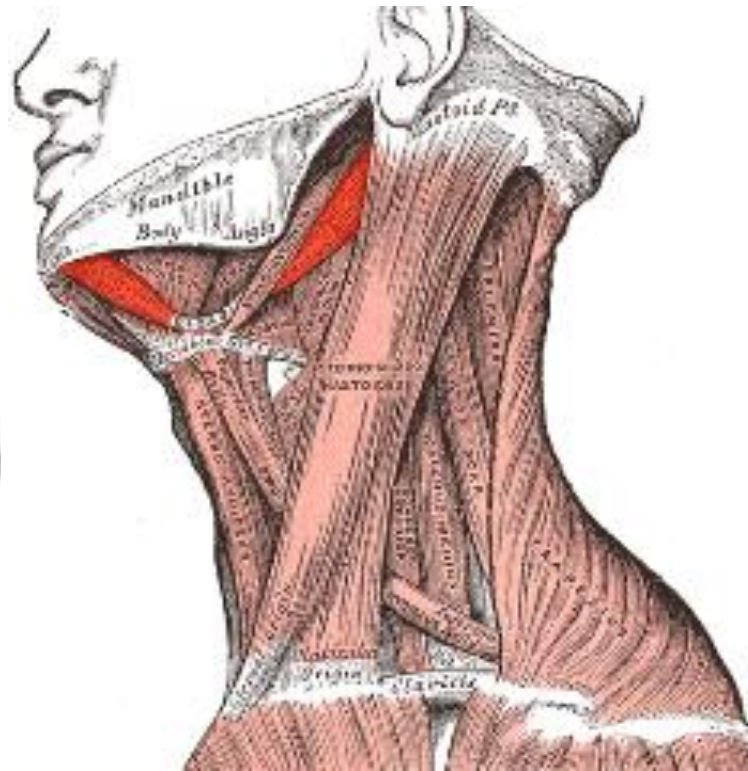
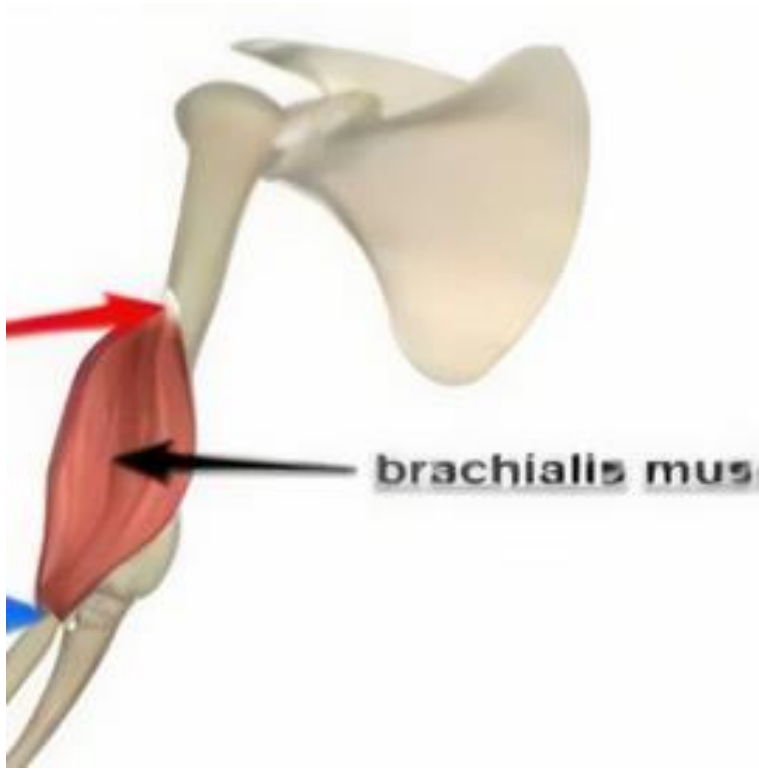
Anatomie générale des muscles et classification



Classification selon la forme :

