

押

盆踊り大会



L'OSTEOGENESE



舞



SOMMAIRE

I Qu'est ce que l'ostéogénèse

II L'ossification primaire et secondaire

III comment se forment les os longs

IV Comment se forment les os du crane



Qu'est ce que l'osteogenese

L'osteogenese se définit par l'ensemble des phénomènes conduisant à la **formation des os**.

Il existe deux types d'ossification :

- **L'ossification primaire** au cours de laquelle le tissu osseux remplace un autre tissu (donc remplace un tissu non osseux). Elle assure la construction osseuse initiale (on part d'un autre tissu et on crée de l'os)
- **L'ossification secondaire** au cours de laquelle le tissu osseux remplace le tissu osseux. L'ossification secondaire assure le remodelage osseux.

L'ossification primaire **ET** secondaire participent à la **croissance osseuse**.

Qu'est ce que l'osteogenese

La construction osseuse initiale (ossification primaire) se déroule chez : l'embryon, le foetus et l'enfant pour aboutir à la formation d'os primaire.

Pour chaque os, l'ossification primaire débute à un âge précis, génétiquement programmé.

Par exemple, la formation de l'épiphyse tibiale vers l'âge de 2 ans, formation de la tubérosité antérieure du tibia vers l'âge de 12/13 ans (c'est un exemple mais il est à connaitre)

Croissance osseuse : débute chez le foetus et se poursuit chez l'enfant et l'adolescent.

Elle est assurée par l'action conjointe des ossifications primaires **et** secondaires.

La formation d'os primaire se poursuit et s'accompagne d'une **ossification secondaire rapide** au sein de l'os primaire.

Ossification primaire

Au cours de l'ossification primaire, le tissu osseux remplace un **autre** type de tissu qui est soit **conjonctif** soit **cartilagineux**

Elle débute **durant la vie embryonnaire ou fœtale et se poursuit après la naissance** (pas tous les os en même temps)

- **Ossification endoconjonctive :**

- Le tissu osseux remplace du tissu **conjonctif**.
- l'ossification de membrane et l'ossification périostique assurent toutes les deux la formation des **os plats du crâne**.

- **Ossification endochondrale :**

- Le tissu osseux remplace du **cartilage**.
- Les ossifications endochondrale et périostique assurent la formation des **os longs, des os courts** (vertèbres, os du carpe, du tarse, côtes) ainsi que les **autres os plats** (sternum, omoplates et os iliaques).

Ossification secondaire

- Elle assure le **remodelage osseux**
- le **remodelage osseux** débute en même temps que la croissance osseuse + se poursuit durant toute la vie pour modeler le tissu osseux
- Le tissu osseux est donc un tissu **dynamique en remodelage permanent** ++
- Lors de la croissance, les deux types d'ossification ont lieu **simultanément dans des lieux différents.**

• Chez le nourrisson et l'enfant : Ce remodelage est très rapide et s'adapte aux besoins (ex : l'acquisition de la marche).

• Chez l'adulte : Ce remodelage est lent mais peut s'accélérer dans certaines conditions physiologiques (activité physique) ou pathologiques (réparation d'une fracture osseuse).

Comment se forment les os long

La formation des os longs = en 2 étapes :

1. La formation d'une maquette cartilagineuse
2. l'ossification.

Comment se forment les os long

1. Formation de la maquette cartilagineuse :

Une **maquette cartilagineuse**

- Recouverte de **périchondre**
- Se forme au sein du **mésenchyme embryonnaire**.
- Formée de **cartilage hyalin** + constitue l'ébauche du futur os long : (elle a grossièrement la forme de la pièce osseuse définitive.)
- Elle va croître selon deux mécanismes : via la croissance **interstitielle** et via croissance par **apposition**.

Comment se forment les os long

2. Ossification:

L'ossification primaire déclenchée par la pénétration de vaisseaux sanguins dans le cartilage (dans la maquette cartilagineuse) définissant 3 centres d'ossifications :

- Le centre d'ossification **diaphysaire** qui apparaît **AVANT** la naissance.
- Les deux centres d'ossifications **épiphysaires** supérieurs et inférieurs qui apparaissent **APRES** la naissance.

Au niveau diaphysaire, l'ossification se fait selon deux mécanismes :

- L'ossification **endochondrale** qui permet une croissance en **longueur**.
- L'ossification **périostique** qui permet une croissance en **épaisseur**.

