



TISSUS SQUELETTIQUES

Tissus conjonctifs très spécialisés
Tissus cartilagineux + osseux

TISSU CARTILAGINEUX

Tissu cartilagineux

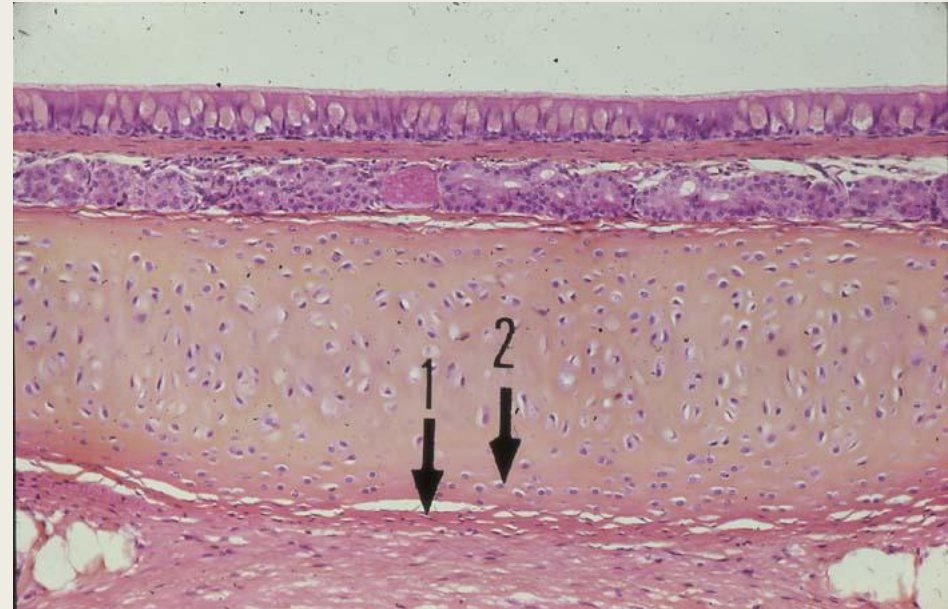
- Selon les espèces de vertébrés : squelette transitoire ou définitif
- Humains : tissu cartilagineux = tissu de soutien primitif **progressivement remplacé** pendant l'enfance par le **tissu osseux**
- Importance de la **substance fondamentale** matricielle produit par les **chondrocytes**
- Substance 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

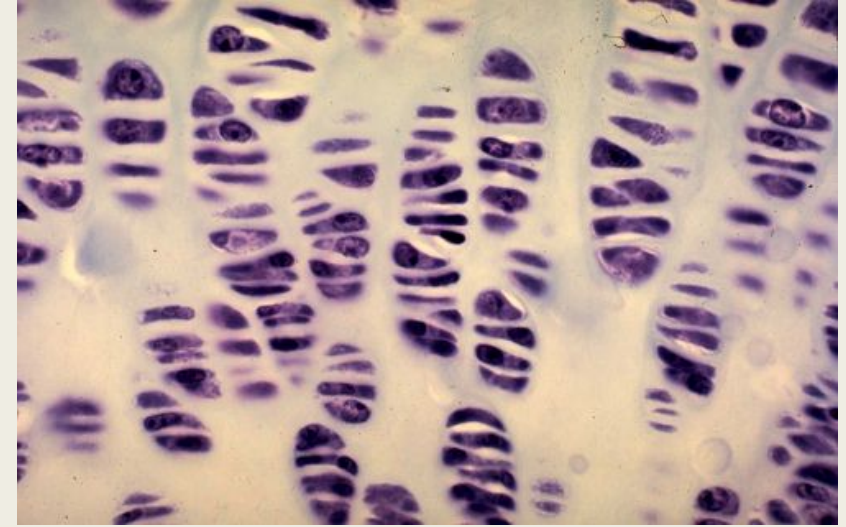
- Chondrogénèse – mécanisme de la constitution d'une structure cartilagineuse
- Association de 2 phénomènes :
 - *Prolifération cellulaire*
 - *Dépôt de constituants matriciels*
- 2 types de croissance :
 - *Par apposition*
 - *interstitielle*

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

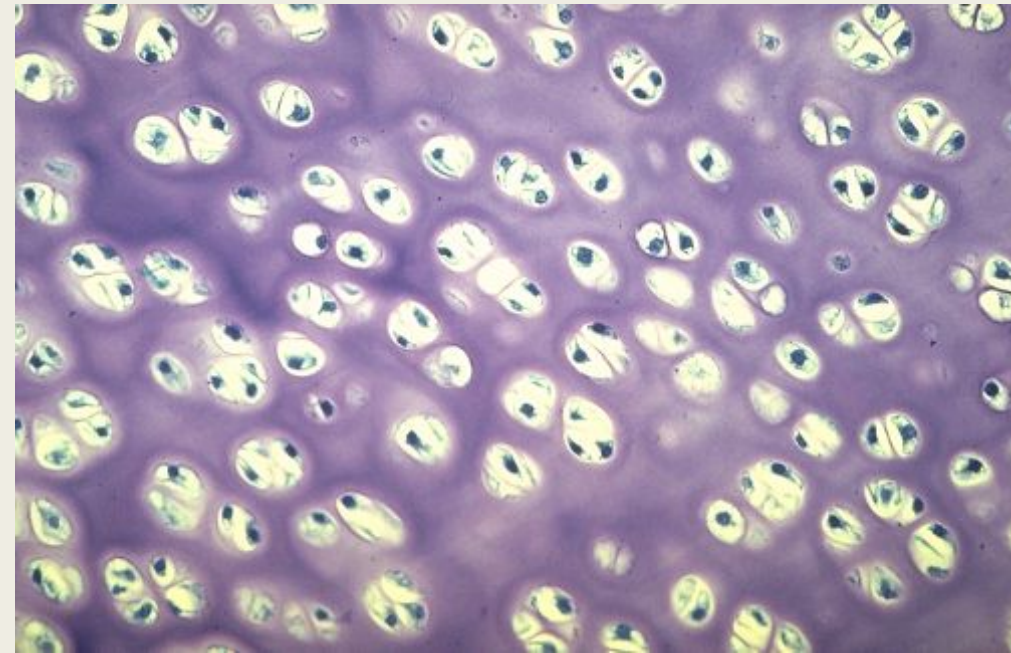
- Les composants de la matrice sont soumis à :
 - Une *dégradation continue* par des métalloprotéinases (MMPs) et des aggrécanases
 - Un *renouvellement permanent* par une activité synthétique des chondrocytes
- Cet **équilibre dynamique permet la survie des cellules**
 - Qui dépend de *l'apport de métabolites*
 - 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

