

## Tissus squelettiques : cartilagineux + osseux

Ce sont des tissus conjonctifs très spécialisés.

### Tissu cartilagineux

#### I. Organisation

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**

Les tissus cartilagineux sont **dépourvus** d'innervation et de vascularisation

Organisation relativement *homogène*

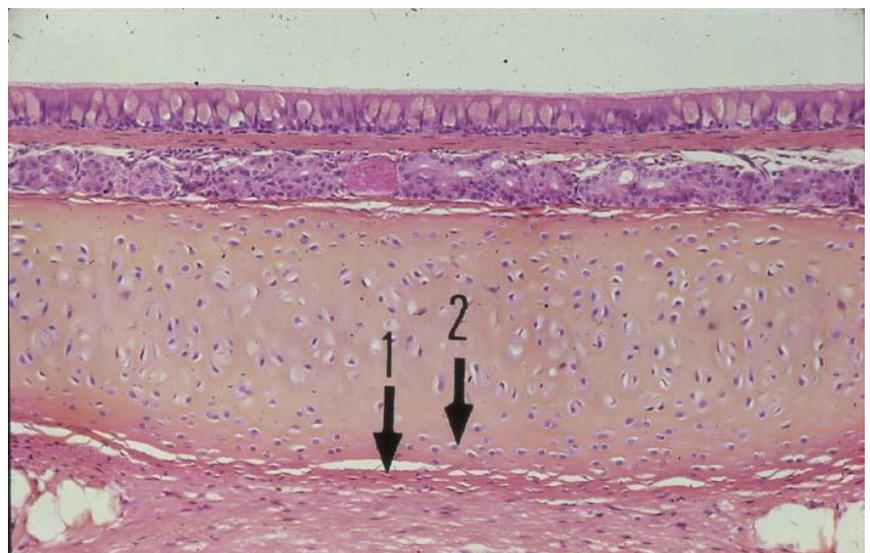
Une masse matricielle amorphe (car importance de la SF) avec des **logettes** – les **chondroplastes** emprisonnant **1 à 4 cellules** cartilagineuses matures : les chondrocytes

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

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

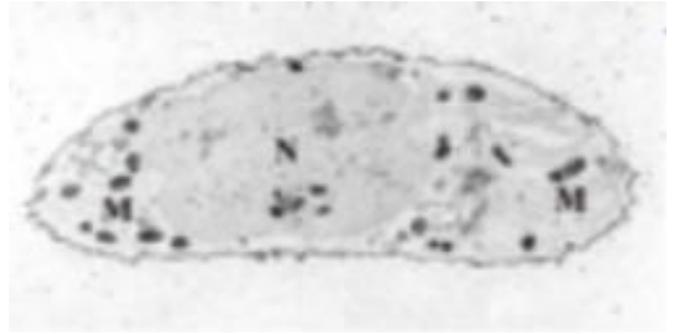


Coupe en MO

## II. Les chondrocytes

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 (parathormone, œstrogènes ..) ou des vitamines (A, D)

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**

## III. La 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 aggrecane**
- 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

#### IV. Chondrogenèse

**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 :

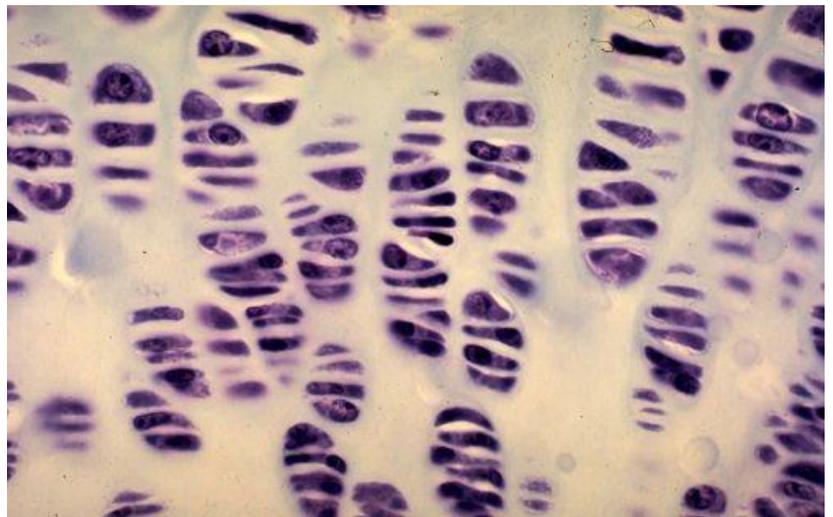
Mitoses de chondrocytes localisés au sein du cartilage

