

A large, thick black L-shaped frame surrounds the central text. The top horizontal bar is on the left, the left vertical bar is on the left, and the bottom horizontal bar is on the right, with a vertical bar on the right side.

TISSUS SQUELETTIQUES

Tissus conjonctifs très spécialisés
Tissus cartilagineux + osseux

TISSU CARTILAGINEUX

Tissu cartilagineux

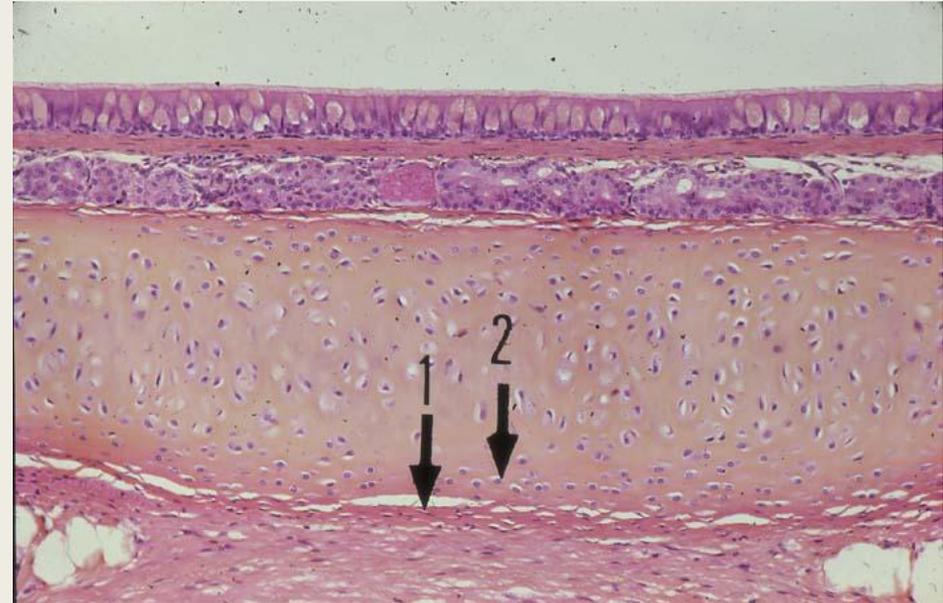
- Selon les espèces de vertébrés : squelette transitoire ou définitif
- Humains : tissu cartilagineux = tissu de soutien primitif **progressivement remplacé** pendant l'enfance par le **tissu osseux**
- Importance de la **substance fondamentale** matricielle produit par les **chondrocytes**
- Substance fondamentale = essentiellement des **protéoglycanes** +++
- Tissu cartilagineux – forte teneur en protéoglycanes
- **Forte hydratation** du tissu d'où ses propriétés :
 - *De solidité*
 - *De flexibilité*
 - *De résistance aux forces de pression*

Organisation

- Les tissus cartilagineux sont dépourvus d'innervation et de vascularisation
- Organisation relativement homogène
- Une masse matricielle amorphe (car importance de la SF) avec des logettes – les chondroplastes emprisonnant 1 à 4 cellules cartilagineuses matures : les chondrocytes
- Les chondrocytes sont le seul type cellulaire présent dans ce tissu

■ Les cartilages sont entourés d'un tissu conjonctif dense : **le périchondre**

1. Partie **externe** – **fibreuse vascularisée**
source d'approvisionnement en **métabolites** et en **eau**
2. Partie **interne** – **cellulaire**
activité **chondrogénique**
avec des **cellules capable de s'engager** dans la voie de **différenciation chondrocytaire**



Coupe histologique en MO du tissu cartilagineux

ATTENTION!!! Les cartilages articulaires et fibrocartilages ne sont PAS entouré de périchondre

Les cellules cartilagineuses

- Cytoplasme contenant :
 - Des *gouttelettes lipidiques*
 - Du *glycogène*
 - Un *REG développé*
 - Nombreuses *petites expansions cytoplasmiques* pénétrant dans la matrice
- Nombreuses *molécules* exprimées au *niveau membranaire* :
 - Des *intégrines* : rôle majeur dans les interactions cellules-MEC
 - Des *récepteurs* pour des hormones ou des vitamines



- En **périphérie**, proche des chondrocytes, les **composants matriciels se distribuent de façon différentielle** formant une **capsule fibreuse** :
 - Protéoglycanes + fibrilles de collagène
 - Entourant le chondroplaste
 - **Protection mécanique** des chondrocytes
- Si **plusieurs cellules** sont présentes dans la logette, elles sont **séparés par de minces cloisons issues de la capsule**
- **Chondrone = unité structurale et métaboliquement fonctionnelle** :
 - *Chondrocyte + son microenvironnement péricellulaire*



MEC

- Les **chondrocytes** assurent la **synthèse et la dégradation** de la MEC
- La SF est constituée de **complexes macromoléculaires** associant protéoglycanes + GAGs
 - *Forte hydratation du tissu cartilagineux*
 - *Eau = 70-80% de son poids*
- **Complexe macromoléculaire** composé :
 - *De GAGs organisés sur des protéoglycanes de type aggrécane*
 - *Eux même associés par centaines et branchés sur l'acide hyaluronique*

- Le collagène II est le plus abondant (associé au collagène accessoire IX)
- Le collagène XI est également présent dans la MEC
- **Certains types de cartilage ne possèdent pas de collagène de type II, mais de type I (cartilage fibreux)**
- La nature des constituants matriciels sera modifié selon :
 - *Le degré de différenciation*
 - *L'état physiologique des chondrocytes*
 - *L'âge des individus*

Chondrogénèse

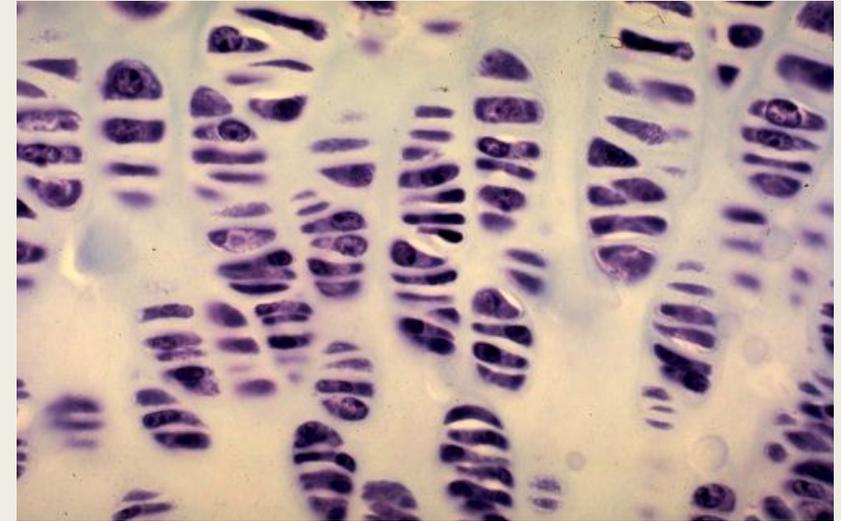
- Chondrogénèse – mécanisme de la constitution d'une structure cartilagineuse
- Association de 2 phénomènes :
 - *Prolifération cellulaire*
 - *Dépôt de constituants matriciels*
- 2 types de croissance :
 - *Par apposition*
 - *interstitielle*