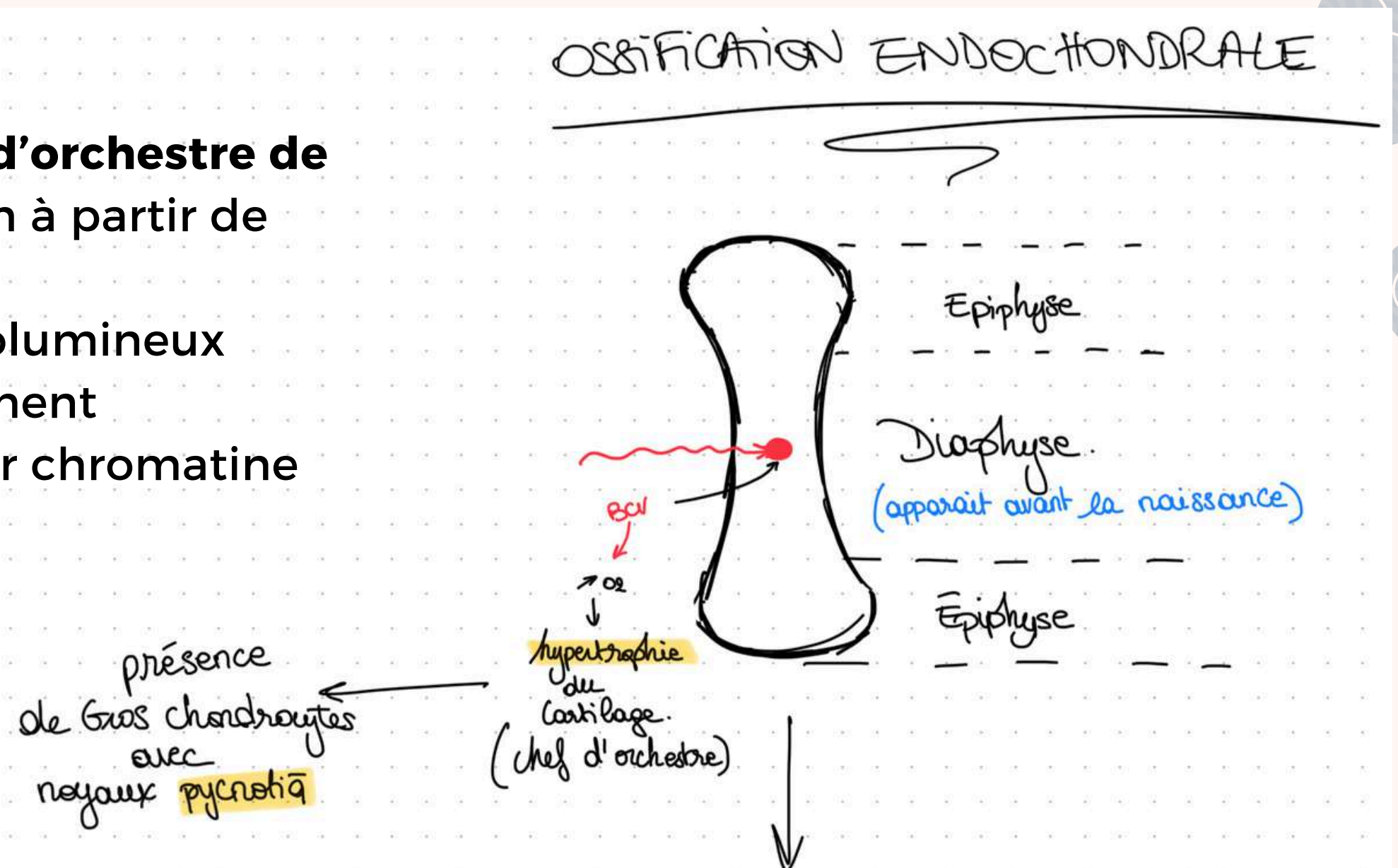
Comment se forment les os long

- A partir du périchondre, un **bourgeon conjonctivo-vasculaire (BCV)** pénètre dans le cartilage jusqu'au **CENTRE** de la diaphyse.
- Ce bourgeon induit une **augmentation de la concentration en oxygène** + provoque une **hypertrophie du cartilage**.

(Le sang distribue l'oxygène dans le cartilage et lui permet de grandir c'est pour ça qu'il devient hypertrophique)

Le cartilage hypertrophique est le chef d'orchestre de l'ossification endochondrale (ossification à partir de cartilage) :

- il est caractérisé par la présence de volumineux chondrocytes dont les noyaux deviennent **pycnotiques** (pycnotique = quand leur chromatine est très condensée).