**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**

Coupe en MO



- Chondrocytes **disposés en couronnes** = groupes isogéniques coronaires  
Au niveau des **cartilages de conjugaison**  
Croissance en **DIAMETRE**



Coupe en MO

### Patho - Achondroplasie

Maladie **génétique, autosomique dominante**

Anomalie de croissance – croissance osseuse limitée (surtout au niveau des os longs +++)

Mutation du genre 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**

## V. 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 !!!**

## VI. Différents types de cartilages

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

### 1. 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**

Localisation :

Cloisons nasales

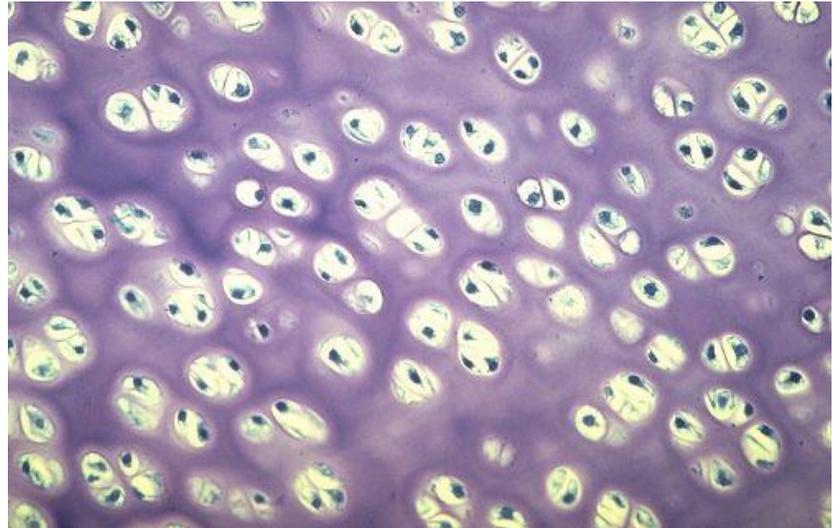
Larynx

anneaux de l'arbre trachéo-bronchique

cartilage de jonction sternum/côtes

cartilage articulaires

ébauches squelettiques fœtales cartilage de conjugaison



## 2. Cartilage fibreux = fibrocartilage

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**

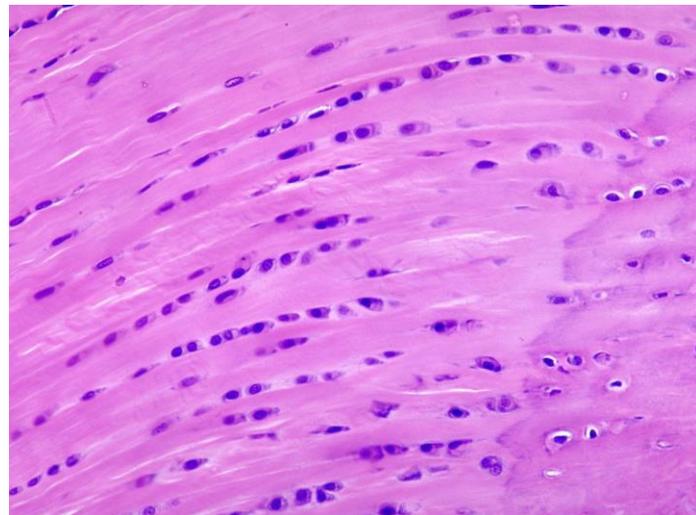
Localisation :