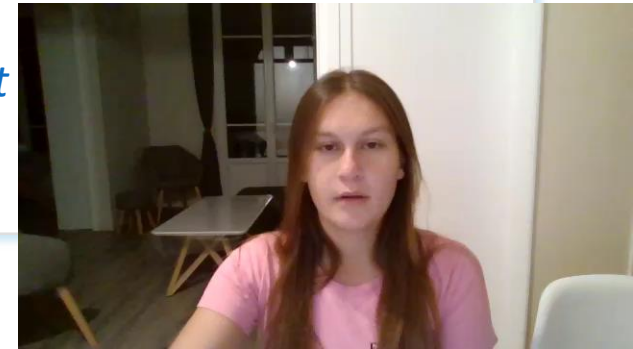
Forme	Fonction/description	Exemple
Orbiculaire	Forme circulaire Sphincter : anneau perforé en son centre	Orbiculaire des lèvres Sphincter strié de l'anus Sphincter strié de l'urètre
Court	Petite taille	Masséter (relie le processus zygomatique à la mandibule)
Long	Longueur >>> autres dimensions	Quadriceps (4 chefs) Grand droit (abdominaux)
Plat	Épaisseur très faible	Muscles plats de la paroi abdominale

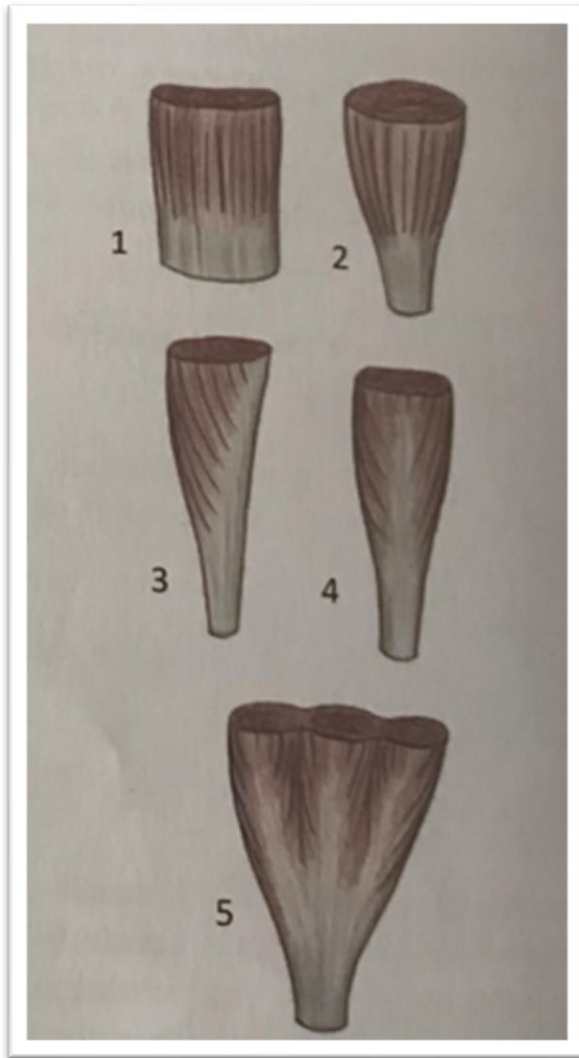




Anatomie générale des muscles et classification

- Classification selon le nombre de ventres :
 - **Monogastrique** : un ventre, *ex : muscle brachial*
 - **Plurigastrique** : plusieurs ventres
 - En série, *ex : digastrique, grand droit*
 - En parallèle, *ex : quadriceps*