Croissance par apposition

- **Cellules souches mésenchymateuses** de la **couche interne** du périchondre par **division asymétrique** donne une **nouvelle cellule mésenchymateuse** + un **préchondroblaste**
- Le préchondroblaste s'engagera dans la **voie de différenciation chondrocytaire**. Se **multiplie** et subit une **maturation** en **chondroblastes** qui s'accompagne d'une **production progressive de constituants matriciels**
- Le dépôt de ces constituants écartent et séparent les chondroblastes qui continuent leur maturation et deviennent des **chondrocytes**
- Permet l'accroissement en **épaisseur** du cartilage chez les jeunes

Croissance interstitielle

- **Mitoses** de chondrocytes localisés au sein du cartilage
- Rare chez l'adulte
- Orientation des axes de divisions différentes :
- Chondrocytes alignés en colonnes = **groupes isogéniques axiaux**
Au niveau des **cartilages de conjugaison**
Croissance en **LONGUEUR**
- Chondrocytes disposés en couronnes = **groupes isogéniques coronaires**
Au niveau des **cartilages de conjugaison**
Croissance en **DIAMETRE**



Patho – Achondroplasie

- Maladie **génétique, autosomique dominante**
- Anomalie de croissance – **croissance osseuse limitée** (surtout au niveau des **os longs +++**)
- Mutation du gène FGFR3 sur K4 qui code pour un **récepteur** (+++) au **facteur de croissance fibroblastique**
- Exprimé dans **les cellules du cartilage de conjugaison**
- **Nanisme dysharmonieux** : sujets de **petites tailles** et des **membres courts**; mais le **thorax et le crâne** ont subi une **croissance relativement normale**
- **Développement intellectuel normal**

Renouvellement de la MEC

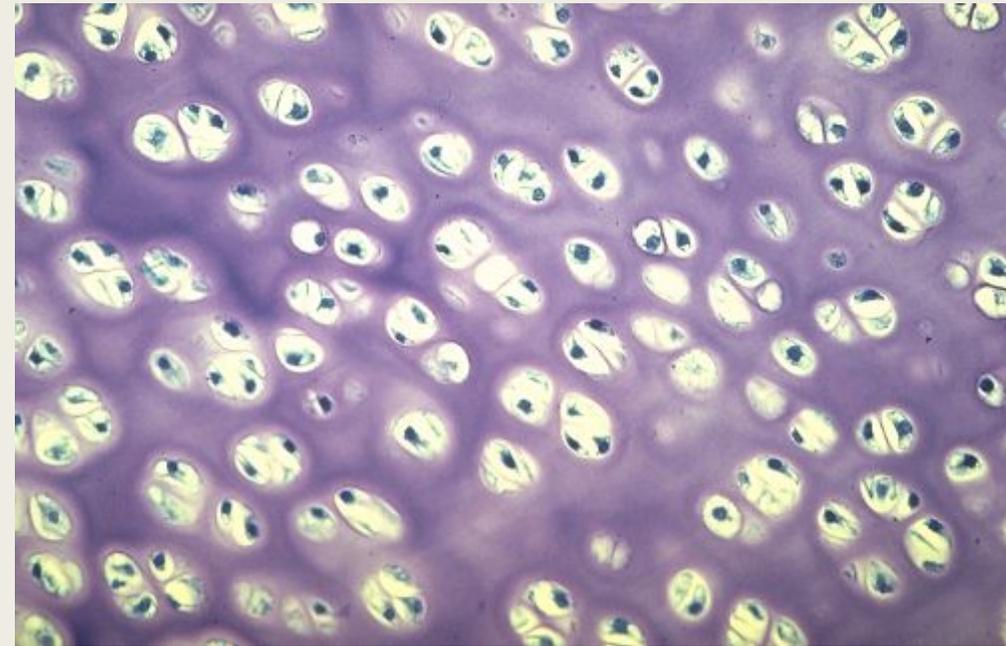
- Les composants de la matrice sont soumis à :
 - Une *dégradation continue* par des métalloprotéinases (MMPs) et des aggrécanases
 - Un *renouvellement permanent* par une activité synthétique des chondrocytes
- Cet **équilibre dynamique permet la survie des cellules**
 - *Qui dépend de l'apport de métabolites*
 - *S'effectuant par diffusion à travers la matrice depuis le périchondre*
- **Le périchondre est vascularisé contrairement au cartilage !!!**

LES DIFFÉRENTS TYPES DE CARTILAGE

Selon la quantité et la qualité des éléments fibreux matriciels on distingue **3 types de cartilages**

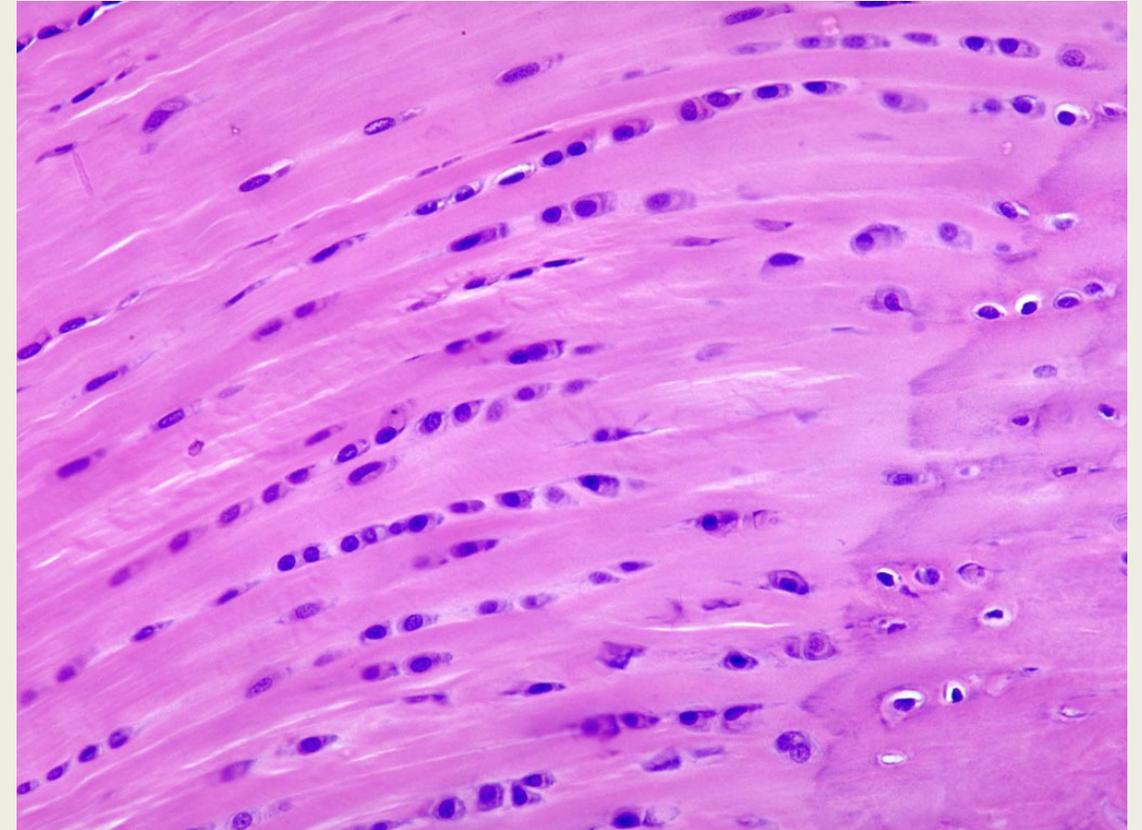
Cartilage hyalin

- Le plus répandu +++
- Petits amas de chondrocytes au sein d'une matrice amorphe d'apparence **homogène**, riche en :
 - Eau, GAGs et protéoglycanes
 - Réseau fibrillaire lâche, essentiellement du **collagène II**
- **Pas de fibres élastiques !!!!**
- Précurseur de **l'ostéogenèse endochondrale**
- Cloisons nasales, larynx, anneaux de l'arbre trachéo-bronchique, cartilage de jonction sternum/côtes, cartilage articulaires, ébauches squelettiques fœtales, cartilage de conjugaison