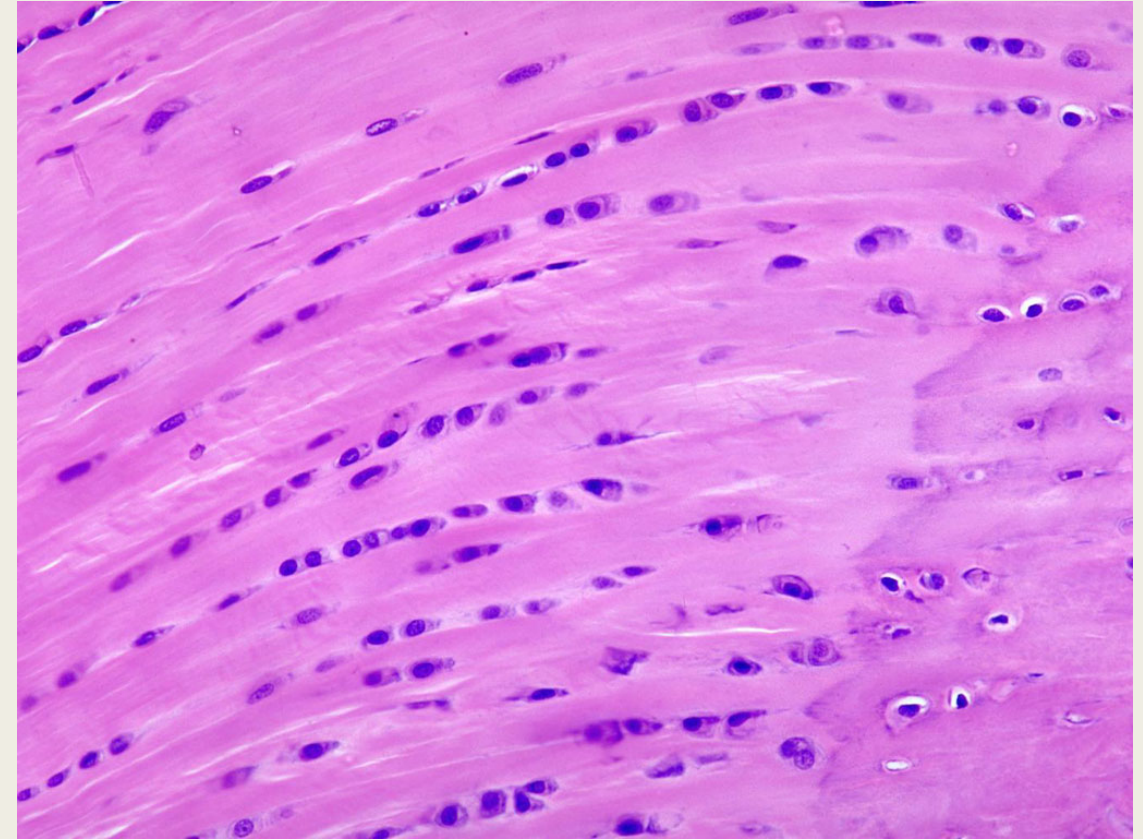
Cartilage hyalin

- 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



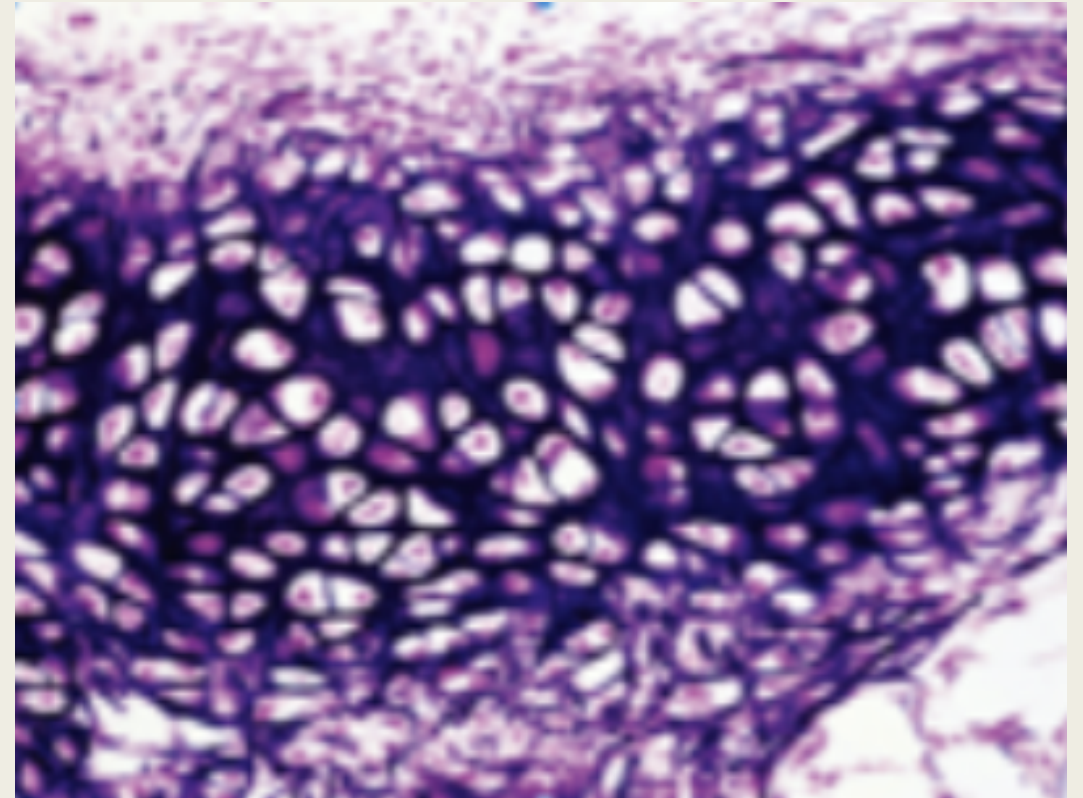
Cartilages fibreux (fibrocartilages)