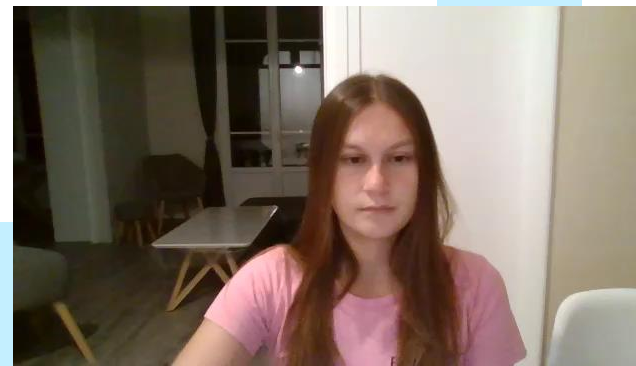
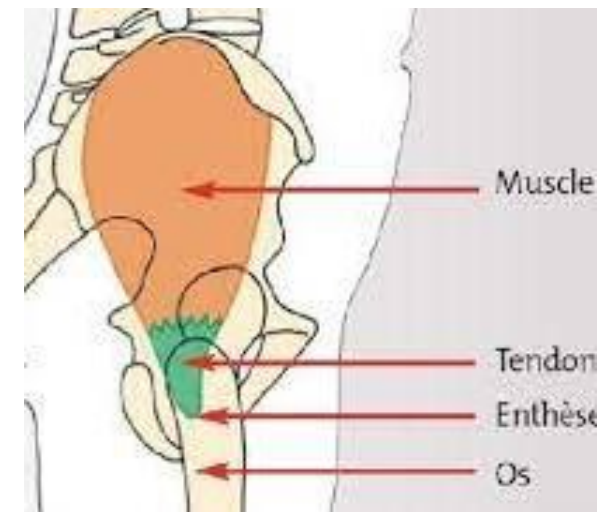
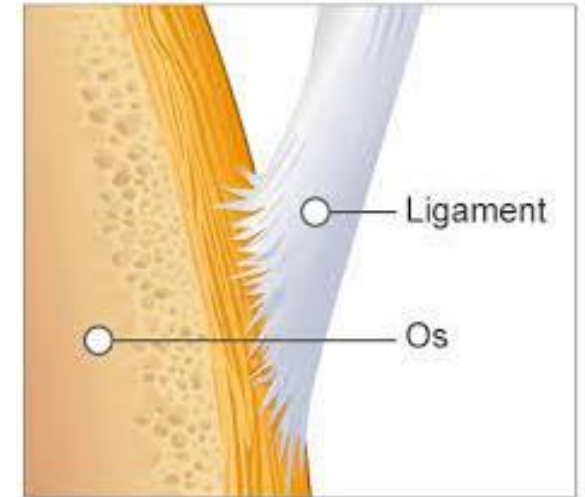
Anatomie générale des muscles et classification

- Classification selon la terminaison des muscles :
 - Les muscles se terminent généralement par des **tendons** mais parfois sur la **peau** ou une **aponévrose**.
 - Plusieurs sortes de **tendons** : **direct**, **réfléchi**, **récurrent**
 - Plusieurs **terminaison** (jonction muscle-tendon) : **bout à bout**, **fusiforme**, **unipennée**, **bipennée**, **multipennée**
 - 1. *Bout à bout*, 2. *Fusiforme*, 3. *Unipenné*, 4. *Bipenné*, 5. *Multipenné*




Anatomie générale des muscles et classification

- **Insertions tendineuses :**
 - **Enthèse** = insertion tendineuse ligamentaire capsulaire sur l'os
 - **Enthèse musculaire** = insertion tendineuse sur le muscle
 - Généralement fibrocartilagineuse



Anatomie générale des muscles et classification

Innervation motrice :

- **Motoneurone alpha** (corne ant) → racine ant → nerf spinal → fibre musculaire
- **Unité motrice** = fibre nerveuse issue du motoneurone alpha + fibres musculaires innervées par ce motoneurone
-  **La finesse du mouvement est inversement proportionnelle au nombre de fibres musculaires par neurone. +++++**
- Nerf rejoint muscle au niveau de la **plaque motrice**
- → Innervation radiculaire
- → Innervation tronculaire

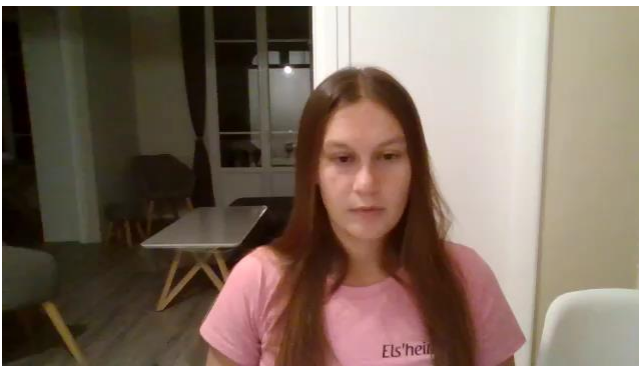
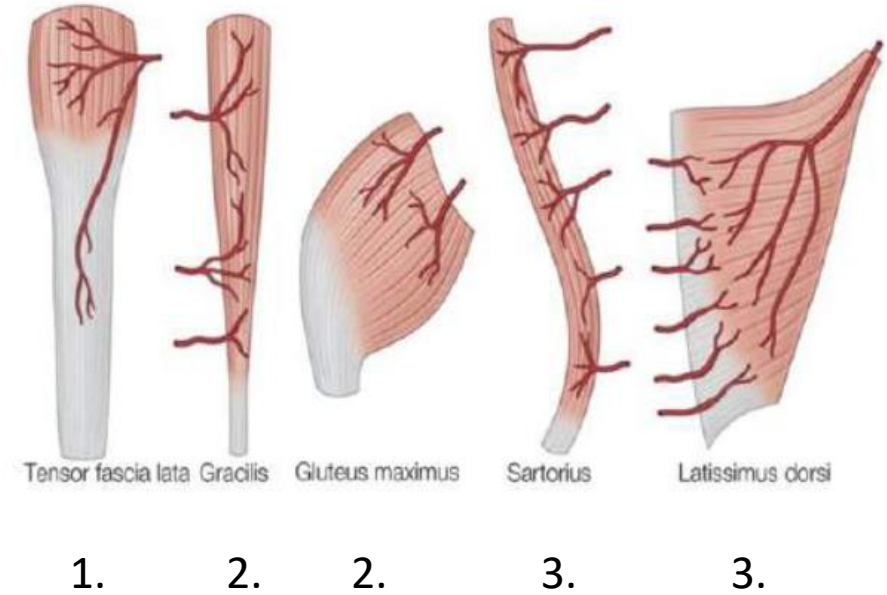
Innervation végétative : vaisseaux