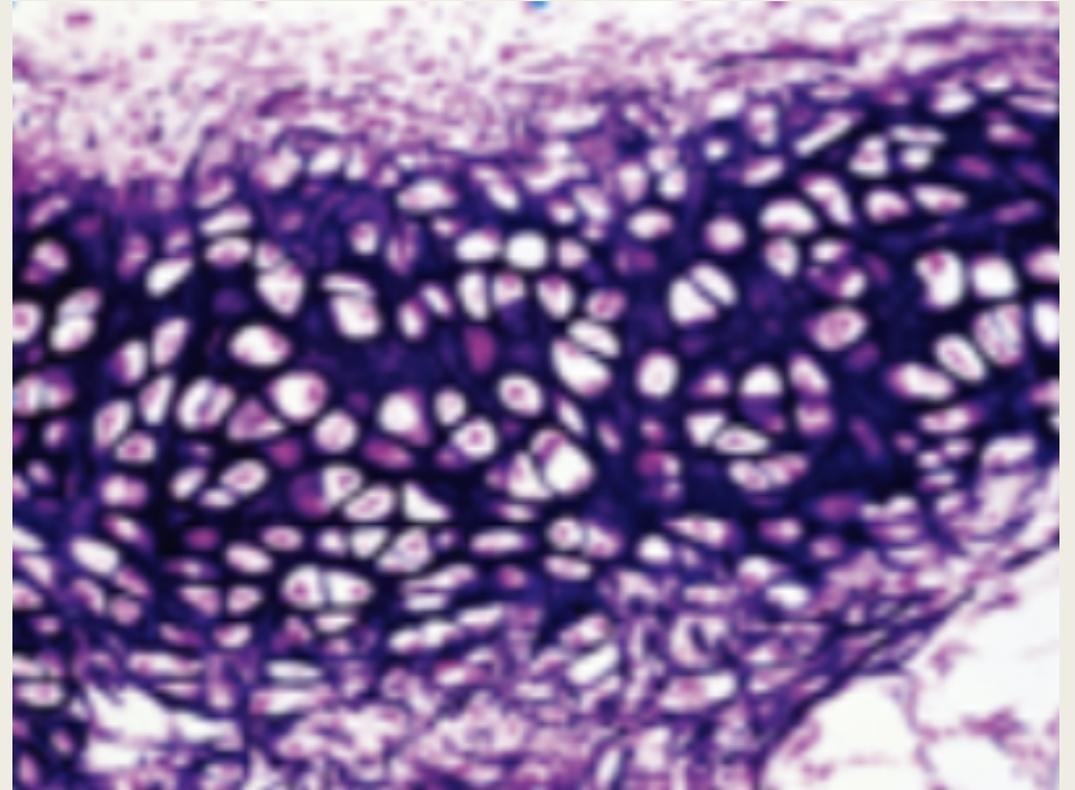
Cartilages fibreux (fibrocartilages)

- S'apparentent à des **tissus conjonctifs denses**
- **Grosses fibres de collagène I**
- Disposées en **couches successives**
- **Orientées** selon la **direction des contraintes fonctionnelles** dues à des **forces mécaniques**
- Ces couches fibreuses sont en alternance avec la SF
- Ce cartilage résiste à des **forces de pression importante**
- DIV, symphyse pubienne, cartilage articulaires (ménisque du genou), site d'insertion du tendon d'Achille



Cartilage élastique

- Structure histologique comparable à celles des **cartilages hyalins**
- Mais contiennent un **pourcentage élevé de fibres élastiques** (cartilage hyalin pas de fibres élastiques!!!)
- Coloration jaunâtre à cause des fibres
- Résiste à des **forces d'extension** et peuvent subir sous certaines limites des **déformations réversibles**
- Paroi des trompes d'Eustache, conduit auditif externe et le pavillon de l'oreille, l'épiglotte, ailes du nez



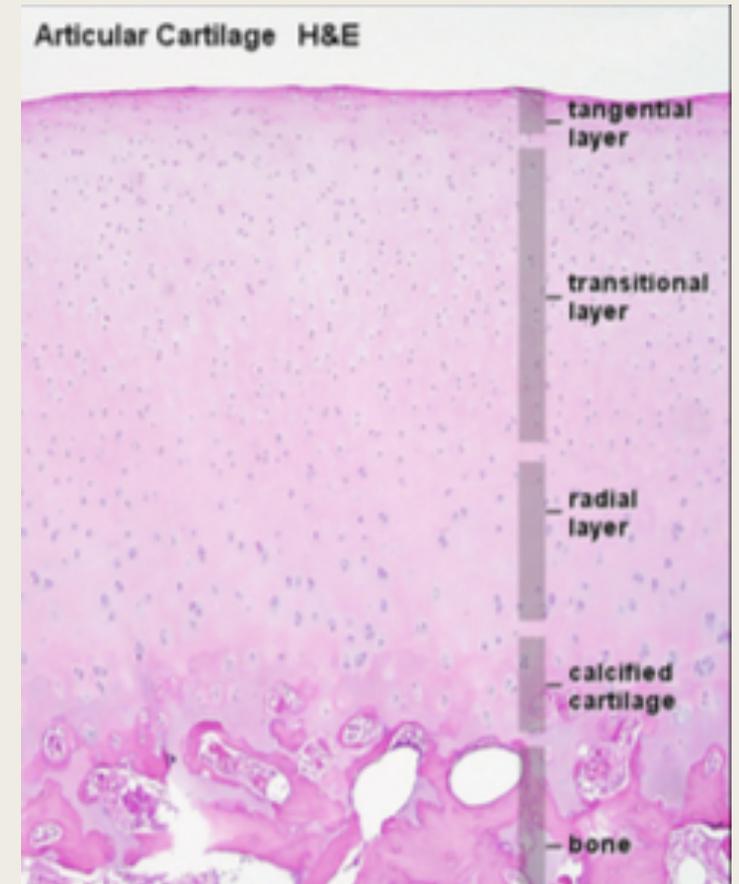
Les cartilages articulaires

- On distingue différents types d'articulation selon le **degré de mobilité**
 - **Synarthroses** – connexions entre les **pièces osseuses** sont **fixes** et assurées par :
 - TC dense
 - Cartilage (jonction tête sternum)
 - Tissu osseux
 - **Amphiarthroses** – pièces osseuses **peu mobiles** entre elles (DIV, symphyse pubienne)
 - **Diarthroses** – pièces osseuses **mobiles**, avec existence d'une **cavité articulaire** et d'un **système de lubrification**