DIV

symphyse pubienne

cartilage articulaires (ménisque du genou)

site d'insertion du tendon d'Achille



## 3. Cartilage élastique

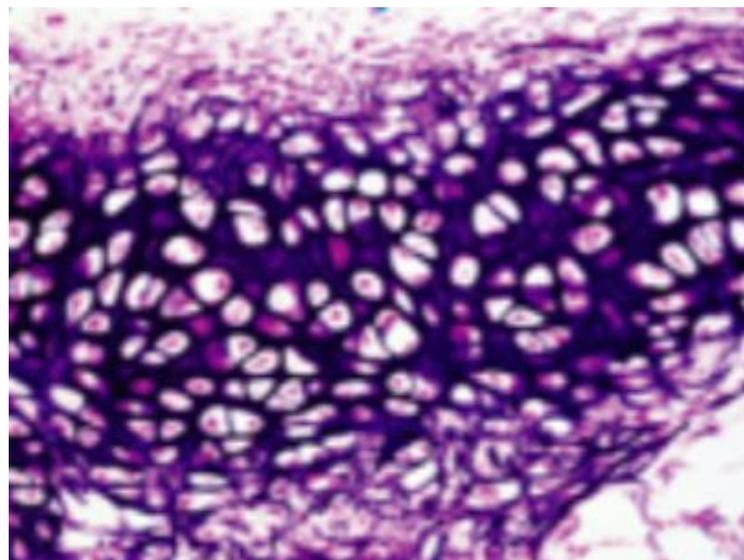
**Structure histologique comparable** à celles des **cartilages hyalins**

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**



Localisation :

Paroi des trompes d'Eustache  
 conduit auditif externe et le pavillon de l'oreille  
 l'épiglotte  
 ailes du nez

Cartilage articulaire :

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**

Diarthrose

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**

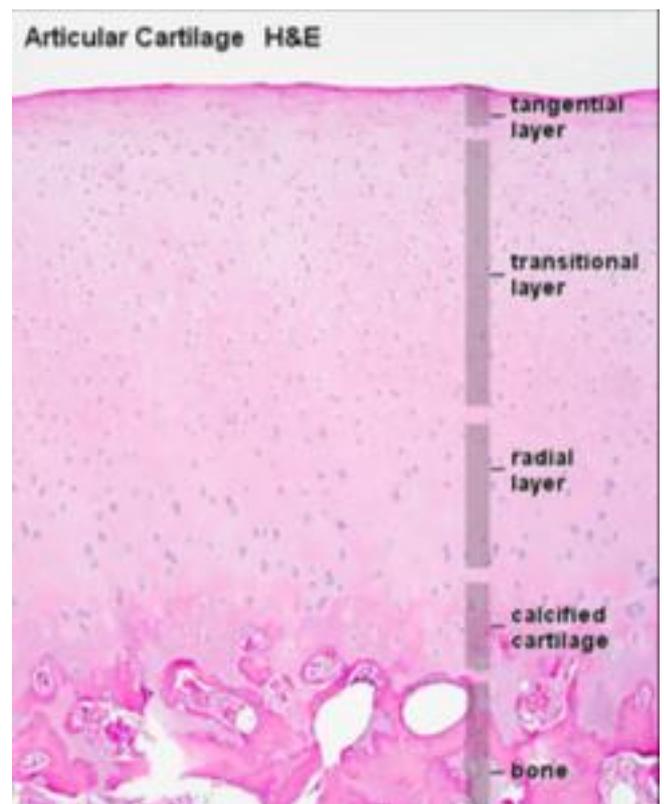
**Les cartilages articulaires sont dépourvus de périchondre (comme les fibrocartilages)**

