

Le tissu osseux

Dr SISSOKO Sidi Boula

Plan

- 1. Généralités**
- 2. Constituants du tissu osseux**
- 3. Autres constituants d'un os**
- 4. Variétés histologiques du tissu osseux**

5. Ostéogénèse

6. Croissance des os

7. Fonctions du tissu osseux

8. Applications

Introduction

- **Tissu squelettique**
- **Uniquement retrouvé dans l'os**
- **1/4 du volume du squelette**
- **Os: tissu osseux associé à d'autres tissus**

1. Généralités

1.1. Définition

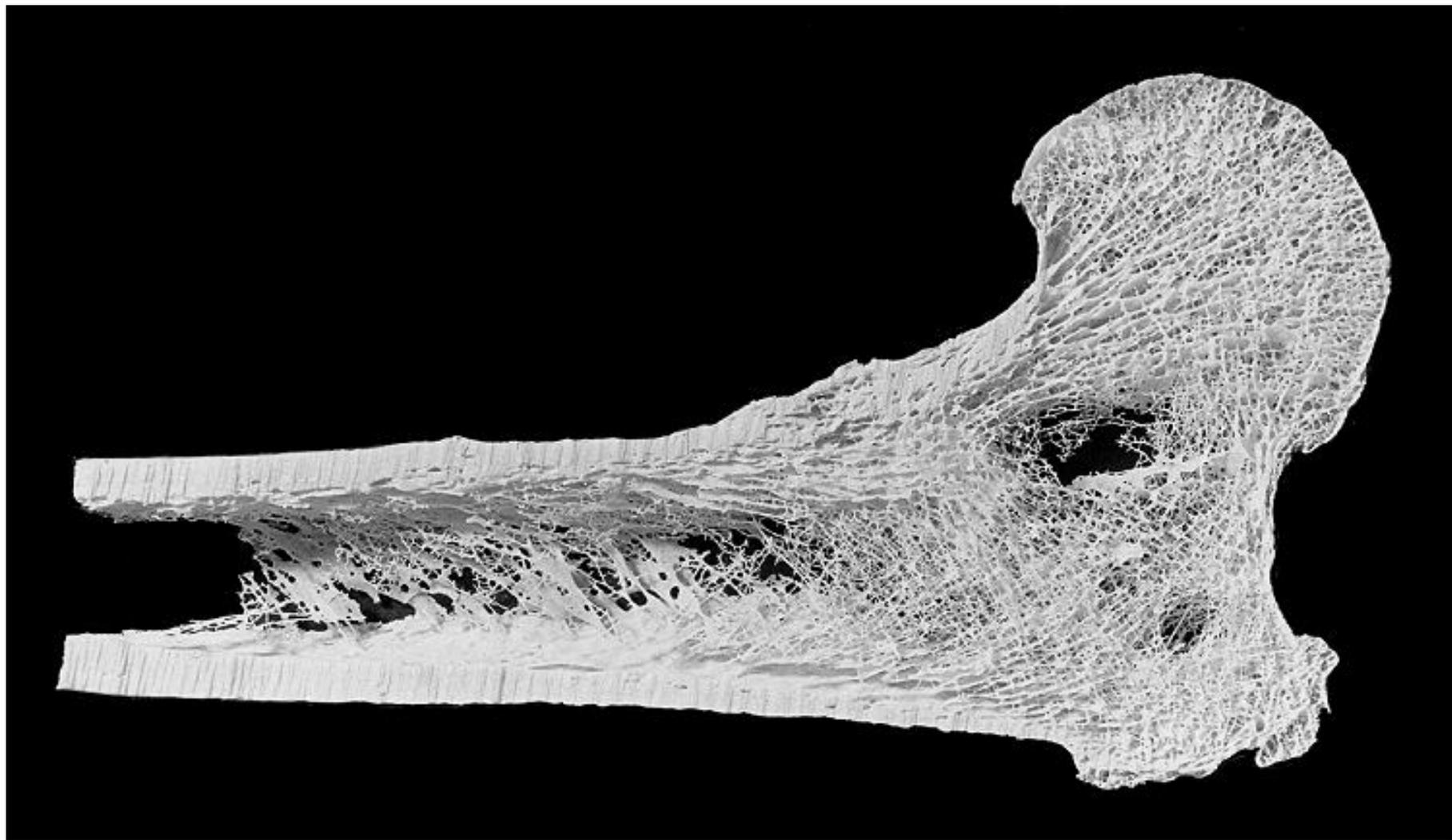
Tissu conjonctif spécialisé à structure lamellaire et dont la matrice extracellulaire est solide, calcifiée

1.2. Classification:

- **Macroscopique ou radiologique**
- **Histologique**

Classification

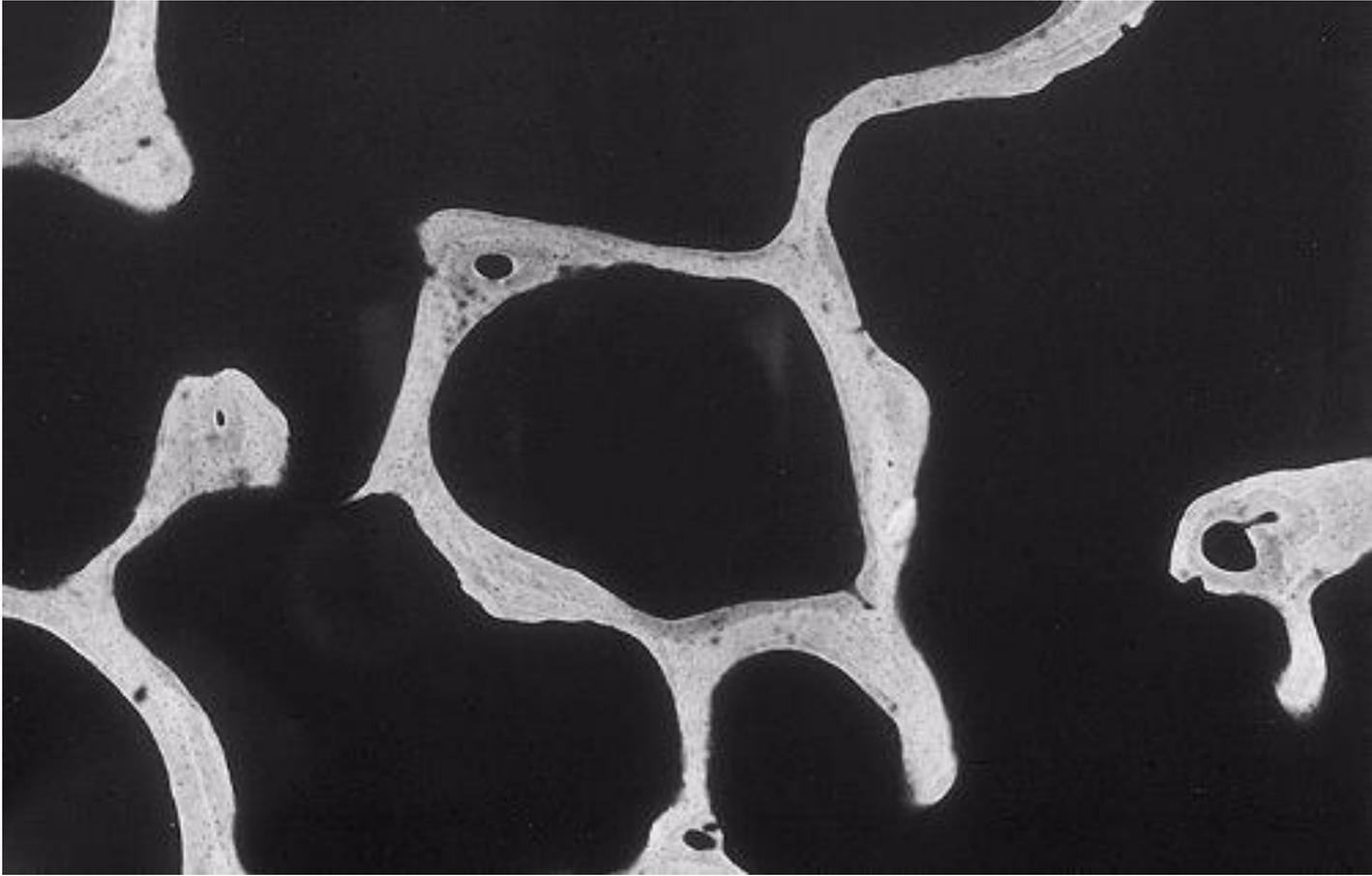
- **Macroscopique ou radiologique**
 - **Os compact: à l'œil nu**
 - dense
 - bloc solide
 - monolithique
 - sans cavité

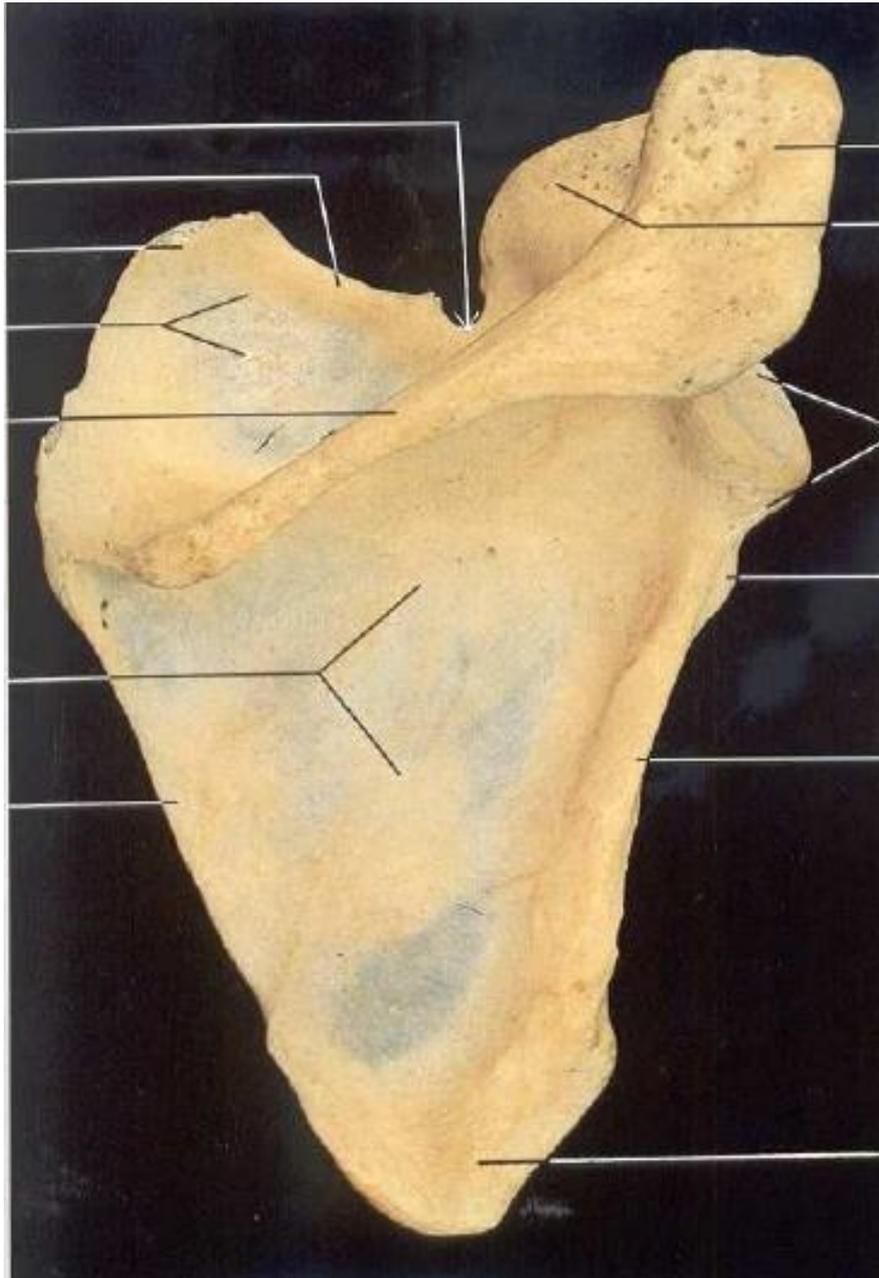


Classification

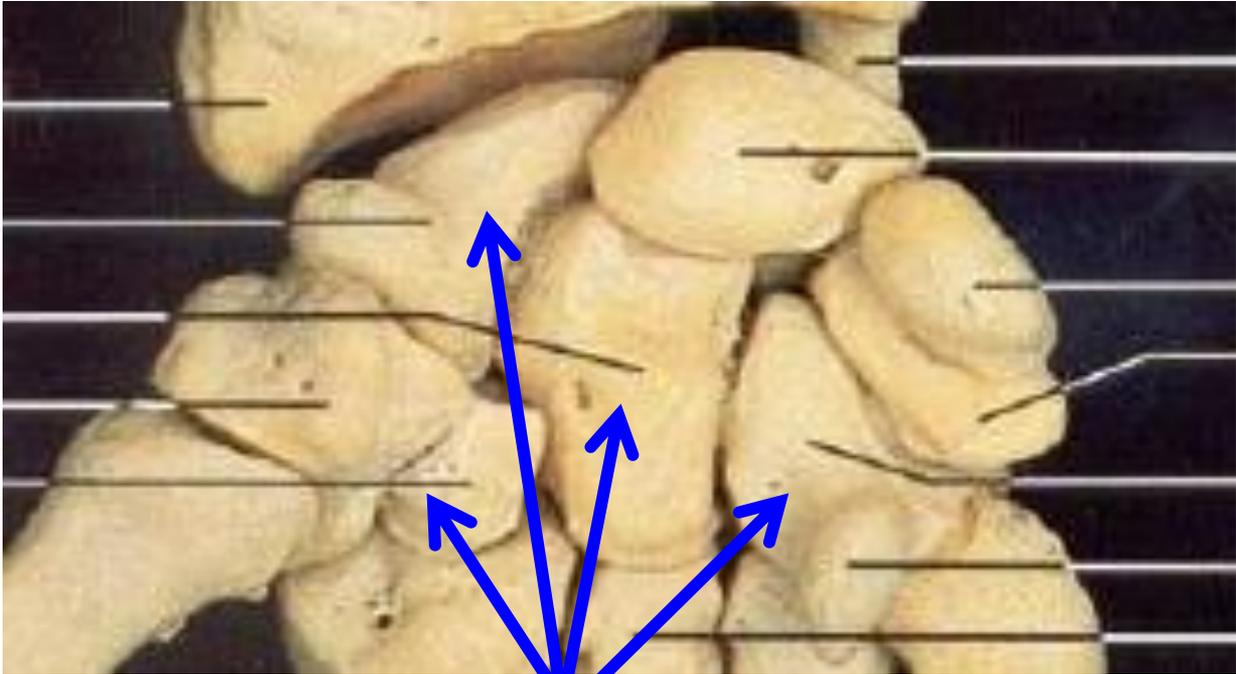
- **Macroscopique ou radiologique**
 - **Os spongieux ou os trabéculaire:** à l'œil nu
 - aspect d'une éponge
 - formé de travées osseuses disposées en réseaux autour des espaces ou cavités



