



CAHIER GALIEN

UE10

Anatomie générale

Chapitre 1

NOTIONS GÉNÉRALES, OS, ARTICULATIONS, MUSCLES, FASCIAS

Ce cahier a été conçu sur la base du cours du professeur Vital.

Table des matières

INTRODUCTION À L'ANATOMIE GÉNÉRALE	6
I. ORGANISATION GÉNÉRALE DU CORPS HUMAIN	7
II. GÉNÉRALITÉS SUR L'ANATOMIE	7
A. MÉTHODES D'ÉTUDE ANATOMIQUE	7
1. Observation directe	7
2. Observation indirecte (imagerie).....	8
B. DIFFÉRENTES ORIENTATIONS	8
1. Anatomie macroscopique.....	8
2. Anatomie du développement.....	8
III. TERMINOLOGIE ANATOMIQUE	9
A. NOMENCLATURE ANATOMIQUE	9
B. POSITION ANATOMIQUE DE RÉFÉRENCE	9
C. AXES ANATOMIQUES DE RÉFÉRENCE	9
D. PLANS ANATOMIQUES DE RÉFÉRENCE	10
E. TERMES DE LOCALISATION PAR RAPPORT AUX PLANS FONDAMENTAUX.....	11
1. Plan sagittal médian et plans parasagittaux.....	11
2. Plan frontal ou coronal	11
3. Plan horizontal ou axial transverse.....	11
4. Autres termes	12
F. ORIENTATION : EXEMPLE DE LA CLAVICULE	12
G. AUTRES EXEMPLES	12
IV. COULEURS CONVENTIONNELLES.....	13
V. VARIATIONS ANATOMIQUES.....	13
A. EXEMPLE DU « M VEINEUX »	13
B. EXEMPLE DU POLYGONE DE WILLIS	14
VI. LES DIFFÉRENTES PORTIONS DE L'ORGANISME	14
ANATOMIE GÉNÉRALE DE L'APPAREIL LOCOMOTEUR : LE SYSTÈME SQUELETTIQUE.....	16
I. CONSTITUTION DU SQUELETTE	17
II. ANATOMIE MACROSCOPIQUE DES OS	17
A. CLASSIFICATION SELON LA FORME	17
1. Les os longs	17
2. Les os courts	18
3. Les os plats.....	18
4. Os intermédiaires	18
B. CLASSIFICATION SELON LA SURFACE.....	18
1. Cavités osseuses articulaires	19
2. Cavités osseuses non articulaires	19
3. Saillies osseuses articulaires	19
4. Saillies osseuses non articulaires.....	20
5. Autres surfaces	21
III. ARCHITECTURE DE L'OS ADULTE	21
A. ARCHITECTURE ULTRA-MICROSCOPIQUE	21
B. ARCHITECTURE MACROSCOPIQUE	22
1. Le périoste	23
2. L'os spongieux ou os Haversien ouvert	23
3. L'os compact ou os Haversien fermé : ostéons	24

IV. VAISSEAUX ET NERFS DES OS	25
V. DÉVELOPPEMENT DES OS.....	26
A. TISSU OSSEUX PRIMITIF.....	26
B. OSSIFICATION MEMBRANEUSE OU ENDOCHONDRALE	26
C. CROISSANCE.....	26
D. SURVEILLANCE DE LA CROISSANCE	27
E. RÔLE DES CONTRAINTES DANS LA CROISSANCE OSSEUSE.....	27
VI. RÔLE MÉCANIQUE DU TISSU OSSEUX	27
VII. APPLICATIONS MÉDICALES.....	28
ANATOMIE GÉNÉRALE DE L'APPAREIL LOCOMOTEUR : LES ARTICULATIONS	29
I. DÉFINITIONS	30
II. CLASSIFICATION SELON LA MOBILITÉ.....	30
A. ARTICULATIONS FIBREUSES OU SYNARTHROSE : NON MOBILES.....	30
B. ARTICULATIONS CARTILAGINEUSES : SEMI-MOBILES	31
C. ARTICULATIONS SYNOVIALES OU DIARTHROSES	31
1. Les ligaments	31
2. Vascularisation et innervation.....	32
3. Fibrocartilages	32
4. Classification des articulations synoviales selon la forme.....	33
III. SYSSARCOSE OU PSEUDO-ARTICULATION.....	34
IV. BIOMÉCANIQUE : MOBILITÉ.....	34
A. CINÉSIOLOGIE	34
B. LUBRIFICATION	35
C. AMORTISSEMENT DES CONTRAINTES PAR LE CARTILAGE	36
1. Amortissement hydraulique	36
2. Arthrose.....	37
V. EXPLORATIONS	37
A. CLINIQUES	37
B. IMAGERIES.....	37
ANATOMIE GÉNÉRALE DE L'APPAREIL LOCOMOTEUR : MUSCLES, FASCIAS	38
I. MYOLOGIE	39
II. 3 TYPES HISTOLOGIQUES DE MUSCLES	39
A. MUSCLES LISSES INVOLONTAIRES À CONTRACTION LENTE	39
B. MUSCLES STRIÉS INVOLONTAIRES À CONTRACTION RAPIDE.....	39
C. MUSCLE STRIÉS VOLONTAIRES SQUELETTIQUES À CONTRACTION RAPIDE.....	39
III. MUSCLE STRIÉ VOLONTAIRE.....	39
A. EMBRYOLOGIE.....	39
B. ANATOMIE MACROSCOPIQUE.....	40
C. MODE D'INSERTION.....	40
D. ULTRASCTURE.....	40
E. HISTOLOGIE.....	41
F. VASCULARISATION.....	41
G. INNERVATION.....	41
1. Motrice	41
2. Sensitive et végétative.....	41
3. Unité motrice.....	42
IV. BIOMÉCANIQUE DU MUSCLE STRIÉ	42
A. TYPES DE CONTRACTION	42
1. Contraction isométrique.....	42
2. Contraction isotonique	43

3. Contraction isocinétique.....	43
B. BILAN DE FORCE MUSCULAIRE.....	43
C. RELATION TENSION - LONGUEUR.....	43
D. CONSÉQUENCES BIOMÉCANIQUES.....	44
E. COMPLEXE MOTEUR : MODÈLE MÉCANIQUE	44
1. Classement des muscles selon l'angle α	45
2. Classement des leviers.....	46
V. EXPLORATIONS	47
VI. ANNEXES DES MUSCLES	47
A. FASCIAS.....	47
B. GAINES SYNOVIALES ET FIBREUSES.....	47
C. BOURSES SYNOVIALES OU SÉREUSE.....	48
ANNALES CLASSÉES CORRIGÉES.....	49
SUJET.....	49
2020-2021.....	49
2019-2020.....	50
CORRIGÉ.....	52
2020-2021.....	52
2019-2020.....	54

INTRODUCTION À L'ANATOMIE GÉNÉRALE

I. ORGANISATION GÉNÉRALE DU CORPS HUMAIN

Il existe une organisation générale du corps humain. En effet, les **cellules**, étudiées en cytologie, forment des **tissus**, étudiés en histologie. Ces tissus forment eux-mêmes des **organes** présentant une fonction déterminée. Un ensemble d'organes constituera un **système** et un ensemble de systèmes constituera un **appareil**.

II. GÉNÉRALITÉS SUR L'ANATOMIE

Le mot anatomie vient du grec *ana* (« à travers ou de haut en bas ») et *tomein* (« je coupe »).

A. MÉTHODES D'ÉTUDE ANATOMIQUE

1. Observation directe

a. Dissection

La dissection, qui vient du mot latin « **séparer en 2** », est une **technique très ancienne**. En effet, **Aristote** (384-322 av. J.-C) a été **le premier à disséquer des animaux** et **Hérophile** (340-300 av. J.-C) **le premier à disséquer des humains**. Plus tard, **Galien** (131-201) a fait les premières descriptions de **neuroanatomie** grâce à des dissections.

Au XVI^{ème} siècle, viennent alors les travaux de **Léonard de Vinci** et **Michel Ange** et à la même époque, **Vésale** (1514-1592) décrit les bases de l'anatomie et en fait de l'anatomie une **véritable science**. De plus, en 1565, Ambroise Paré a effectué les premières ligatures de vaisseaux sur des terrains de guerre alors que les bases de la circulation sanguine ont été décrites par Harvey (1628) et Pecquet qu'au XVII^{ème} siècle. Au musée de *La Specola* à Florence, on peut observer des cires de corps humains, réalisées à la fin du XVIII^{ème} siècle.

Beaucoup plus récemment (1977) Von Hagens, a utilisé un procédé de plastination qui consiste à injecter un polymère après déshydratation d'une pièce formolée pour créer des pièces anatomiques qui ont fait l'objet d'expositions dans le monde entier.

b. Examen clinique

L'examen clinique est réalisé quotidiennement, il comprend différents éléments :

- l'**inspection** qui consiste à observer le patient
- la **palpation**
- la **percussion** qui est réalisée au niveau de cavités creuses (cage thoracique, cavité abdominale...) à la recherche d'un bruit mat ou aigu
- l'**auscultation** qui consiste à écouter la ventilation respiratoire ou les bruits cardiaques. Elle est souvent confondue avec l'examen clinique.
- la **mensuration**
- la **pesée**
- la **mesure** de la pression artérielle

c. Endoscopie

L'endoscopie est une technique mise au point par Pierre Segalas en 1826. Elle permet d'aller voir à l'intérieur de cavités (abdominale, thoracique, vésicale éventuellement...) grâce à un endoscope (« œil artificiel ») avec une lumière.

2. Observation indirecte (imagerie)

L'observation indirecte utilise les différentes techniques d'imagerie :

- La **radiologie** qui peut être réalisés **avec ou sans préparation**, c'est-à-dire avec ou sans injection de produit opaque. Par exemple, le système EOS, qui est peu irradiant et sans préparation, permet d'explorer la totalité du squelette en étant debout, de face comme de profil. À l'inverse, la sacro-radiculographie est un type de radiographie avec injection de produit opaque dans le cul de sac durermérien, elle permet de mettre en évidence les racines présentes dans la dure-mère.
- La **tomodensitométrie** ou **scanner** qui permet de voir parfaitement l'**os**. Elle peut donner des **images en 2D** (coupes axiales ou sagittales) ou **en 3D** permettant de bien voir les déplacements au niveau osseux.
- La **scintigraphie** qui peut être utilisée avec différents produits radioactifs (technétium par exemple). Elle est surtout utilisée pour reconnaître des **pathologies infectieuses ou tumorales**.
- L'**échographie** est un examen **non invasif** qui utilise les ultrasons permet l'étude des **parties molles**.
- L'**I.R.M.** (Imagerie par Résonance Magnétique) est un examen complet et fondamental. C'est une technique qui utilise le mouvement des protons dans un champ magnétique, elle permet d'étudier les **parties molles**.
- **T.E.P. scan** (Tomographie par Émission de Positrons) utilise un traceur appelé fluorodeoxyglucose (FDG). Cet examen est très intéressant pour reconnaître la **diffusion tumorale ou infectieuse** de façon assez précoce.

B. DIFFÉRENTES ORIENTATIONS

L'**anatomie** étudie les tissus normaux alors que l'**anatomo-pathologie** étudie les tissus anormaux ou pathologiques. Au sein de l'anatomie on peut citer différentes orientations : l'**anatomie microscopique** qui s'intéresse à l'histologie, l'**anatomie macroscopique** qui est celle qui sera étudiée dans ce cours et l'**anatomie du développement** qui s'intéresse à l'embryon, au fœtus et à l'enfant en croissance.

1. Anatomie macroscopique

Au sein de l'anatomie macroscopique on peut également citer diverses études :

- L'anatomie **générale** qui est au cœur de l'UE10
- L'anatomie **descriptive** qui décrit les organes et les régions anatomiques
- L'anatomie **de surface** qui décrit le corps de son extérieur
- L'anatomie **topographique** décrit certaines régions anatomiques
- L'anatomie **fonctionnelle** décrit la fonction des organes ou des articulations pour l'appareil locomoteur
- L'anatomie **comparée** ou **zoologique** est celle qui s'intéresse aux animaux. Si on s'y intéresse d'un point de vue évolutif on parlera alors de phylogénèse.
- L'anatomie **anthropologique** ou **biométrie** consiste à prendre des mesures
- L'anatomie **radiologique**

2. Anatomie du développement

a. Ontogénèse

L'ontogénèse s'intéresse à la période *in utero*, c'est-à-dire l'embryologie et la fœtologie, et à la période post-natale. On peut distinguer différentes périodes au sein de la période post-natale :

- **Première enfance** (1^{ère} et 2^{ème} années)
- **Moyenne enfance** (3^{ème} à 6^{ème} années)
- **Grande enfance** (7^{ème} année à la puberté)
- **Adolescence** (10^{ème} à 18^{ème} années)

b. Tératologie

La tératologie est l'étude des **malformations** et des **monstruosités** telles que la dysgénésie (insuffisance), l'aplasie (arrêt) ou l'agénésie (absence totale).

III. TERMINOLOGIE ANATOMIQUE

La terminologie anatomique est essentielle pour la compréhension d'un langage particulier, elle se base sur une nomenclature anatomique.

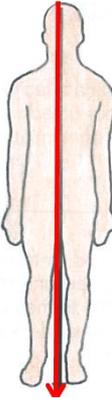
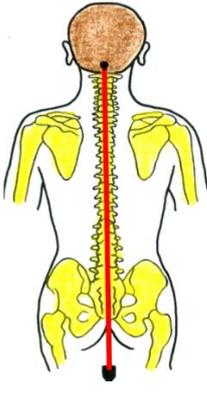
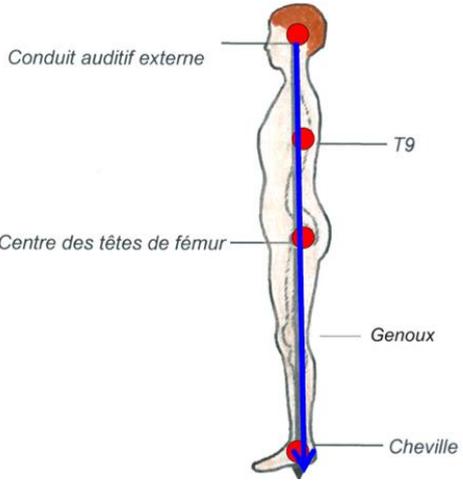
A. NOMENCLATURE ANATOMIQUE

La nomenclature anatomique a été établie par des anatomistes du monde entier entre 1976 et 1998. Elle comprend 5640 termes d'**origine latine** sans éponymes et permet d'avoir un **langage commun à tous les anatomistes**.

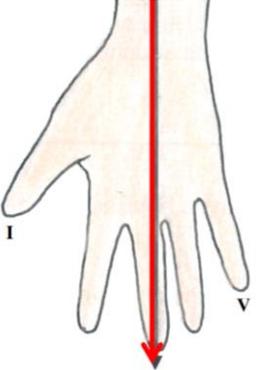
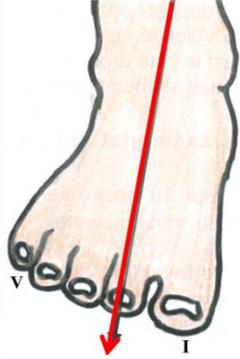
B. POSITION ANATOMIQUE DE RÉFÉRENCE

La position anatomique de référence est celle dite du « soldat au garde-à-vous, le petit doigt de la main contre la couture du pantalon ». L'avant-bras est tourné en **supination**, c'est-à-dire que la paume de la main est dirigée vers le haut. Par convention, on décrit toujours le **côté droit** pour les structure paires et symétriques, notamment pour les membres.