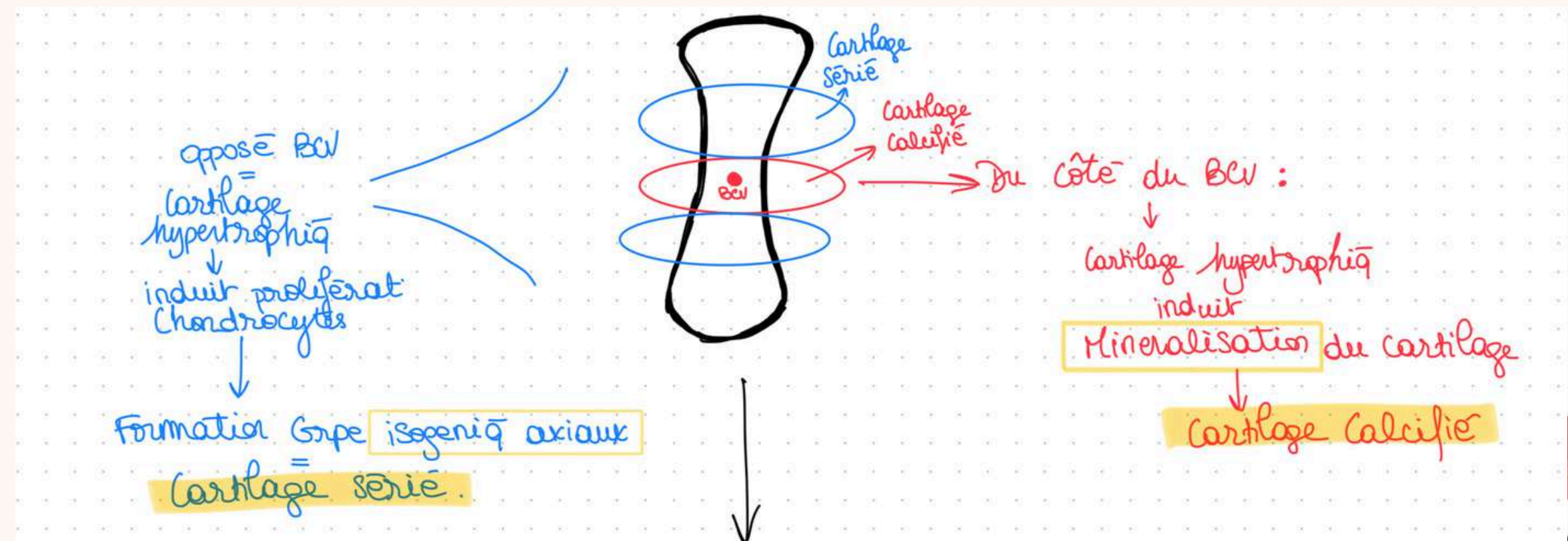


Comment se forment les os long

ossification endochondrale

- A l'opposé du bourgeon conjonctivo-vasculaire (BCV), le cartilage hypertrophique induit la prolifération des chondrocytes qui forment des groupes isogéniques axiaux orientés selon le grand axe de l'os en formation : c'est le **cartilage sérié**.
- Du côté du BCV, le cartilage hypertrophique induit la minéralisation de la MEC, c'est le **cartilage calcifié** dont les chondrocytes meurent.

Le BCV amène avec lui des **cellules souches hématopoïétiques**, des **cellules souches ostéoprogénitrices** et des **précurseurs ostéocalciques**.



Comment se forment les os long ***ossification endochondrale***

Au contact du bourgeon :

- les **ostéoclastes** détruisent le cartilage calcifié (du côté du BCV) en effondrant les fines cloisons transversales qui séparent les chondrocytes d'un même groupe isogénique.

Ceci constitue **le front d'érosion**.

- Il persiste des **travées parallèles** longitudinales de cartilages calcifiés, les **travées directrices** = de support pour l'ossification endochondrale.
- Les vaisseaux et les cellules ostéoprogénitrices s'engouffrent dans les tunnels creusés par les ostéoclastes, ce qui constitue le **front vasculaire**.
- Les ostéoblastes provenant de la division des cellules ostéoprogénitrices s'organisent en **bordure épithélioïde** le long des travées directrices et déposent la **matrice ostéoïde** = c'est le **tissu osseux primaire endochondrale**.

Comment se forment les os long

ossification endochondrale

Petit rappel :

1. Cette région comporte donc transitoirement des **cloisons osseuses** possédant un axe de cartilage calcifié : la travée directrice ayant échappé à l'ossification primaire.
2. L'ossification endochondrale assure la croissance en **longueur** des diaphyses des os longs)

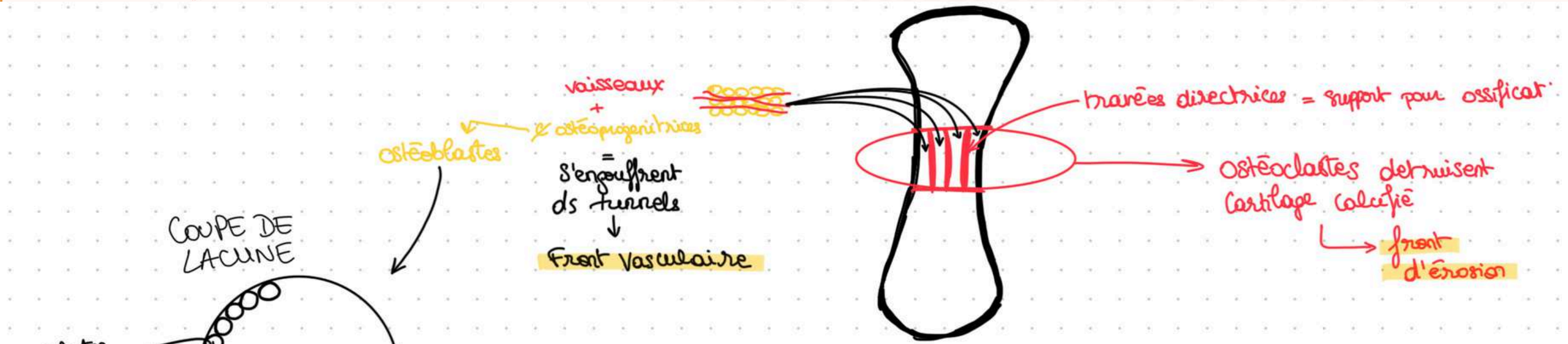
Cette structure (le tissu osseux primaire endochondrale) est rapidement détruite par les ostéoclastes et l'ossification secondaire débute.