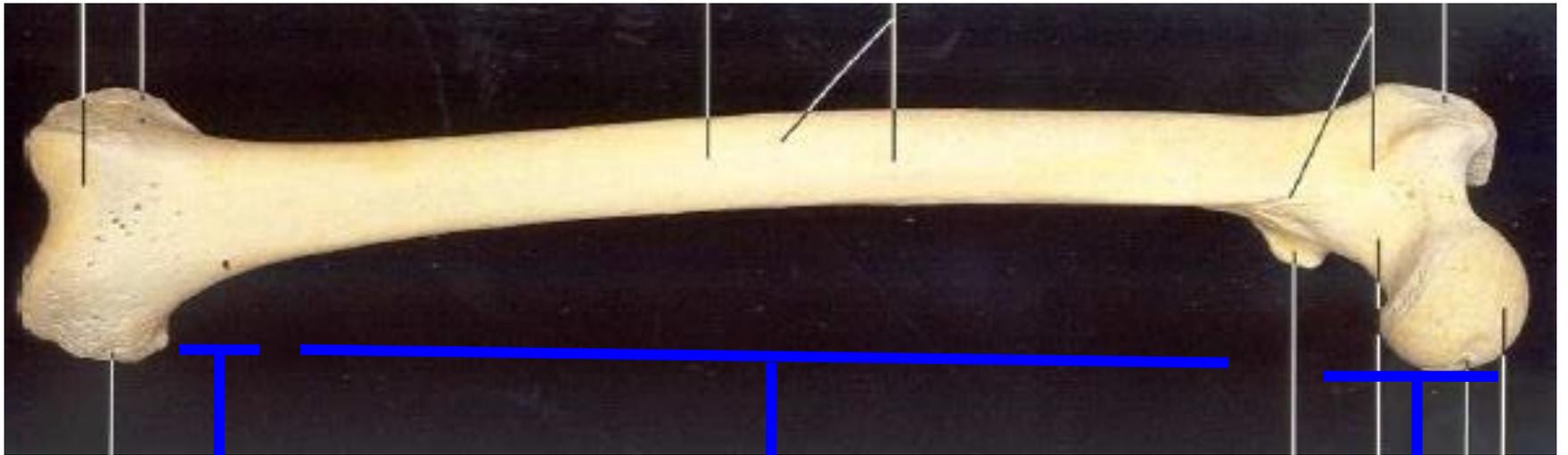




**Os plat:
(omoplate)**



Os courts



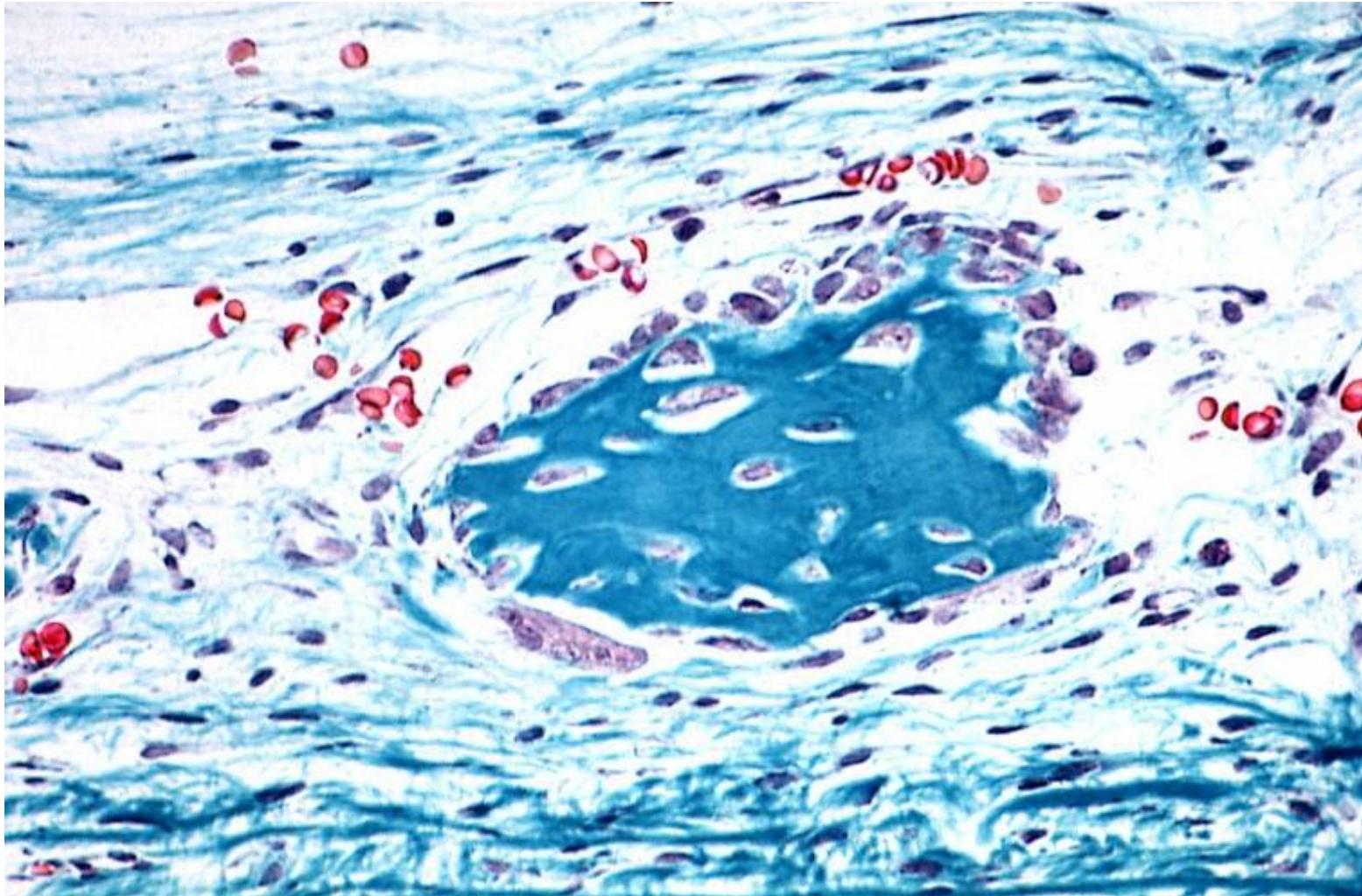
Métaphyse

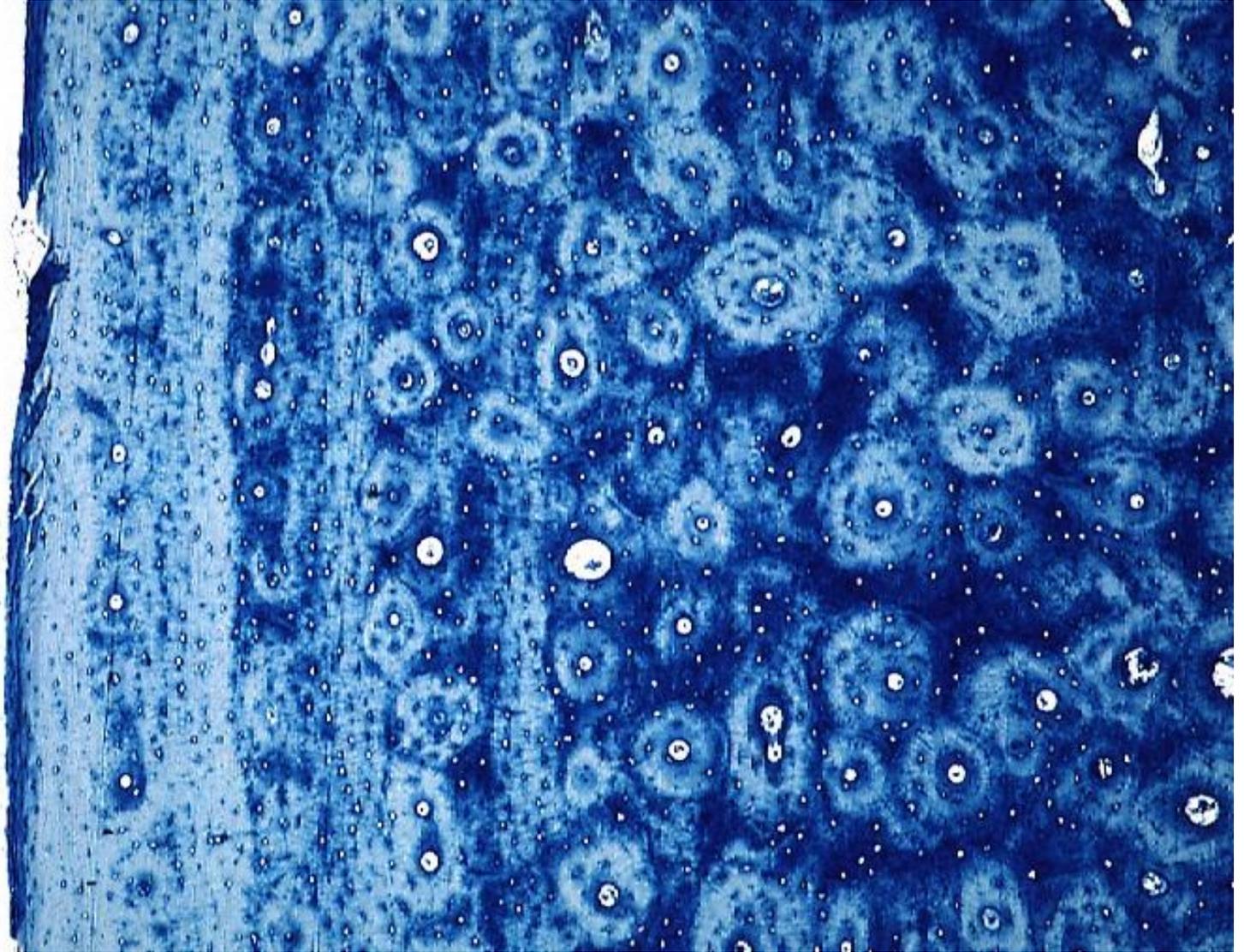
diaphyse

épiphyse

Classification

- **Histologique**
 - **Tissu osseux primaire**
 - **Tissu osseux secondaire**





2. Les constituants du tissu osseux

- **La matrice extracellulaire**
- **Les cellules**

Les constituants du tissu osseux

2.1. La matrice extracellulaire

- Phase organique
- Phase minérale

La matrice extracellulaire

- **Phase organique**

- **Fibres collagènes**
- **Substance fondamentale**

Phase organique

- **Fibres collagènes**

- ✓ collagène de type I, 90%
- ✓ collagène V en faible quantité
- ✓ orientation des fibres en lumière polarisée (variable d'une lamelle à une autre)

Phase organique

- **Substance fondamentale**
 - ✓ **10%**
 - ✓ **GAG: glycosaminoglycans**
 - ✓ **non associés en protéoglycans et d'acide hyaluronique**
 - ✓ **25% de sa masse en eau de la matrice extracellulaire**

La matrice extracellulaire

■ Phase minérale

- Abondante
- 99% du Ca et 90% du phosphore de l'organisme
- Deux fractions:
 - ✓ amorphe (phosphates calciques)
 - ✓ cristalline (cristaux d'hydroxyapatite)

Phase minérale

✓ fraction amorphe

- **principalement: phosphate calcique, plus abondant dans le tissu jeune**
- des **chaînes de polyphosphates** de la substance fondamentale ;
- du **calcium intracellulaire** libéré par exocytose par les cellules osseuses

Phase minérale

- ✓ fraction cristalline: cristaux d'hydroxyapatite
- Formule globale est $\text{Ca}_{10} (\text{PO}_4)_6 (\text{OH})_2$
- Formés à la suite d'un réarrangement spatial (calcium, des phosphates et des ions hydroxyles)

Les constituants du tissu osseux

2.1. La matrice extracellulaire

2.2. Les cellules

2.2. Les cellules

- **ostéoblastes**
- **ostéocytes**
- **ostéoclastes**

Les cellules

2.2.1. Les ostéoblastes

- **Aspects microscopique**
 - **Microscopie optique**
 - ✓ **Disposent sur un support en une couche continue**
 - ✓ **Corps cellulaire: cubique, expansions ou prolongements**
 - ✓ **Noyau: ovalaire au pôle opposé du support**
 - ✓ **Cytoplasme: basophile, granules PAS+**