C. AXES ANATOMIQUES DE RÉFÉRENCE

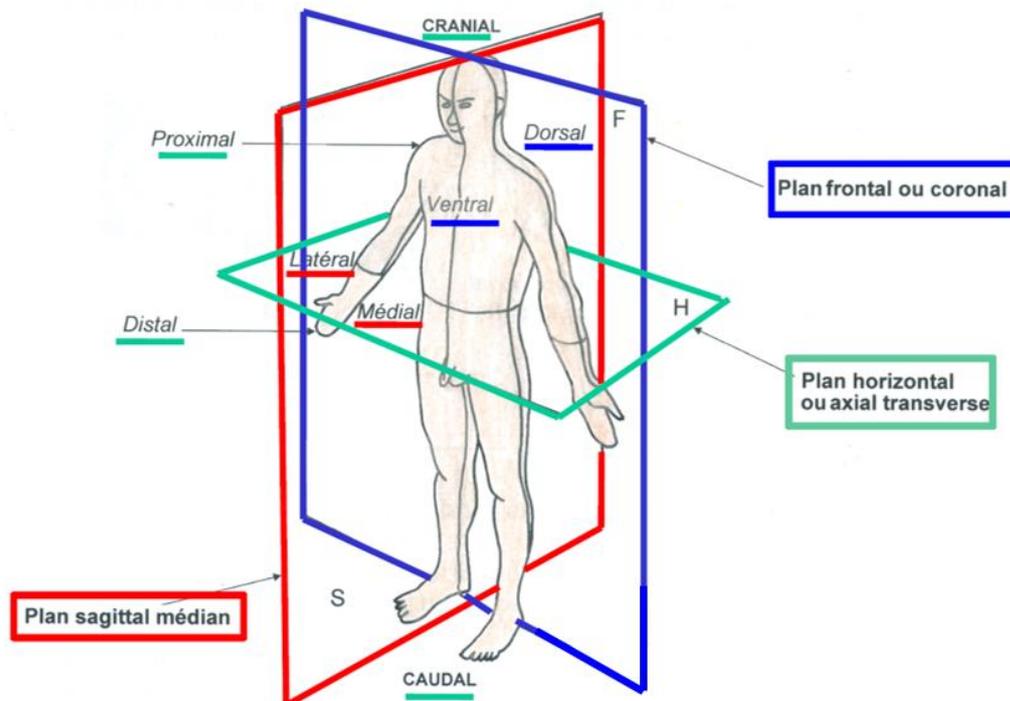
De face	De dos	De profil
		
<p>Axe vertical qui part du sommet du crâne (= vertex), passe par le milieu du tronc et de l'abdomen et arrive entre les 2 pieds</p>	<p>Axe vertical qui part de l'écaille occipitale, suit la ligne des processus épineux des vertèbres et tombe au niveau du pli fessier</p>	<p>Axe vertical qui part du conduit auditif externe aux chevilles en passant par le point en avant de la vertèbre T9, le centre des têtes de fémur et le milieu des genoux.</p>

Les pieds et les mains ont des axes particuliers. 🎓❤️

Axe de la main	Axe du pied
En position de supination	En pronation , pied au sol
	
Axe spécifique qui passe par le milieu du 3^{ème} doigt (= médus)	Axe spécifique qui passe par le 2^{ème} orteil

D. PLANS ANATOMIQUES DE RÉFÉRENCE

Il existe 3 plans anatomiques de référence : le plan sagittal qui est antéro-postérieur, le plan coronal ou frontal et le plan axial ou transverse.



Pour le plan axial un élément sera dit **crânial ou caudal** si on s'intéresse à l'axe de la tête et du tronc et **distal et proximal** si on s'intéresse aux membres. Par rapport au plan coronal, un élément sera dit **antérieur ou postérieur** (ou **ventral ou dorsal**) et par rapport au plan sagittal, un élément sera dit **latéral ou médial**.

Par convention, une coupe axiale sera toujours regardée par **en-dessous**, les éléments droits seront donc à gauche et inversement. 🎓❤️

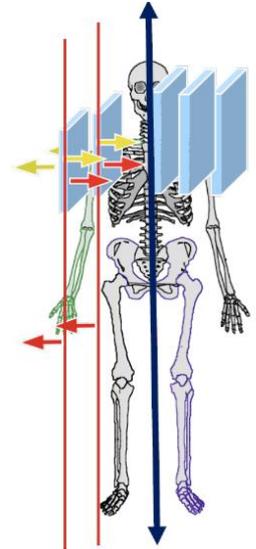
E. TERMES DE LOCALISATION PAR RAPPORT AUX PLANS FONDAMENTAUX

1. Plan sagittal médian et plans parasagittaux

Tout élément se rapprochant du plan médian se positionne en **médial** ou en **dedans**.

Tout élément s'éloignant du plan médian se positionne en **latéral** ou en **dehors**.

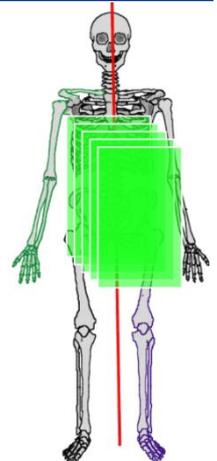
Les plans parasagittaux sont représentés en bleu sur le schéma ci-contre.



2. Plan frontal ou coronal

Tout élément qui s'éloigne en arrière est en **position dorsale** ou en **arrière**.

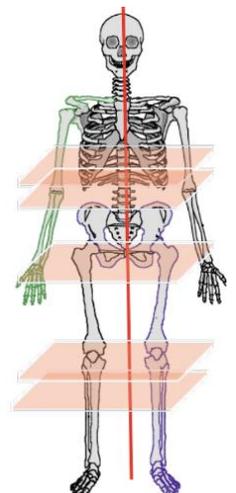
Tout élément qui vient en avant est en **position ventrale** ou en **avant**.



3. Plan horizontal ou axial transverse

Tout élément qui s'éloigne en haut du plan axial est en **position crâniale** ou **proximale**.

Tout élément qui s'éloigne en bas du plan axial est en **position caudale** ou **distale**.

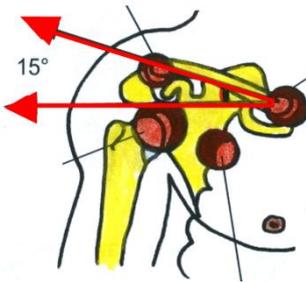


4. Autres termes

Il existe d'autres termes de localisation qui sont moins utilisés que les précédents. Il s'agit des termes :

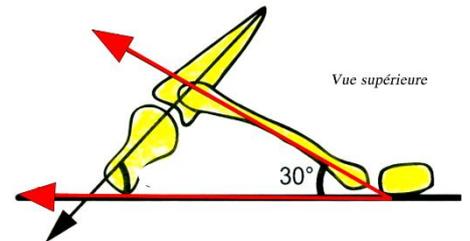
- **Interne et externe** : lorsqu'on parle des viscères
- **Superficiel et profond**
- **Homo (= ipsi) latéral et contro (= hétéro) latéral** : la main droite et le pied droit sont homolatéraux ou ipsilatéraux alors que la main droite et le pied gauche sont controlatéraux ou hétérolatéraux.

F. ORIENTATION : EXEMPLE DE LA CLAVICULE



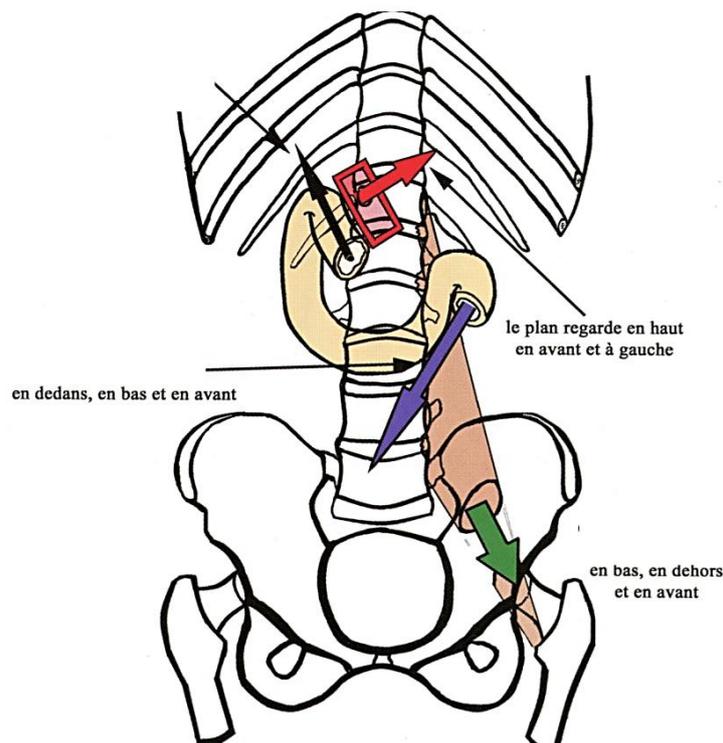
Dans un plan coronal, sur une vue antérieure du complexe articulaire de l'épaule, l'orientation de la clavicule se fait **vers le haut et le dehors** selon un angle de 15°.

Dans un plan horizontal, sur une vue supérieure, l'orientation de la clavicule se fait dans le plan horizontal, **en arrière et en dehors** selon un angle de 30°.



Globalement on peut donc dire la clavicule est dirigée **en haut, en dehors et en arrière**.

G. AUTRES EXEMPLES



IV. COULEURS CONVENTIONNELLES

Il existe des couleurs conventionnelles pour les éléments anatomiques :

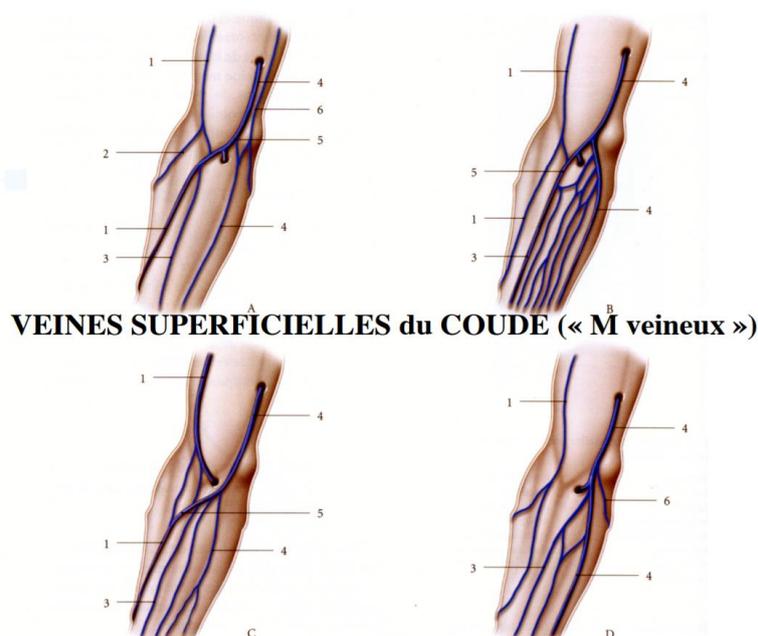
- **Os : blanc** ou parfois jaune
- **Cartilage : bleu pâle** ou parfois jaune
- **Artères, synovie : rouge** (sauf l'artère pulmonaire). En réalité, ce sont les vaisseaux chargés en oxygène qui sont représentés en rouge.
- **Veines : bleu** (sauf la veine pulmonaire). La couleur bleue est appliquée aux vaisseaux chargés en gaz carboniques.
- **Tendons, fascias : vert**
- **Muscles : marron**
- **Nœuds lymphatiques : violet**
- **Capsule articulaire : bleu ou vert**
- **Nerfs : jaune ou noir**

V. VARIATIONS ANATOMIQUES

Il existe énormément de variations en anatomie. Ces variations sont d'origine génétique et certaines sont très communes. On sait par exemple, que le système veineux est très variable plus variable que le système artériel qui lui-même est plus variable que le système nerveux périphérique.

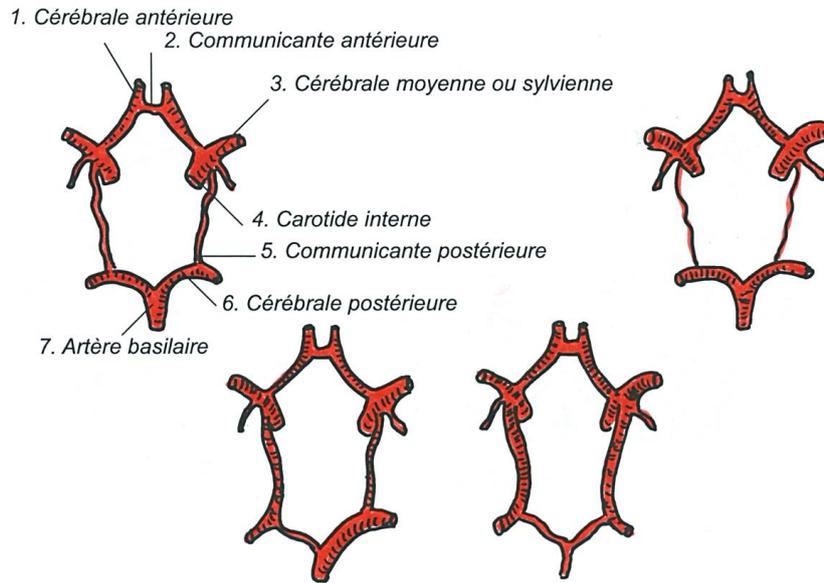
A. EXEMPLE DU « M VEINEUX »

Les veines superficielles du coude sont très variables, elles sont souvent abordées pour faire des ponctions ou mettre en place des perfusions. Le « M veineux » correspond au schéma en haut à gauche mais il existe beaucoup de variations dans la disposition de ces veines.



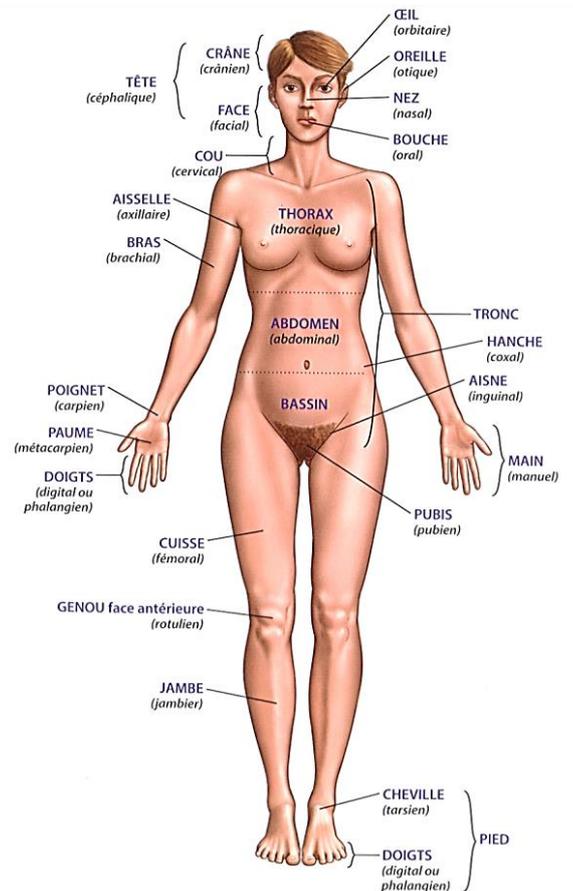
B. EXEMPLE DU POLYGONE DE WILLIS

Au niveau de la base du crâne, le polygone de Willis est un système d'anastomose des artères qui vont au cerveau et au cervelet. Le polygone de Willis le plus fréquent correspond au schéma en haut à gauche mais, là encore, il existe de nombreuses variations.

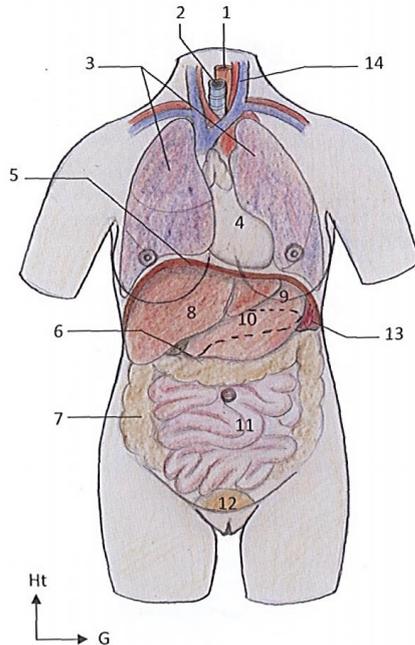


VI. LES DIFFÉRENTES PORTIONS DE L'ORGANISME

Sur le schéma ci-contre, montrant les **différentes portions de l'organisme**, les bras sont légèrement écartés du corps.



Les différents viscères du tronc sont représentés sur le schéma de De Peretti ci-dessous.

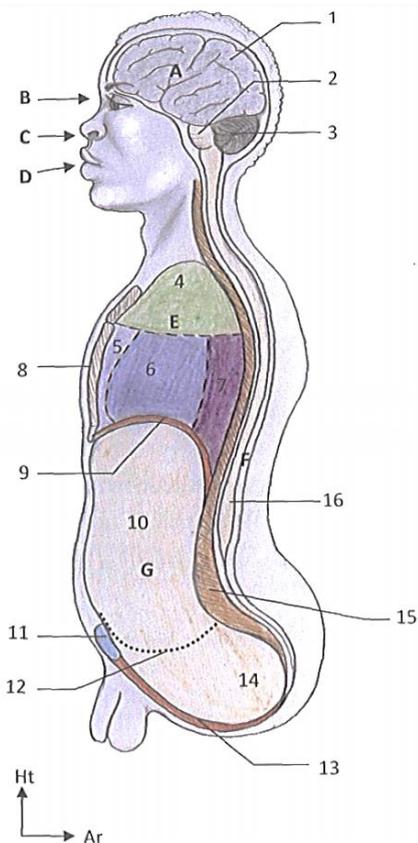


**Présentation schématique
des viscères du tronc**

1. œsophage – 2. trachée – 3. poumons – 4. cœur et péricarde – 5. diaphragme thoraco-abdominal – 6. vésicule biliaire – 7. colon – 8. foie – 9. estomac – 10. pancréas (en pointillés) – 11. intestin grêle – 12. vessie – 13. rate – 14. artère carotide commune et veine jugulaire interne

De Peretti

Enfin, les différentes cavités de l'organisme sont présentées sur l'illustration ci-dessous.