Les diarthroses

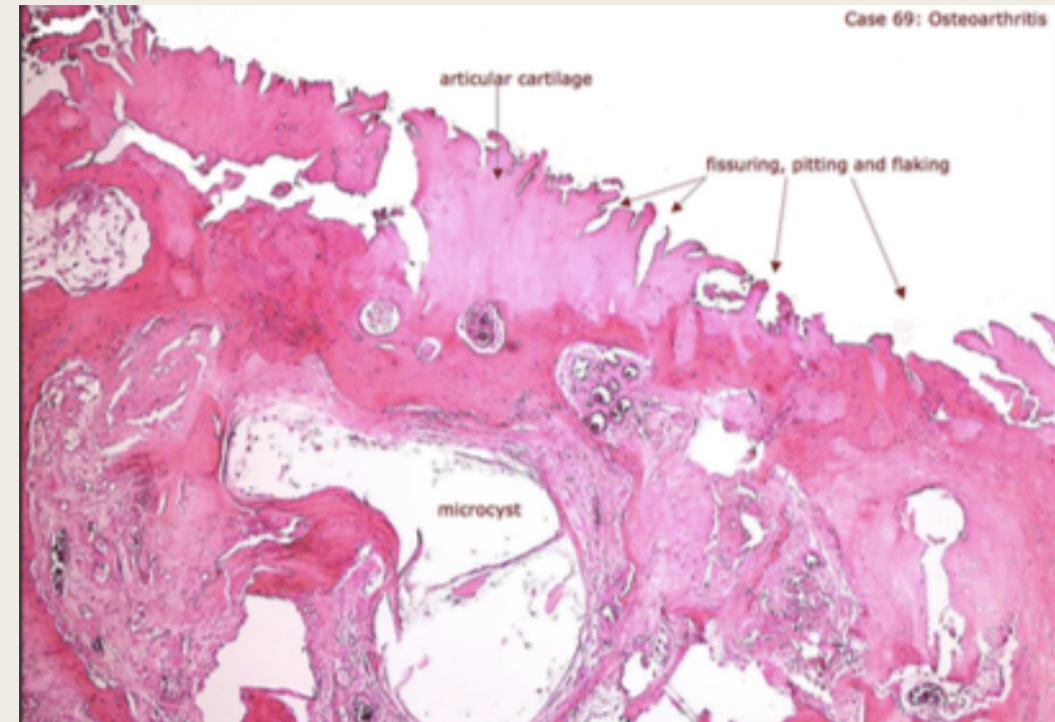
- Les 2 surfaces osseuses articulaires sont recouvertes par du **cartilage hyalin** et séparées par une cavité
- **Cavité** qui est délimitée par une **membrane synoviale** (TC lâche très vascularisé) et remplie de **liquide synovial** contenant de l'acide hyaluronique
- Les **cartilages articulaires sont dépourvus de périchondre** (comme les fibrocartilages)
- Le **liquide synovial** assure la **nutrition** du tissu cartilagineux

- Le cartilage est formé de **plusieurs couches** se différenciant par l'organisation de ses constituants :
- ❖ Une **couche superficielle** à **cellules aplaties** et à **fibres de collagènes II fines**, orientées **parallèlement** à la surface articulaire
- ❖ Une **couche de transition** à chondrocytes **arrondis**, à fibres de collagène II orientées **obliquement**
- ❖ Une **couche profonde radiée** à cellules disposées **en colonnes** et à **grosses** fibres de collagène II orientées **perpendiculairement** à la surface articulaire.
- Sous cette couche, une **zone de transition** soumise à des processus de **calcification**, ce qui constitue une interface avec le tissu osseux sous-jacent



Patho - Arthrose

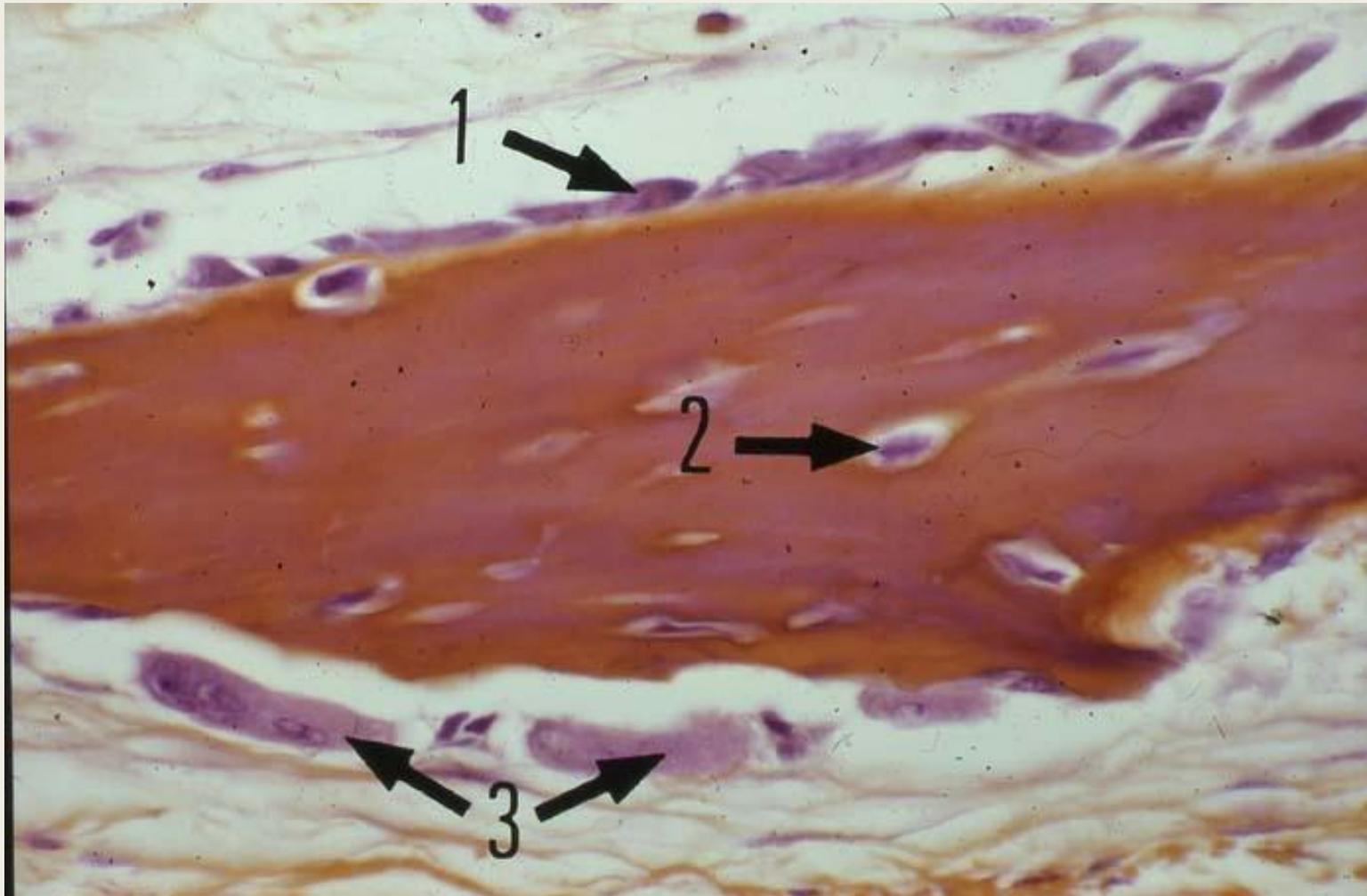
- Maladie dégénérative répandue
- Destruction d'un cartilage articulaire qui peut altérer progressivement d'autres structures de l'articulation.
- La dégradation s'amplifie avec l'âge (+65 ans) et résulte de plusieurs facteurs :
 - Usure mécanique (surpoids, activités physiques intenses...)
 - Dysfonctionnement métabolique (calcification)
 - Fragilité structurale du tissu
- Au cours du temps le cartilage s'amincit, se fissure et disparaît, remplacé par du tissu fibreux, voire osseux
- Selon la nature des facteurs engendrant ce processus de destruction, il s'effectue à vitesses variables, s'accompagne de poussées inflammatoires, avec des crises douloureuses aiguës et des périodes d'accalmies
- Touche principalement dans l'ordre la colonne vertébrale, les doigts, les genoux et la hanche.