**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**.



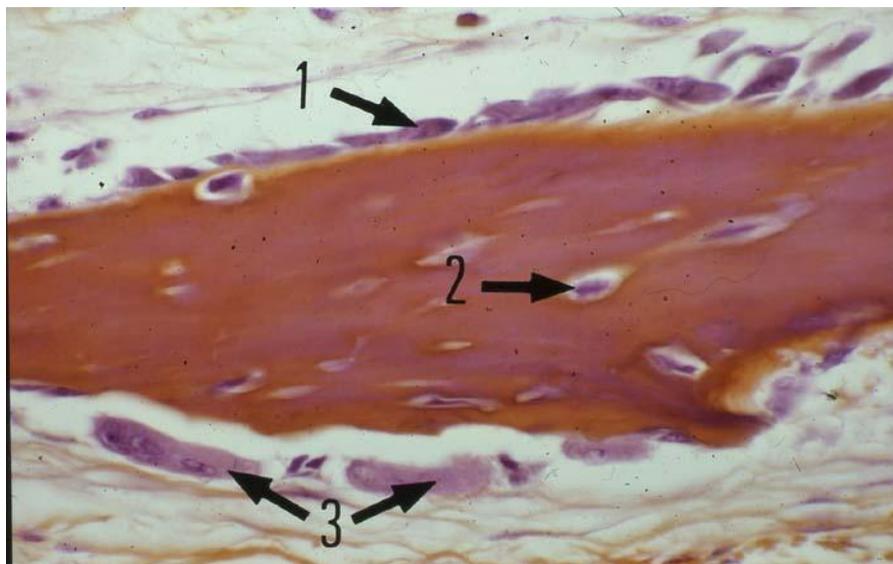
## Tissu osseux

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**



### I. Les cellules du TO

1. Ostéoblastes
2. Ostéocytes
3. Ostéoclastes

## 1. Ostéoblaste

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**.

## 2. Ostéocytes

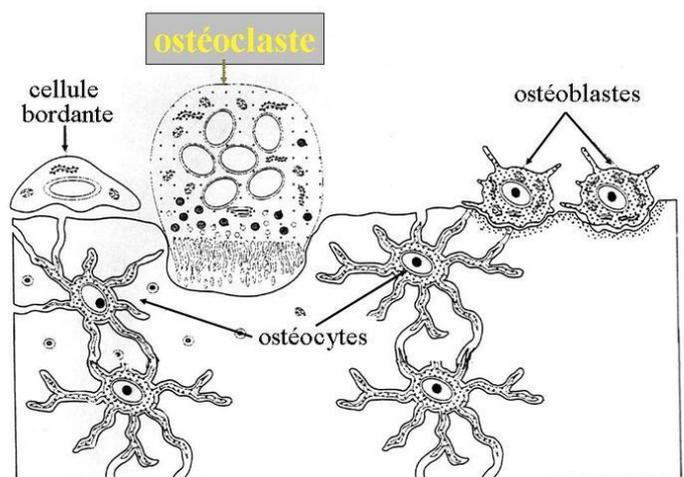
**Etat de différenciation terminale des ostéoblastes**

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**



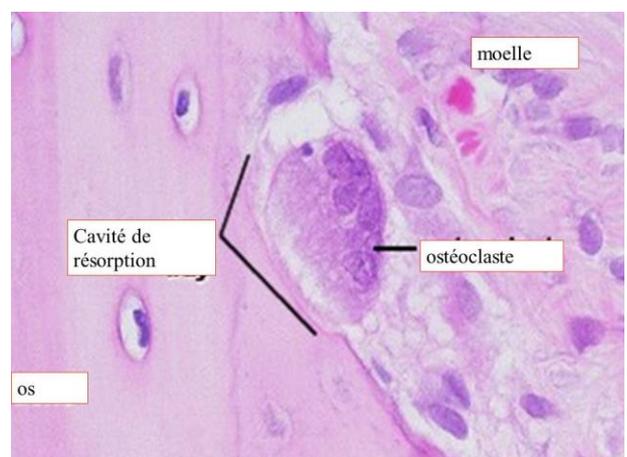
## 3. Ostéoclastes

Cellules appartenant au **système monocytes/macrophages**, dérivant des **cellules souches hématopoïétiques CFU-M**

**Volumineuses et plurinucléées**

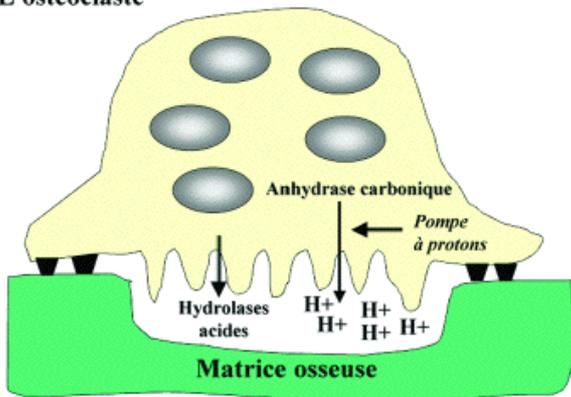
Nombreuses **mitochondries** et **lysosomes** contenant des phosphatases acides