Ostéoblastes

Les ostéoblastes

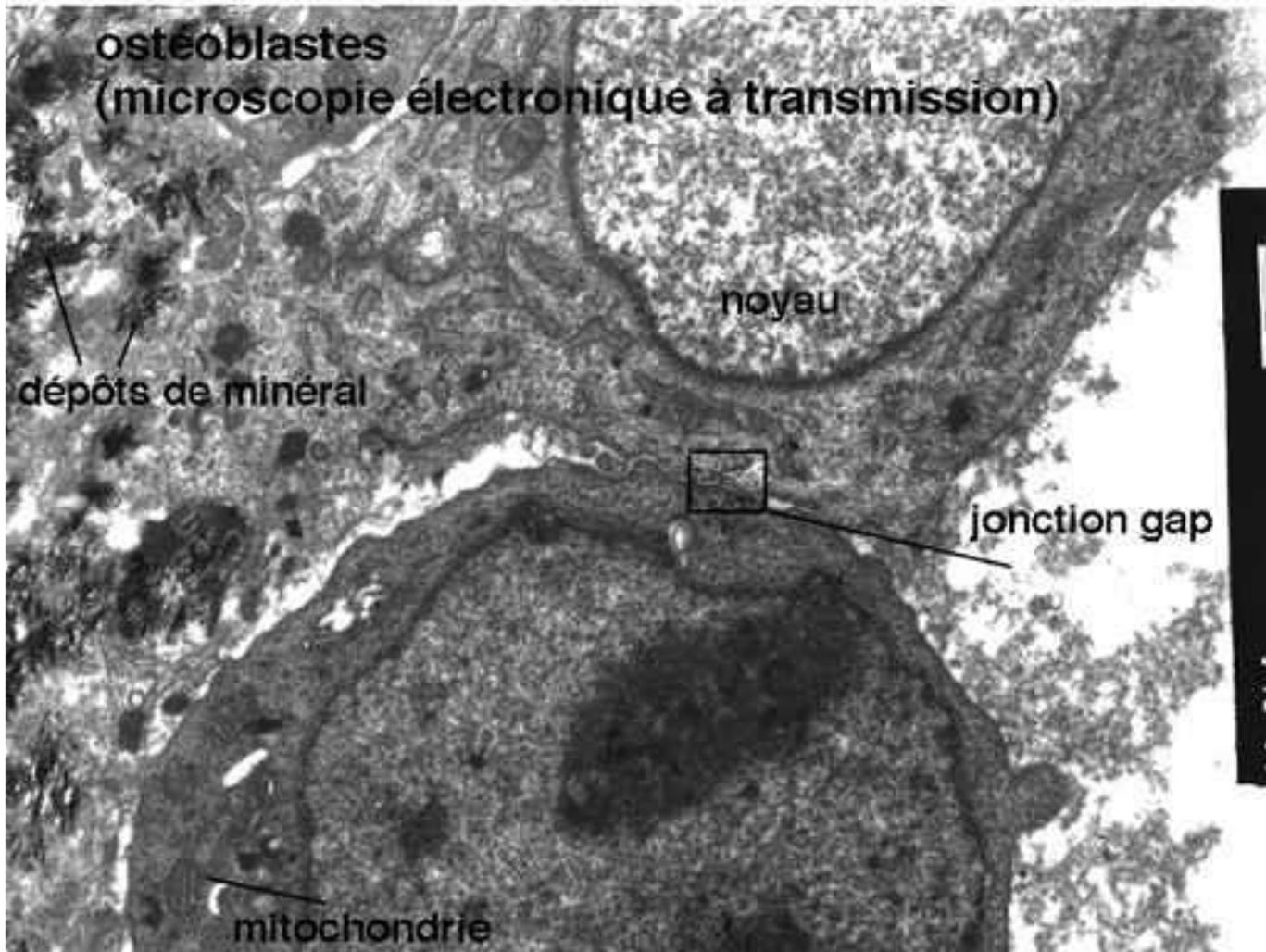
- **Microscopie électronique**

REG développé

Nombreux ribosomes libres

Appareil de golgi volumineux

Nombreuses vésicules de sécrétion contenant les précurseurs: phase organique (Ca et P04)



Les ostéoblastes

■ Fonctions de l'ostéoblaste

• Élaboration du tissu osseux:

- production de la phase organique

- calcification :

 - la sécrétion des phosphatases alcalines

 - la sécrétion des premiers éléments minéraux sous la forme d'ions solubles

- régulation de l'ostéolyse

- régulation de l'activité des ostéoclastes

Les cellules

2.2.2. Les ostéocytes

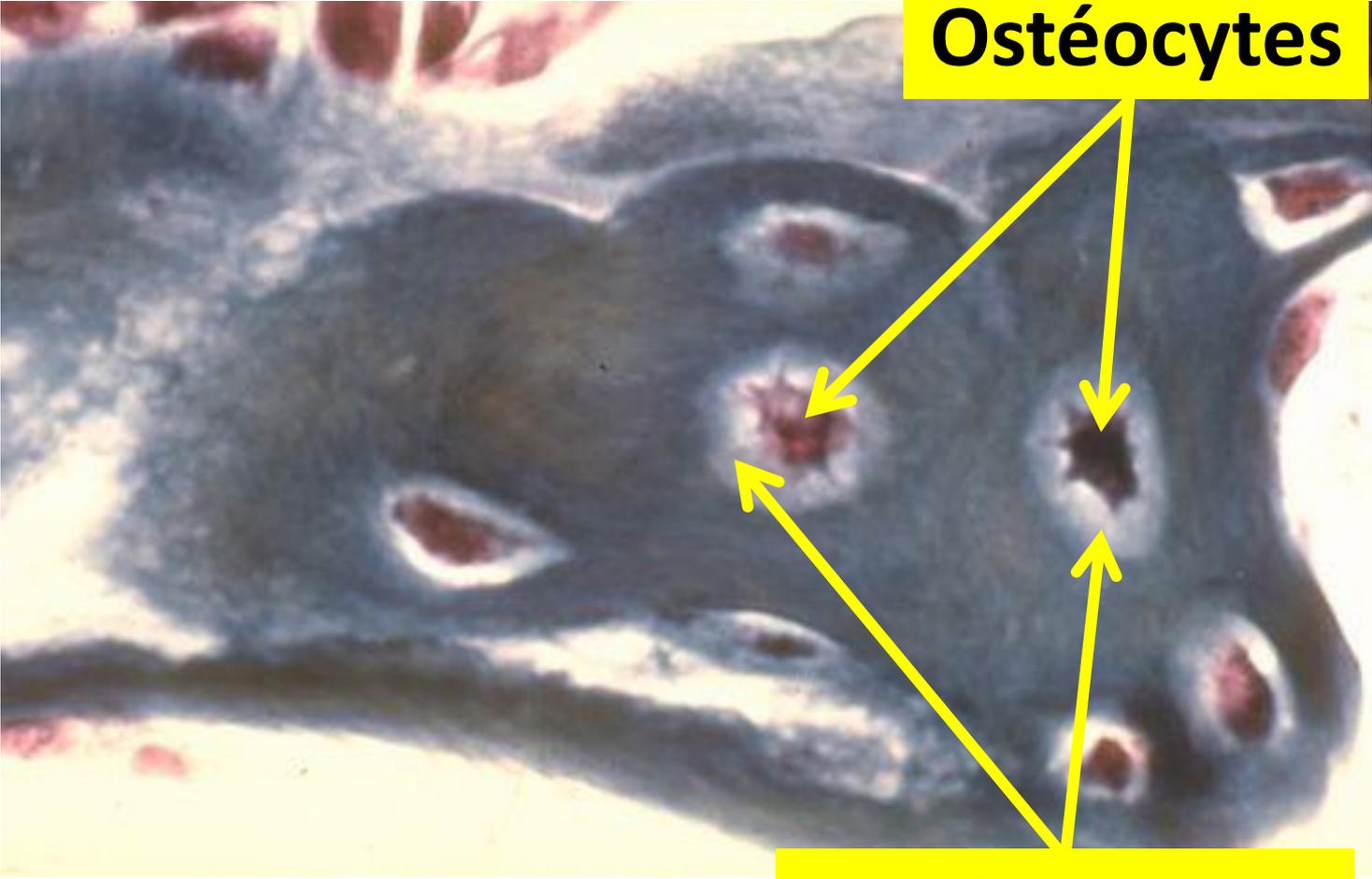
- 1% du volume osseux
- Forme terminale de maturation des ostéoblastes
- Enfermés dans les **ostéoplastes**
 - ✓ lacunes ovoïdes
 - ✓ reliés les uns aux autres par de fins canalicules
 - ✓ jonctions communicantes de type gap

Les ostéocytes

■ Aspects microscopiques

• Microscopie optique

- ✓ forme ovoïde
- ✓ fins prolongements cellulaires
- ✓ noyau est dense, central et ovoïde
- ✓ basophilie cytoplasmique moins marquée



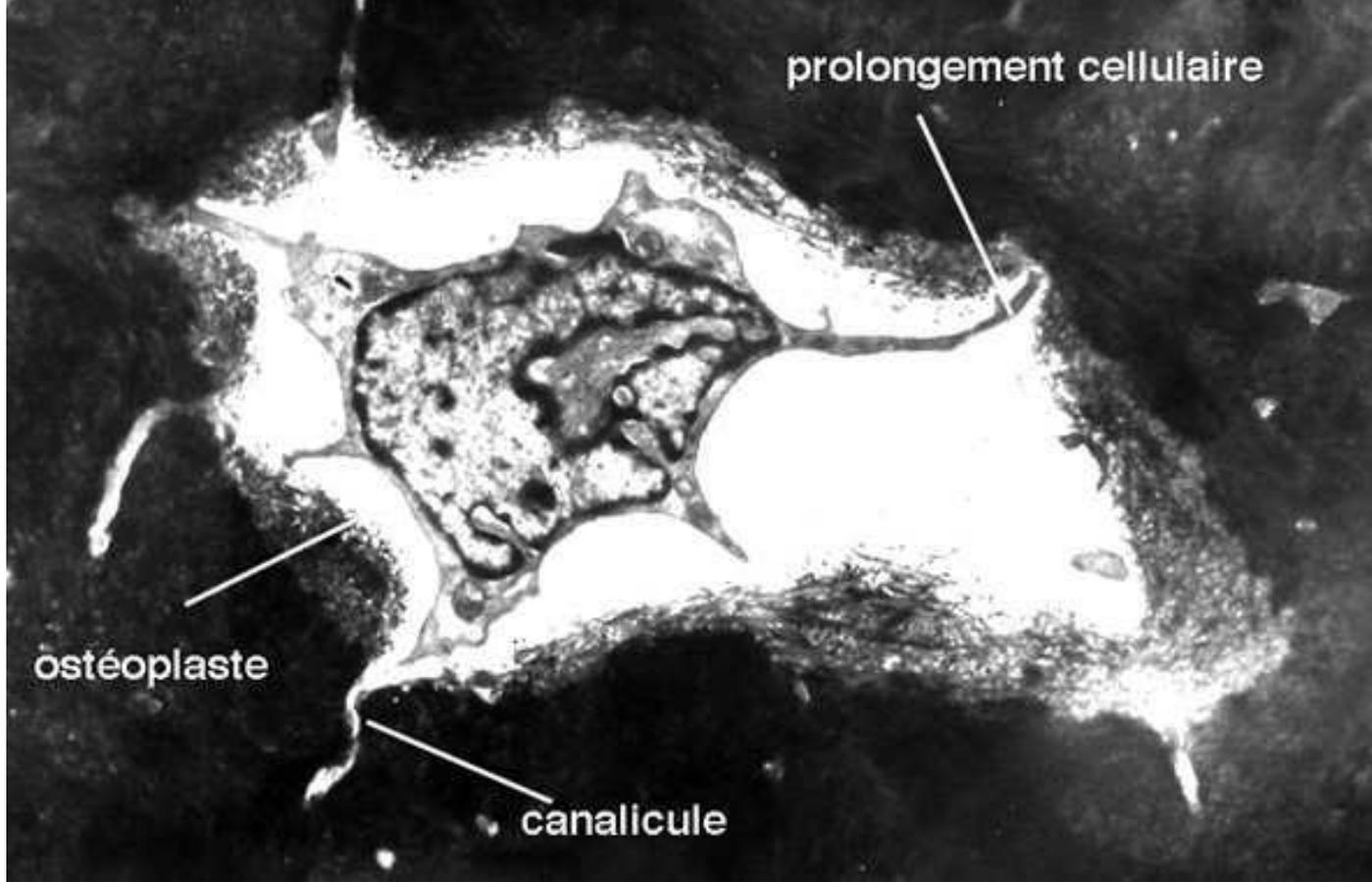
Ostéocytes

Ostéoplastes

Les ostéocytes

- **Microscopie électronique**
 - ✓ prolongements dépourvus d'organites
 - ✓ REG et AG sont développés
 - ✓ nombreuses vésicules de sécrétion
 - ✓ Glycogène et lysosomes

ostéocyte
(microscopie électronique à transmission)



Les ostéocytes

- **Fonctions de l'ostéocyte**
 - **Renouvellement et maintenance de la matrice osseuse qui l'entoure (synthèse et à la destruction de l'os).**
 - **Intervient dans la régulation des échanges ioniques (métabolique)**