TISSU OSSEUX

Tissu osseux

- C'est un type particulier de tissu mésenchymateux en raison de particularités structurales :
 - *Nature et propriétés des composants matriciels*
 - *Diverses populations cellulaires*
- 3 grandes fonctions :
 - *Mécanique (soutien et protection)*
 - *Métabolique*
 - *Hématopoiétique*



1. Ostéoblastes
2. Ostéocytes
3. Ostéoclastes

Coupe histo en MO du
tissu osseux

Ostéoblastes

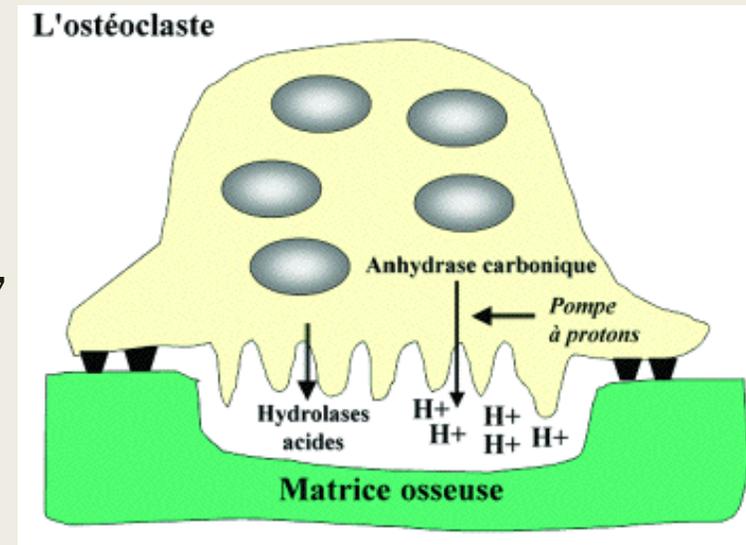
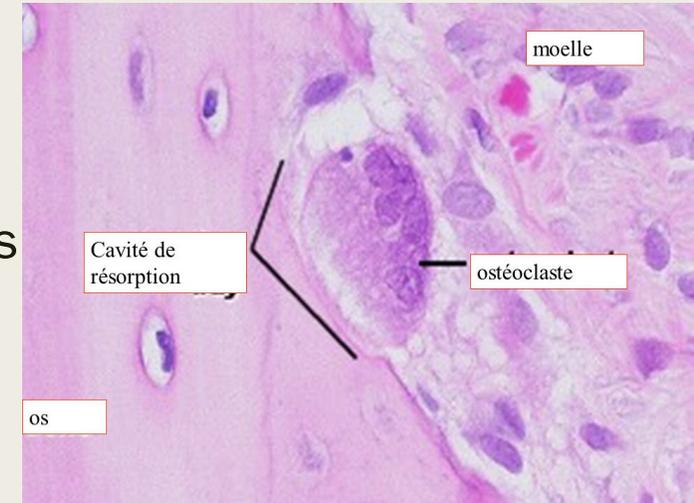
- Pour origine des **cellules souches mésenchymateuses**
- En **surface** des **tissus osseux minéralisés**
- **2 formes** selon le **degré d'activation**
- ❖ **Repos** : désignés sous le nom de **cellules bordantes**, elles sont **aplaties** et **allongées**, en **monocouches**, contiennent **peu d'organites**
 - Elles sont reliées entre elles par des **prolongements cytoplasmiques**, avec des **jonctions communicantes**.
- ❖ **Activés** : morphologie **cubique**, possèdent un **REG** et un appareil de **Golgi développés**
 - **Synthétisent les constituants organiques de la matrice osseuse** formant le **matériau ostéoïde** (collagène I, protéoglycanes...)
 - Produisent des **vésicules matricielles** contenant les molécules (phosphatase alcaline, ostéocalcine, cristaux d'hydroxyapatite) qui interviennent **directement** dans le processus de minéralisation.