**Présentation schématique
des cavités du corps humain**

A. cavité cérébrale – B. cavité oculaire – C. cavité nasale – D. cavité orale – E. cavité thoracique – F. canal vertébral – G. cavité abdomino-pelvienne
1. cerveau – 2. tronc cérébral – 3. cervelet – 4. médiastin supérieur – 5. médiastin inférieur (partie antérieure) – 6. médiastin inférieur (partie moyenne) – 7. médiastin inférieur (partie postérieure) – 8. sternum – 9. diaphragme thoraco-abdominal – 10. cavité abdominale (péritonéale) – 11. pubis – 12. limite inférieure du péritoine pariétal – 13. diaphragme pelvien – 14. cavité pelvienne sous-péritonéale – 15. rachis – 16. moelle spinale

De Peretti

ANATOMIE GÉNÉRALE DE L'APPAREIL LOCOMOTEUR : LE SYSTÈME SQUELETTIQUE

I. CONSTITUTION DU SQUELETTE

Le terme squelette en grec signifie « ce qui est desséché », il est étudié en **ostéologie** qui signifie « étude de l'os ». Le squelette est constitué de **208 os constants** qui se répartissent au niveau :

- Du **squelette axial** ou crânio-vertébral
- Du **squelette thoracique** qui comprend les côtes et le sternum
- Du **squelette appendiculaire** qui est celui des membres qui sont rattachés au squelette axial par les ceintures scapulaire et pelvienne.

II. ANATOMIE MACROSCOPIQUE DES OS

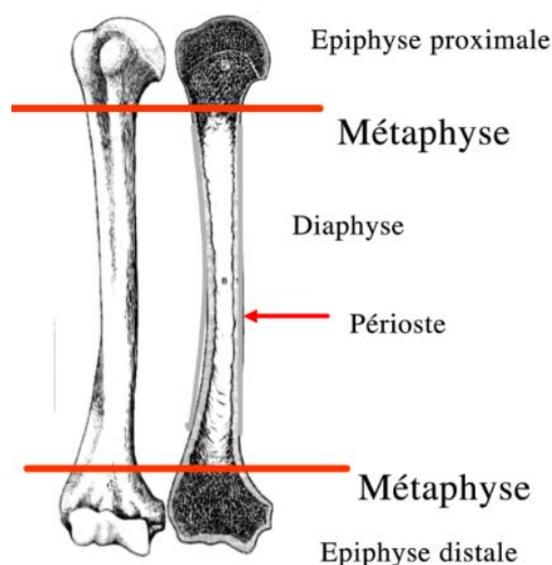
A. CLASSIFICATION SELON LA FORME

Il existe une classification des os qui prend en compte leur forme. On peut alors distinguer les **os longs**, les **os courts** et les **os plats**.

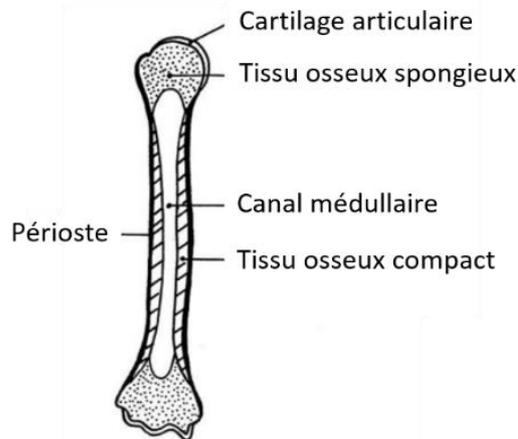
1. Les os longs

L'os long par définition présentera une diaphyse et 2 extrémités appelées épiphyse proximale et épiphyse distale. Les os longs sont retrouvés au niveau des membres inférieur (fémur, tibia et fibula) et supérieur (humérus, radius et ulna).

L'humérus est l'os de référence, il est constitué d'une **épiphyse proximale** située au niveau de l'épaule, d'une **épiphyse distale** au niveau du coude. La **métaphyse** est la zone de jonction entre l'épiphyse et la diaphyse, c'est à ce niveau-là qu'on trouvera les cartilages de conjugaison chez l'enfant en croissance. En périphérie de la **diaphyse**, on retrouve une membrane appelée **périoste**.



Sur une coupe coronale de l'humérus, on peut voir que les épiphyses sont faites de **tissus spongieux** (= lamellaires) alors que la diaphyse est constituée de **tissus compacts** (= fibrillaires) qui délimitent le **canal médullaire** se situant au centre de la diaphyse.



2. Les os courts

Les os courts constituent le **carpe** (8 petits os) niveau du poignet et le **tarse** au niveau de la cheville.

3. Les os plats

Les os plats sont retrouvés au niveau du **crâne** et au niveau des **ceintures** (scapula, os coxal). On retrouve dans ces os, 2 lames de tissu osseux compact séparées par un tissu spongieux.

4. Os intermédiaires

Dans le squelette on va également trouver des os à dénomination spécifique :

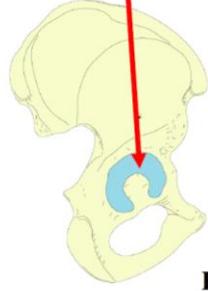
- Les **os allongés** tels que les métacarpiens, les métatarsiens et les phalanges qui ont la même structure que les os longs.
- Les **os arqués** tels que les côtes
- Les **os rayonnés** tels que les vertèbres
- Les **os pneumatiques** tels que l'os maxillaire et le sphénoïde au niveau de la face

B. CLASSIFICATION SELON LA SURFACE

On va pouvoir distinguer **4 grands groupes** :

- les **saillies osseuses articulaires** et **non articulaires**
- les **cavités osseuses articulaires** et **non articulaires**.

1. Cavités osseuses articulaires

Cavité glénoïdale de la scapula	Acétabulum (cotyle)
Au niveau de l'épaule : articulation très mobile mais instable	Au niveau de la hanche : articulation moins mobile mais très stable
 EPAULE	 HANCHE
Très peu profonde	Très profond

2. Cavités osseuses non articulaires

Exemple de l'extrémité distale de l'humérus avec les **fossettes coronoïdienne** (à gauche) et **olécrânienne** (à droite).

La fossette coronoïde reçoit le processus coronoïde de l'ulna

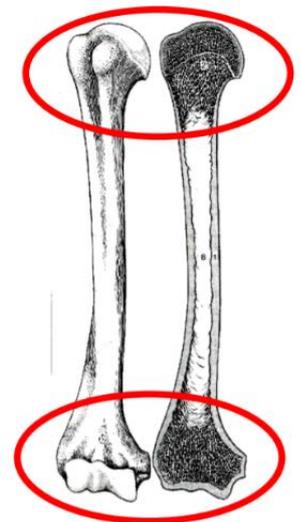


La fossette olécrânienne est plus profonde, elle reçoit l'olécrâne de l'ulna

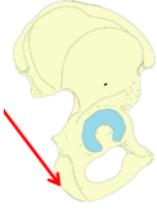
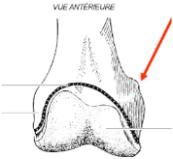
On retrouve également des **sillons** et des **gouttières** à côté de ces fossettes.

3. Saillies osseuses articulaires

Les saillies osseuses articulaires sont, la plupart du temps, **encroûtées de cartilage**. On trouve notamment la **tête** ou **condyle** qui est une structure portant une surface articulaire recouverte de cartilage. On peut citer par exemple la tête humérale (en haut) en position proximale et de dehors en dedans, le capitulum, la zone conoïde et la trochlée (en bas) en position distale au niveau du coude, constituant l'axe capitulo-trochléen.



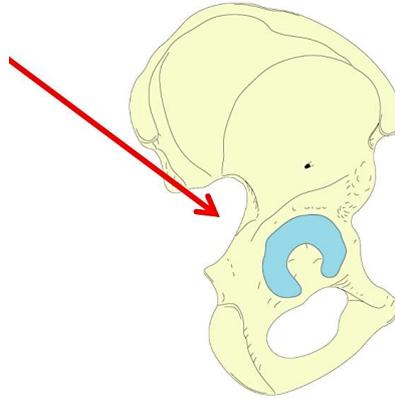
4. Saillies osseuses non articulaires

Structure	Définition	Exemple(s)
Processus	Excroissance osseuse volumineuse	Processus coracoïde de la scapula 
Tubérosité	Saillie osseuse moins développée que les processus	Tubérosité ischiatique 
Tubercule	Saillie osseuse peu étendue	Tubercule supra-glénoïdal de la scapula sur lequel va s'insérer le long biceps  Tubercule du grand adducteur se situant au niveau du genou 
Épine	Saillie osseuse en forme de pointe	Épine ischiatique de l'os iliaque ou coxal 
Crête	Saillie linéaire, plus ou moins rugueuse	Crête iliaque 

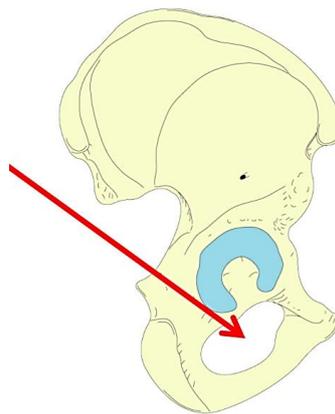
5. Autres surfaces

Il existe d'autres surfaces :

- Les **incisures ou échancrures** (exemple : grande incisure ou échancrure ischiatique au niveau du bord postérieur de l'os coxal)



- Les **foramens** sont des **orifices de passage vasculo-nerveux** (exemple : foramen obturé de l'os coxal situé juste en dessous de l'acétabulum)



III. ARCHITECTURE DE L'OS ADULTE

A. ARCHITECTURE ULTRA-MICROSCOPIQUE

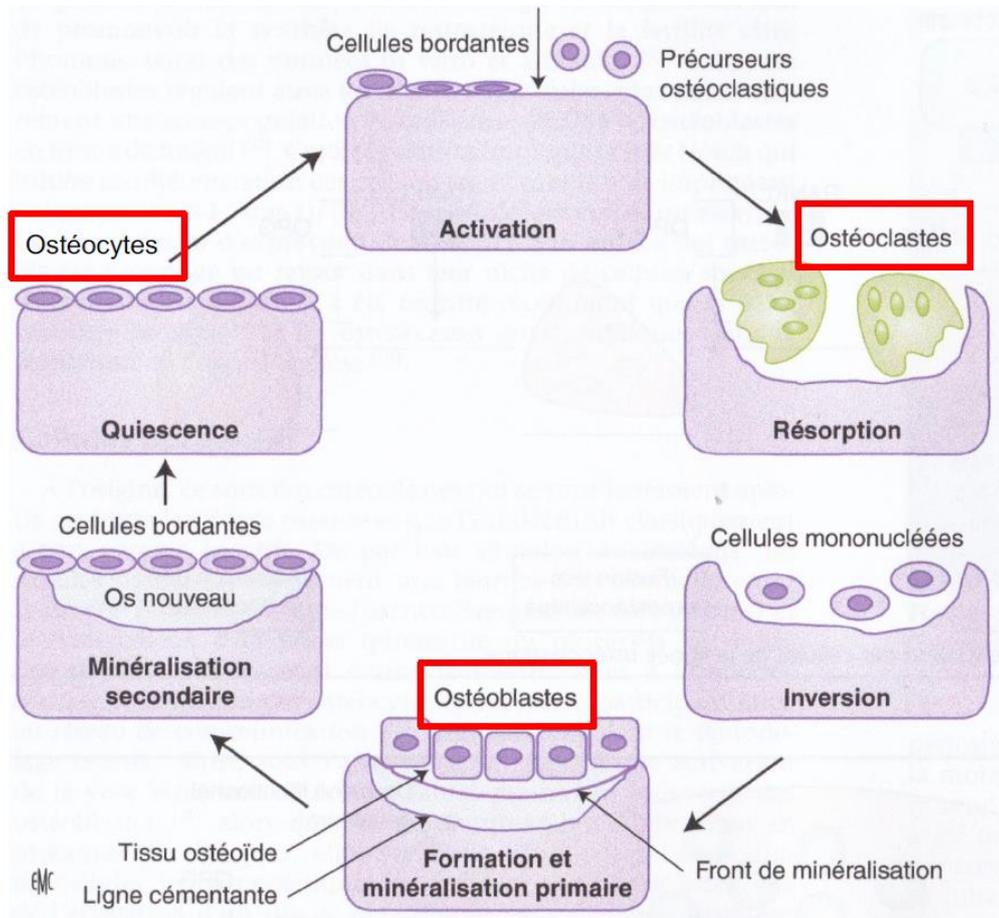
Il y a au niveau de l'os une **structure conjonctive calcifiée discontinue non homogène, composite et polyphasique**, appelée **lamelle osseuse** dans laquelle on peut distinguer 3 phases :

- La **trame de collagène**
- La **phase minérale** avec notamment l'hydroxyapatite
- La **substance fondamentale**

Au sein de l'os adulte on retrouve 3 types de cellules :

- Les **ostéoclastes** qui **creusent** l'os
- Les **ostéoblastes** qui **forment** l'os
- Les **ostéocytes** qui sont des cellules quiescentes

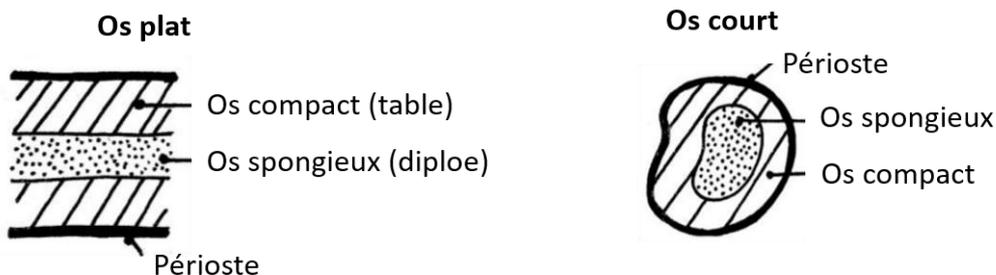
À tout âge, les os subissent un **remodelage permanent** par l'intermédiaire d'un cycle ininterrompu :



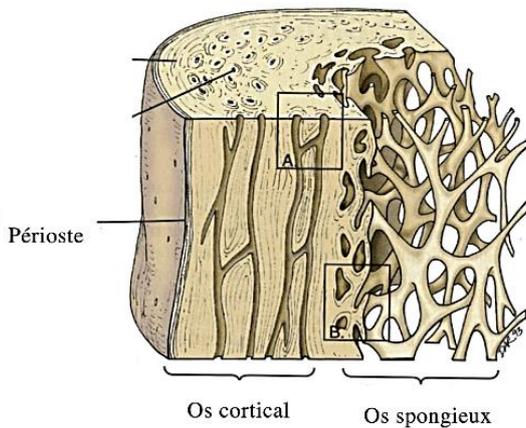
L'os est extrêmement dur, il notamment a été utilisé dans la préhistoire pour fabriquer des armes. L'os est cependant capable d'un remodelage permanent visible notamment après une fracture chez 'enfant.

B. ARCHITECTURE MACROSCOPIQUE

L'architecture macroscopique de l'os comprend le périoste, l'os spongieux et l'os compact. La surface d'échange de calcium (= réserve calcique) est considérable puisque l'ensemble des os du squelette à une surface de 5,4 à 5,8 m².



Dans les os plats, l'os compact est appelé **table interne** ou **table externe**.



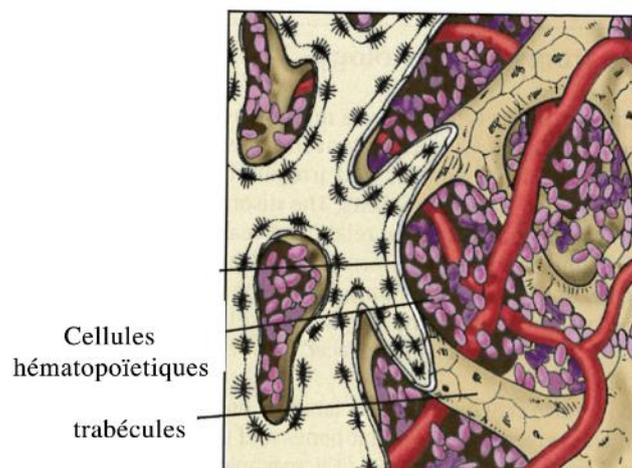
Le schéma ci-contre représente la structure de l'os en 3 dimensions avec le périoste, l'os cortical et l'os spongieux qui est beaucoup aéré et donc plus fragile.