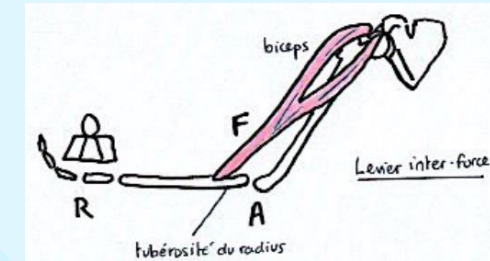
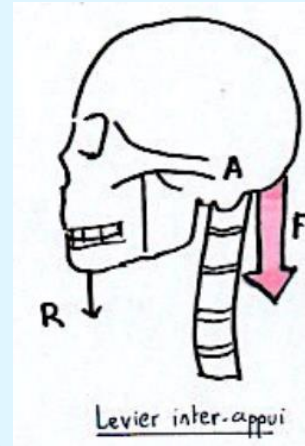
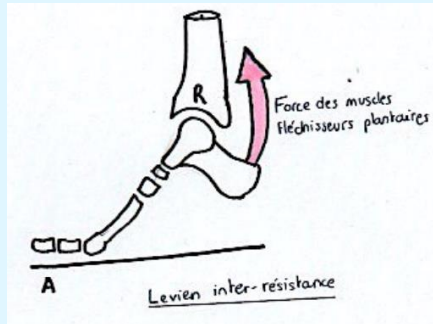


Anatomie générale des muscles et classification

- **Vascularisation :**

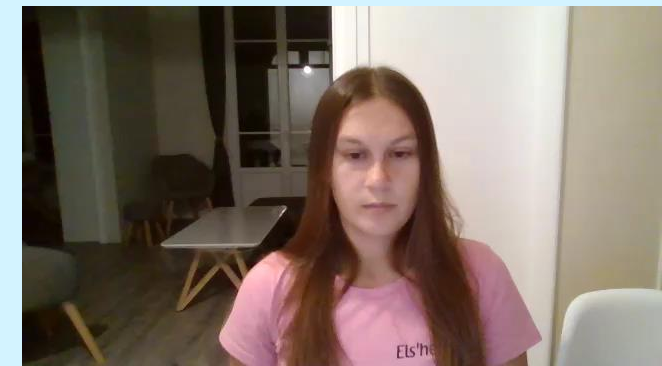
- Veines 2 à 3 fois plus grosses que les artères
- Plusieurs types d'apports vasculaires :
 - Muscles polarisés : **un seul pédicule** (1)
 - **Plusieurs pédicules** (2)
 - Vascularisation **en échelle** (3)