L'érosion du cartilage s'arrête lorsque les zones d'ossification atteignent les **métaphyses** (parties de l'os entre la diaphyse et les épiphyses) , laissant subsister des **cartilages de conjugaison** qui participeront à la croissance des os jusqu'à la puberté.

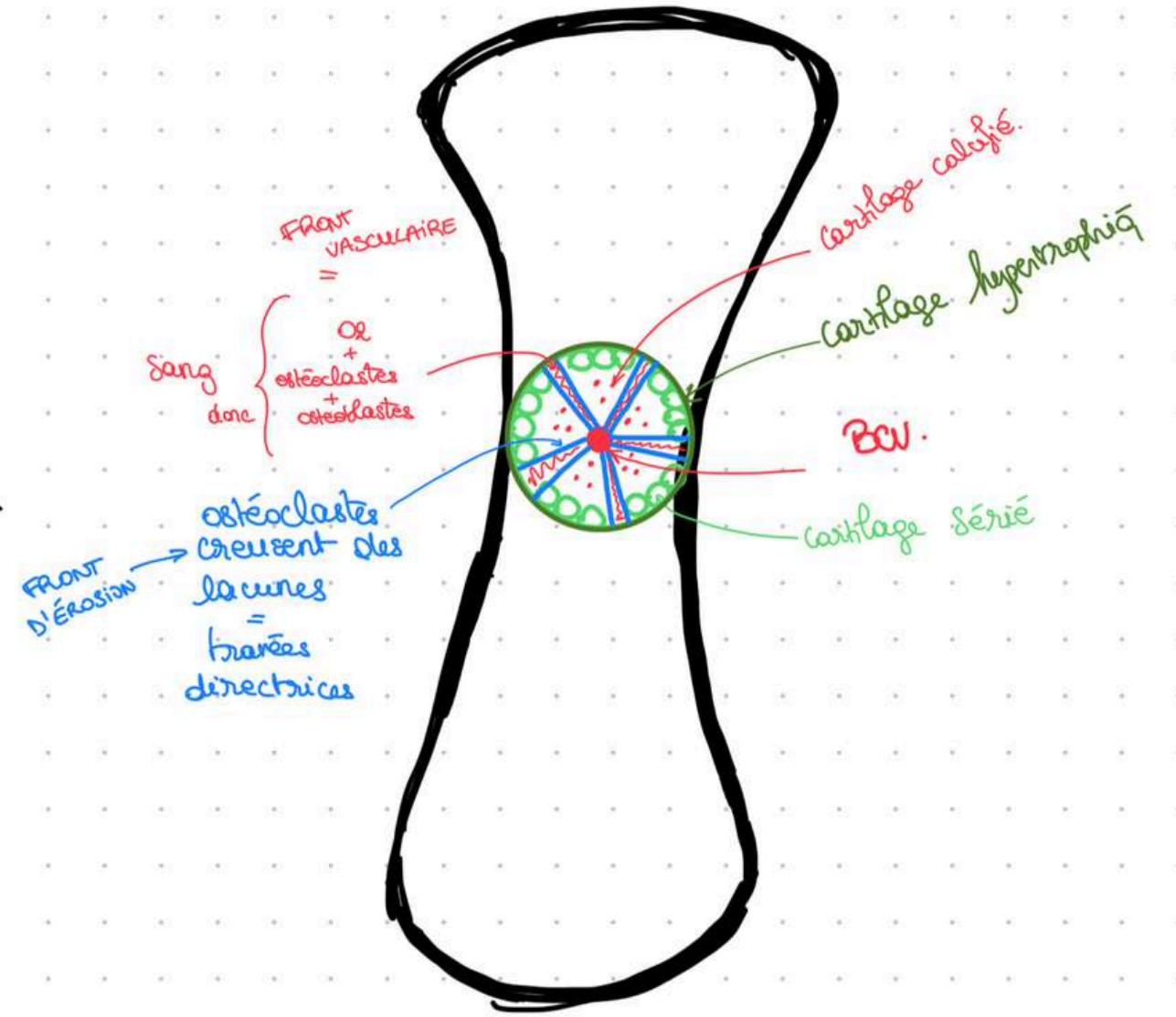
APRES la puberté, cet équilibre est rompu au profit de **l'ossification** : les cartilages de croissance disparaissent par ossification complète et la croissance s'arrête.