1. Le périoste

Le **périoste** qui est une **membrane conjonctive** périphérique se situant surtout au niveau de la **diaphyse**. Au centre de la diaphyse se situe le **canal médullaire**.

2. L'os spongieux ou os Haversien ouvert

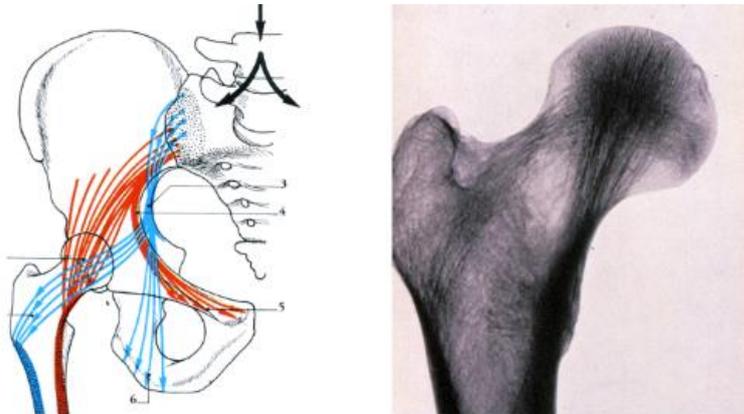
L'**os spongieux** ou **os Haversien ouvert** qui présente une **structure lamellaire** et trabéculaire en réseau tridimensionnel est retrouvé au niveau épiphyso-métaphysaire des os longs mais concerne aussi les os plats et courts. L'os spongieux, 3 fois moins dense que l'os compact, est une « éponge » avec des **lacunes remplies de moëlle rouge hématogène** contenant les **cellules hématopoïétiques**, à l'origine de toutes les cellules circulant dans le sang.



Sur le plan biomécanique, il s'agit d'une structure **lamellaire accolée ou feuilletée** qui ressemble à du « contre-plaqué ». Cette structure présente la **résistance d'un matériau polyphasique** qui est supérieur à celle d'un matériau monophasique.

L'os sous-chondral, c'est-à-dire l'os en-dessous du cartilage osseux va participer à l'**amortissement des contraintes**. Il présente des **travées** qui se disposent selon l'axe des contraintes (loi de Wolff). Les travées que présente la tête du fémur sont en continuité avec les travées de l'os coxal.

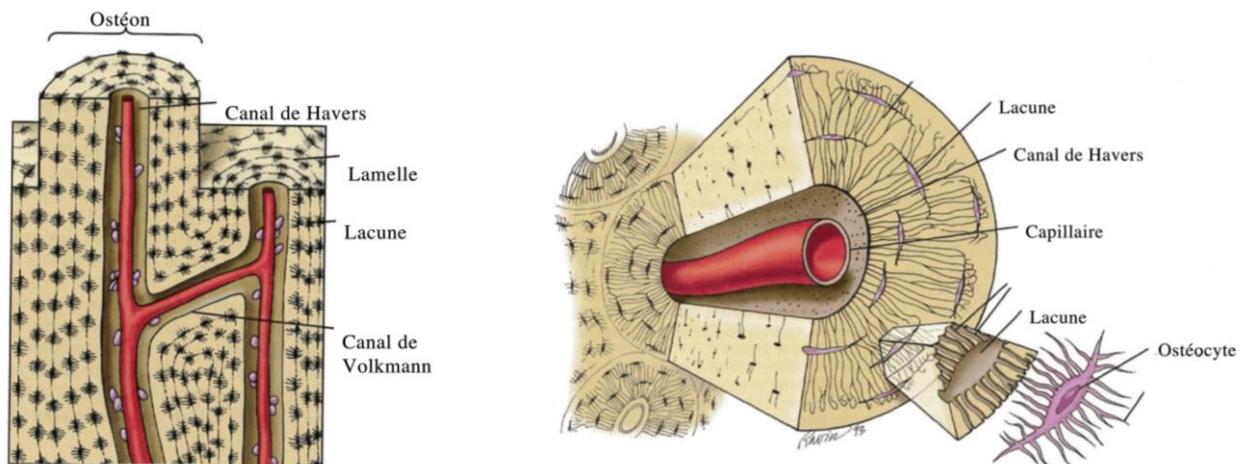
Ces travées, au niveau du col du fémur, constitue le **système ogival** qui absorbe au mieux les contraintes.



3. L'os compact ou os Haversien fermé : ostéons

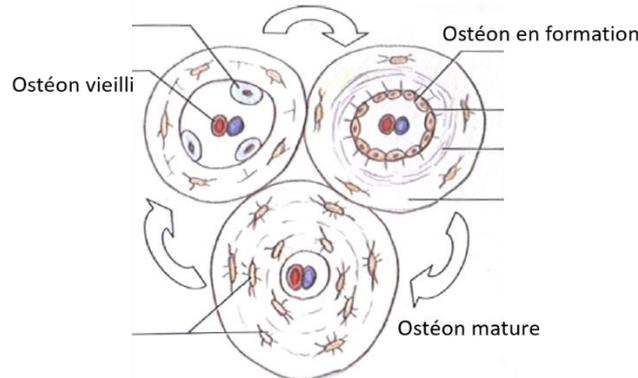
L'os compact ou **cortical** qui a une **structure fibrillaire** est retrouvé au niveau de la **diaphyse des os longs** et au niveau de la corticale des os plats et des os courts. Ces 2 structures, lamellaire et fibrillaire, sont en continuité. L'os compact est beaucoup plus solide que l'os spongieux. 🎓 ❤️

Des observations en microscopiques électroniques des os spongieux et compact ont pu montrer que ces structures ont les mêmes constituants : le **collagène**, la **substance fondamentale** et l'hydroxyapatite. C'est en réalité **l'architecture et la disposition de ces éléments qui varient**. En effet, l'os compact présente une structure en de collagène en **cylindres**, appelés **ostéons**, accolés les uns aux autres et centrés sur le **canal vasculaire** ou **canal de Havers**. Le collagène se dispose à 90° d'une couche à l'autre. À l'inverse, la structure lamellaire de l'os spongieux est beaucoup plus **aérée**. Chaque ostéon est traversé par une artère, le canal de Havers et il existe des canaux transversaux appelés canaux de Volkmann.



Sur le plan biomécanique, les ostéons présentent une **structure fibrillaire** avec une **organisation longitudinale** selon les contraintes et selon les **lignes isostatiques**. L'os compact est caractérisé par sa **légèreté** et sa **très grande résistance** similaire à la fibre de verre.

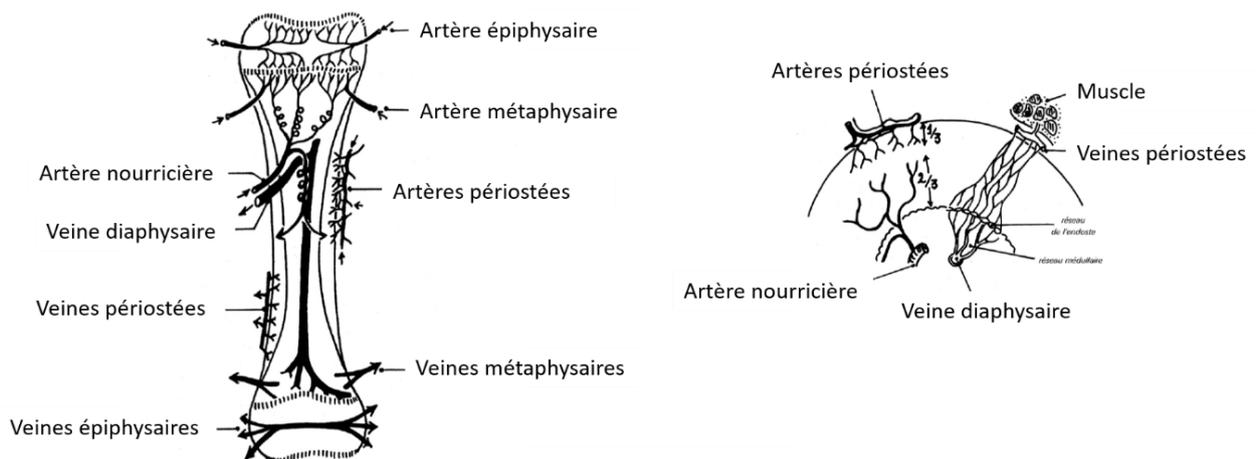
L'ostéon, présente un véritable **cycle évolutif** entre ostéon en formation, ostéon mature (très épais) et ostéon vieilli du fait de l'ostéolyse.



IV. VAISSEAUX ET NERFS DES OS

Les os présentent une **vascularisation artérielle**, un **réseau veineux** avec des veines satellites des artères impliquées dans les infections osseuses, un **réseau lymphatique** au niveau du périoste essentiellement. L'os est également innervé, il admet une **innervation vasomotrice** sous le contrôle du système nerveux végétatif et une **innervation sensitive** qui dépend essentiellement du périoste. Ainsi lors d'une fracture d'un os, la douleur est très violente, elle vient du périoste et est dite exquise.

Sur le plan artériel, il y a un apport par les **artères épiphysaires** et les **artères métaphysaires** qui rejoignent la plaque épiphysaire au niveau du cartilage de conjugaison qui participe à la croissance en longueur de l'os chez l'enfant. Il existe aussi une **artère nourricière** diaphysaire et des **artères périostées**. Concernant le système veineux, il est calqué sur le système artériel avec un retour sur le système veineux périphérique et vers les muscles.



Il existe de nombreuses artères au niveau de la tête et du col du fémur. Ainsi, une fracture du col de fémoral peut entraîner une rupture des vaisseaux et induire une nécrose de la tête fémorale.

V. DÉVELOPPEMENT DES OS

A. TISSU OSSEUX PRIMITIF

Le tissu osseux primitif concerne **l'embryon, le fœtus et l'enfant de moins de 2 ans**. Il s'agit d'un **tissu immature** présentant une **structure réticulaire**. Ce tissu vient du **mésoderme para-axial**, plus précisément du **sclérotome** qui s'aligne en **somites** aux alentours du 21^{ème} jour de développement. Au départ, c'est donc un tissu conjonctif ou mésenchymateux qui donnera naissance aux muscles et au squelette.

B. OSSIFICATION MEMBRANEUSE OU ENDOCHONDRALE

À la 5^{ème} semaine de développement embryonnaire on voit d'abord une **matrice membraneuse** contenant des **fibroblastes** qui va évoluer vers une **matrice cartilagineuse** contenant des **chondroblastes**. Cette matrice cartilagineuse va ensuite évoluer vers une **matrice osseuse** avec des **ostéoblastes**. Il s'agit donc d'une **ossification enchondrale**, longue, car elle passe par un **stade cartilagineux** (apparition de points d'ossification primaires de la diaphyse puis secondaires épiphysaires plus tardivement).  

Il existe cependant une **ossification membraneuse** au niveau du crâne notamment où le tissu conjonctif s'ossifie directement et ne passe pas par un stade cartilagineux. L'ossification se prolongera ensuite jusqu'à environ 18 ans soit la fin de la croissance.

D'un point de vue biomécanique, le tissu primitif est réticulaire, **peu résistant** et isotrope. Il est constitué de **fibres de collagènes courtes non orientées** et d'une **substance interstitielle très développée**. Il présente une minéralisation assez faible avec peu de cristaux d'apatite et le calcium-phosphate est amorphe.

C. CROISSANCE

L'architecture de l'os est liée aux contraintes sur l'os réticulaire. En effet, l'orientation des fibres de collagènes et la minéralisation se font selon les **contraintes maximales** (lignes isostatiques). On a donc un os qui va devenir **anisotrope**, c'est-à-dire qu'il va résister principalement à la **compression**.  

La croissance osseuse va se faire en longueur sous le contrôle de la **plaque épiphysaire** aussi appelée **cartilage de conjugaison ou de croissance** au niveau métaphysaire. La croissance en largeur est sous le contrôle du **périoste**.

On peut noter que la fin de croissance est beaucoup plus tardive chez le garçon (20-25 ans) que chez la fille (environ 18 ans).

Pour résumer, l'os est d'abord cartilagineux puis un **noyau d'ossification primaire** apparaît au niveau de la **diaphyse**. Plus tardivement, des **noyaux d'ossification secondaires** apparaissent au niveau des **épiphyses** et de la **plaque épiphysaire** (en région métaphysaire).

D. SURVEILLANCE DE LA CROISSANCE

Différents éléments permettent de surveiller la croissance chez l'enfant :

- Le **cartilage en Y** qui se situe à la jonction des noyaux d'ossification de l'aile iliaque, du pubis et de l'ischion à la caractéristique de se fermer au **début de la puberté**.
- Le **test de Risser** qui étudie l'ossification progressive du noyau épiphysaire de l'aile iliaque (évolution notée de 1 à 5). Quand ce noyau est complètement ossifié et fusionné à l'aile iliaque (noté 5), on peut estimer que l'enfant a **terminé sa croissance**.

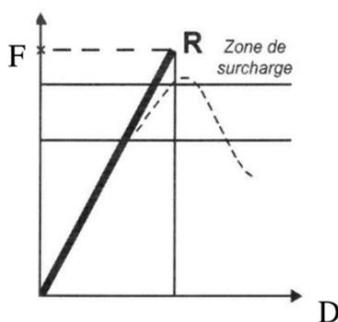
E. RÔLE DES CONTRAINTES DANS LA CROISSANCE OSSEUSE



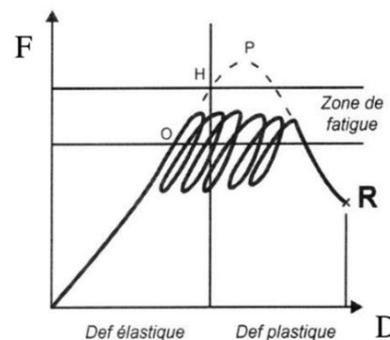
Les contraintes ont un rôle essentiel dans la croissance osseuse. Selon la **loi de Delpech (1829) et de Hueter-Volkman**, « la croissance osseuse est accrue dans les **zones de moindres pressions** sur le cartilage de croissance et inversement ». Ainsi, si un os n'a pas de contrainte, il ne va pas pousser et à l'inverse, s'il a trop de contraintes il va trop pousser. La scoliose et la cyphose sont des pathologies qui illustrent très bien ce principe.

VI. RÔLE MÉCANIQUE DU TISSU OSSEUX

L'os est **très résistant** car il polyphasique et composite, il peut résister à une compression de 12 kg/mm^2 et à une tension de $9,5 \text{ kg/mm}^2$. L'os résiste à la flexion avec absorption tangentielle des contraintes au niveau de l'interphase. L'os présente un module de Young (= module de résistance) de $1,5 \cdot 10^3$ à $2,2 \cdot 10^3 \text{ kg/mm}^2$, soit à peine moins que le béton armé ($3,5 \cdot 10^3$ à $2,2 \cdot 10^3 \text{ kg/mm}^2$). Néanmoins, l'os peut se fracturer, par surcharge la plupart du temps ou par fatigue due à une répétition de micro-contraintes (exemple de la lyse isthmique de L5).



Fracture par surcharge



Fracture de fatigue

L'os est **anisotrope**, c'est-à-dire qu'il présente une résistance qui dépend de la direction des contraintes. Il va mieux résister à la compression qu'à la torsion (fracture typique du skieur).

L'os est **visco-élastique**, il va se déformer progressivement en fonction des charges qu'on va lui imposer.

Les facteurs mécaniques vont jouer un rôle dans :

- le **remaniement osseux** : s'il y a peu de contraintes on va basculer vers l'ostéoporose qui peut être due à différents facteurs : le vieillissement, l'alitement, l'immobilisation, les vols spatiaux... Il s'agit de l'affaiblissement et de l'amenuisement de l'os compact. Ainsi chez certains sujets âgés, la fracture, du col du fémur notamment, peut arriver avant la chute. L'ostéoporose mesure par absorptiométrie.
- la **croissance** (loi de Delpech et de Hueter-Volkman)

En dehors de son rôle mécanique, l'os joue également un **rôle métabolique** en participant à l'homéostasie calcique et un **rôle hématopoïétique** car il contient les cellules à l'origine des cellules sanguines.

VII. APPLICATIONS MÉDICALES

- L'**examen clinique** permet de palper des repères osseux.
- L'**imagerie** (radiographies, scanner X, IRM éventuellement, reconstruction 3D) est également très utilisée.
- La **scintigraphie** permet de dépister les cancers ostéophiles.
- L'**absorptiométrie** biphotonique permet de mesurer la masse osseuse (indication de l'ostéoporose).