- 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



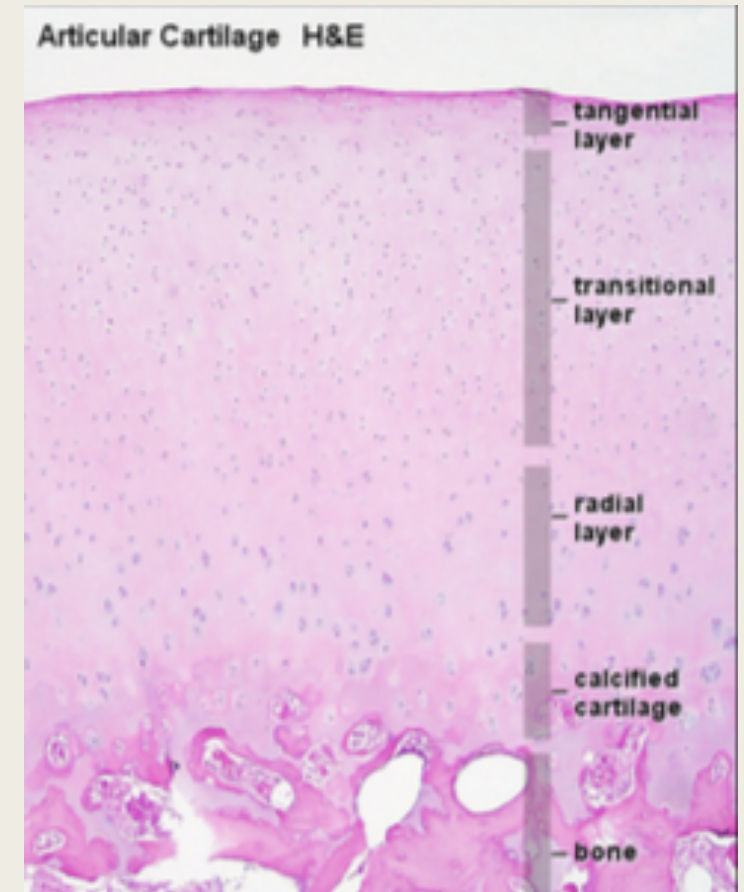
Les cartilages articulaires

- 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

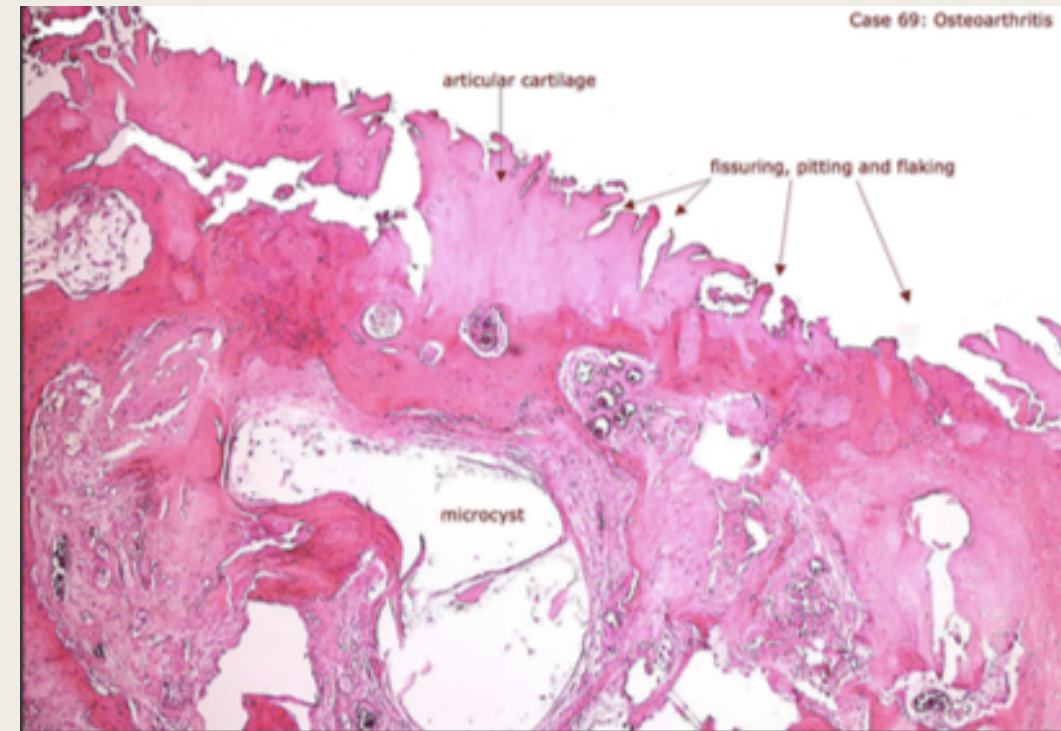
- Les 2 surfaces osseuses articulaires sont recouvertes par du cartilage hyalin et séparées par une cavité
- Cavité qui est délimitée par une membrane synoviale (TC lâche très vascularisé) et remplie de liquide synovial contenant de l'acide hyaluronique
- Les cartilages articulaires sont dépourvus de 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