Les cellules

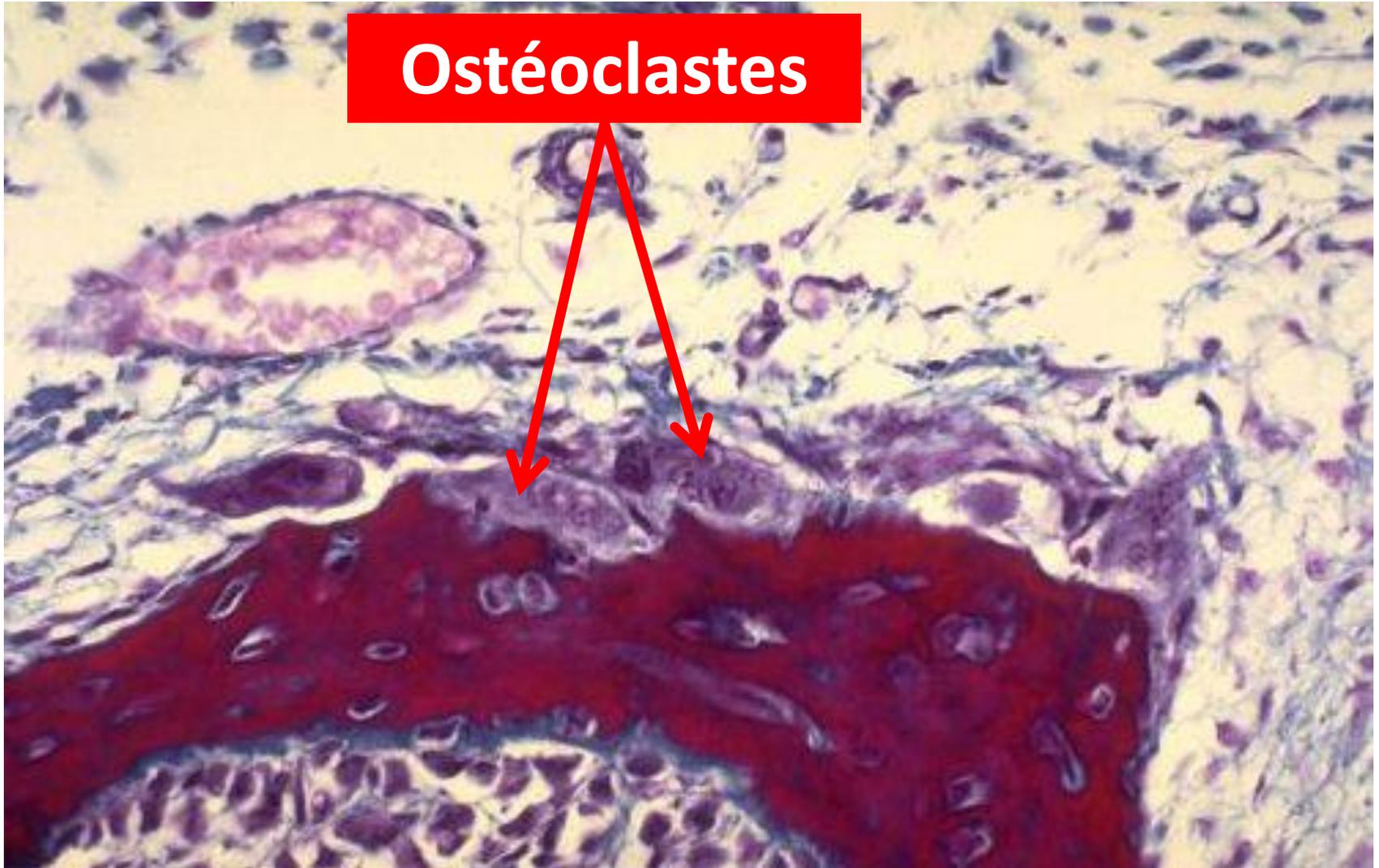
2.2.4. Les ostéoclastes

▪ Aspects microscopiques

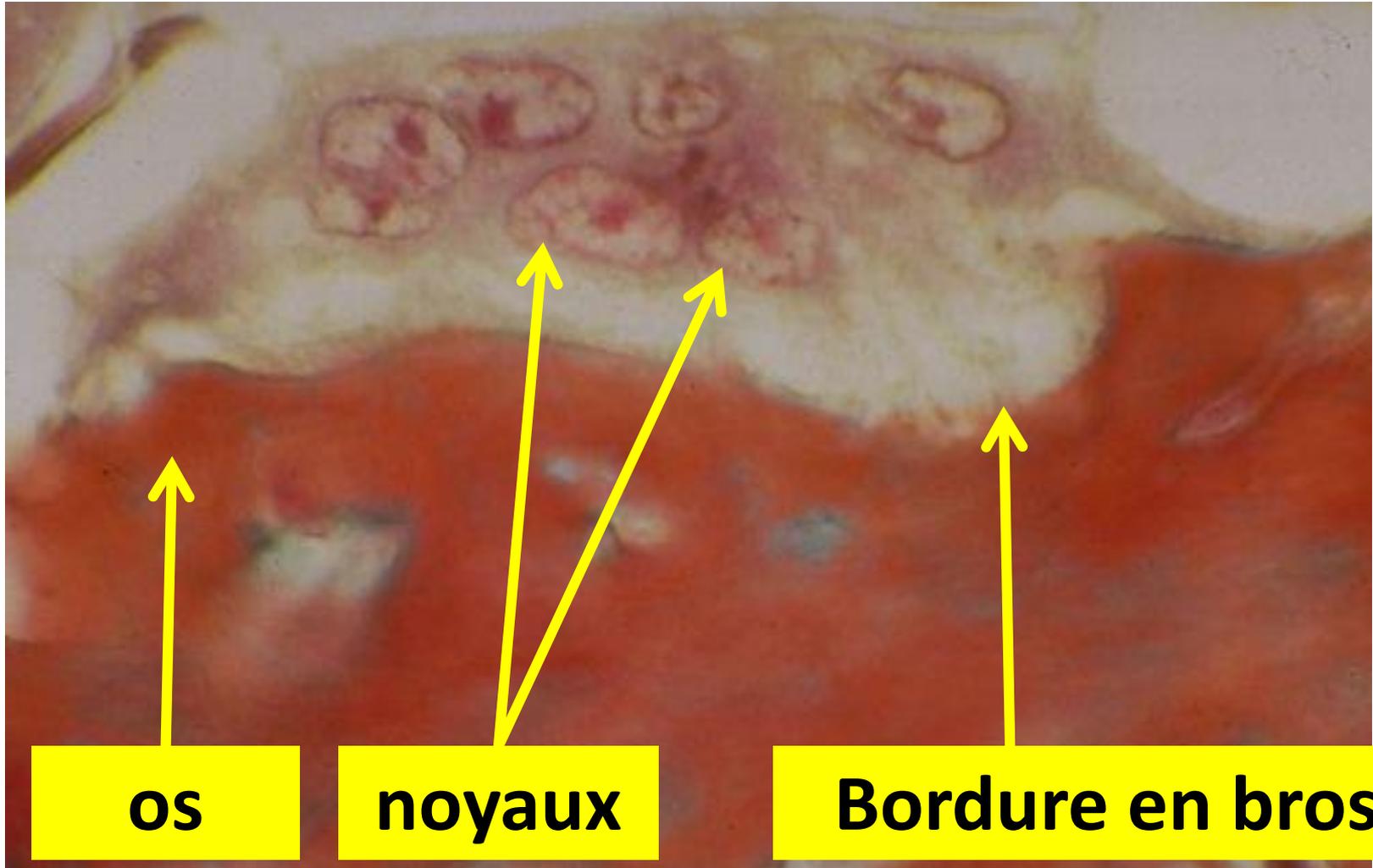
• Microscopie photonique

- ✓ volumineuse: 100 μm
- ✓ arrondie ou ovale
- ✓ 10 à 15 noyaux disposés en périphérie
- ✓ contact de la matrice : bordure en brosse
- ✓ confiné dans des dépressions: **lacunes de Howship**

Ostéoclastes



Ostéoclaste



Les ostéoclastes

- **Microscopie électronique**

- ✓ **Chaque noyau associé à un appareil de Golgi**

- ✓ **Cytoplasme:**

- Nombreuses mitochondries,**

- RER et vacuoles de tailles variables**

- Nombreux lysosomes à proximité de la bordure**

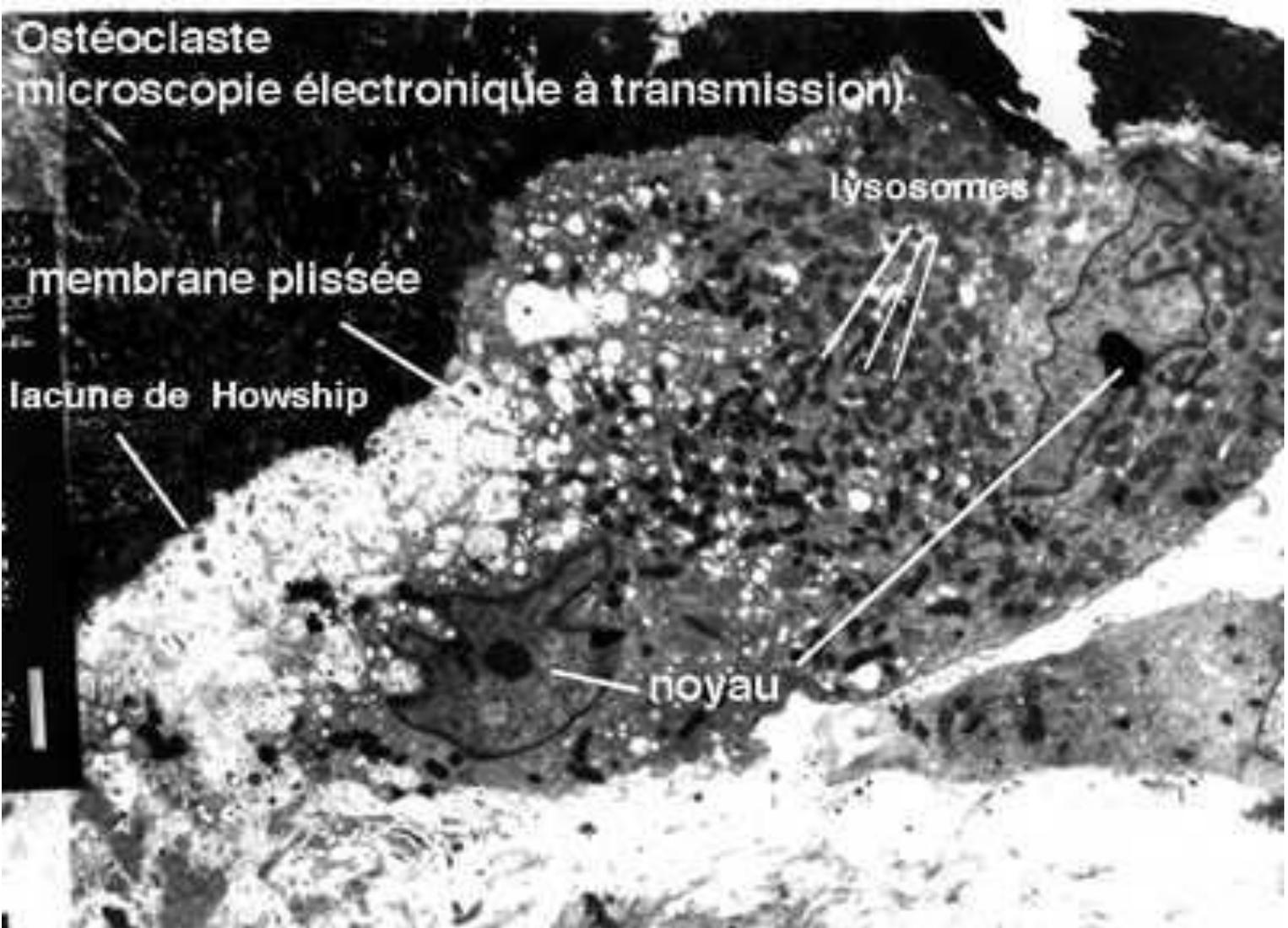
Ostéoclaste
microscopie électronique à transmission)

lysosomes

membrane plissée

lacune de Howship

noyau



■ **Fonctions de l'ostéoclaste**

- **Destruction du tissu osseux par sécrétion:**
 - ✓ **acide citrique, acide carbonique**
 - ✓ **enzymes protéolytiques (cathepsines et collagénase)**
- **régulation du métabolisme phosphocalcique**

5. Ostéogénèse

- **Définition:** ensemble des phénomènes qui aboutissent à la formation des os
- **Comprend:**
 - **Ossification primaire** (phase d'histogénèse)
Elle aboutit à la formation d'os primaire.
 - **Ossification secondaire**

5.1. L'ossification primaire

- **Début: embryonnaire ou fœtale**
- **Produit du tissu osseux primaire**
- **3 façons différentes :**
 - **ossification membraneuse**
 - **ossification endochondrale**
 - **croissance de l'os**