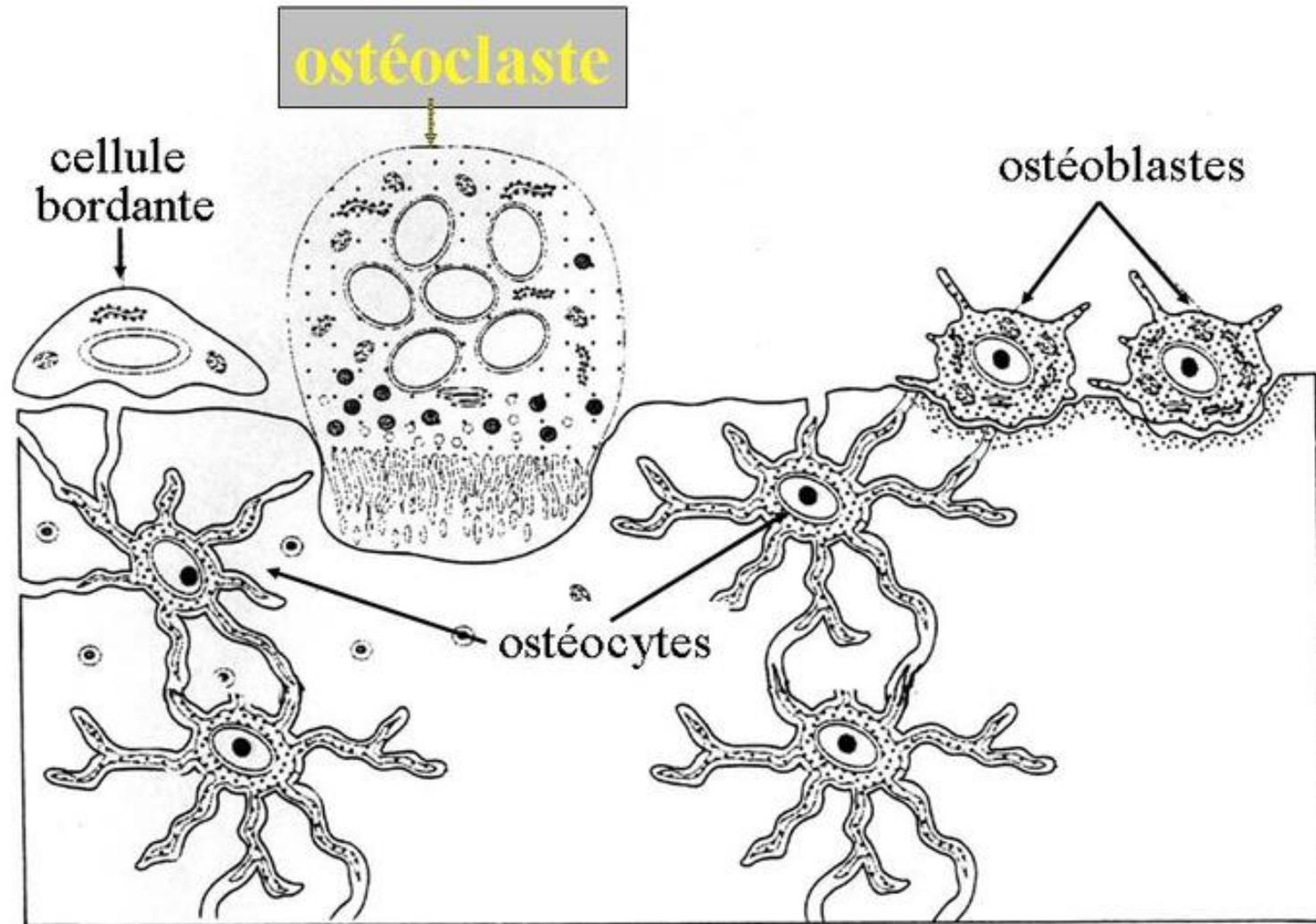
Ostéocytes

- Etat de **différenciation terminale des ostéoblastes**
- Les ostéoblastes sont **piégés par les éléments matriciels** qu'ils produisent, puis se transforme en ostéocyte **enfermé dans l'ostéoplaste** au sein de la matrice osseuse
- **Fins prolongements cytoplasmiques**, cellules en contact les unes avec les autres et les ostéoblastes restés en surface. Les **prolongements sont contenus** dans des **canalicules** qui traversent la matrice osseuse
- Les ostéocytes sont de **tailles plus réduites** et contiennent **moins d'organites**
- **Entretiennent la matrice osseuse et participent à l'homéostasie phosphocalcique**

Ostéoclastes

- Cellules appartenant au **système monocytes/macrophages**, dérivant des cellules souches hématopoïétiques CFU-M
- **Volumineuses et plurinucléées**
- Nombreuses **mitochondries** et **lysosomes** contenant des **phosphatases acides**
- Cellules capables de **se mouvoir à la surface** du tissu osseux
- À l'état **activés**, se présentent sous **l'aspect d'un dôme** révélant une polarité :
 - Regroupement de **noyaux dans la région apicale**
 - À cote du tissu osseux en **région basale**, une **bordure en brosse**, caractérisée par l'existence de **prolongements cytoplasmiques**
- **Activés, ils dégradent la matrice minéralisée et sont responsables de la résorption osseuse**





MEC

- Les **constituants organiques** forment le **matériau ostéoïde**, qui représente **1/3 de la masse osseuse**
- **Collagène I** est le constituant majoritaire +++
- **Protéoglycanes** et **GAGs**
- **Protéines de structure** (fibronectine et thrombospondine)
- **Protéines** impliquées dans la **minéralisation** (ostéonectine, ostéocalcine, ostéopontine)
- **Cytokines et facteurs de croissance** (BMP, IGFI, TGFB..) qui ont un rôle fondamental dans le **remodelage** du tissu osseux et sa **minéralisation**

- Le tissu osseux constitue le **réservoir principal** des composants minéraux de l'organisme
- **98% du calcium**
- **Plus de 80% du phosphore**
- **50% du magnésium**
- Le calcium est présent entre les fibres de collagène sous forme :
 - De *phosphate de calcium*
 - De *carbonate de calcium*
- Leurs présence confère au tissu osseux sa **dureté**
- **La mobilisation rapide des ions phosphate et calcium permet le maintien de l'homéostasie phosphocalcique de l'organisme.**

Patho – maladie des os de verre

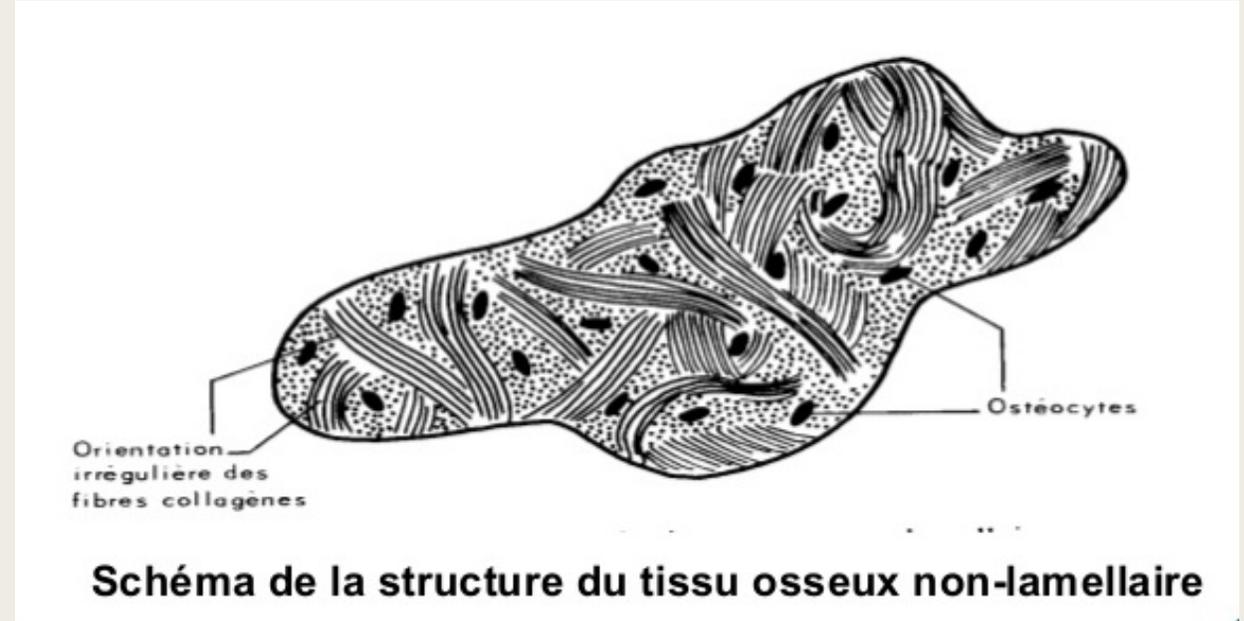
- **Ostéogénèse imparfaite** = maladie des « os de verre »
- Maladie **héréditaire**, dans la majorité des cas autosomique dominante
- **Fragilité des os** et **faible masse osseuse**
- **Fractures à répétition** durant toute la vie, surtout les **os longs** (fémur, côtes, vertèbres)
- **Déformations corporelles** :
 - **Tassements vertébraux** (d'où une petite taille des sujets atteints)
 - **Attaches musculaires défectueuses** dues à la fragilité osseuse
- Origine de la maladie : **anomalies quantitatives et qualitatives** concernant le **collagène I**
- Résultent de **mutations** qui affectent l'un des 2 gènes COL1A1 et COL1A2, codant pour chacune des chaines alpha qui constitue le collagène I