ANATOMIE GÉNÉRALE DE L'APPAREIL LOCOMOTEUR : LES ARTICULATIONS

I. DÉFINITIONS

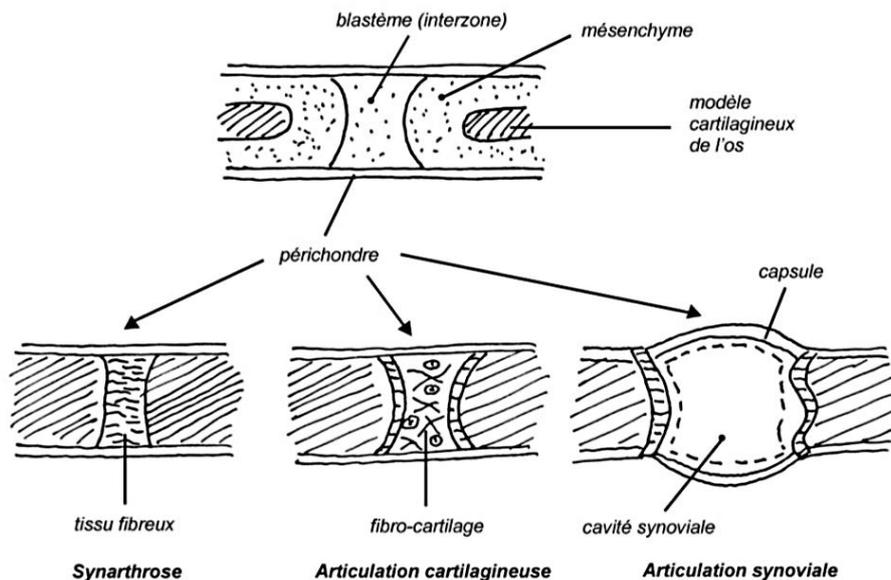
- L'**arthrologie** est l'étude de l'article ou articulation, c'est-à-dire de la liaison mobile entre des os.
- La **syndesmologie** est l'étude des moyens d'union entre les os.
- La **tribologie** est l'étude du fonctionnement normal et pathologique des articulations.
- Une **articulation** est l'ensemble des éléments unissant des pièces osseuses ou cartilagineuses.

II. CLASSIFICATION SELON LA MOBILITÉ

Les articulations peuvent être classées selon leur mobilité :

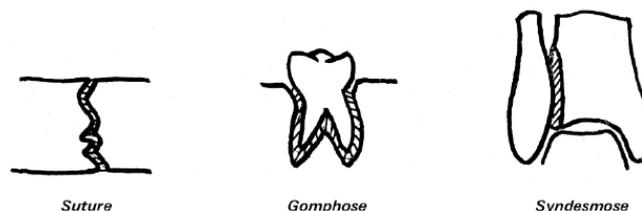
- Les **articulations fibreuses**, aussi appelées synarthroses, sont **quasiment immobiles**.
- Les **articulations cartilagineuses** sont **semi-mobiles**.
- Les **articulations synoviales** sont les plus **mobiles**, on les retrouve principalement au niveau des membres.

Les différences entre les 3 types d'articulations peuvent être expliquées par les mouvements imposés aux segments interosseux au cours de la vie embryonnaire (4^{ème} – 7^{ème} semaine). Si les mouvements imposés au niveau l'interzone ou blastème, située entre les 2 futurs os, sont très faibles on aura formation d'une **synarthrose**, si ces mouvements sont un peu plus importants on aura un **fibro-cartilage** et donc une **articulation cartilagineuse** et si ces mouvements très importants, on aura une **cavité synoviale** avec présence d'une capsule et on aura donc une **articulation synoviale**.



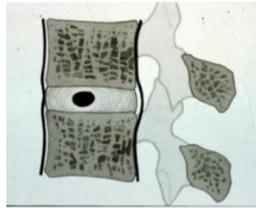
A. ARTICULATIONS FIBREUSES OU SYNARTHROSE : NON MOBILES

Les synarthroses sont des pièces osseuses unies par du tissu conjonctif. On peut notamment citer la **syndesmose** (tibia-fibulaire), les **sutures** du crâne et la **gomphose** (articulation de la dent dans la mâchoire).



B. ARTICULATIONS CARTILAGINEUSES : SEMI-MOBILES

Les articulations cartilagineuses sont **unies par du cartilage ou un fibrocartilage**. On peut citer notamment la **symphyse pubienne** (à gauche), l'**amphiarthrose disco-vertébrale** (au centre) ou la **synchondrose** (à droite) qui correspond au cartilage de croissance jonction diaphyso-épiphysaire des os longs.



C. ARTICULATIONS SYNOVIALES OU DIARTHROSES

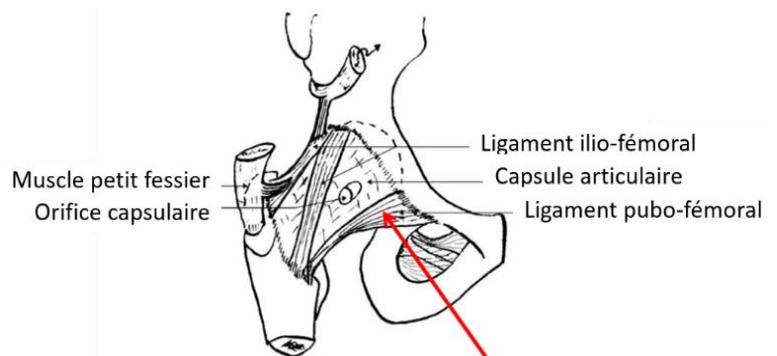
Les articulations synoviales sont constituées de différents éléments :

- Des **surfaces articulaires osseuses** recouvertes de cartilage articulaire.
- Une **capsule articulaire** qui est un manchon fibreux inséré au pourtour des surfaces articulaires participant aux moyens d'union articulaire.
- Une **membrane synoviale** très vascularisée qui tapisse la face interne de la capsule et qui sécrète le liquide synovial (moyen important de lubrification de l'articulation).
- Des **ligaments** intra- ou extra-articulaires, intrinsèques (proche de l'articulation) ou extrinsèques (à distance).
- Du **fibrocartilage** : labrum ou bourrelet, ménisque, disque articulaire

1. Les ligaments

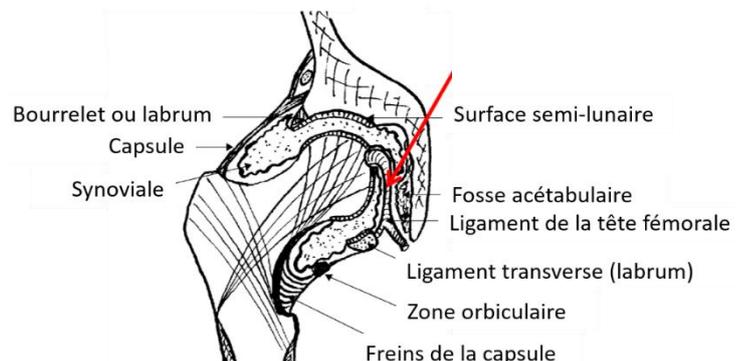
a. Ligament extra-articulaire

La grande majorité des ligaments sont extra-articulaires. Sur cette vue antérieure de l'articulation coxo-fémorale, le ligament pubo-fémoral est un ligament extra-articulaire.



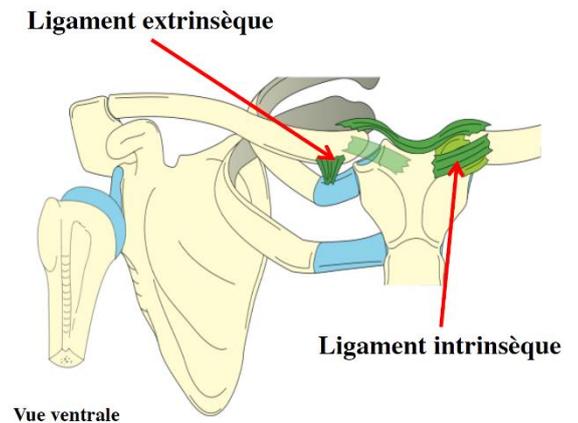
b. Ligament intra-articulaire

Au niveau de l'articulation coxo-fémorale, on trouve également un ligament intra-articulaire, il s'agit du ligament de la tête fémorale qui va de la tête du fémur au fond de l'acétabulum. Ce ligament est enveloppé de la membrane synoviale.



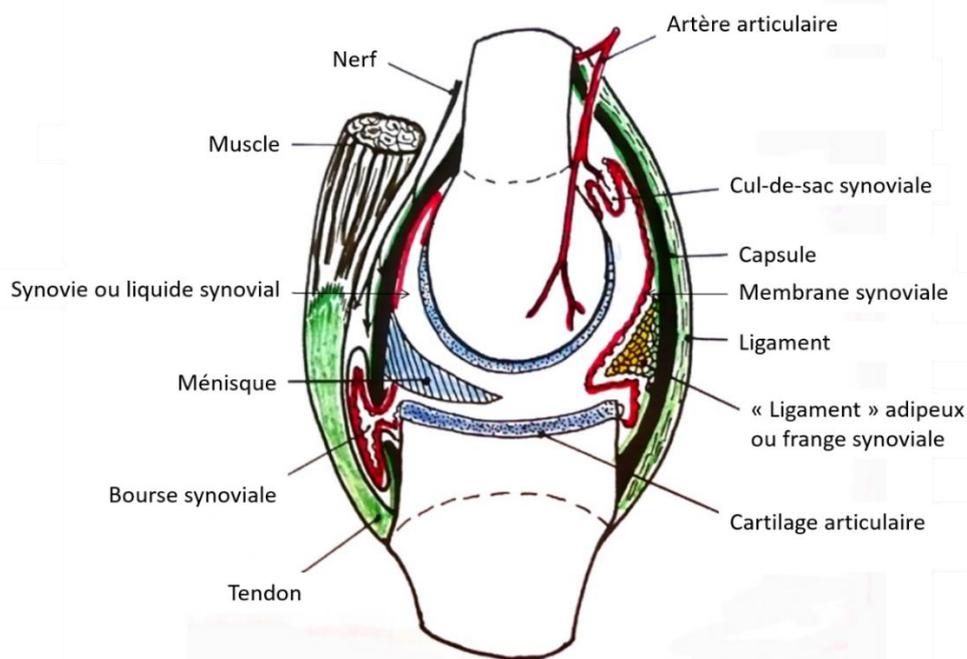
c. Ligament intrinsèque et ligament extrinsèque

Au niveau de l'articulation sterno-costoclaviculaire, on peut trouver un ligament intrinsèque, très proche de la capsule, et un ligament extrinsèque qui est le ligament costo-claviculaire qui est à distance de l'articulation mais qui participe à sa stabilisation.



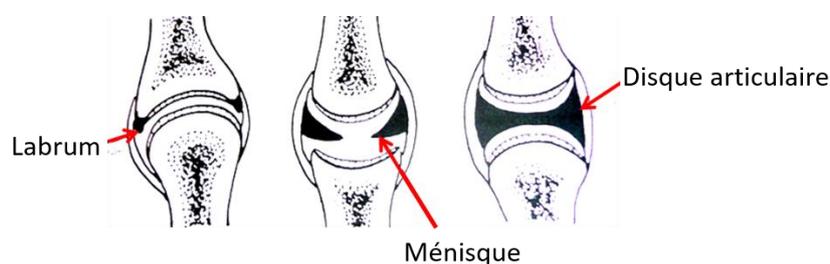
2. Vascularisation et innervation

Comme l'os, l'articulation va présenter une **vascularisation artérielle et veineuse**. L'articulation présente également une **innervation sensitive et proprioceptive** avec information de la position de l'articulation dans l'espace.



3. Fibrocartilages

Le labrum vient approfondir la surface artérielle, on peut le trouver au niveau de l'épaule et de la hanche. Le ménisque, triangulaire à la coupe, est retrouvé au niveau du genou et le disque artérielle va d'une face à l'autre de la capsule artérielle.

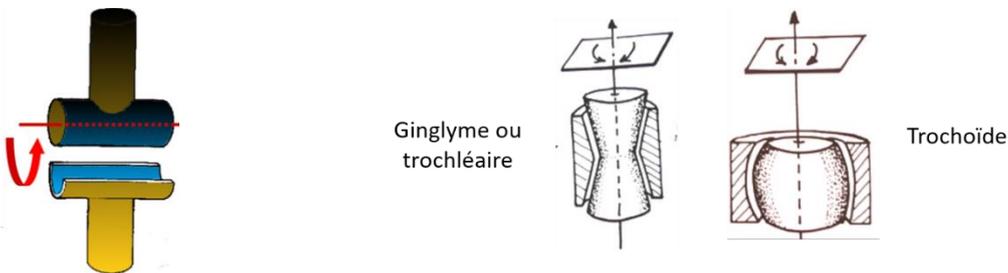


4. Classification des articulations synoviales selon la forme

Cette classification permet de définir le **degré de liberté** (DDL) des articulations, c'est-à-dire les possibilités de mouvements dans les plans considérés.

a. Articulation uni-axiale

L'articulation uni-axiale est une articulation **monoaxiale** avec **1 DDL**, c'est-à-dire qu'elle ne bougera que dans un plan de l'espace. Elle présente une surface convexe et une surface concave. Il existe différentes formes d'articulations uni-axiales : l'**articulation ginglyme ou trochléaire** qui présente une surface en diabolos (exemple : articulation huméro-ulnaire) et l'**articulation trochoïde** qui présente une surface en barillet (exemple : articulation radio-ulnaire).



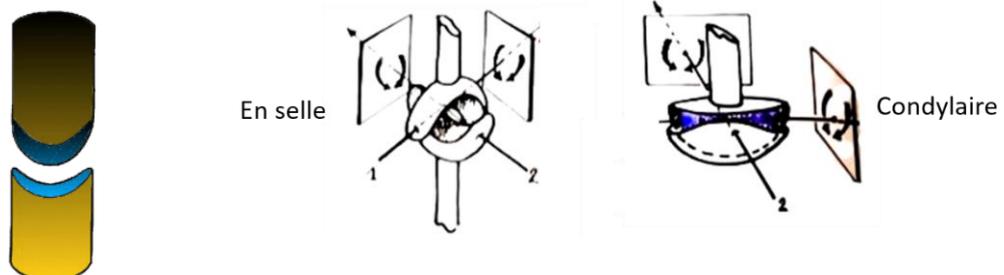
b. Articulation plane ou arthroïde

L'articulation plane, telle que l'articulation acromio-claviculaire présente de **petits mouvements de glissement et de translation** (un nombre infini de DDL ou 0 DDL) entre surfaces planes (exemple : articulation acromio-claviculaire).



c. Articulation toroïde

L'articulation toroïde (tore signifie anneau) est une articulation **biaxiale** avec **2 DDL**. Elle est capable de rotation automatique ou conjointe. Elle présente 2 surfaces, chacune étant convexe et concave. Selon la disposition des surfaces, on peut distinguer 2 sous-groupes au sein des articulations toroïdes : l'**articulation en selle ou par emboîtement réciproque** (exemple : articulation carpo-métacarpienne du pouce) et l'**articulation ellipsoïde ou condyloïde** (exemple : articulation radio-carpienne).



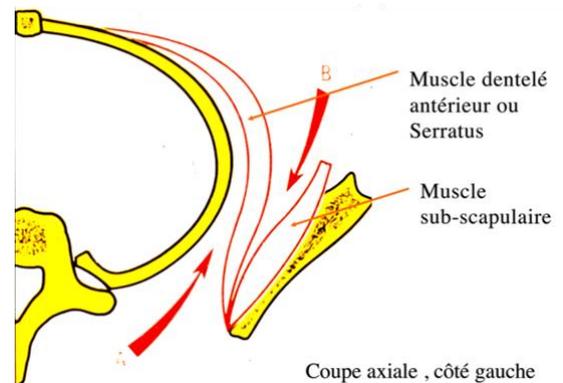
d. Articulation sphéroïde  

L'articulation sphéroïde, qu'on retrouve au niveau de l'épaule et de la hanche, est une articulation **triaxiale** avec **3 DDL**. Elle présente une surface convexe sphéroïde et une surface concave. Dans ces articulation il existe donc 2 segments de sphères qui sont concentriques. Cette articulation est capable de rotation conjointe ou automatique. Lorsqu'on fait un mouvement de 180° dans 2 plans perpendiculaires on a automatiquement une rotation qui se fait, c'est ce qu'on appelle le paradoxe de Codman. Ce paradoxe est facilement observable au niveau de l'épaule.



III. SYSSARCOSE OU PSEUDO-ARTICULATION

Une pseudo-articulation est un **lien musculaire** qui existe notamment entre la scapula et la cage thoracique du fait de la libération de la scapula de la colonne vertébrale. En effet, ces muscles permettent à la scapula de bouger, on parle donc d'une pseudo-articulation ou syssarcese.