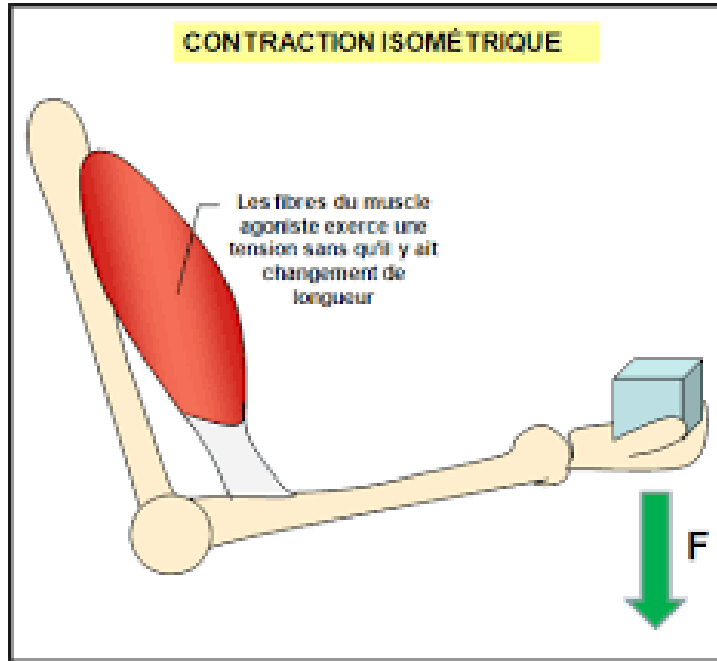
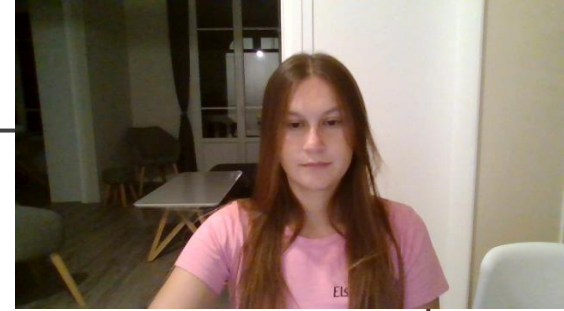




Anatomie générale des muscles et classification

- Leviers ostéo-musculaires :
 - Inter-appui
 - Inter-résistant
 - Inter-force



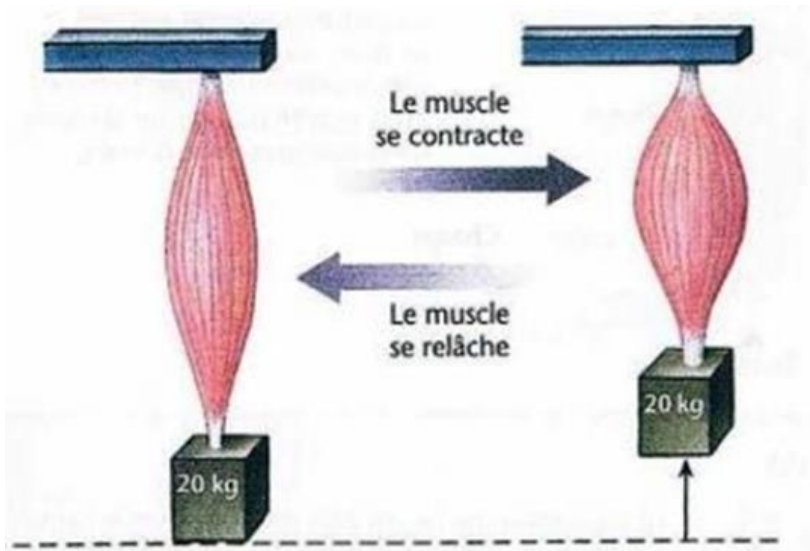


Anatomie générale des muscles et classification

- Contraction musculaire :
 - **Raccourcissement** d'un muscle **proportionnel** à sa **longueur**, \approx moitié de sa longueur
 - 2 types de contraction :
 - **Isométrique** : pas de raccourcissement, pas de mouvement
 - **Isotonique** : avec raccourcissement, avec mouvement



- **La précision est inversement proportionnelle au nombre de fibres musculaires innervées par un neurone. ++++**
- **Plus il y a de neurones pour un nombre de fibres musculaire, plus la précision est importante ++++**



Anatomie générale des muscles et classification

0	Pas de contraction
1	Contraction perceptible sans mouvement
2	Mouvement en apesanteur
3	Mouvement contre pesanteur
4	Mouvement contre résistance
5	Force normale