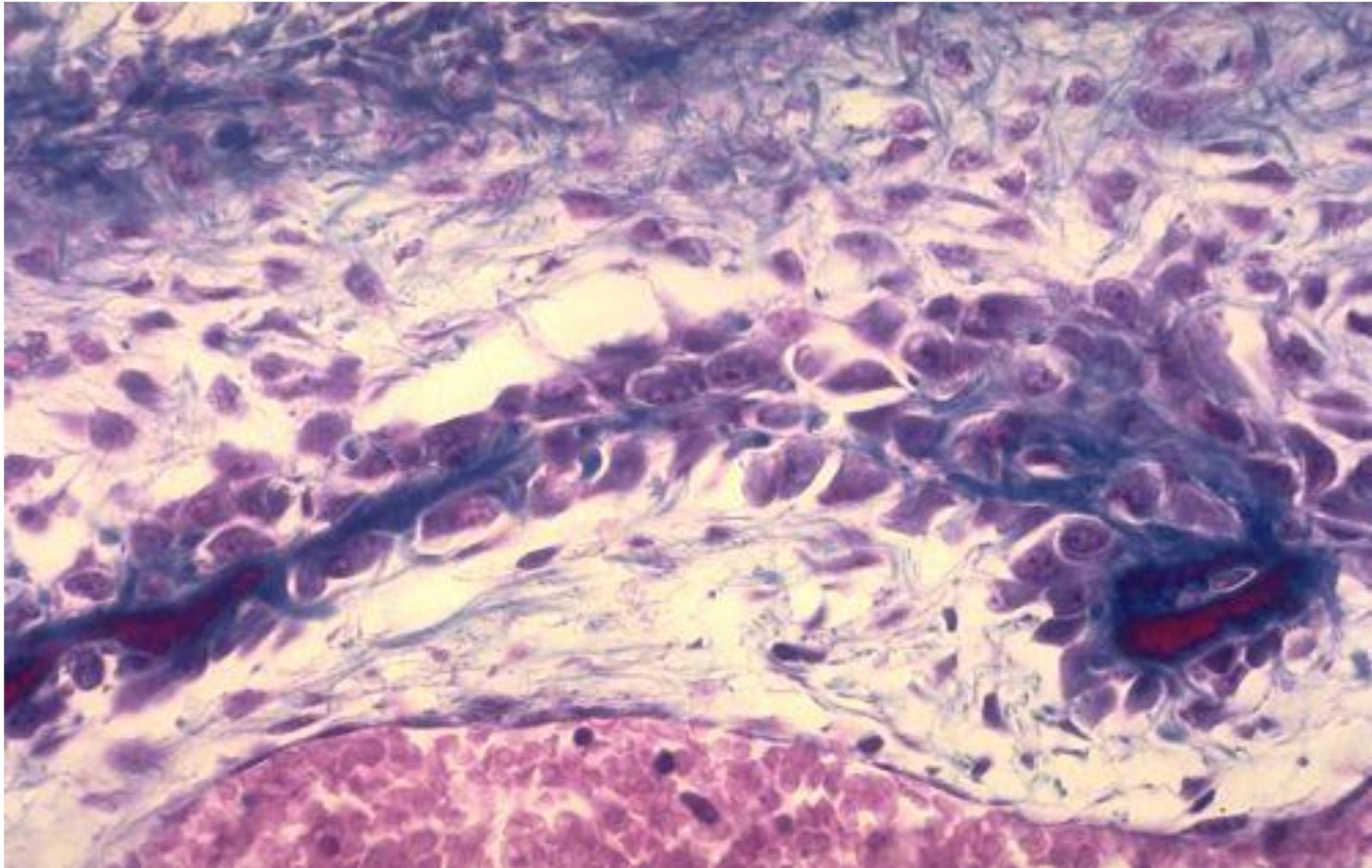
L'ossification primaire

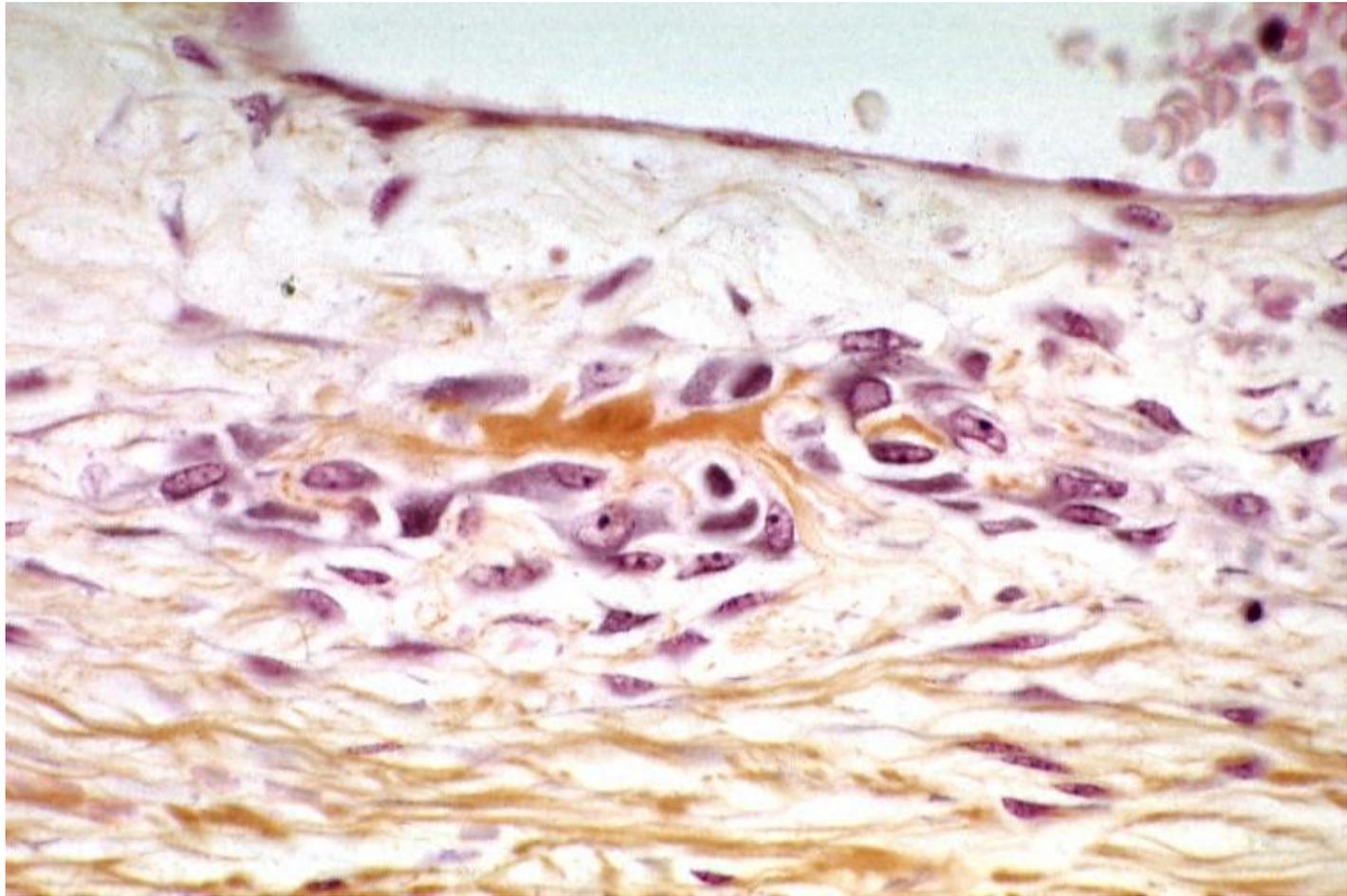
■ Ossification membraneuse

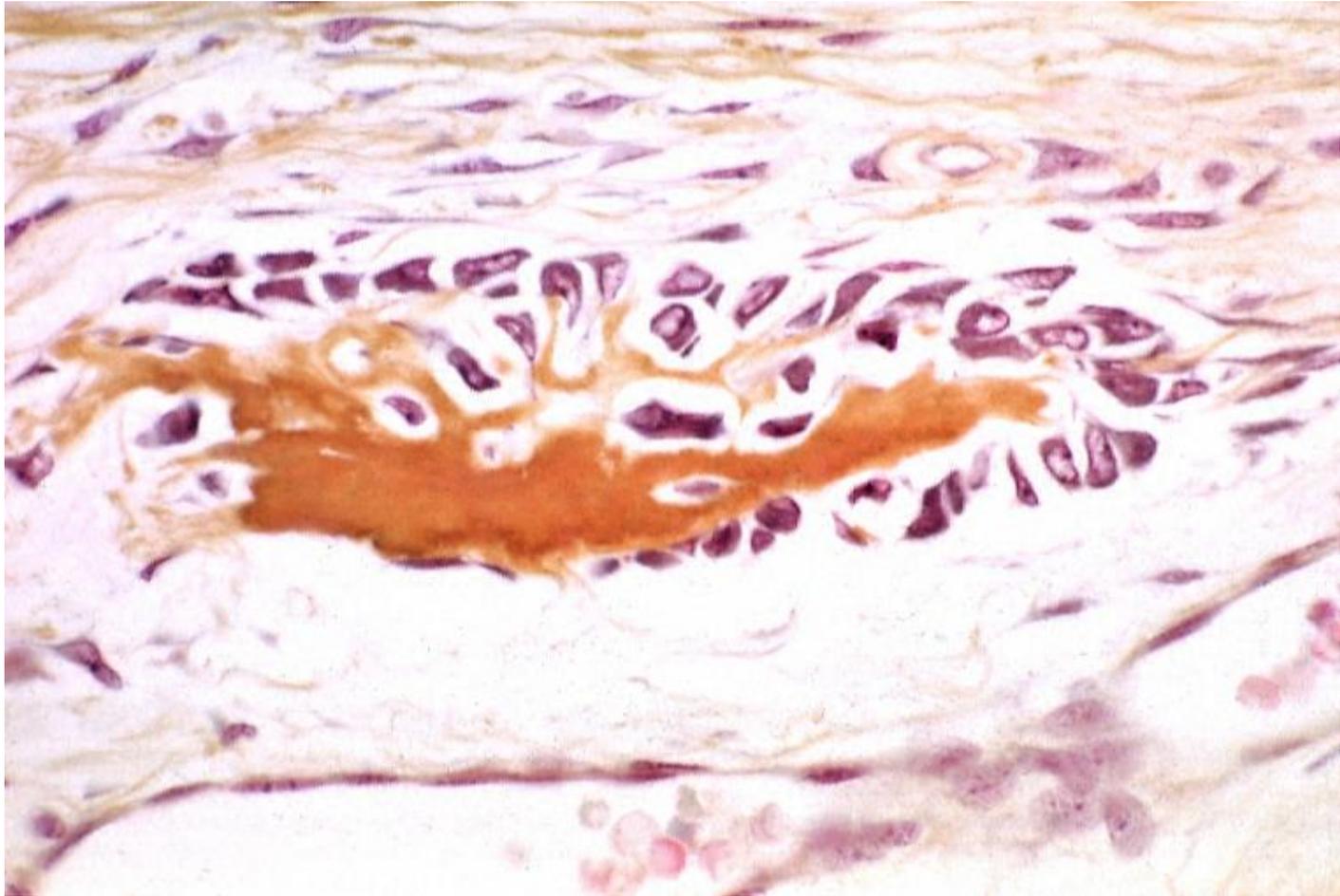
- À partir du mésenchyme embryonnaire
- Étapes:
 - ✓ prolifération de vaisseaux sanguins
 - ✓ prolifération des cellules
mésenchymateuses autour des vaisseaux
 - ✓ production de fibronectine et collagène I

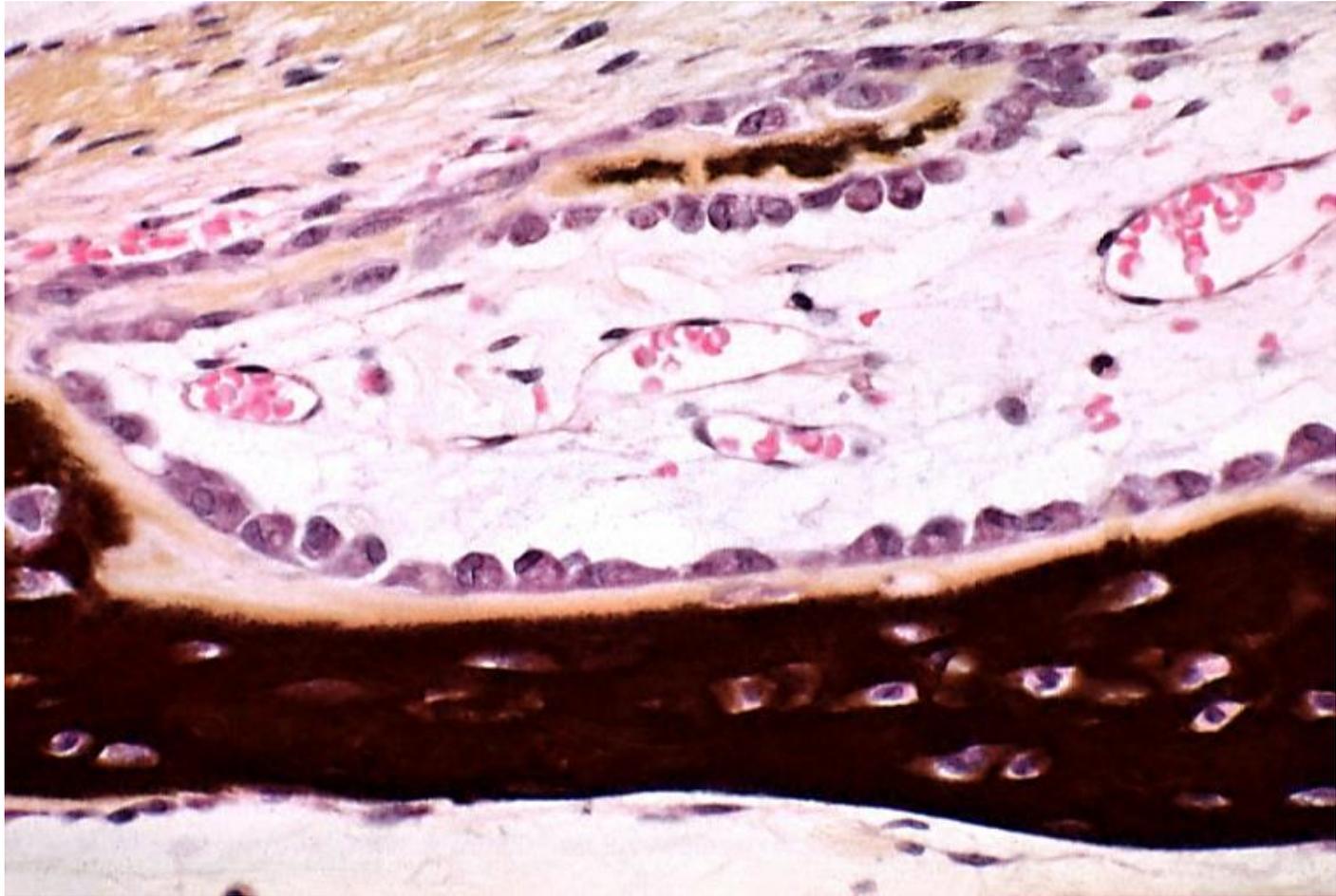
Ossification membraneuse (suite)

- ✓ Cellules mésenchymateuses en ostéoblastes
- ✓ Sécrétion de la MEC osseuse
- ✓ Minéralisation de la MEC qui devient un centre d'ossification primaire
- ✓ Ce centre s'accroît de façon centrifuge
- ✓ Le mésenchyme autour de la plaque se différencie en périoste