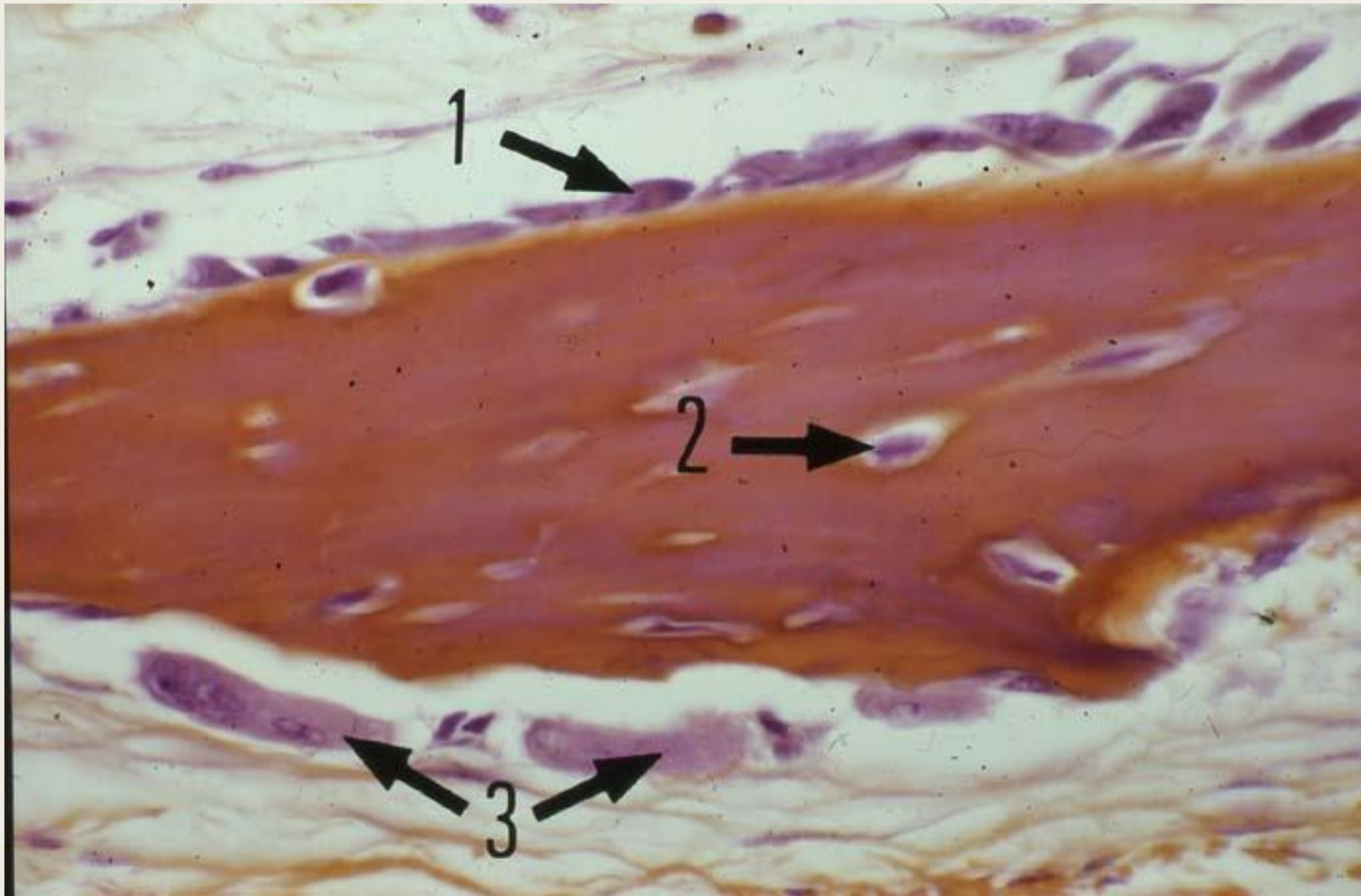
- Maladie dégénérative répandue
- Destruction d'un cartilage articulaire qui peut altérer progressivement d'autres structures de l'articulation.
- La dégradation s'amplifie avec l'âge (+65 ans) et résulte de plusieurs facteurs :
 - Usure mécanique (surpoids, activités physiques intenses...)
 - Dysfonctionnement 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*
 - *Hématopoïétique*