- **Testing musculaire +++**
 - Définit les différents niveaux de contraction



Anatomie générale des muscles et classification



Fonctions musculaires

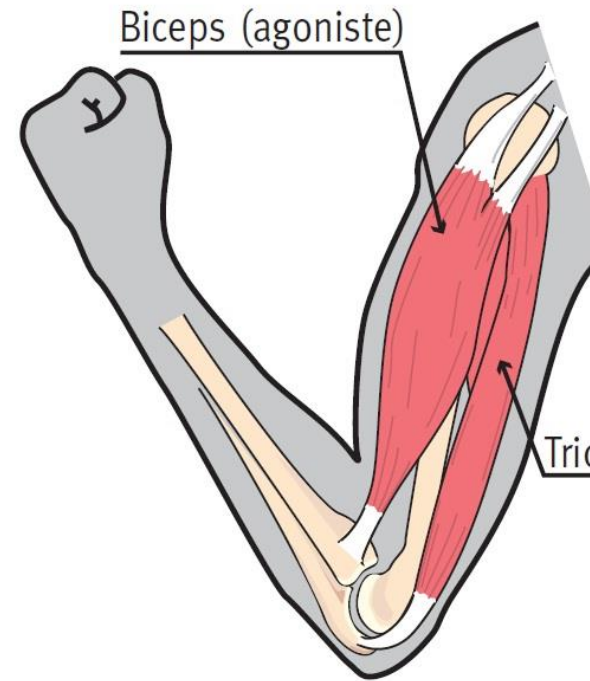
Agoniste = muscle favorise le mouvement

Antagoniste = muscle opposé au mouvement

Fléchisseur, rotateur, extenseur, abducteur, adducteur

Mono-articulaire = le trajet du muscle shunt qu'une seule articulation

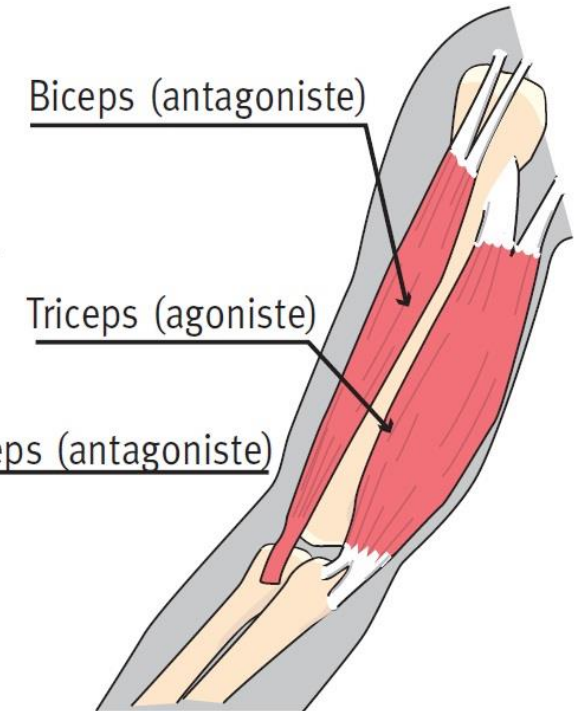
Poly-articulaire = le trajet du muscle shunt plusieurs articulations musculaire



Flexion de l'avant-bras sur le bras

Biceps contracté (agoniste)

Triceps relâché (antagoniste)



Extension de l'avant-bras

Biceps relâché (antagoniste)