DIFFÉRENTS TYPES D'ORGANISATION DU TISSU OSSEUX

2 grands types d'organisation : TO lamellaire et non lamellaire

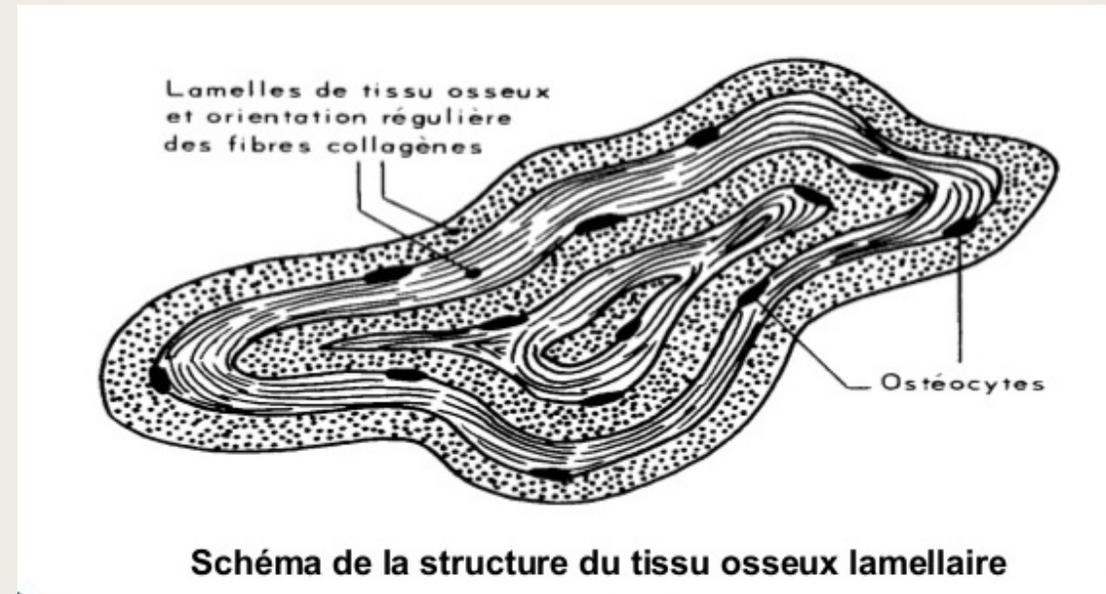
Tissu osseux non lamellaire ou réticulaire

- Ce tissu est mis en place lors des **processus d'ossification** au cours de la **vie fœtale** et durant **l'adolescence**
- Chez **l'adulte**, il existe seulement au niveau des **osselets de l'oreille moyenne** et d'un **cal osseux** se formant accidentellement à la suite d'une fracture
- Agencement **non-orienté** des fibres de collagène au sein de la matrice osseuse.



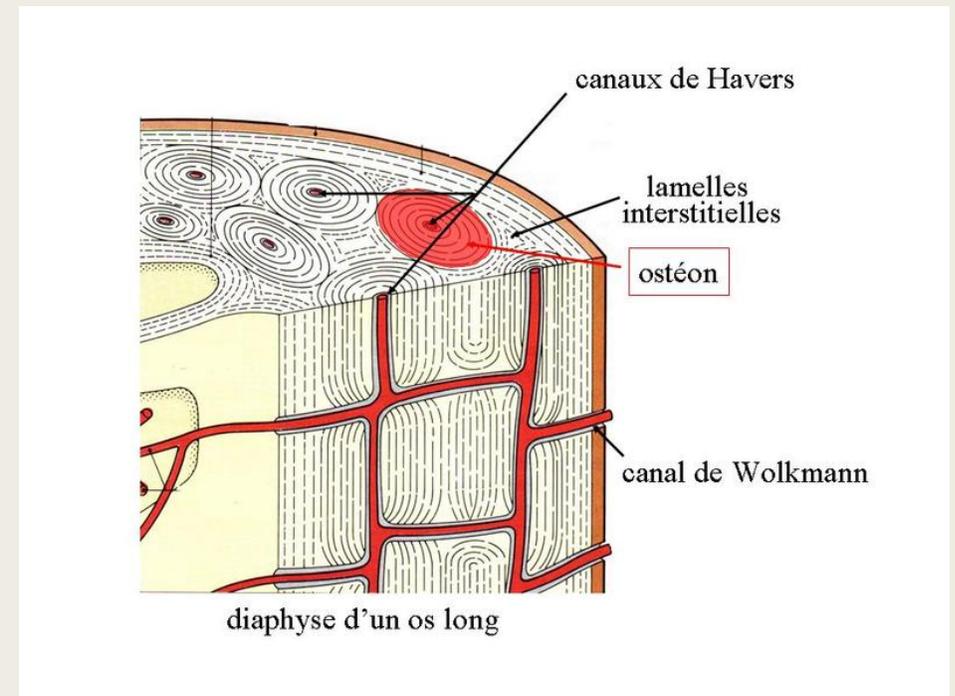
Tissu osseux lamellaire

- La matrice osseuse est sous la forme de **lamelles superposées** et les **fibres de collagènes sont orientées dans des directions différentes** d'une lamelle à l'autre
- Cette organisation tissulaire est observée pour l'ensemble des pièces osseuses quelle que soit leur forme
- Chaque pièce osseuse comporte **2 sortes de tissu osseux** caractérisées par leur organisation et dont les proportions relatives varient selon le type d'os considéré :
 - Os compact
 - Os spongieux

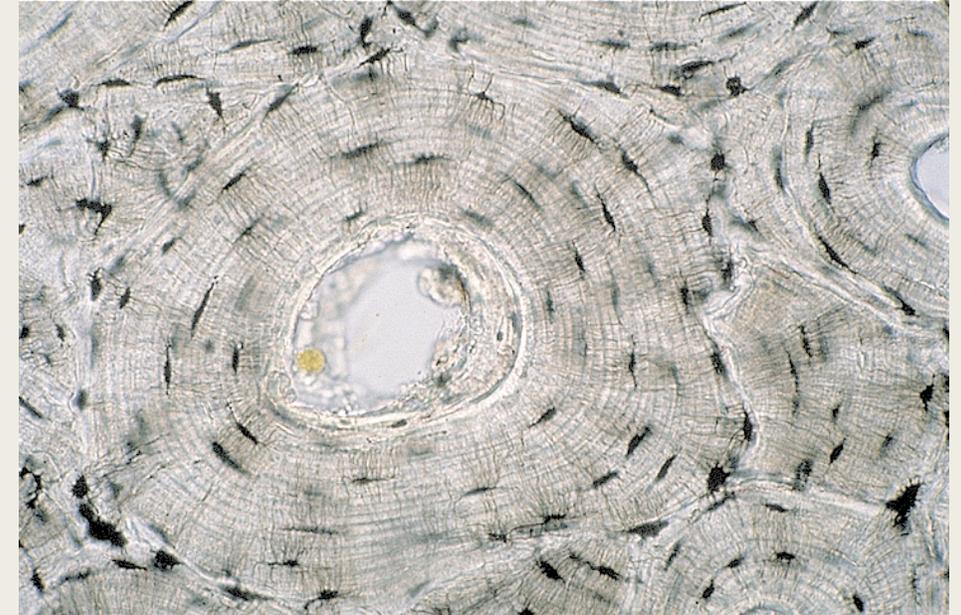


Tissu osseux compact ou os haversien

- La **zone corticale** des pièces osseuses est formée par l'**os compact**
- Assemblage d'**unités structurales de forme cylindrique** : des **ostéons** ou **système de Havers**
- **Emboîtement concentriques** d'une **10aine de cylindres lamellaires**, centrés autour d'un **canal de Havers**, contenant des capillaires sanguins et des fibres nerveuses Amyéliniques
- Les canaux de Havers **communiquent**, par les **canaux de Volkmann**, entre eux, avec la surface de l'os, avec la **cavité médullaire**