IV. BIOMÉCANIQUE : MOBILITÉ

A. CINÉSIOLOGIE

La biomécanique des articulations est essentielle puisqu'elle permet la mobilité. On parle alors de cinésiologie avec l'étude de la **mobilité active** où le sujet contracte ses muscles et de la **mobilité passive** où l'examineur fait bouger les éléments osseux.

On peut distinguer 2 types de mouvements :

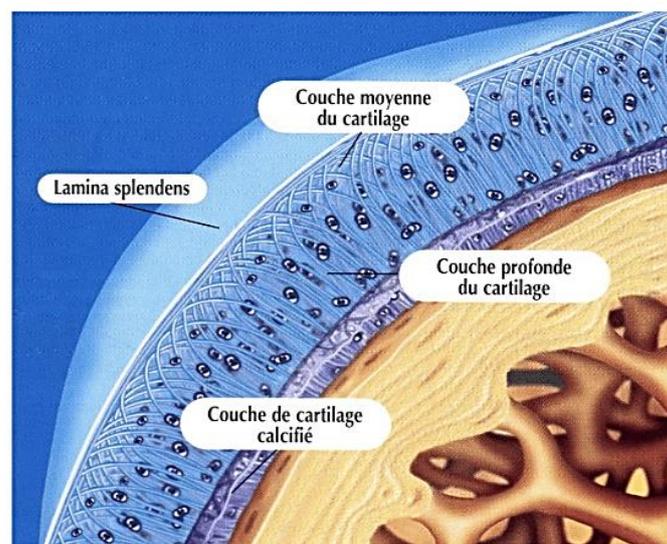
- les **mouvements élémentaires** qui n'impliquent qu'une seule articulation
- les **mouvements complexes** où plusieurs articulations vont bouger en même temps. Lorsque les mouvements mettent en jeu plusieurs articulation, on parlera de :
 - **chaîne cinétique ouverte** (ou libérée) qui concerne les mouvements des membres supérieurs
 - **chaîne cinétique fermée** qui concerne les mouvements des membres inférieurs puisque le pied est au sol

En clinique, quand les surfaces articulaires se correspondent parfaitement on parle de **position de congruence**, il s'agit de l'articulation parfaite. En revanche, si un jeu apparaît dans certaines positions on parle de **position de congruence imparfaite** pour laquelle on a un risque d'instabilité et de lésion ligamentaire. À l'opposé, on pourra également avoir une **position de verrouillage**, qui dépend principalement de la tension des ligaments autour des segments osseux.

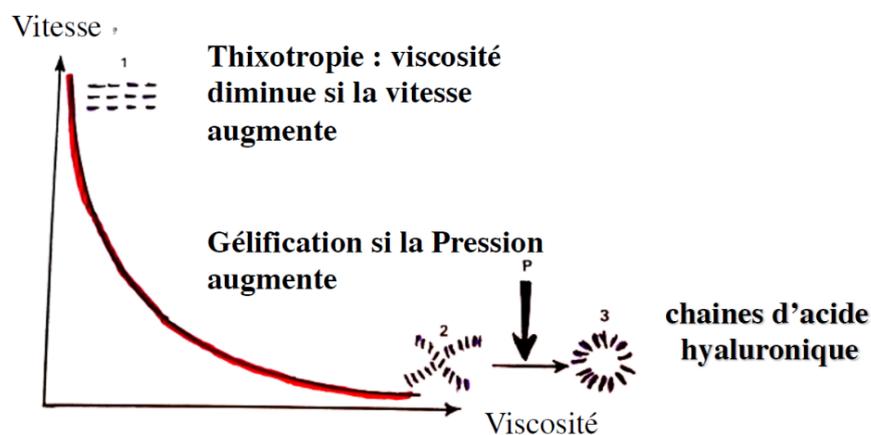
B. LUBRIFICATION

La mobilité est facilitée par un système de lubrification optimal qui permet de minimiser l'usure du cartilage. Le lubrifiant est le **liquide synovial**, il est sécrété par la **membrane synoviale** et est constitué d'un dialysat du sérum, c'est-à-dire un sérum duquel on a retiré tous les éléments figurés. Il contient cependant 2 composants mécaniquement actifs :

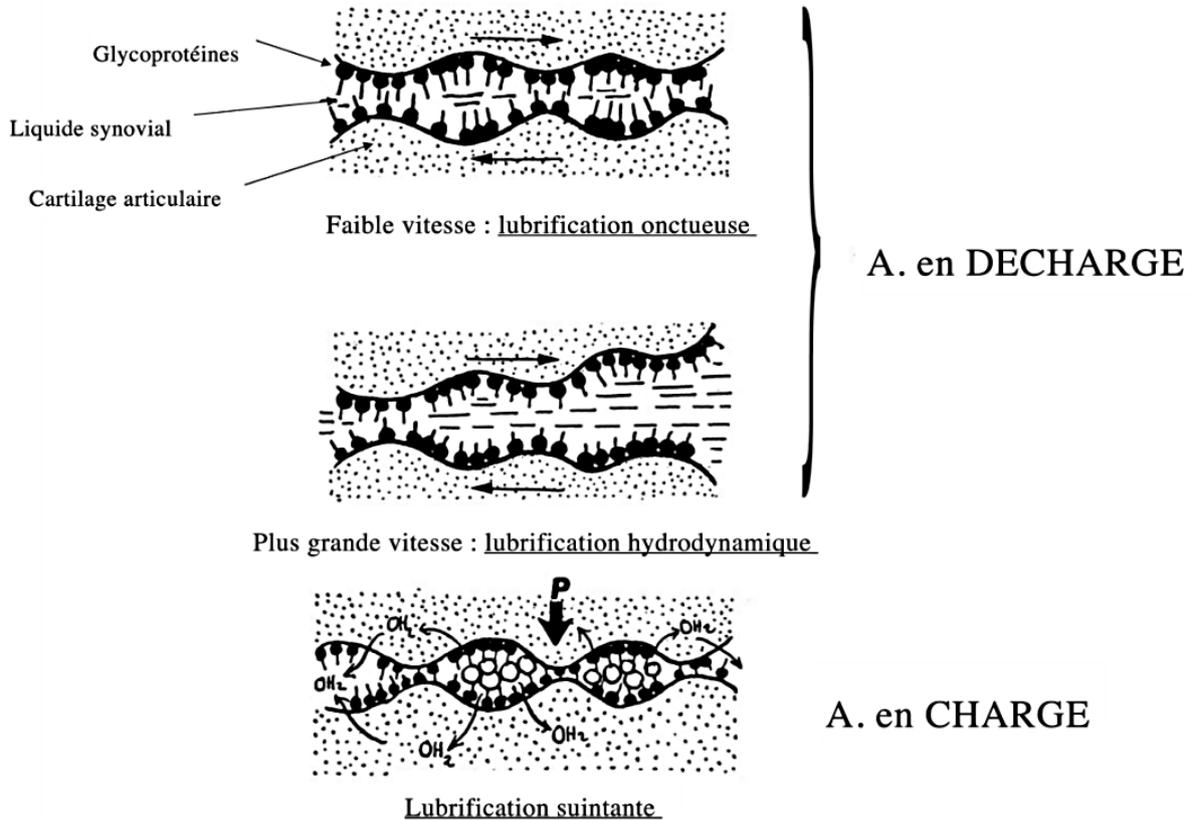
- L'**acide hyaluronique** dont l'état varie selon la pression, on parle de **thixotropie**. En effet, lorsque la pression augmente il se gélifie et lorsqu'elle diminue il redevient plus liquide.
- Les **glycoprotéines**, qui donnent une onctuosité au liquide synoviale, diminuent le coefficient de friction des surfaces articulaires en faisant une couche protectrice superficielle appelée **lamina splendens**. La lamina splendens est la couche brillante qu'on retrouve à la surface des cartilages articulaires.



Le **coefficient de friction** est extrêmement **bas au niveau des articulations humaines**, il est estimé à 0,02 à 0,006, soit 3 fois inférieur à celui du patin sur la glace. Lorsque la vitesse augmente les molécules d'acides hyaluroniques sont étalées et elles vont former des structures sphériques lorsque la vitesse diminue et que la pression augmente, induisant ainsi une **gélification**.



Sur des coupes microscopiques, on peut voir les **glycoprotéines** qui sont à la périphérie du cartilage. Lorsque l'articulation est en décharge et qu'il y a beaucoup de mouvement on voit que le liquide synovial est **moins épais** et on voit un **écart entre les surfaces**. En revanche, lorsque l'articulation est **en charge**, les surfaces, toujours protégées par les glycoprotéines, sont **presque en contact**. On voit également qu'il y a circulation d'eau et que l'acide hyaluronique forme des sphères. On parle alors de **lubrification suintante**.



C. AMORTISSEMENT DES CONTRAINTES PAR LE CARTILAGE

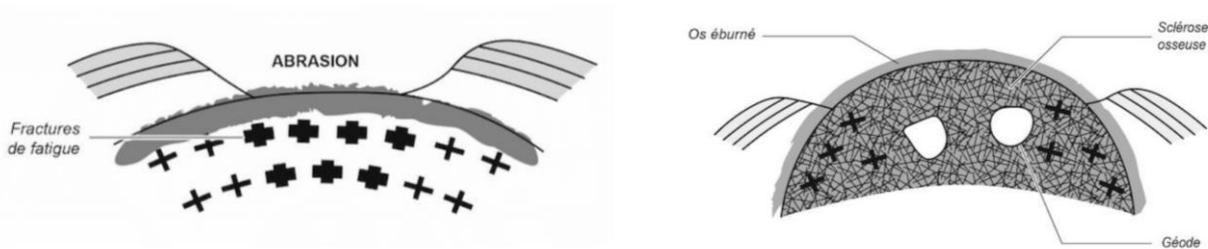
1. Amortissement hydraulique

Le cartilage est **élastique**, son épaisseur diminue de moitié lors de la mise en charge. Il s'agit d'un système d'**amortissement hydraulique** avec participation de 3 éléments :

- Les **fibres de collagène**
- Le **gel de protéoglycanes** qui sont des molécules hydrophiles qui vont **capter les molécules d'eau**. Lorsque l'articulation est en charge, les molécules d'eau vont quitter le cartilage pour rejoindre le liquide synovial et à l'inverse, lorsque la pression diminue, les molécules d'eau vont regagner le cartilage grâce à ces molécules de protéoglycanes qui captent l'eau.
- Les **cellules cartilagineuses**

2. Arthrose

L'arthrose est une **lésion dégénérative du cartilage** due à une déshydratation liée au vieillissement. Au début de l'arthrose, on va pouvoir observer des fissures et un démasquage du collagène. On parle de **fibrillation du cartilage**. Les premiers signes de l'arthrose sont l'abrasion du cartilage et la présence de fractures de fatigue (à gauche). À un stade un peu plus avancé, il y aura densification de l'os sous-chondral avec une sclérose osseuse et la présence de géode (= trous) au sein de cet os (à droite).



V. EXPLORATIONS

A. CLINIQUES

Sur le plan clinique, on peut étudier les amplitudes articulaires en actif et en passif en mesurant les différents angles, il s'agit de la **goniométrie**.

B. IMAGERIES

Il existe différentes techniques d'imagerie permettant d'étudier les articulations :

- La **radiographie** des os et de l'interligne articulaire.
- L'opacification des cavités articulaires par injection de produits opaques. On parlera d'**arthrographie** s'il s'agit d'une articulation synoviale et de **discographie** s'il s'agit d'un disque articulaire. Cette opacification peut être couplée à un scanner X (arthroscanner ou discoscanner).
- **Scanner 3D**
- **IRM** qui permet d'observer les parties molles telles que la synovie, la capsule...
- **Échographie** qui permet l'étude des tendons et de la bourse synoviale
- **Arthroscopie** qui est une technique d'endoscopie

ANATOMIE GÉNÉRALE DE L'APPAREIL LOCOMOTEUR : MUSCLES, FASCIAS

I. MYOLOGIE

La myologie est l'étude des muscles, qui sont des **éléments actifs du mouvement**. Les muscles mobilisent les pièces osseuses, tendent la peau, ferment les orifices et actionnent les viscères.

Lors de la contraction musculaire, on observe une transformation de l'énergie chimique en énergie mécanique sous le contrôle de protéines mécaniques qui sont l'actine la myosine.

II. 3 TYPES HISTOLOGIQUES DE MUSCLES

A. MUSCLES LISSES INVOLONTAIRES À CONTRACTION LENTE

Les muscles lisses involontaires sont retrouvés au niveau de la **paroi des viscères**, des **vaisseaux** et des **muscles érecteurs de la peau**. La contraction de ces muscles est involontaire et lente et se fait sous le contrôle du **système nerveux autonome (SNA)**.

B. MUSCLES STRIÉS INVOLONTAIRES À CONTRACTION RAPIDE

Les muscles striés involontaires sont retrouvés au niveau du **myocarde** qui présente des contractions involontaires rapides contrôlées par le **SNA** et le **tissu nodal**. On retrouve également ces muscles au niveau de la fonction **l'ouïe**, où ils actionnent les osselets (marteau et étrier) au niveau de l'oreille moyenne. Ils sont aussi sous contrôle du **SNA**.

C. MUSCLE STRIÉS VOLONTAIRES SQUELETTIQUES À CONTRACTION RAPIDE

Les muscles striés volontaires squelettique sont retrouvés au niveau de l'appareil locomoteur, ils sont contrôlés par le système nerveux cérébro-spinal (SNCS). On va s'intéresser principalement à ces muscles.

III. MUSCLE STRIÉ VOLONTAIRE

A. EMBRYOLOGIE

Les muscles striés ont pour origine le **mésoderme**. Ils sont formés à partir des **myotomes**, faisant partie des somites et apparaissant à la 3^{ème} semaine de développement *in utero*. Les fibres musculaires sont formées par les **myoblastes** dès le 3^{ème} mois de la vie utérine.

La disposition des muscles au niveau de l'embryon se fait de manière **dorso-ventrale** :

- L'**épimère** est en position dorsale et est à l'origine des muscles dorsaux
- L'**hypomère** est en position ventrale et est à l'origine des muscles de la paroi abdominale principalement
- Les tissus à l'origine des muscles des membres sont en position latérale, ils apparaissent à la 6^{ème} semaine de développement.

Le nombre de fibre musculaire est fixé à la naissance.

B. ANATOMIE MACROSCOPIQUE

Les muscles représentent 30 à 40% de la masse corporelle. De façon constante, on dénombre 620 muscles classées selon leur forme en 4 catégories :

- Les **muscles longs** monogastrique ou composés (digastriques tels que le biceps ou l'ischio-jambier ou polygastriques tel que le muscle droit de l'abdomen)
- Les **muscles plats**
- Les **muscles courts** qui sont forts et épais
- Les **muscles annulaires** ou muscles sphincters

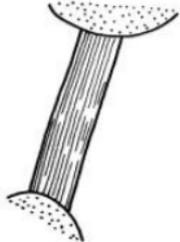
Le terme « *gastre* » signifie ventre, c'est-à-dire corps charnu musculaire séparé par des zones tendineuses.

C. MODE D'INSERTION

L'insertion des muscles se fait la plupart du temps sur l'os mais dans certains cas elle peut se faire sur la peau ou par l'intermédiaire de tendon. On distingue 2 types d'insertion :

- L'**insertion proximale** qui est fixe, peut être charnue ou sous forme d'arcades fibreuses, de tendons ou d'aponévroses.
- L'**insertion distale** qui est mobile et en général tendineuse.

En fonction du muscle on va distinguer différentes terminaisons :

Bout à bout	Penniforme	Semi-penniforme	Multi-penniforme	Fasciculée
				<i>Pas d'illustration</i>

La terminaison de certains muscles, notamment celle du muscle moyen fessier sur le grand trochanter fémoral, se fait par l'intermédiaire de fibres tendineuses de Sharpey qui perforent le cartilage et l'os. Ces fibres sont très puissantes.

D. ULTRASCTURURE

Il existe 2 types principaux de fibres musculaires ou myocytes :

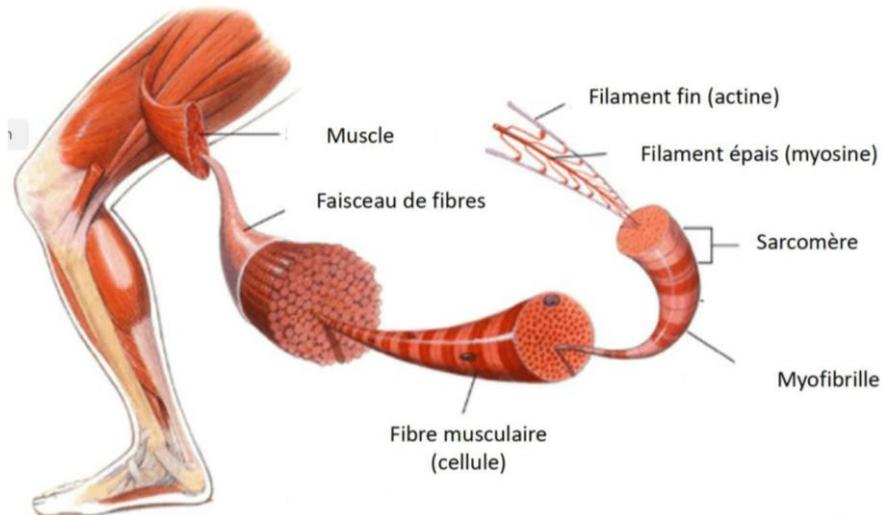
- Les **fibres de type 1** qui sont rouges, lentes (myoglobine) et aérobies, elles composent les **muscles toniques** de posture
- Les **fibres de type 2** qui sont blanches, rapides et anaérobie, elles composent les **muscles phasiques** des membres.