1. Ostéoblastes
2. Ostéocytes
3. Ostéoclastes

Coupe histo en MO du
tissu osseux

Ostéoblastes

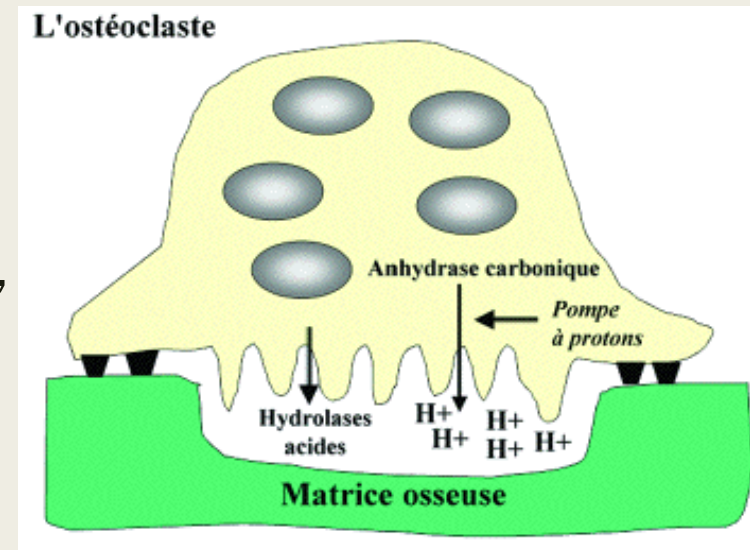
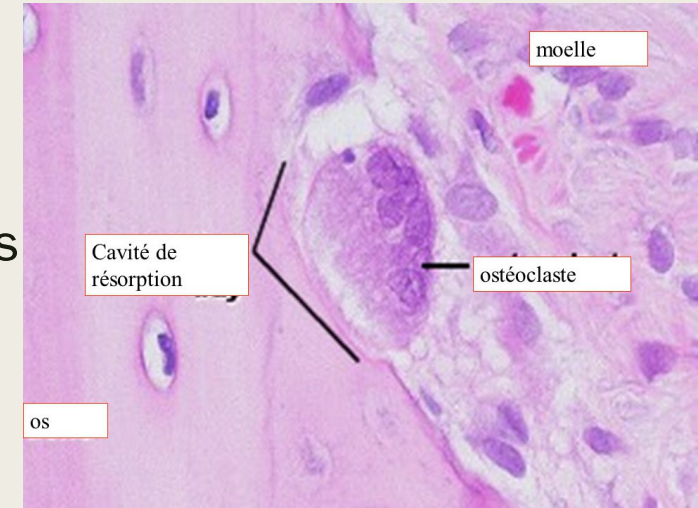
- Pour origine des **cellules souches mésenchymateuses**
- En **surface** des **tissus osseux minéralisés**
- **2 formes** selon le **degré d'activation**
- ❖ **Repos** : désignés sous le nom de **cellules bordantes**, elles sont **aplaties** et **allongées**, en **monocouches**, contiennent **peu d'organites**
- 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.