Comment se forment les os long

ossification endochondrale



autre FAÇON D'IMAGER



Comment se forment les os long

ossification périostique

1. différenciation du **périchondre** en **périoste** dans la partie moyenne de la diaphyse. provoquée par la pénétration du bourgeon conjonctivo-vasculaire dans le cartilage et l'influence du cartilage hypertrophique.
(petit rappel : périoste = ce qui entoure l'os, perichondre = ce qui entoure le cartilage).

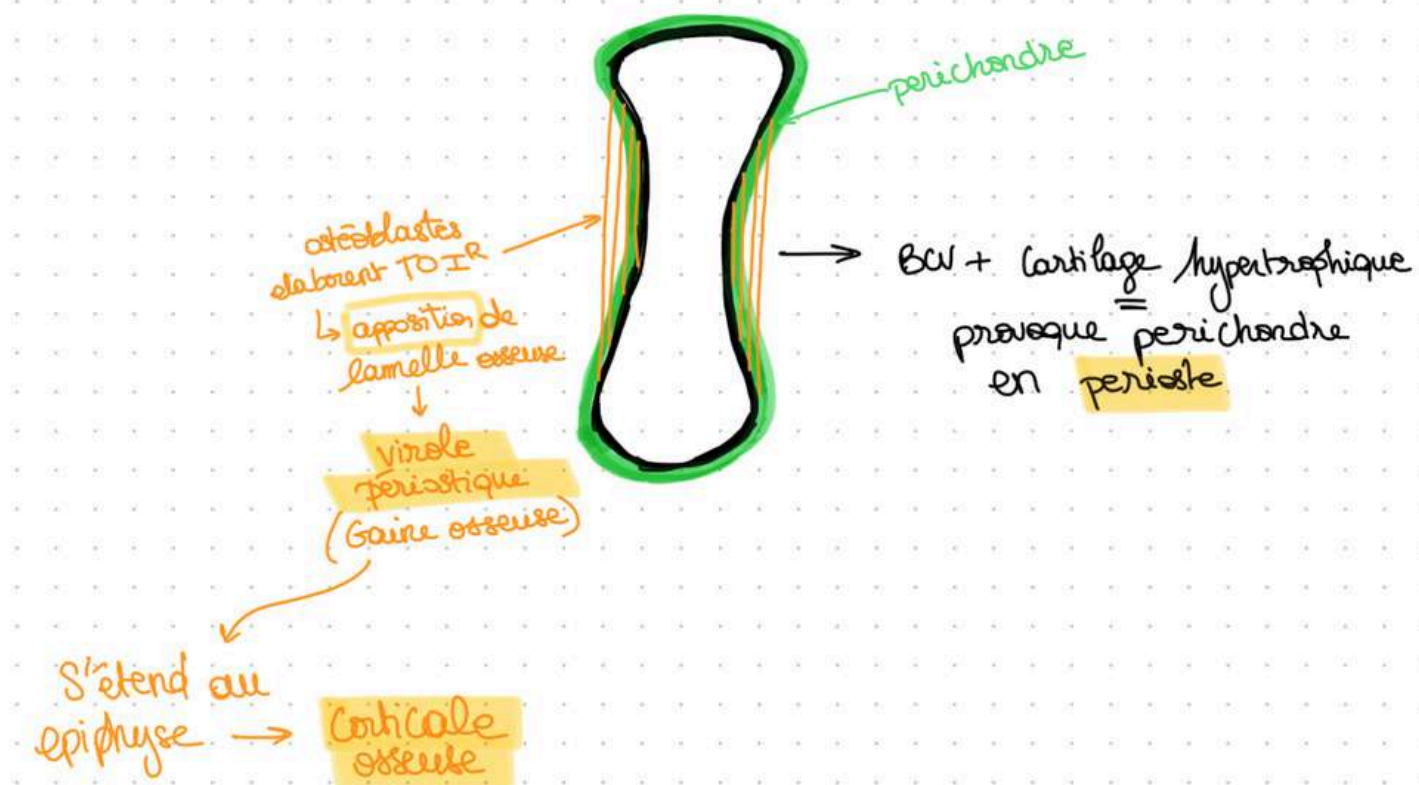
2. Les ostéoblastes élaborent le tissu osseux primaire assurant la croissance osseuse par **apposition successives de lamelles osseuses**.

3. Il se forme ainsi une gaine osseuse appelée **virole périostique**

4. Elle s'étend progressivement en direction des épiphyses pour former la **corticale osseuse**.

5. Les appositions successives de lamelles osseuses permettent la croissance **en épaisseur** de la diaphyse des os longs

OSIFICATION PÉRIOSTIQUE



Comment se forment les os long

au niveau des épiphyses qu'est ce qu'il se passe ?