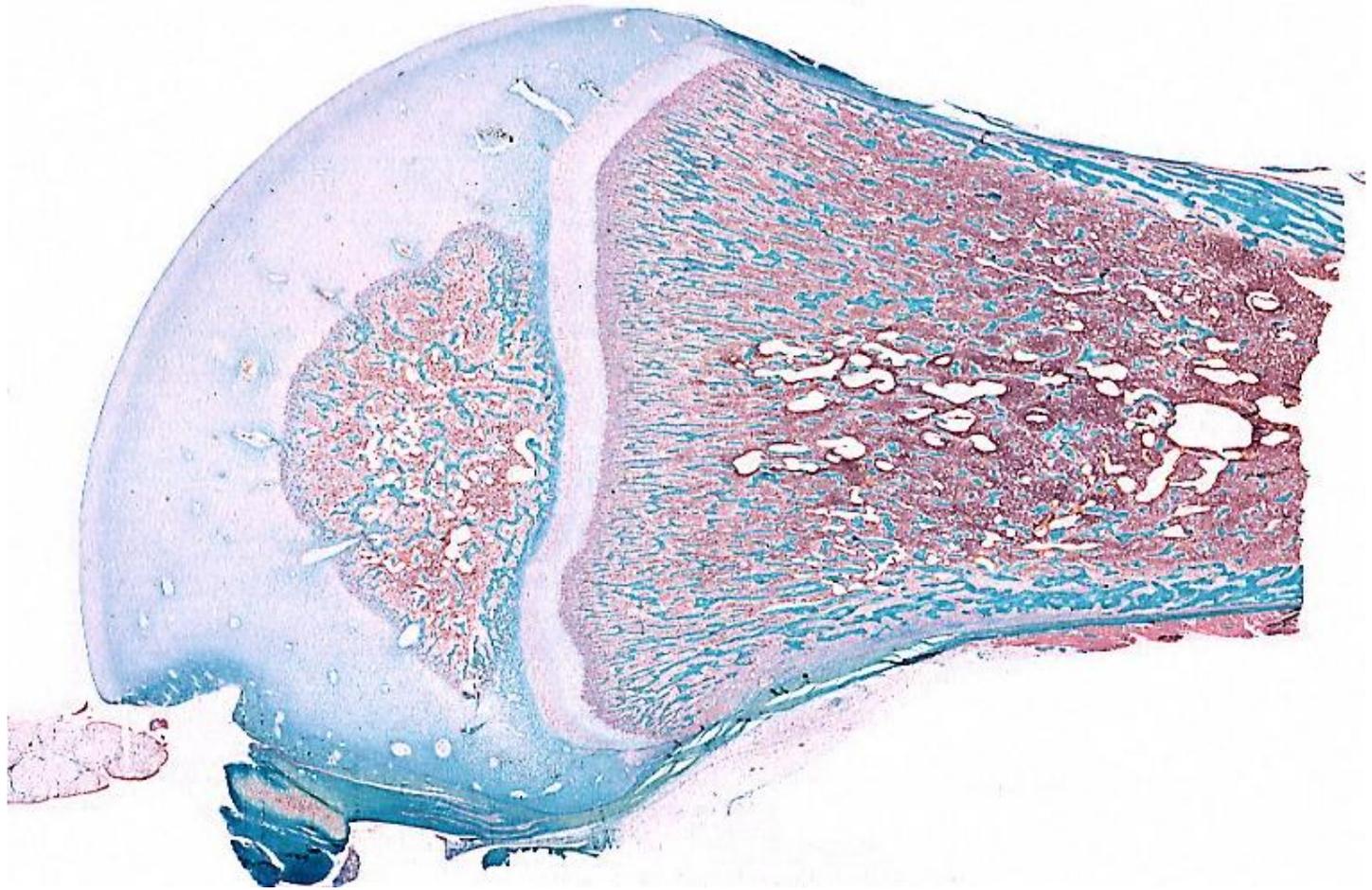


Ossification primaire

- Ossification membraneuse
- **Ossification endochondrale**

■ Ossification endochondrale

- Mode de formation des os courts et os longs
- **A partir de cartilage hyalin**
- Le périchondre se transformer en périoste
- Pénétration de fusées conjonctivo-vasculaires dans le cartilage amenant des ostéoblastes



3. Les autres composants de l'os

- **Périoste**
- **Endoste**

3.1. Le périoste

- **Définition:**

Tissu conjonctif, fibrocellulaire et richement vascularisé, qui recouvre la totalité des os, à l'exception des surfaces articulaires.

Le périoste

- **Histologie :**

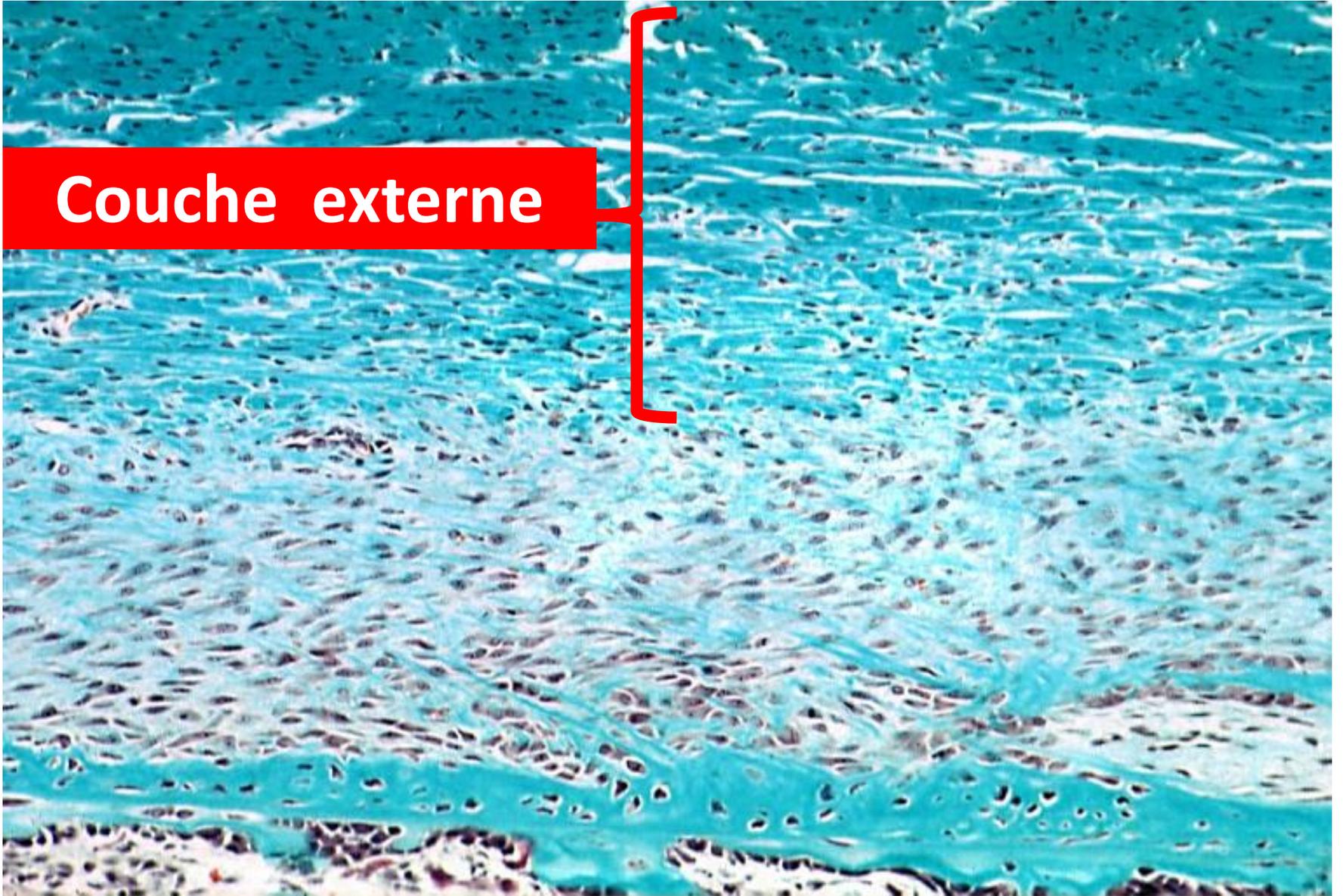
Deux couches:

- **Externe:** fibreuse dense
- **Interne:** cellulaire

Le périoste

- **Couche externe: couche tendiniforme**
 - ✓ **fibreuse dense**
 - ✓ **peu épaisse**
 - ✓ **fibres de collagène: direction longitudinale**

Couche externe

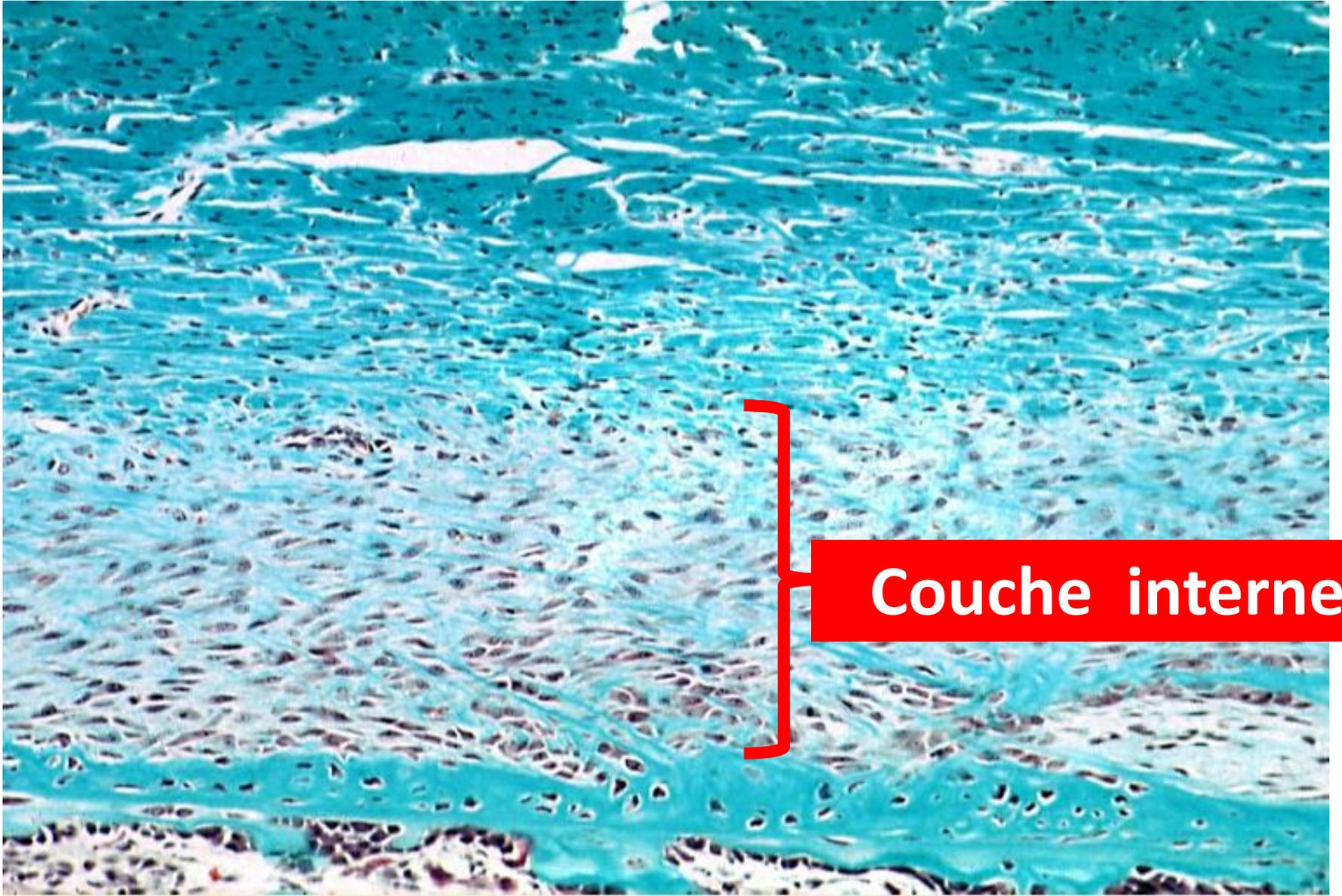


Le périoste

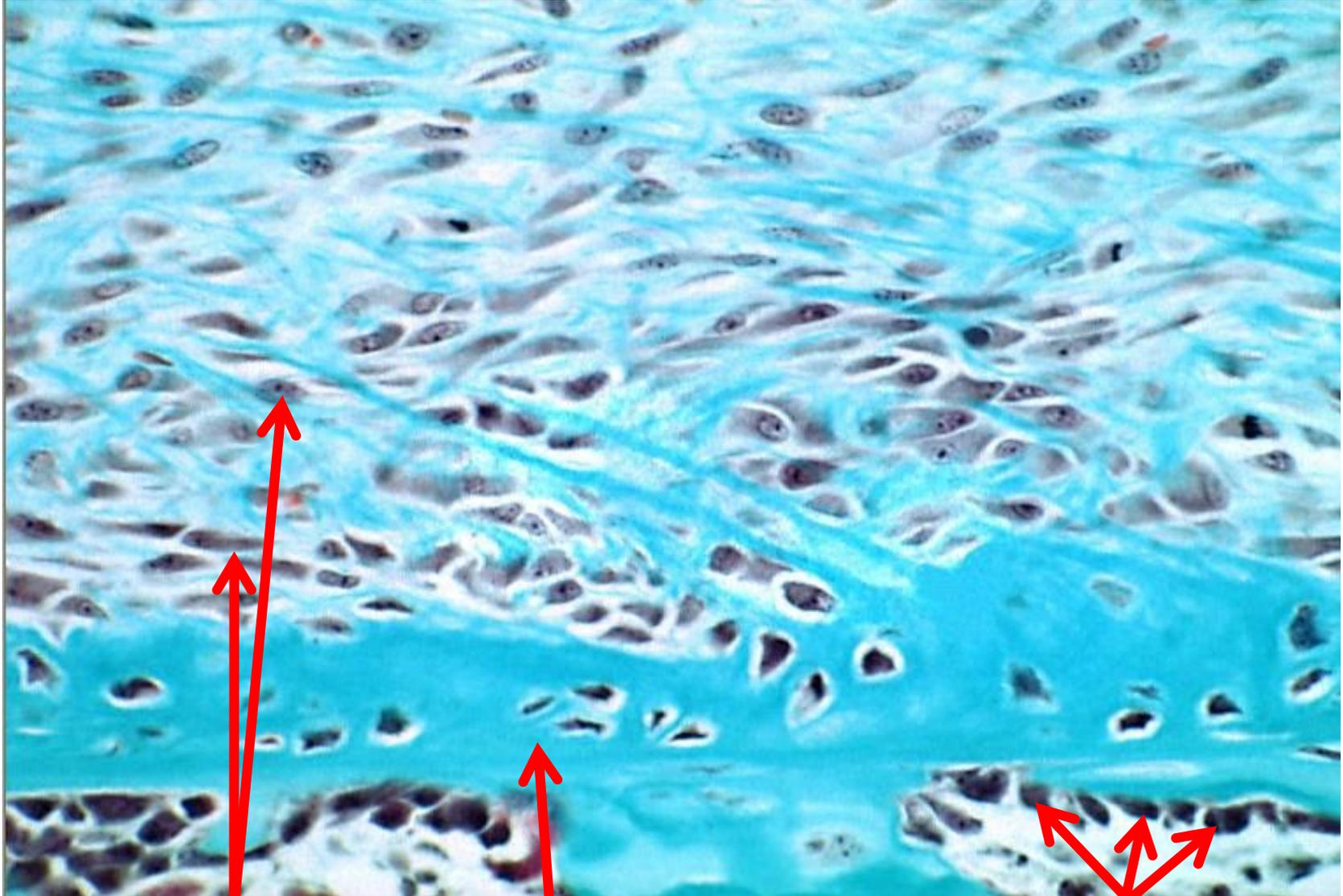
- **Couche interne: couche ostéogène**
 - ✓ **Fibres élastiques**
 - ✓ **Fibres collagènes: trajet arciforme et s'enfoncent dans le tissu osseux (fibres perforantes de Sharpey)**

Le périoste

- ✓ **cellules conjonctives**
 - **les fibroblastes se transforment en ostéoblastes, formant une couche monocellulaire le long du tissu osseux (couche ostéogène d'Ollier)**
 - **fin de la croissance: cellules profondes ont un aspect indifférencié**



Couche interne



fibroblastes

os

ostéoblastes

■ **Principales fonctions du périoste**

- **Nutrition du tissu osseux**
- **Formation d'ostéoblastes pour la croissance et la réparation de l'os**

3.2. L'endoste

- **Définition:**

Tissu conjonctif qui borde le tissu osseux au niveau de toutes les cavités internes des os.