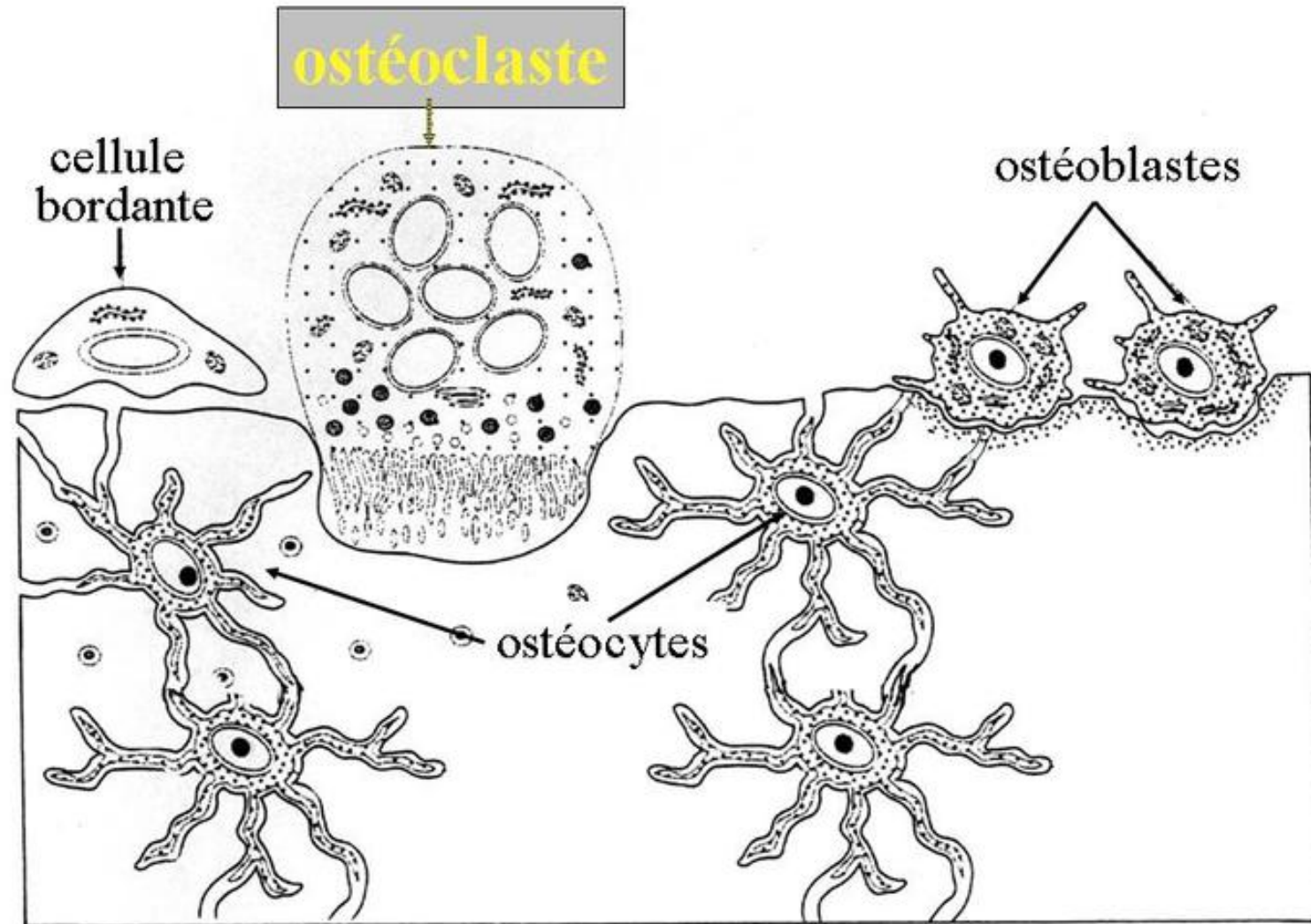
Ostéocytes

- 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

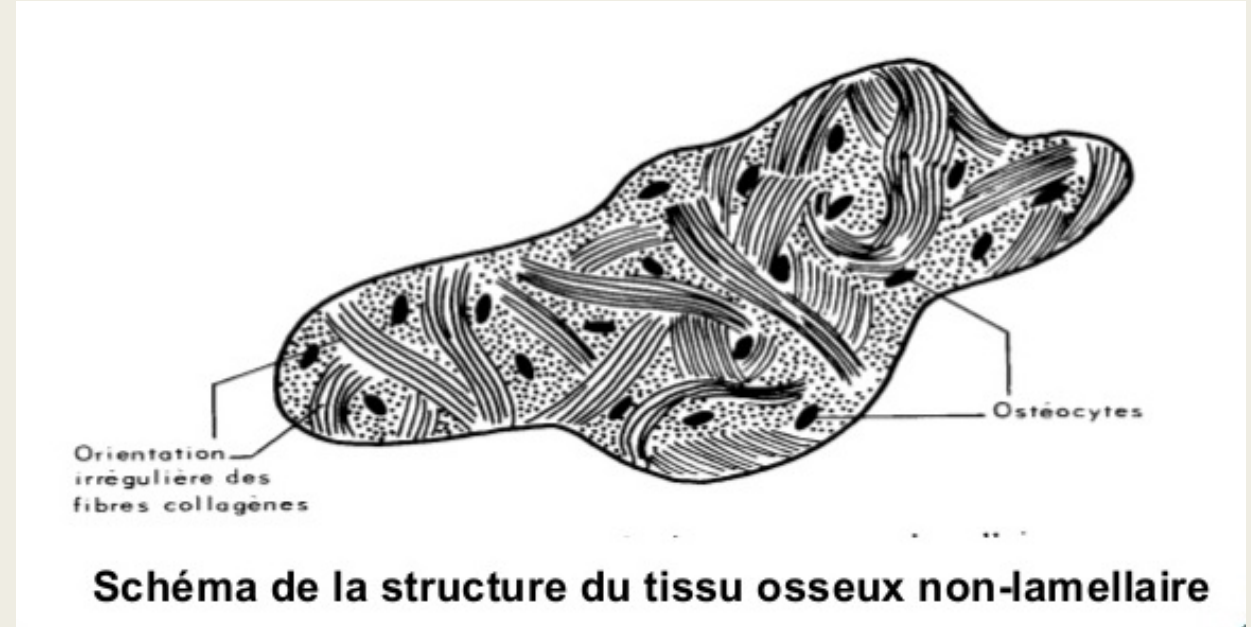
- **Ostéogénèse imparfaite** = maladie des « os de verre »
- Maladie **héréditaire**, dans la majorité des cas autosomique dominante
- **Fragilité des os** et **faible masse osseuse**
- **Fractures à répétition** durant toute la vie, surtout les **os longs** (fémur, côtes, vertèbres)
- **Déformations 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

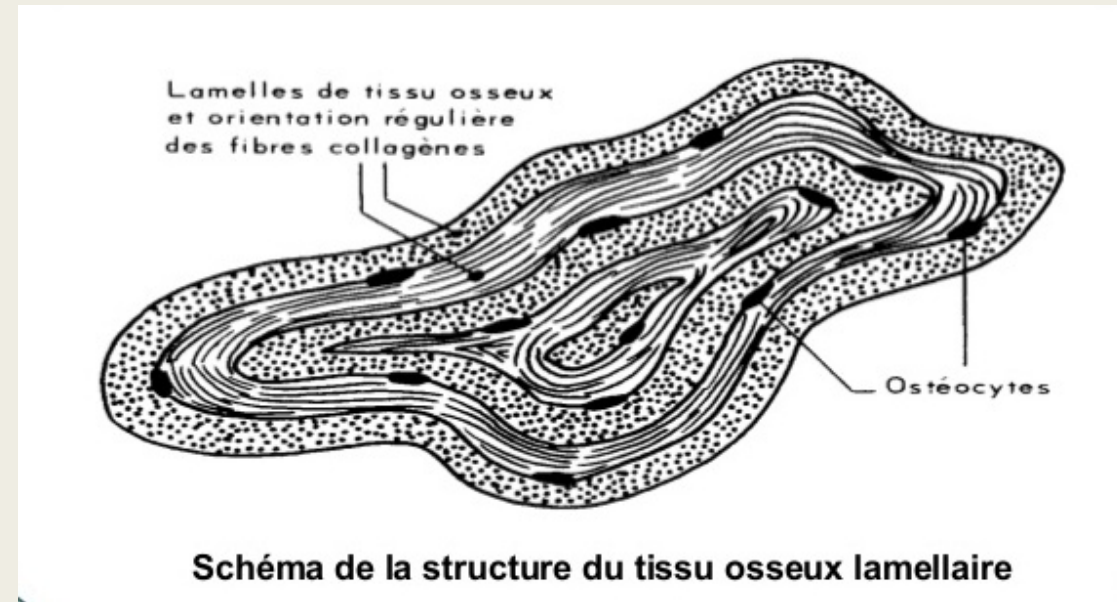
Tissu osseux non lamellaire ou réticulaire

- 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.