APRÈS la naissance,

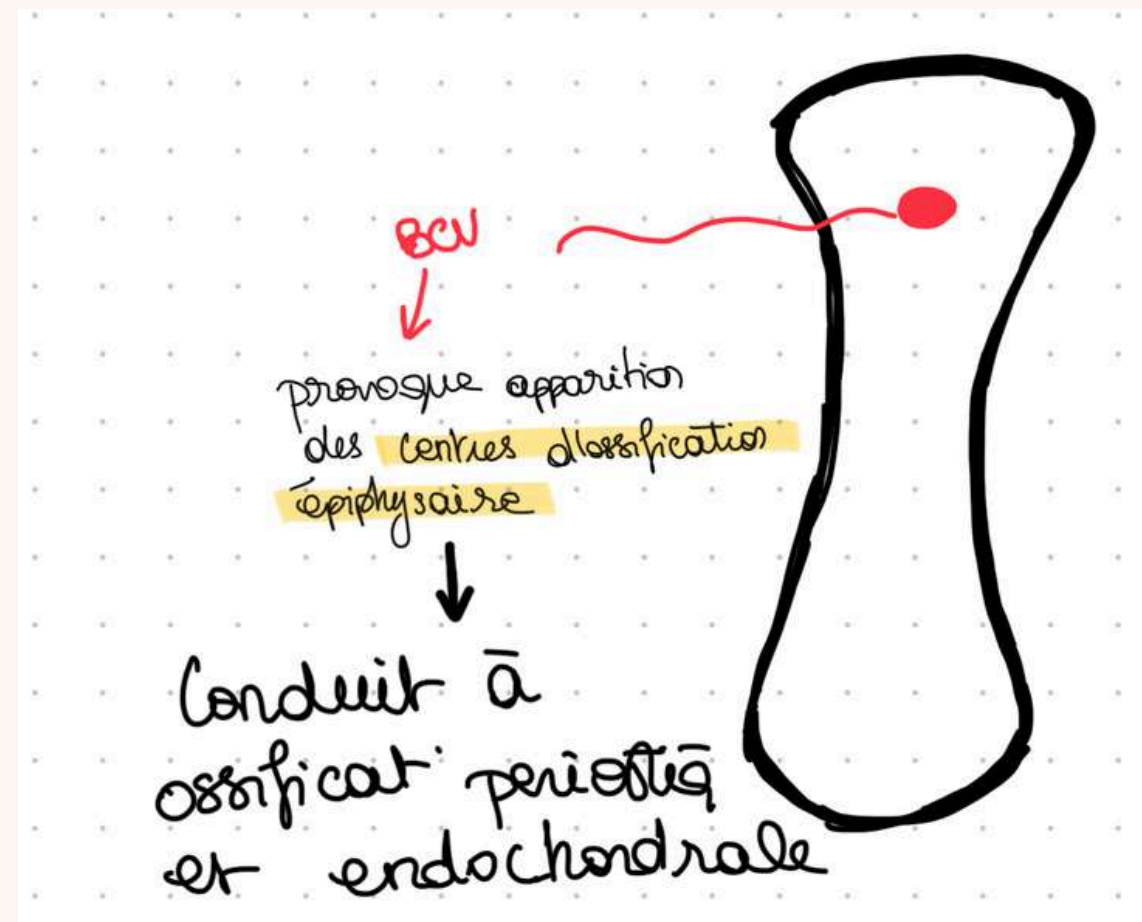
- tandis que le centre d'ossification diaphysaire s'étend vers les métaphyses,
- la pénétration de BCV dans les épiphyses provoquent l'apparition des centres d'ossification épiphysaires.

Les mécanismes d'ossification sont comparables à ceux décrits pour l'ossification diaphysaire :

- pénétration d'un bourgeon conjonctivo-vasculaire qui conduit à une ossification périostique et à une ossification endochondrale.

L'intégralité du cartilage épiphysaire est donc remplacé par du tissu osseux primaire à l'exception du cartilage articulaire et du cartilage de conjugaison.

Comment se forment les os long ossification périostique



Notons que les centres d'ossifications apparaissent pour chaque os à un âge précis, génétiquement programmé. Il en est de même pour la disparition des cartilages de croissance.

Il est donc possible de déterminer avec une relative précision par un examen radiologique, un âge osseux qui ne coïncide pas obligatoirement avec l'âge réel en cas de retard de croissance.

formation des os du crâne

ossification primaire

OSSIFICATION DE MEMBRANE (Ossification interne)

se fait en DEUX phases :

- Lors de la phase de **pré-ossification**, une ébauche conjonctive se forme au sein du mésenchyme embryonnaire (chez le fœtus), cette ébauche est appelée voûte membraneuse du crâne.
- La phase **d'ossification** débute avec la pénétration de vaisseaux sanguins au sein de l'ébauche conjonctive.