L'endoste

■ Histologie:

- mince couche de tissu conjonctif
- cellules conjonctives, ostéoprogénitrices

■ Fonctions de l'endoste:

(Idem périoste)

4. Les variétés histologiques de tissu osseux

- Tissu osseux primaire**
- Tissu osseux secondaire**

Les variétés histologiques de tissu osseux

4.1. Tissu osseux primaire ou tissu osseux réticulaire ou tissu osseux fibreux

■ Localisation:

- Chez le fœtus
- Après la puberté: osselets de l'oreille
- Certaines conditions pathologiques :
Cal de fractures, tumeurs osseuses

Tissu osseux primaire

- **Histologie:**

- ✓ **Fibres de collagène:**

- Calibre variable, disposition plexiforme**

- ✓ **Substance fondamentale:**

- Fortement métachromatique**

- Riche en protéoglycanes**

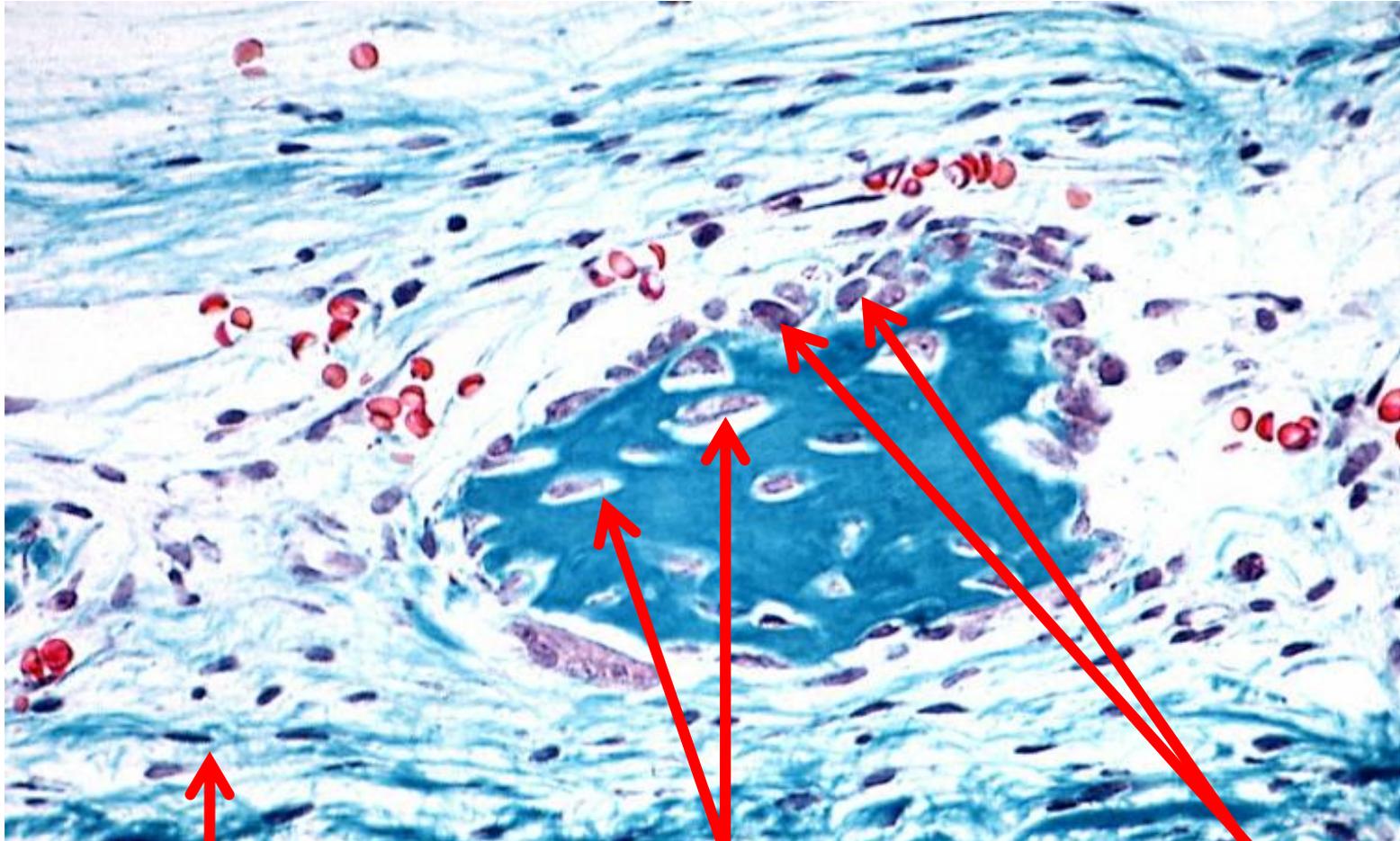
Tissu osseux primaire

✓ Les ostéocytes

➤ **forme irrégulière**

➤ **taille variable**

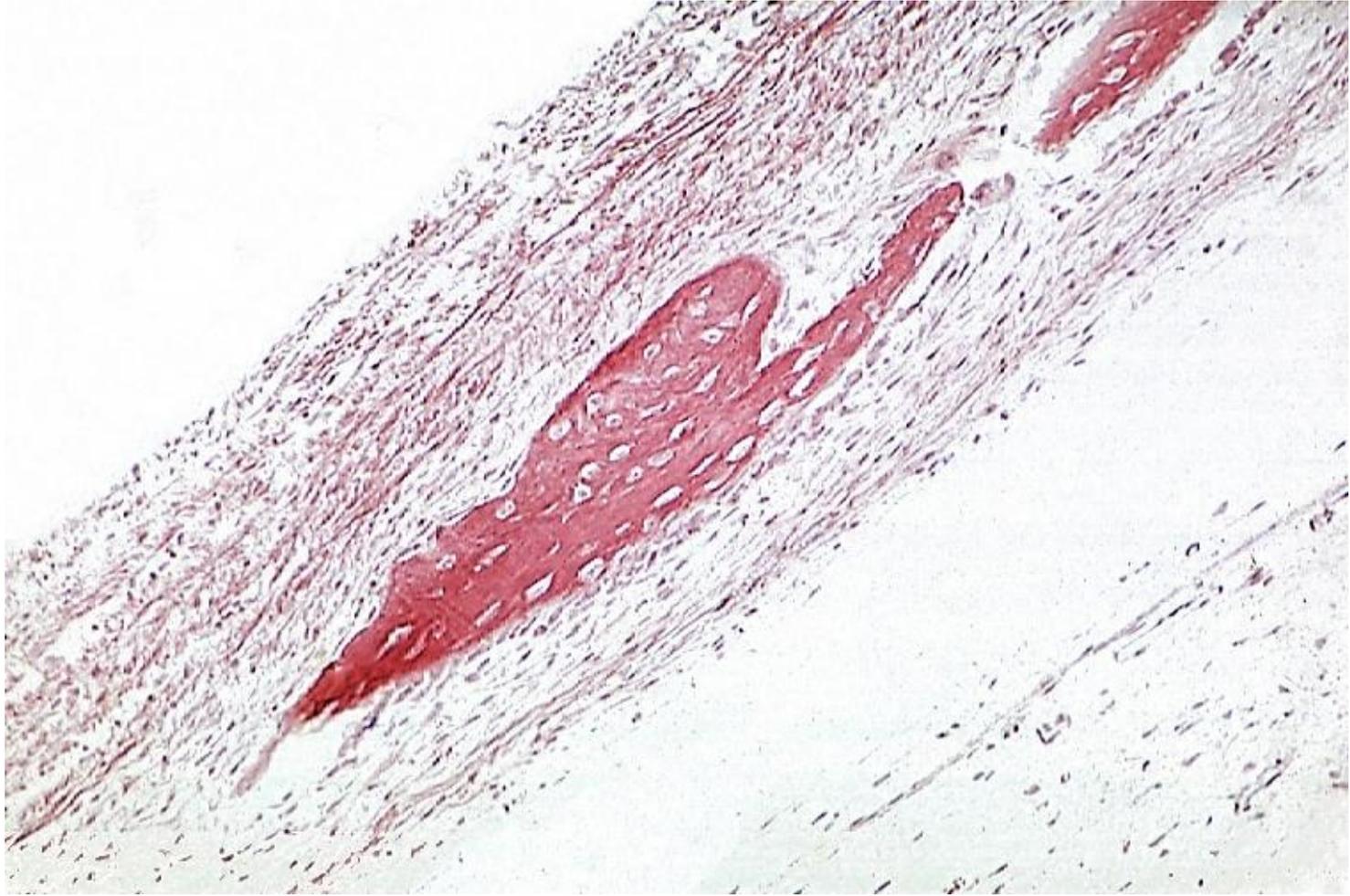
➤ **répartis sans ordre, sans orientation précise**

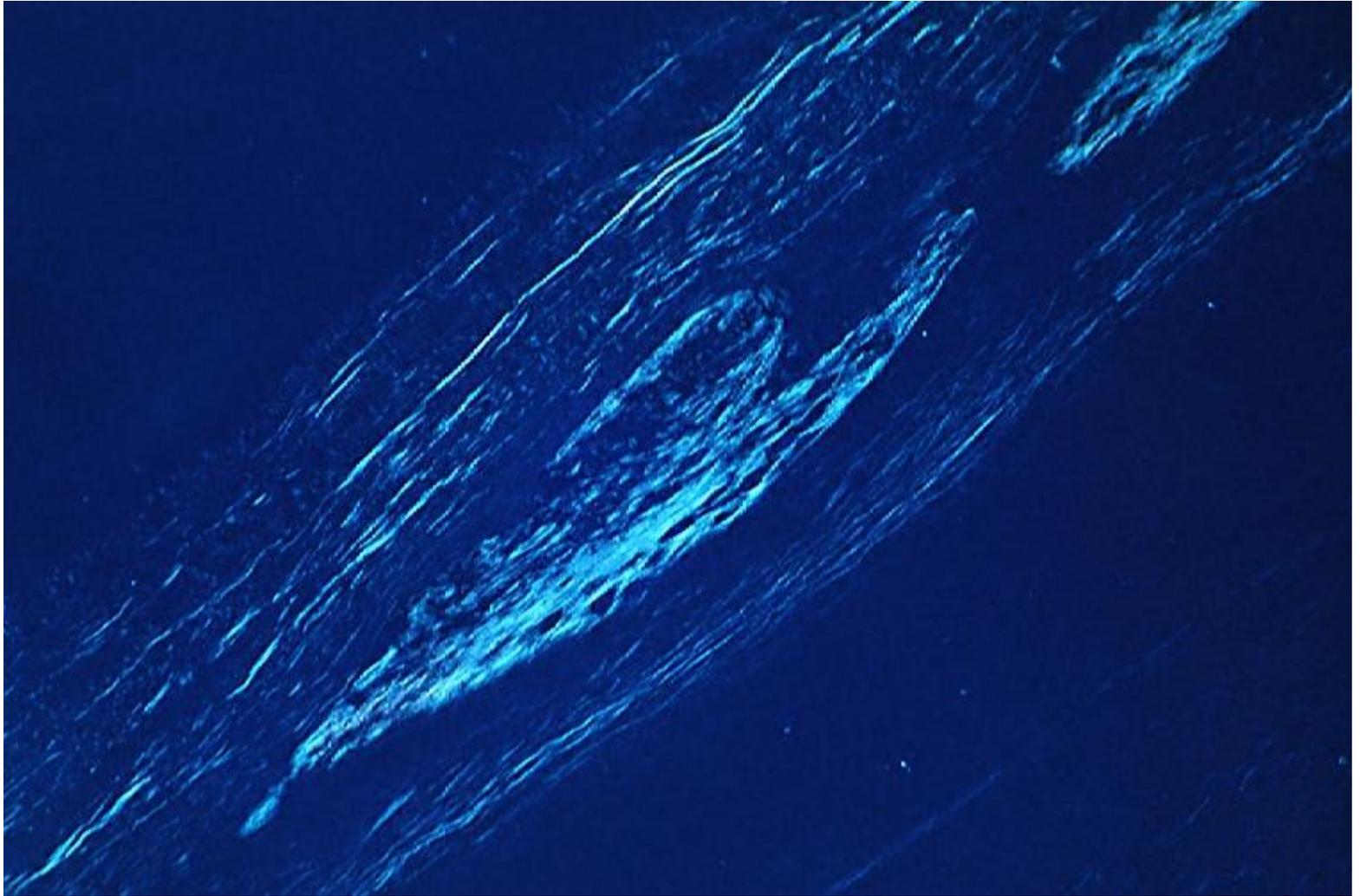


mésenchyme

ostéocytes

ostéoblastes





4.2. Le tissu osseux secondaire

- **Formation:**

Ossification secondaire d'un tissu osseux

Se développe en fonction de contraintes mécaniques

Le tissu osseux secondaire

- **Localisation**

- Tissu osseux compact
- Tissu osseux trabéculaire

■ **Systeme haversien**

- **forme la majeure partie de la diaphyse**
- **formations circulaires juxtaposées:**
 - ✓ **Environ 100 μm de diamètre,**
 - ✓ **Constituées de 10 à 15 lamelles concentriques autour d'un canal central**