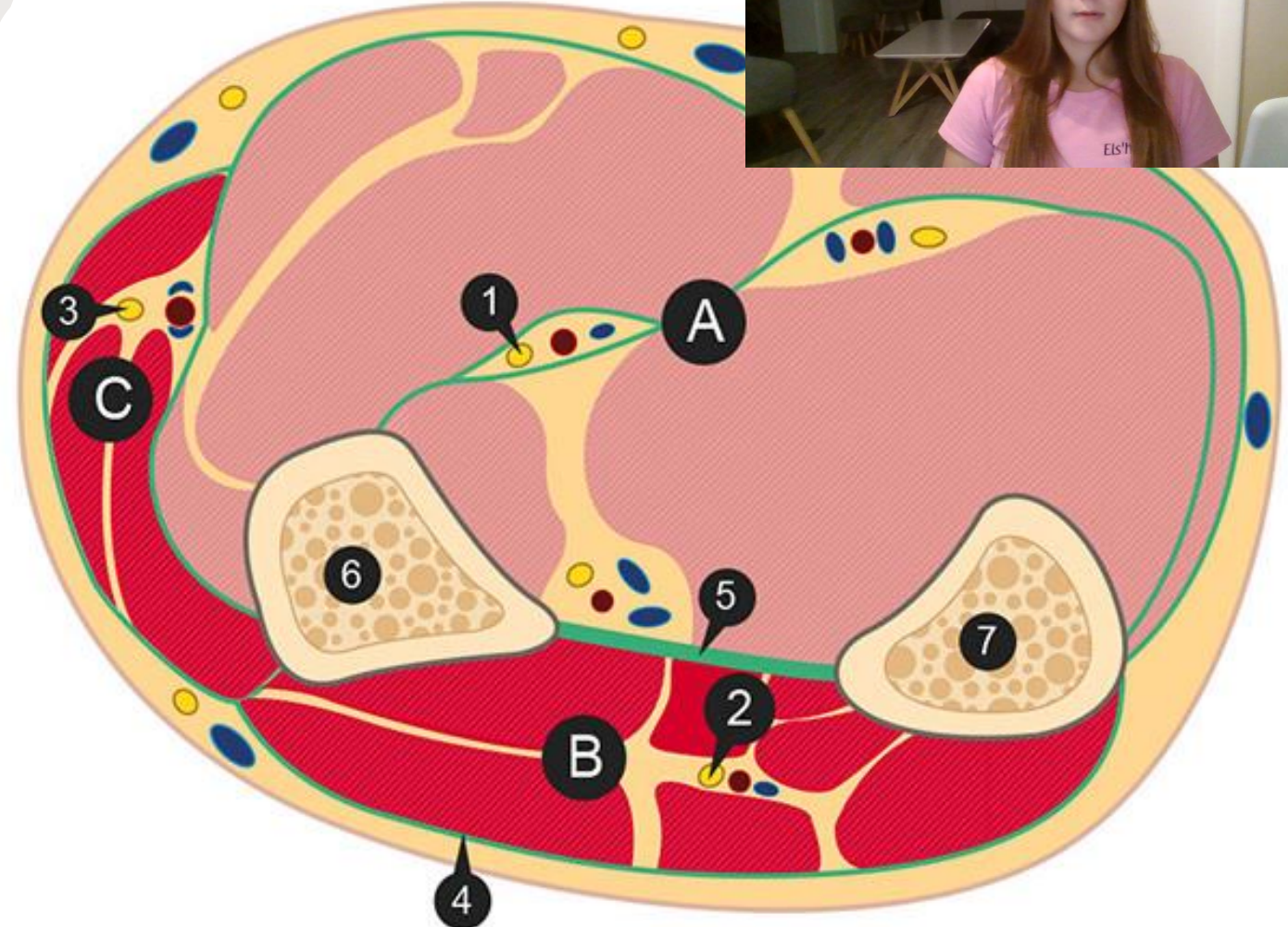
Triceps contracté (agoniste)

Anatomie générale des muscles et classification

- **Loges, fascias, septa :**

Coupe d'un membre

- **Fascia musculaire** → délimite des **loges**, peu extensibles → syndrome des loges
- **Membrane interosseuse**
- **Septa**
- + 2 veines par artère



1. 2. 3. *nerf*, 4. *septum*, 5. *membrane interosseuse*, 6. *ven*
7. *os*
A. B. C. *loges*
med

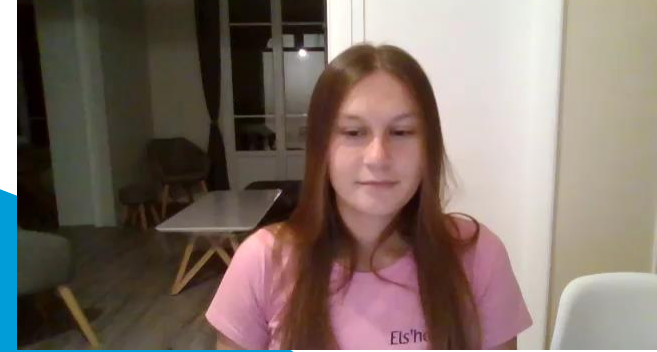
Anatomie générale des muscles et classification



Bourses séreuses = synoviales → glissement de la peau en regard des articulations synoviales

Gaines séreuses = double membrane de tissu synovial + replis préputiaux → glissement du tendon

Gaines fibreuses = poulie fibreuses → empêchent l'éloignement du tendon du plan osseux lors de la contraction



Anatole et son ami Anatominion vous envoient de la force pour cette année !

(EN)FIN

Les schémas des diapositives 4, 6, 11, 19, 22 et 30 sont tirés du *Manuel d'Anatomie générale* du Pr DE PERRETI