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** :

L'ostéoclaste



- 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**

## II. 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, TGFβ..) 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 – Ostéogenèse imparfaite

Ostéogenèse 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)

**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

### III. Différents types d'organisation du tissu osseux (2 grands types)

#### A) 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.

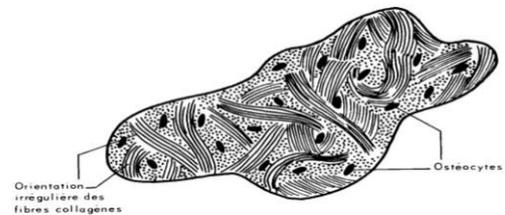


Schéma de la structure du tissu osseux non-lamellaire

#### B) 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.

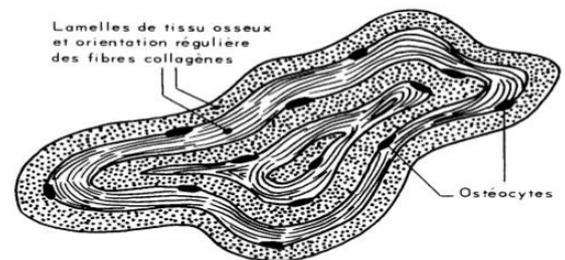


Schéma de la structure du tissu osseux lamellaire

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 :

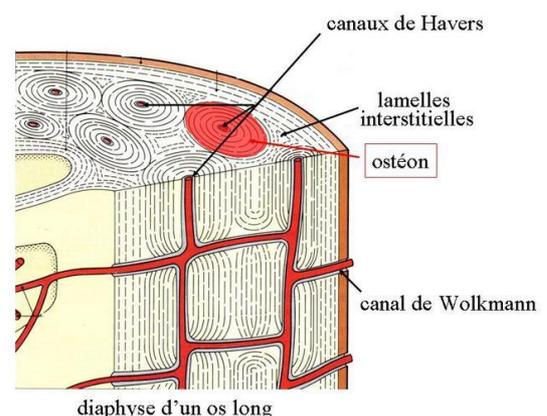
- Os compact
- Os spongieux

#### 1. 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 médullaire** : lamelles circulaires **internes**
- À la **périphérie de la diaphyse** des os longs : lamelles circulaires **externes**

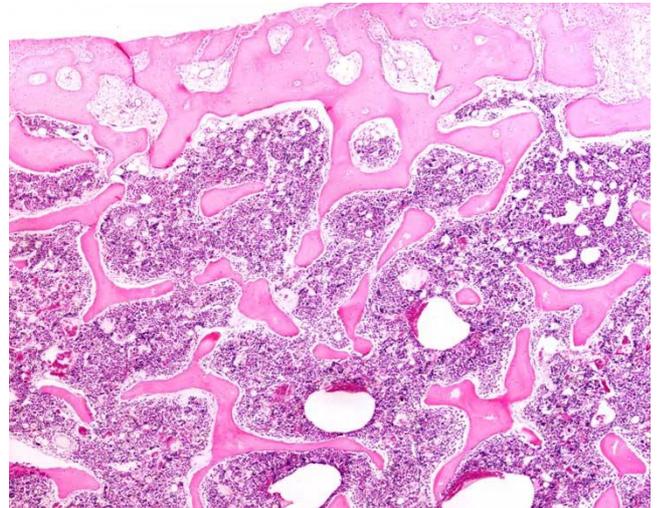
## 2. Tissu osseux spongieux ou trabéculaire

Réseau labyrinthique, constitué de **plaques** et de **pilliers 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**



## Recap :



## IV. 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*

### A) 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**

### B) 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

## V. 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...)

## VI. 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)