AUTOUR des vaisseaux : des cellules mésenchymateuses prolifèrent > différenciation en ostéoblastes > création de centres d'ossification primaires formés de tissu osseux réticulaire.

ENTRE les travées du tissu osseux primaire : les espaces conjonctifs = envahis par vaisseaux, des cellules souches hématopoïétiques et mésenchymateuses. Les cellules mésenchymateuses = à l'origine de nouveaux ostéoblastes créant une croissance centrifuge des centres d'ossification primaires que l'on nomme plaque osseuse.

formation des os du crâne

ossification primaire

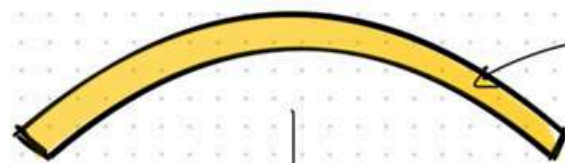
OSSIFICATION PERIOSTIQUE

- est une ossification de surface.
 - Peu AVANT la naissance : le mésenchyme au contact des faces supérieures et inférieures des plaques se différencie en périoste
 - périoste = élabore l'os dense des tables internes et externes ce qui constitue l'ossification primaire périostique.
 - Il y a donc croissance en **épaisseur** par apposition successive de lamelles osseuses.
-
- ENTRE les plaques, il existe des espaces conjonctifs dénommés **sutures** qui convergent vers des espaces triangulaires : **les fontanelles**.

formation des os du crâne

ossification primaire

1. ossification de membrane



Voûte membraneuse du crâne
=
ébauche conjonctive au sein du mésenchyme embryonnaire

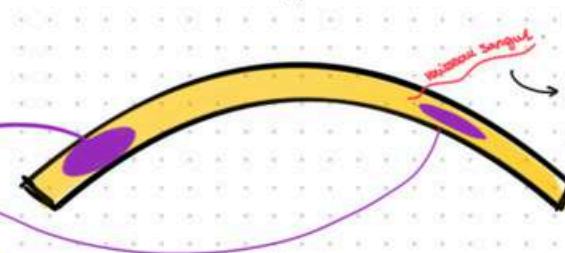
= pré-ossification



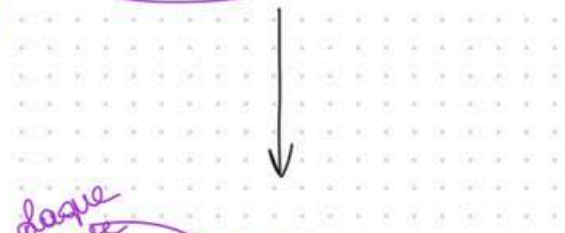
Centre d'ossification I
↓
formés de tissu osseux réticulé

Appartiennent à mésenchymateuse qui se diff. en ostéoblastes

Créés par ostéoblastes



plaque osseuse



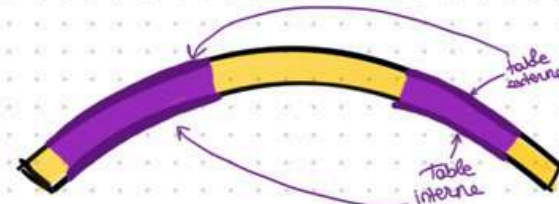
entre travées du tissu osseux primitif

espaces conjonctifs sont envahis par vais. ⊕ & hémato sèches ⊕ mésenchymateuses

↳ nouveaux ostéoblastes

Créent plaque osseuse

2. OSSIFICATION PÉRIOSTIQUE



Perioste

constitue ossification primaire périostique

↓
croissance en épaisseur par apposition successive de lamelles osseuses.

formation des os du crâne

Ossification secondaire

rappel : Au cours de l'ossification secondaire, le tissu osseux remplace un tissu osseux++++

- Se produit au sein du tissu osseux primaire = contribue à la **croissance osseuse**,
- puis au sein du tissu osseux secondaire = assure le **remodelage osseux**.

Dans le tissu osseux haversien :

1. à partir d'un canal de Volkman, les ostéoclastes détruisent le tissu osseux existant accompagnés d'un bourgeon conjonctivo-vasculaire
2. BCV s'enfonce dans le tissu osseux pour former un tunnel de résorption dont le grand axe est parallèle aux lignes de force et dont les dimensions sont celles du futur ostéon.