L'action du muscle est caractérisée par le % de chaque type de fibre retrouvée dans le muscle concerné.

Il existe également un type intermédiaire aérobie et anaérobie qui concerne les muscles de la marche et de la course.

E. HISTOLOGIE

Le muscle est constitué de **faisceaux de fibres musculaires** contenant des **myofibrilles** présentant des **sarcomères**. Ces myofibrilles sont constituées de filaments fins (actine) et épais (myosine).



F. VASCULARISATION

La vascularisation des muscles striés se fait par un **pédicule vasculo-nerveux commun**, on dit que le muscle est **polarisé**. On observe environ 2 000 capillaires/mm², le métabolisme énergétique musculaire est donc très important. Le retour veineux est favorisé par l'exercice musculaire et la **vascularisation est réduite pour les tendons**. Ils sont donc exposés à une hypovascularisation et à une tendinite lors de surentraînements.

G. INNERVATION

1. Motrice

L'innervation est principalement motrice avec :

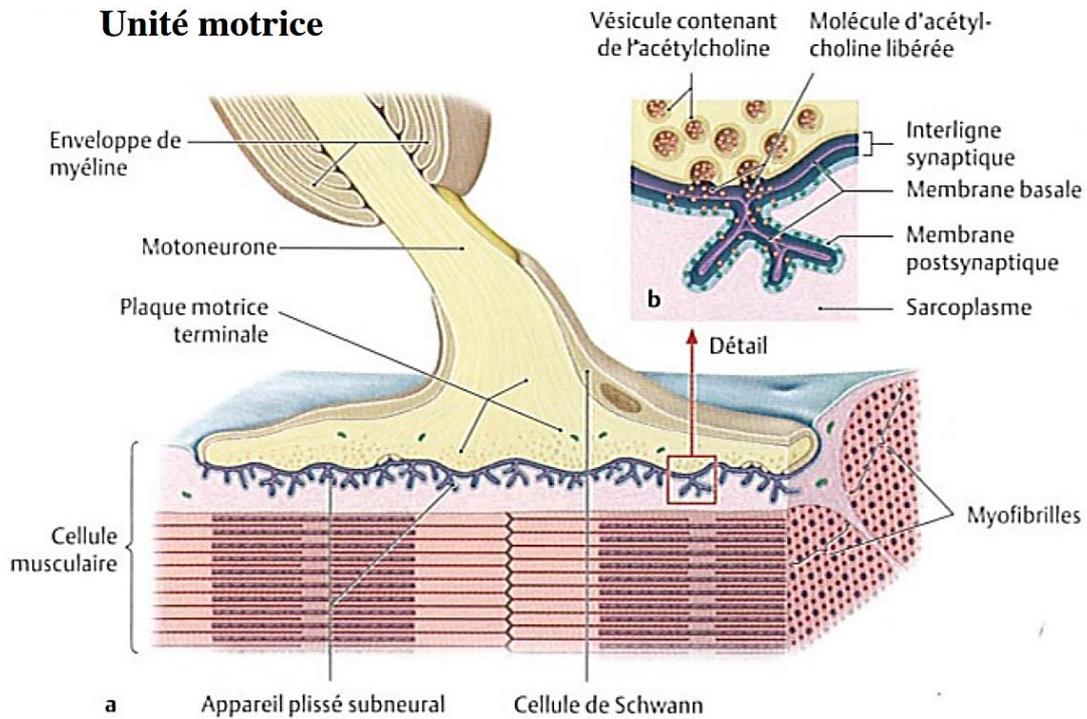
- Des **fibres alpha myélinisées** pour une **unité motrice** (= motoneurone + groupe de fibres musculaires). Le motoneurone rejoint la fibre musculaire au niveau d'une zone appelée point moteur.
- Des **fibres gamma** pour le **faisceau neuro-musculaire**
- Des **fibres bêta**

2. Sensitive et végétative

L'innervation est aussi **sensitive**, *via* les **fibres myélinisées** à partir de récepteur et les **fibres amyéliniques**, et **végétative** qui contrôle la **vasomotricité des vaisseaux** du muscle.

Les muscles sont sensibles à la tension et à l'étirement.

3. Unité motrice



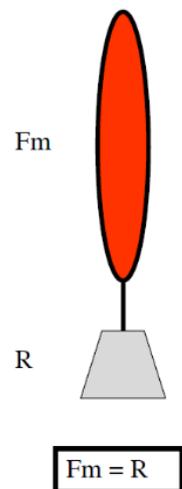
IV. BIOMÉCANIQUE DU MUSCLE STRIÉ

A. TYPES DE CONTRACTION

1. Contraction isométrique

La contraction isométrique est une contraction statique contre résistance, **sans déplacement** des extrémités donc **sans modification de la longueur des muscles**. Dans ce cas la force musculaire (F_m) est égale à la résistance (R). 🎓 ❤️

Il s'agit d'une technique intéressante lorsqu'on veut renforcer des muscles sans avoir trop de mobilité (suite à une opération, à un traumatisme...)



2. Contraction isotonique

La contraction isotonique est une contraction **avec déplacement**, qui s'effectue avec une **force constante**. La contraction est dynamique, elle peut être :

- **Concentrique** : le travail est actif (> 0) et $F_m > R$
- **Excentrique** : le travail est résistant (< 0) et $F_m < R$



3. Contraction isocinétique

La contraction isocinétique est une **contraction dynamique** à **vitesse constante** et le sujet impose une force musculaire maximale. Ce type de contraction peut être étudiée en clinique avec un appareil de type Cybex.

B. BILAN DE FORCE MUSCULAIRE

En clinique, la force musculaire peut être évaluée en faisant ce qu'on appelle un **testing musculaire** pendant lequel une cotation de 0 à 5 est donnée :

- 0 : pas de contraction
- 1 : contraction perceptible à la palpation sans mouvement
- 2 : possibilité de mouvement en apesanteur ou actif aidé
- 3 : mouvement contre pesanteur
- 4 : mouvement contre résistance modérée
- 5 : force normale

La **force maximale** du muscle est **proportionnelle à sa surface sur une section transversale** :

- 1 mm² de myofibrille = 108 gf (gramme force)
- 1 cm² de muscle strié = 4 à 6 Kgf
- 1,80 m² (corps entier) = 22 tonnes

C. RELATION TENSION - LONGUEUR

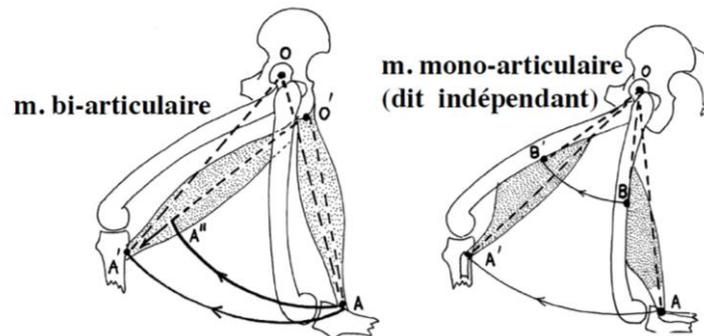
La relation entre la tension et la longueur du muscle dépend de son **élasticité**. La force musculaire diminue avec le raccourcissement du muscle et un muscle ne peut pas se raccourcir de plus de 40% de sa longueur de repos (L₀).

Ainsi on peut définir 3 types de muscles :

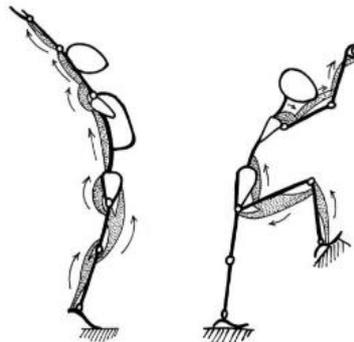
- Les muscles **parallèles** qui ont une course longue et une force modeste.
- Les muscles **penniformes** ou obliques qui ont une course courte et une force importante.
- Les muscles **spiralés** qui ont une course longue et une force rotatoire importante.

D. CONSÉQUENCES BIOMÉCANIQUES

La **force des muscles** est plus importante lorsqu'il a été pré-étiré, ce n'est cependant valable que pour les muscles **bi-articulaires** qui sont dépendants de la position des articulations (exemple : ischio-jambiers). Ceci n'existera pas pour un muscle mono-articulaire qui est donc dit indépendant.

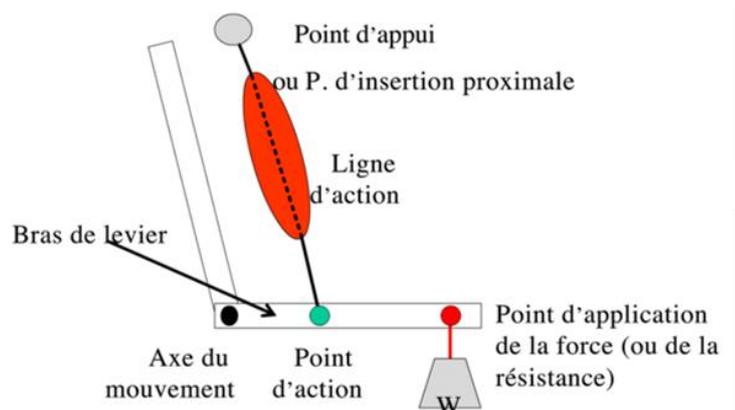


Les **chaînes musculaires** fonctionnent en alternance avec le jeu des pré-étirements pour l'action des **agonistes**, qui agissent dans le sens du mouvement, et **antagonistes**, qui agissent dans le sens opposé. Sur le schéma de gauche il s'agit d'une chaîne en extension et les muscles qui sont derrière la colonne vertébrale, le grand fessier et les muscles extenseurs des membres supérieurs agissent de façon agoniste alors que les muscles se situant autour de la hanche, à savoir le grand fessier et le quadriceps sont des muscles antagonistes.



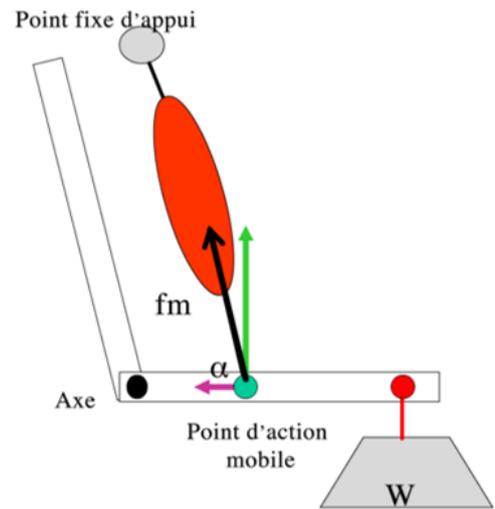
E. COMPLEXE MOTEUR : MODÈLE MÉCANIQUE

Dans le schéma ci-contre, les segments osseux sont représentés par les rectangles blancs, l'articulation par le point noir et la ligne d'action est représentée **dans l'axe des fibres musculaires**. Le point d'action correspond à l'insertion distale.  

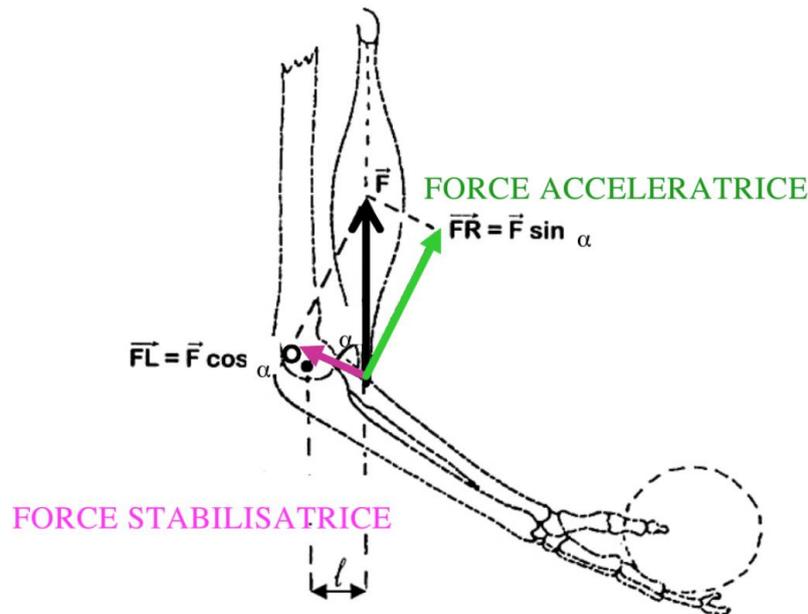


La **force musculaire** (f_m) ou ligne d'action se décompose en :

- Une **force perpendiculaire** (en verte) au segment mobile qui est la **composante rotationnelle** ou accélératrice ou dynamique entraînant le mouvement
- Une **force parallèle** (en rose) au segment osseux qui est la **composante longitudinale** ou stabilisatrice dans la grande majorité des cas
- Un **angle d'application** α qui est l'angle d'attaque constitué par la force musculaire et le segment osseux mobile



Les forces accélératrices et stabilisatrices dépendent donc de la force musculaire et de l'angle α :

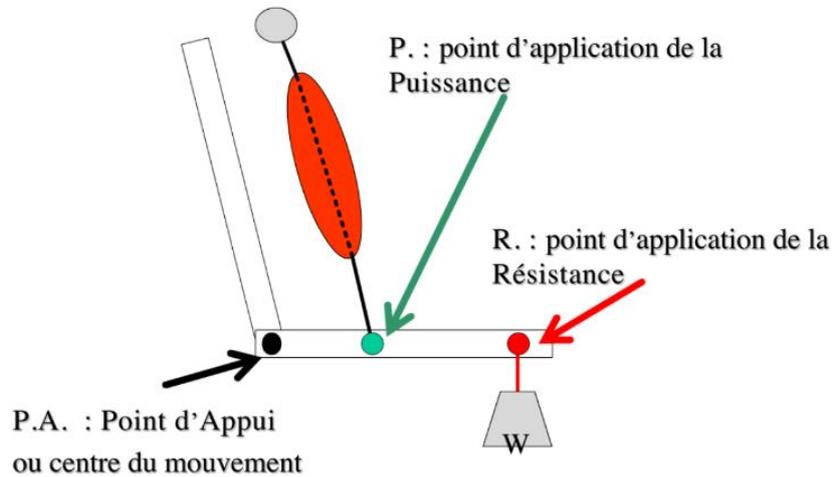


1. Classement des muscles selon l'angle α

Selon l'angle α , on va pouvoir distinguer 3 catégories de muscles :

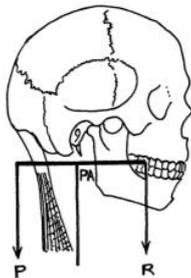
- Les **muscles stabilisateurs** (petit angle α) ou « shunt muscle » qui ont un point fixe proximal près du centre de rotation et un point mobile distal loin du centre de rotation (exemple : brachio-radial).
- Les **muscles accélérateurs** (grand angle α) ou « spurt muscle » qui ont un point fixe loin du centre de rotation et un point mobile près du centre de rotation (exemple : biceps brachial).
- Les **muscles rotateurs** ou « spin muscle » (exemple : le muscle sterno-cléido-mastoïdien qui est un muscle céphalogyre, dont la contraction entraîne une inclinaison homolatérale et une rotation controlatérale).

2. Classement des leviers

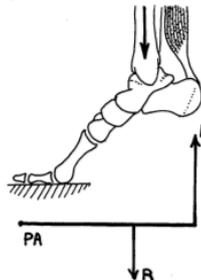


Grâce au modèle ci-contre on peut définir 3 types de levier :

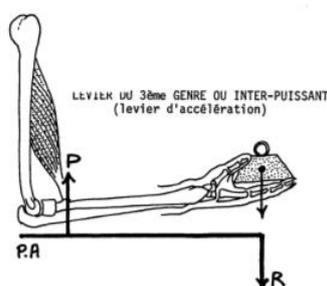
- Le levier du **1^{er} genre** appelé **levier inter-appui** ou **levier d'équilibre** : PA est situé entre P et R (exemple : levier d'équilibre de la tête au-dessus du rachis cervical).