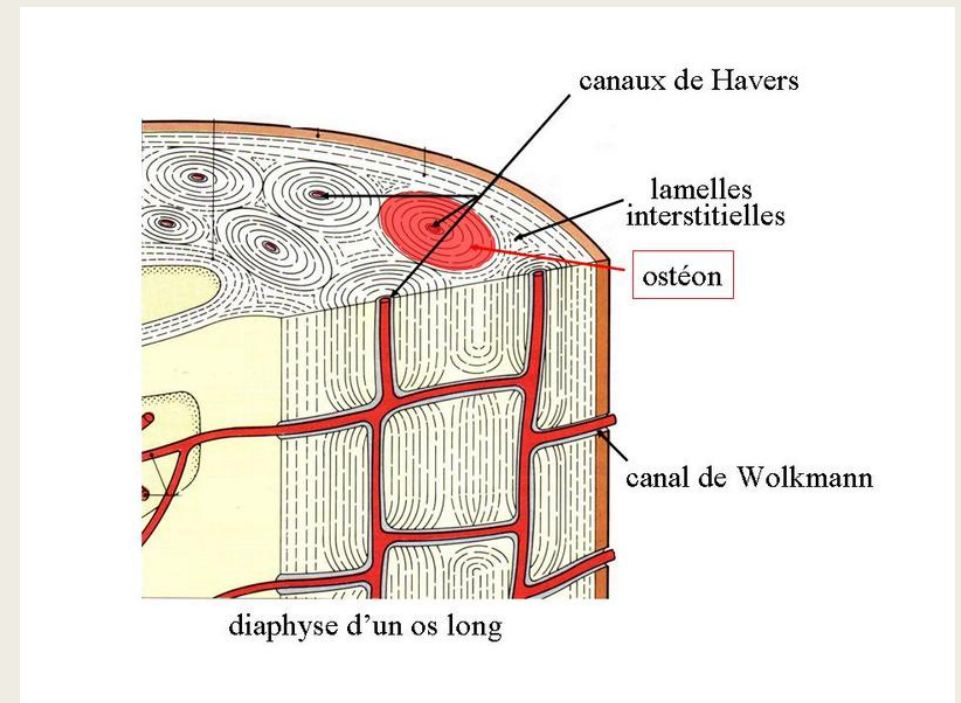
Tissu osseux lamellaire

- 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

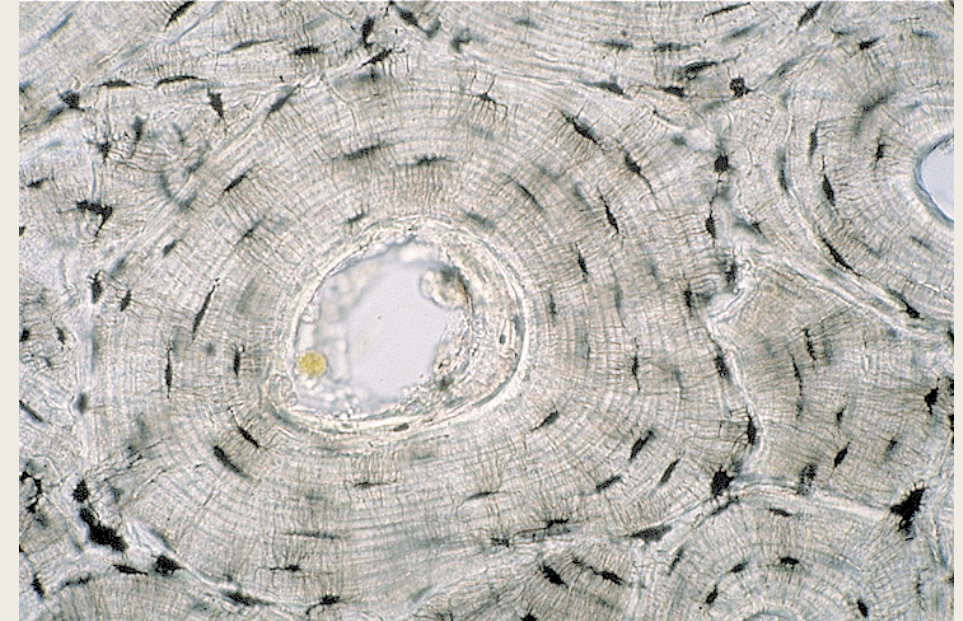


Tissu osseux compact ou os haversien

- 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**
- **Emboitement 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**