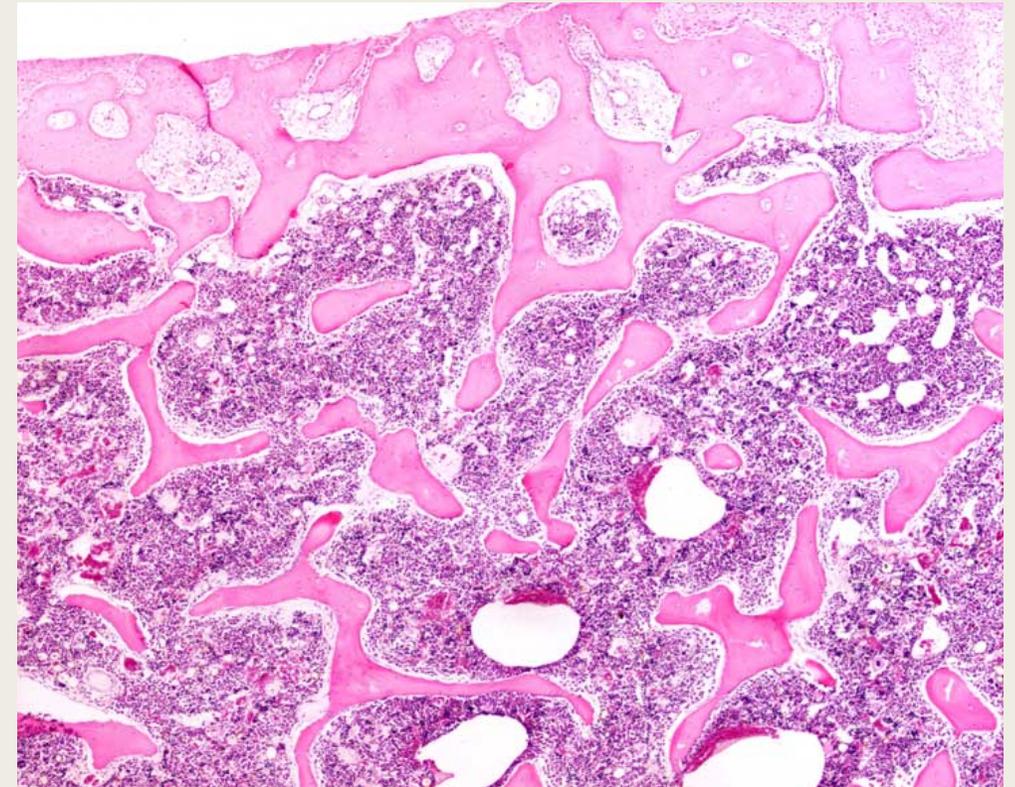


- Les ostéocytes sont entre les lamelles
- Les fibres de collagène ont des orientation différente d'une lamelle à l'autre : cela confère au TO sa rigidité, sa solidité et une résistance à des forces de torsions
- Des phénomènes permanents de résorption osseuse sont à l'origine d'un tissu interstitiel de comblement entre les ostéons
- Ce tissu interstitiel correspond à des restes d'ostéons partiellement dégradés
- On trouve des lamelles circulaires disposées concentriquement :
 - Autour de la cavité centrale medullaire : lamelles circulaires internes
 - À la périphérie de la diaphyse des os longs : lamelles circulaires externes



Tissu osseux spongieux ou trabéculaire

- Réseau **labyrinthique**, constitué de **plaques** et de **piliers osseux** (=trabécules)
- Dans les espaces : **tissu hématopoïétique**
- Si les travées osseuses sont épaisses, elles développent un tissu osseux de type haversien
- Présent dans les **épiphyses des os longs** et prédomine dans les **os plats**



tissu osseux spongieux



↑
os compact

↑
os trabéculaire

↑
os compact

TISSUS DE RECOUVREMENT

2 tissus mésenchymateux vascularisés recouvrent les surfaces osseuses :

- *En interne : endoste*
- *En externe : périoste*

Ces tissus jouent un rôle dans l'homéostasie osseuse et dans le processus de croissance par apposition

Le périoste

- Le périoste est constitué de **2 couches** :
 - *Une externe, fibreuse et vascularisée*
 - *Une interne, ostéogène*
- Le périoste est **rattaché aux lamelles circulaires externes** par des fibres de collagène obliques
- **Le périoste est présent sur la totalité de la surface externe du TO, sauf au niveau des articulations**

L'endoste

- L'endoste est un **tissu conjonctif mince**
- Riche en **cellules ostéoprogénitrice** et en **ostéoclastes**
- L'endoste recouvre :
 - *la paroi de la cavité médullaire des os longs*
 - *les trabécules des os spongieux*
 - *les parois des canaux de Havers*

Les 4 différents types anatomiques osseux

- On les classe selon des critères anatomiques et le pourcentage variable entre les parties osseuses compactes et spongieuses
- Les os longs – os des membres – à prédominance d'os compact – typiquement une diaphyse bornée de 2 épiphyses (fémur, humérus, tibia ...)
- Les os courts – plus ou moins cubiques – forte teneur en os spongieux (os des chevilles et des poignets)
- Les os plats – os minces – structure assimilable à une « gaufrette » : une partie centrale spongieuse enserrée entre 2 couches parallèles d'os compact (sternum, os crâniens, côtes)
- Les os irréguliers – tous les autres os – prédominance d'os spongieux (vertèbres, os iliaques...)

Rôles des tissus osseux

■ 4 grands rôles

- ❖ Rôle de **soutient** : **structures rigides**, les pièces osseuses squelettiques constituent des **supports** et des **sites d'ancrage** pour les organes mous (ex. muscles squelettiques)
- ❖ Rôle de **protection** : l'encéphale est protégé par la **boîte crânienne**, la moelle épinière par les **vertèbres**, l'arbre trachéo-pulmonaire et le cœur par la **cage thoracique**
- ❖ Rôle **hématopoïétique** : Les espaces médullaires osseux comportent des **cellules souches hématopoïétiques**
- ❖ Rôle **métabolique** : les TO sont des **sites de stockage** d'une part **de graisses** et d'autre part **de minéraux** (rôle dans l'homéostasie phosphocalcique)

QCM 1 : À propos du tissu cartilagineux,

- A) Les chondroplastes sont des logettes contenant jusqu'à 10 chondrocytes
- B) Le périchondre (entourant tous les cartilages) est formé de 2 feuillets : externe – fibreuse et interne - cellulaire
- C) Les cellules présentes dans le chondroplaste sont séparées par des cloisons issues de la capsule fibreuse formée par les composants matriciels
- D) Un chondrone est une unité structurale et métaboliquement fonctionnelle formée par le chondrocyte et son environnement péricellulaire
- E) Tout est faux

QCM 1

A) Faux ! De 1 à 4 chondrocytes

B) Faux ! Le périchondre n'entoure pas le cartilage articulaire, ni le fibrocartilage !!!

C) Vrai

D) Vrai

QCM 2 : À propos du tissu osseux,

- A) Les ostéocytes contiennent plus d'organites que les ostéoblastes
- B) Les ostéocytes sont en contact les uns avec les autres, mais pas avec les ostéoblastes
- C) Le seul noyau des ostéoclastes est dans la région apicale
- D) Les os irréguliers sont à prédominance d'os compact
- E) Tout est faux

QCM 2

- A) Faux ! Moins d'organites que les ostéoblastes
- B) Faux ! Les ostéocytes sont en contact avec les autres ostéocytes et les ostéoblastes en surface
- C) Les ostéoclastes sont plurinucléés
- D) À prédominance d'os spongieux
- E) Tout est faux