- Le levier du **2^{ème} genre** appelé **levier inter-résistant** qui correspond à un **levier de force** (impulsion puissante) : R se situe entre PA et P (exemple : mouvement qui permet de se mettre sur la pointe des pieds).



- Le levier du **3^{ème} genre** appelé **levier inter-puissant** ou **levier de vitesse** : P se situe entre PA et R (exemple : flexion du coude).



V. EXPLORATIONS

On peut explorer le muscle de différentes façons :

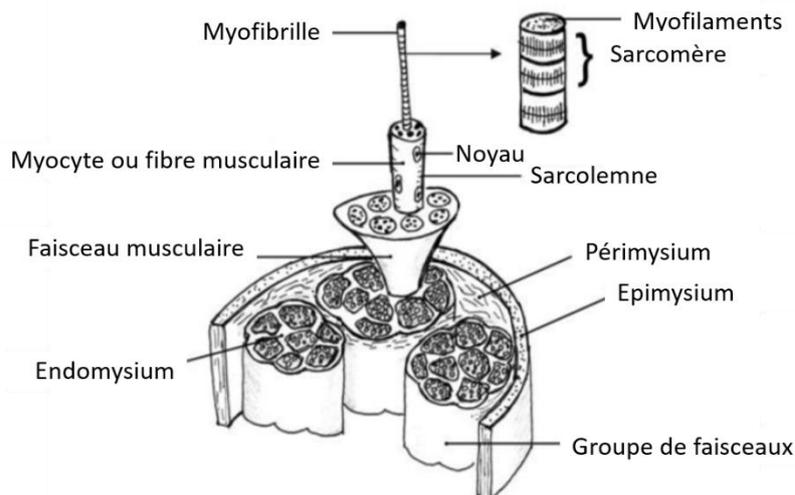
- En **clinique** grâce au testing musculaire ou grâce à des machines isométriques ou isocinétiques ;
- En **imagerie** : échographie ou IRM
- De **manière fonctionnelle** grâce à une **électromyographie** (EMG) qui permet d'étudier la contraction des muscles et le contrôle neurologique des muscles concernés.

VI. ANNEXES DES MUSCLES

Les annexes des muscles comprennent les **fascias**, les **bourses synoviales** ou séreuses et les **gaines tendineuses**.

A. FASCIAS

La fibre musculaire ou myocyte est limitée par le **sarcoleme**, elles composent le faisceau musculaire (10 à 100 fibres musculaires) qui est entouré par l'**endomysium**. Les faisceaux musculaires sont ensuite assemblés en groupes entourés par le **périmysium** et le muscle est lui-même entouré par l'**aponévrose** ou **épimysium**. Une déchirure de ces aponévroses peut provoquer une hernie musculaire.



On distingue 2 types de fascias :

- Les **fascias superficiels** ou sous-cutanés
- Les **fascias profonds** et septum qui délimitent les loges musculaires

Il existe aussi des **membranes interosseuses** (entre le radius et l'ulna ou entre le tibia et la fibula par exemple) et des **rétinaculum** (structure, au niveau de la cheville notamment, qui permet la circonférence des tendons).

B. GAINES SYNOVIALES ET FIBREUSES

Les gaines synoviales, situées au contact des tendons, vont permettre de le nourrir et les gaines fibreuses qui vont jouer le rôle de poulies. Ces gaines fibreuses sont capitales pour le fonctionnement des doigts notamment.

C. BOURSES SYNOVIALES OU SÉREUSE

Les bourses favorisent le glissement des structures, on les retrouve principalement au niveau de l'épaule, du coude et du genou. Elles peuvent être hypertrophiées et inflammées, on parle alors d'hygroma qui est une pathologie assez gênante pour le patient. En effet, ces tuméfactions inflammatoires et douloureuses doivent parfois être enlevées chirurgicalement.

ANNALES CLASSÉES CORRIGÉES

SUJET

2020-2021

QCM 1 : A propos des généralités sur l'anatomie quelle(s) est (sont) la (les) réponse(s) exacte (s) ?

- A. dans la position dite de référence, la main se présente en pronation
- B. l'axe de référence de dos est vertical et suit les processus épineux
- C. l'axe de référence de profil est vertical et joint les conduits auditifs externes et les têtes de fémur
- D. l'axe de la main passe par l'index
- E. les coupes axiales transverses se regardent toujours par-dessus

QCM 2 : A propos de l'architecture des os quelle(s) est (sont) la (les) réponse(s) exacte(s) ?

- A. dans les os longs, l'os cortical existe au niveau des épiphyses
- B. le périoste est une membrane conjonctive périphérique de la diaphyse
- C. la métaphyse se situe entre l'épiphyse et la diaphyse
- D. l'os compact des os plats forme les tables interne ou externe
- E. l'os spongieux est fibrillaire

QCM 3 : A propos de la formation et de la croissance de l'os quelle(s) est (sont) la (les) réponse(s) exacte(s) ?

- A. l'ostéoblaste vient du chondroblaste qui vient du fibroblaste
- B. le noyau d'ossification primaire épiphysaire apparaît avant le noyau d'ossification primaire diaphysaire
- C. l'ossification passe par un stade cartilagineux : on parle d'ossification enchondrale
- D. l'os en croissance grandit plus quand il est sous compression selon la loi de Wolf
- E. la croissance en longueur est contrôlée par la plaque épiphysaire ou cartilage de conjugaison

QCM 4 : A propos des articulations synoviales quelle(s) est (sont) la (les) réponse(s) exacte(s) ?

- A. la surface convexe d'une articulation de type ginglyme est en forme de barillet
- B. les articulations planes ont un nombre infini de degrés de liberté donc 3 degrés de liberté chez l'homme
- C. les articulations en selle font partie des articulations toroïdes
- D. les articulations sphéroïdes ont 2 degrés de liberté
- E. le paradoxe de Codman est spécifique des articulations sphéroïdes

QCM 5 : A propos de la biomécanique des muscles quelle(s) est (sont) la (les) réponse(s) exacte(s) ?

- A. dans la contraction isotonique il n'y a pas de modification de la longueur du muscle
- B. le bras de levier se situe entre l'axe du mouvement et le point d'action
- C. la ligne d'action est parallèle au corps musculaire
- D. le pré-étirement peut concerner un muscle mono-articulaire
- E. la composante stabilisatrice est perpendiculaire au segment osseux qui bouge

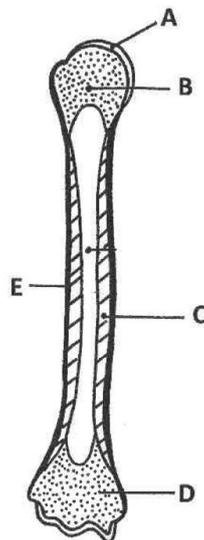
2019-2020

QCM 1 : A propos des axes et des plans de référence quelle (s) est (sont) la (les) réponse (s) exacte (s) ?

- A. l'axe de profil rejoint les conduits auditifs externes et les têtes de fémur
- B. l'axe de la main passe au niveau de l'index
- C. le plan horizontal est dit aussi axial transverse
- D. les qualificatifs latéral et médial concernent le plan sagittal
- E. les qualificatifs crânial ou proximal concernent le plan coronal

QCM 2 : Sur cette coupe coronale d'un os long quelle(s) est (sont) la (les) légende (s) exacte(s) ?

- A. cartilage articulaire
- B. métaphyse
- C. os spongieux
- D. épiphyse distale
- E. périoste



QCM 3 : A propos des propriétés mécaniques de l'os quelle(s) est (sont) la (les) réponse (s) exacte(s) ?

- A. l'os est polyphasique donc très résistant
- B. il résiste mieux à la compression qu'à la torsion
- C. il est visco-élastique
- D. il se densifie en apesanteur
- E. l'os de l'enfant croît moins quand il est sous compression

QCM 4 : A propos de la biomécanique des articulations synoviales quelle(s) est (sont) la (les) réponse (s) exacte(s) ?

- A. la viscosité du liquide synovial augmente avec le mouvement dans l'articulation
- B. la gélification des glycoprotéines s'observe sous forte pression dans l'articulation
- C. les protéoglycanes du cartilage articulaire captent les molécules d'eau
- D. ces molécules d'eau quittent le cartilage pour rejoindre le liquide synovial quand l'articulation est sous pression
- E. dans l'arthrose débutante on observe une fibrillation du cartilage

QCM 5 : A propos de la biomécanique des muscles quelle(s) est (sont) la (les) réponse (s) exacte(s) ?

- A. dans la contraction isométrique il n'y a pas de modification de la longueur du muscle
- B. la force musculaire est inversement proportionnelle à la surface du muscle
- C. la force maximale de l'ensemble des muscles de l'organisme atteint 22 tonnes
- D. un muscle mono-articulaire peut être pré-étiré par le mouvement d'une articulation proche et ainsi mieux se contracter
- E. les muscles agonistes ont la même action dans un mouvement donné

CORRIGÉ

2020-2021

QCM 1 : A propos des généralités sur l'anatomie quelle(s) est (sont) la (les) réponse(s) exacte (s) ?

- A. dans la position dite de référence, la main se présente en pronation
- B. l'axe de référence de dos est vertical et suit les processus épineux
- C. l'axe de référence de profil est vertical et joint les conduits auditifs externes et les têtes de fémur
- D. l'axe de la main passe par l'index
- E. les coupes axiales transverses se regardent toujours par-dessus

Réponse(s) : **BC**

- A : FAUX : Dans la position dite de référence, la main se présente en **supination**
- B : VRAI
- C : VRAI
- D : FAUX : L'axe de la main passe par le **3^{ème} doigt**, c'est-à-dire le médius ou majeur
- E : FAUX : Les coupes axiales transverses se regardent toujours par **en-dessous**

QCM 2 : A propos de l'architecture des os quelle(s) est (sont) la (les) réponse(s) exacte(s) ?

- A. dans les os longs, l'os cortical existe au niveau des épiphyses
- B. le périoste est une membrane conjonctive périphérique de la diaphyse
- C. la métaphyse se situe entre l'épiphyse et la diaphyse
- D. l'os compact des os plats forme les tables interne ou externe
- E. l'os spongieux est fibrillaire

Réponse(s) : **BCD**

- A : FAUX : Dans les os longs, l'os cortical existe au niveau des **diaphyses**
- B : VRAI
- C : VRAI
- D : VRAI
- E : FAUX : L'os spongieux est **lamellaire**

QCM 3 : A propos de la formation et de la croissance de l'os quelle(s) est (sont) la (les) réponse(s) exacte(s)?

- A. l'ostéoblaste vient du chondroblaste qui vient du fibroblaste
- B. le noyau d'ossification primaire épiphysaire apparaît avant le noyau d'ossification primaire diaphysaire
- C. l'ossification passe par un stade cartilagineux : on parle d'ossification enchondrale
- D. l'os en croissance grandit plus quand il est sous compression selon la loi de Wolf
- E. la croissance en longueur est contrôlée par la plaque épiphysaire ou cartilage de conjugaison

Réponse(s) : **ACE**

A : VRAI

B : FAUX : Le noyau d'ossification primaire épiphysaire apparaît **après** le noyau d'ossification primaire diaphysaire

C : VRAI

D : FAUX : L'os en croissance grandit plus dans les **zones de moindres pressions** selon la **loi de Delpech et de Hueter-Volkman**.

E : VRAI

QCM 4 : A propos des articulations synoviales quelle(s) est (sont) la (les) réponse(s) exacte(s) ?

- A. la surface convexe d'une articulation de type ginglyme est en forme de barillet
- B. les articulations planes ont un nombre infini de degrés de liberté donc 3 degrés de liberté chez l'homme
- C. les articulations en selle font partie des articulations toroïdes
- D. les articulations sphéroïdes ont 2 degrés de liberté
- E. le paradoxe de Codman est spécifique des articulations sphéroïdes

Réponse(s) : **BC**

A : FAUX : La surface convexe d'une articulation de type **trochoïde** est en forme de barillet

B : VRAI

C : VRAI

D : FAUX : Les articulations sphéroïdes ont **3** degrés de liberté

E : FAUX : Le paradoxe de Codman (rotation conjointe) est retrouvé dans les articulations **sphéroïdes et toroïdes** notamment

QCM 5 : A propos de la biomécanique des muscles quelle(s) est (sont) la (les) réponse(s) exacte(s) ?

- A. dans la contraction isotonique il n'y a pas de modification de la longueur du muscle
- B. le bras de levier se situe entre l'axe du mouvement et le point d'action
- C. la ligne d'action est parallèle au corps musculaire
- D. le pré-étirement peut concerner un muscle mono-articulaire
- E. la composante stabilisatrice est perpendiculaire au segment osseux qui bouge

Réponse(s) : **BC**

- A : FAUX : Dans la contraction **isométrique** il n'y a pas de modification de la longueur du muscle
 B : VRAI
 C : VRAI
 D : FAUX : Le pré-étirement ne concerne **que les muscles bi-articulaires**
 E : FAUX : La composante stabilisatrice est **parallèle** au segment osseux qui bouge

2019-2020

QCM 1 : A propos des axes et des plans de référence quelle (s) est (sont) la (les) réponse (s) exacte (s) ?

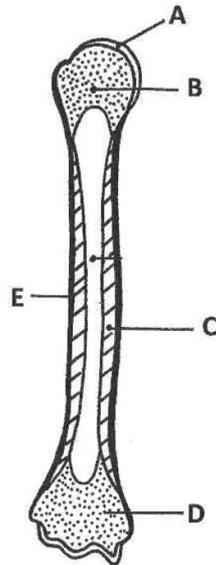
- A. l'axe de profil rejoint les conduits auditifs externes et les têtes de fémur
- B. l'axe de la main passe au niveau de l'index
- C. le plan horizontal est dit aussi axial transverse
- D. les qualificatifs latéral et médial concernent le plan sagittal
- E. les qualificatifs crânial ou proximal concernent le plan coronal

Réponse(s) : **ACD**

- A : VRAI
 B : FAUX : L'axe de la main passe au niveau du **médius ou majeur**
 C : VRAI
 D : VRAI
 E : FAUX : Les qualificatifs crânial ou proximal concernent le plan **horizontal**

QCM 2 : Sur cette coupe coronale d'un os long quelle(s) est (sont) la (les) légende (s) exacte(s) ?

- A. cartilage articulaire
- B. métaphyse
- C. os spongieux
- D. épiphyse distale
- E. périoste



Réponse(s) : **ADE**

- A : VRAI
- B : FAUX : **Os spongieux**
- C : FAUX : **Os compact**
- D : VRAI
- E : VRAI

QCM 3 : A propos des propriétés mécaniques de l'os quelle(s) est (sont) la (les) réponse (s) exacte(s) ?

- A. l'os est polyphasique donc très résistant
- B. il résiste mieux à la compression qu'à la torsion
- C. il est visco-élastique
- D. il se densifie en apesanteur
- E. l'os de l'enfant croît moins quand il est sous compression

Réponse(s) : **ABCE**

- A : VRAI
- B : VRAI
- C : VRAI
- D : FAUX : L'os devient **poreux** en apesanteur
- E : VRAI

QCM 4 : A propos de la biomécanique des articulations synoviales quelle(s) est (sont) la (les) réponse (s) exacte(s) ?

- A. la viscosité du liquide synovial augmente avec le mouvement dans l'articulation
- B. la gélification des glycoprotéines s'observe sous forte pression dans l'articulation
- C. les protéoglycanes du cartilage articulaire captent les molécules d'eau
- D. ces molécules d'eau quittent le cartilage pour rejoindre le liquide synovial quand l'articulation est sous pression
- E. dans l'arthrose débutante on observe une fibrillation du cartilage

Réponse(s) : **CDE**

- A : FAUX : La viscosité du liquide synovial **diminue** avec le mouvement dans l'articulation
 B : FAUX : La gélification de l'**acide hyaluronique** s'observe sous forte pression dans l'articulation
 C : VRAI
 D : VRAI
 E : VRAI

QCM 5 : A propos de la biomécanique des muscles quelle(s) est (sont) la (les) réponse (s) exacte(s) ?

- A. dans la concentration isométrique il n'y a pas de modification de la longueur du muscle
- B. la force musculaire est inversement proportionnelle à la surface du muscle
- C. la force maximale de l'ensemble des muscles de l'organisme atteint 22 tonnes
- D. un muscle mono-articulaire peut être pré-étiré par le mouvement d'une articulation proche et ainsi mieux se contracter
- E. les muscles agonistes ont la même action dans un mouvement donné

Réponse(s) : **ACE**

- A : VRAI
 B : FAUX : La force musculaire est **proportionnelle** à la surface du muscle
 C : VRAI
 D : FAUX : Un muscle **biarticulaire** peut être pré-étiré par le mouvement d'une articulation proche et ainsi mieux se contracter
 E : VRAI