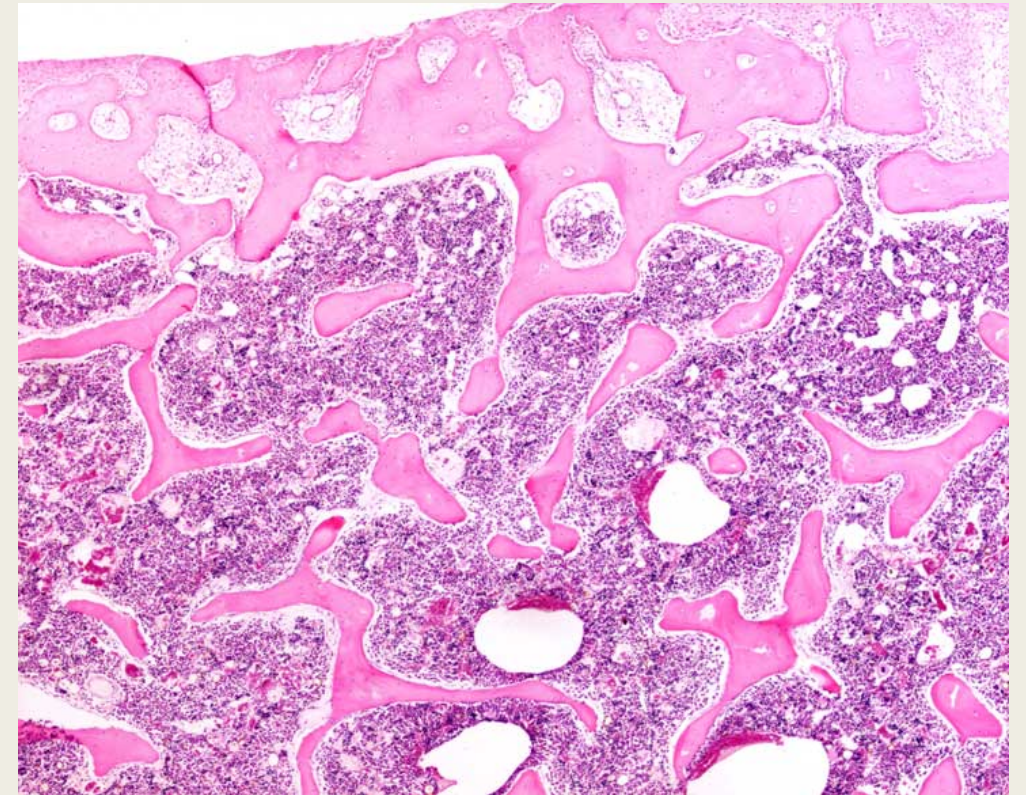


- Les ostéocytes sont entre les lamelles
- Les fibres de collagène ont des orientation différente d'une lamelle à l'autre : cela confère au TO sa rigidité, sa solidité et une résistance à des forces de torsions
- Des phénomènes permanents de résorption osseuse sont à l'origine d'un tissu interstitiel 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

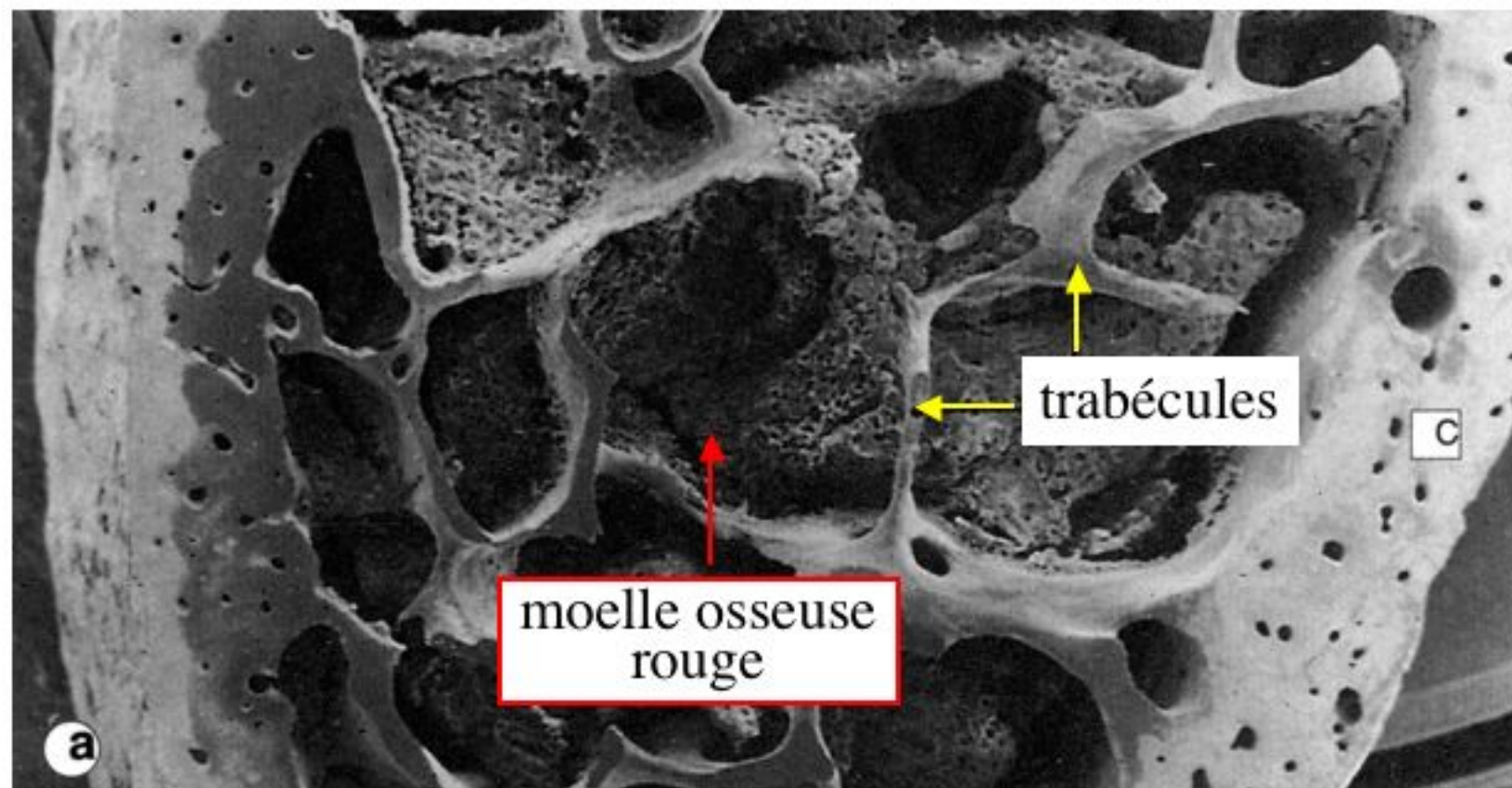


Tissu osseux spongieux ou trabéculaire

- **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