Dans le tissu osseux trabéculaire :

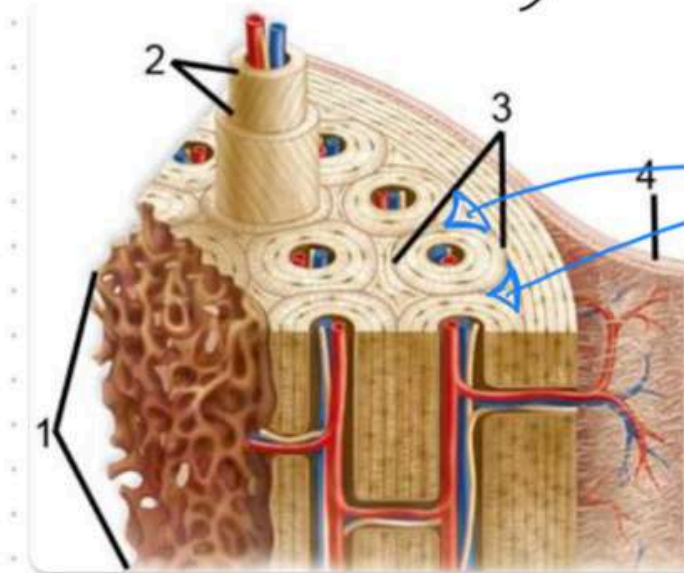
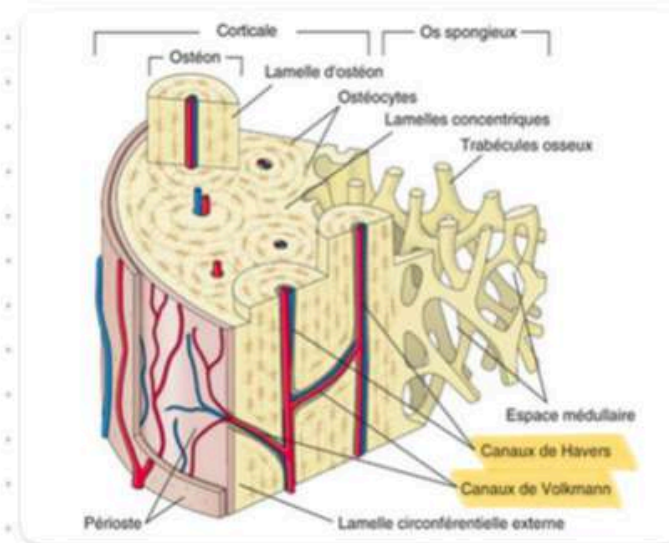
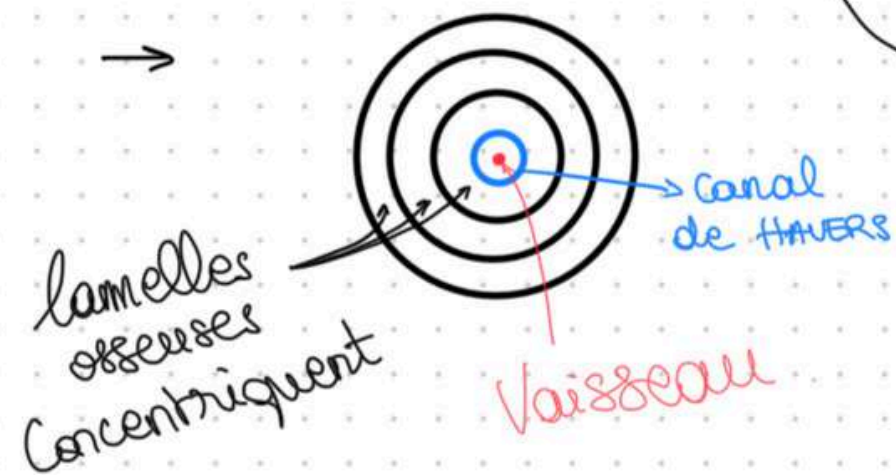
- le principe est comparable mais concerne des régions isolées des travées osseuses.
- La reconstruction se fait à partir des régions provisoirement épargnées.

Ossification secondaire

OSSIFICATION II^R

→ Tissus Haversien (Partie externe des os)

→ en tant normal



Systemes intermediaires

Remodelage osseux

Le tissu osseux lamellaire se renouvelle en permanence grâce au remodelage osseux, DONC remodelage osseux = INDISPENSABLE pour que le tissu osseux conserve ses propriétés et ses fonctions

Facteurs mécaniques :

- Les ostéocytes agissent comme des mécanorécepteurs. Ils perçoivent les variations de contraintes s'exerçant sur le tissu osseux,
- on aura alors DEUX réponses possible : une synthèse de matrice par les ostéoblastes OU sa résorption par les ostéoclastes pour préserver les fonctions mécanique, protectrice et de soutien.

Facteurs hormonaux :

- représentés par DEUX principales hormones, la **parathormone** et la **calcitonine**.
- Ces 2 hormones participent au maintien de l'homéostasie phosphocalcique.

Remodelage osseux

Parathorme	Calcitonine
Sécrétés par les parathyroïdes	Sécrétée par les cellules C de la thyroïde
En reponse à une baisse de glycémie	En réponse à une hausse de glycémie
Hyper calcémiante	Hypo calcémiante
Active indirectement les osteoclastes via les osteoblastes (on veut que le calcium sorte pour remonter la calcémie)	Inhibe directement les ostéoclastes (on ne veut pas que le calcium sorte)

福踊り大会

押



Finiii



着