Systemes de Havers ou ostéones



Système haversien

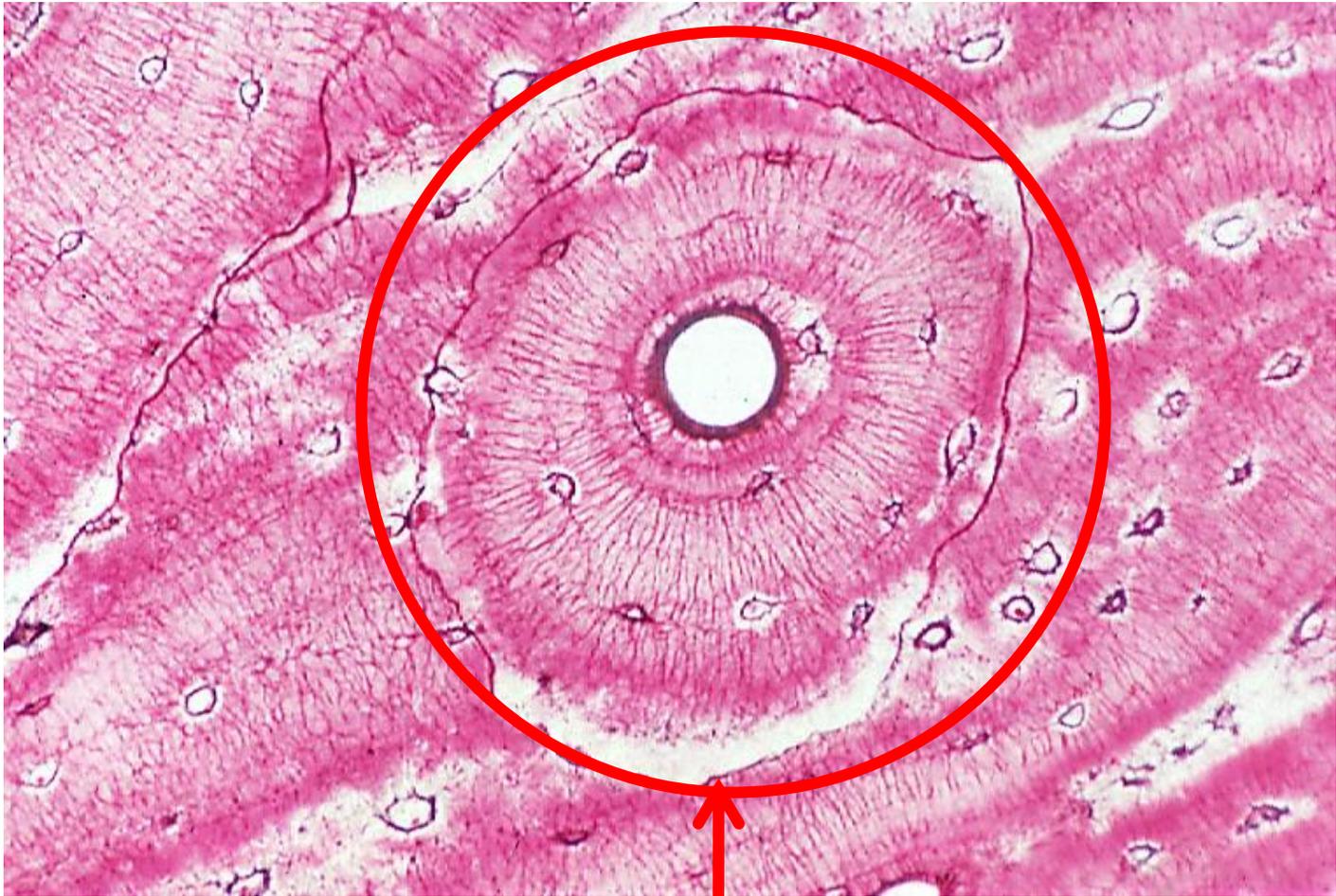


- **L'ostéone:**

- ✓ **grand axe longitudinal**

- ✓ **plusieurs mm de long**

- ✓ **limités en périphérie par une "ligne cémentante péri-ostéonique"**



ostéone

L'ostéone:

Etape 1 : formation des cavités de résorption

- Les ostéoclastes drainés par les vaisseaux sanguins de la cavité médullaire
- forment des canaux dans l'os interstitiel : cavités de résorption caractérisées par :
 - ✓ des bords irréguliers (une lumière large et irrégulière)
 - ✓ présence de vaisseaux sanguins au centre

Ostéone débutant



➤ Etape 2 : formation de lamelles osseuses

- ✓ Les cellules mésenchymateuses drainées par les vaisseaux sanguins de la cavité médullaire se différencient en ostéoblastes
- ✓ ostéoblastes se disposent le long de la paroi de la cavité de résorption, élaborent une première lamelle osseuse

➤ Etape 2 : formation de lamelles osseuses

- substance ostéoïde synthétisée au cours de cette **phase organique**: fibres collagènes et de substance fondamentale;
- la trace de l'ancienne **cavité de résorption** est appelée ligne cimentante
- cavité de résorption + substance ostéoïde + ligne cimentante + ostéoblastes : ostéone en formation
- la substance ostéoïde est séparée de la « vraie lamelle osseuse » par le liseré pré osseux.

Ostéone débutant



➤ Etape 2 : formation de lamelles osseuses

- D'autres cellules mésenchymateuses utilisent la première lamelle osseuse comme support, se différentient en ostéoblastes et élaborent une deuxième lamelle osseuse ; et ainsi de suite.

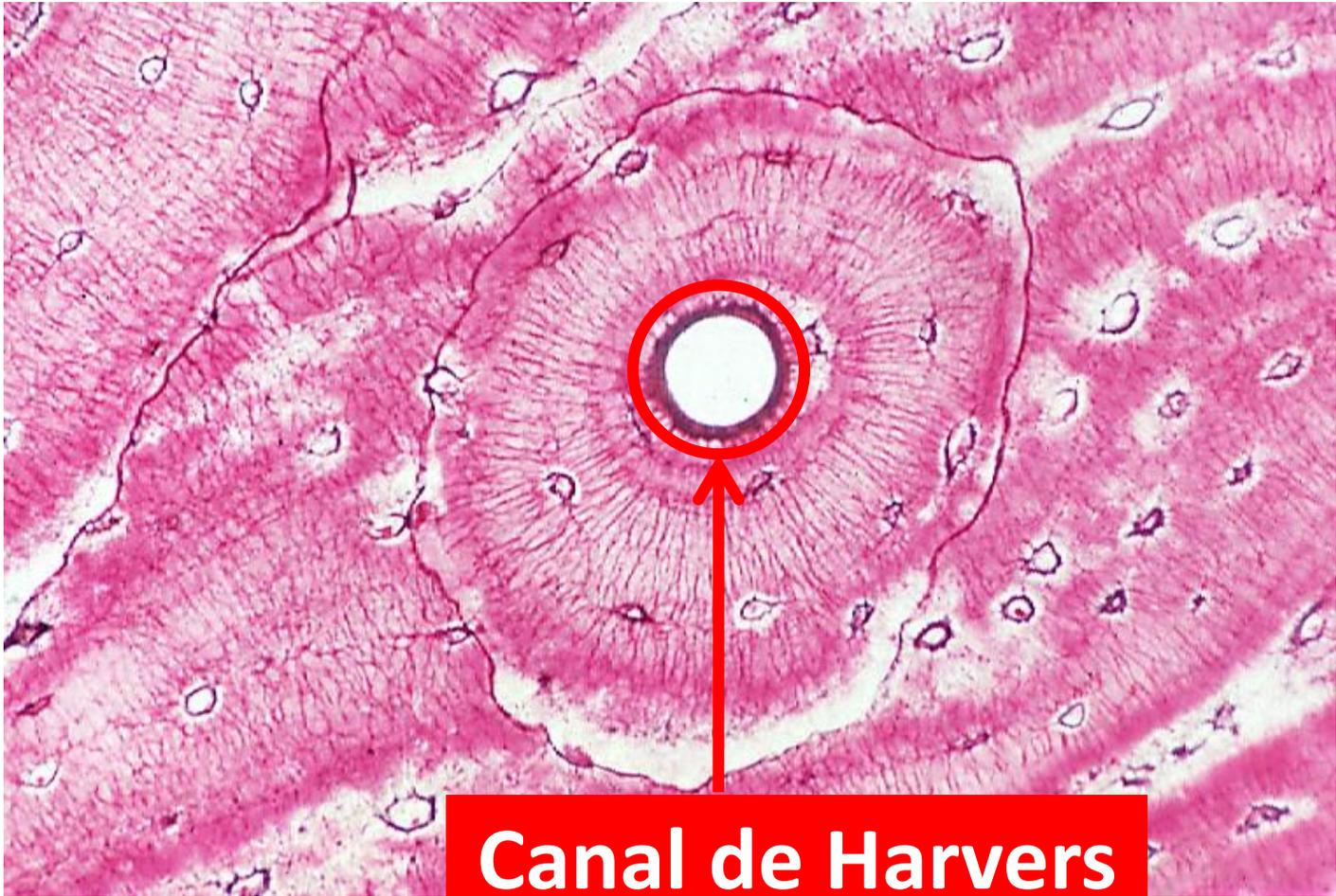
Ostéone en formation



- **Etape 3 : Calcification de la substance ostéoïde**
- ✓ se fait au fur et à mesure du dépôt des lamelles osseuses successives
- ✓ La calcification est le dépôt de la **phase minérale sur la phase organique**
- ✓ Elle donne à l'os sa dureté

➤ Etape 4 : formation du canal vasculaire de Havers

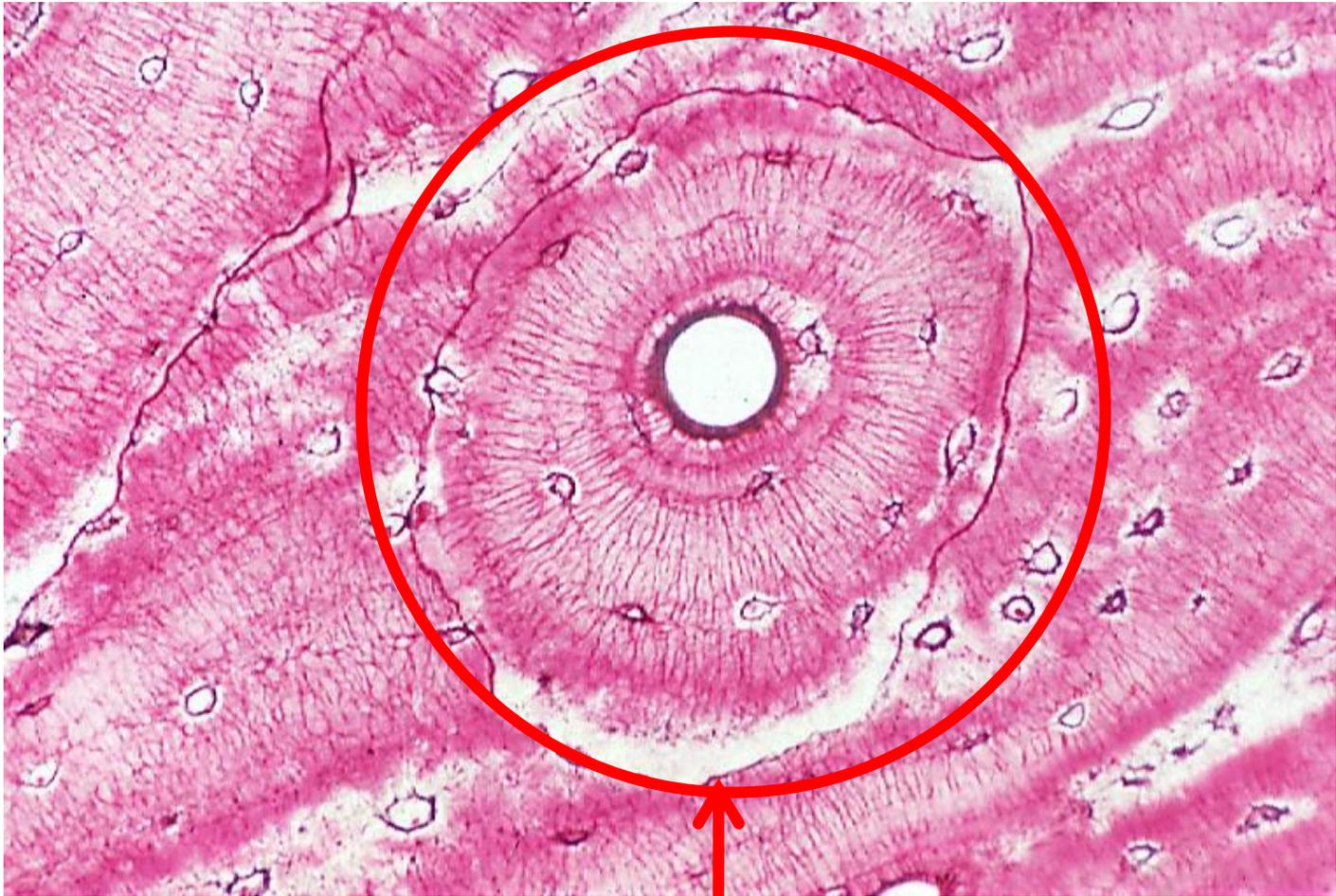
- Suite aux **dépôts répétés de substance ostéoïde** qui se calcifient au fur et à mesure,
- la cavité de l'ostéone se comble progressivement de telle manière qu'il ne subsiste qu'un petit canal, d'une largeur de 22 μm à 110 μm et qui contient des vaisseaux: **canal vasculaire de Havers.**



Canal de Harvers

➤ Etape 4 : formation du canal vasculaire de Havers

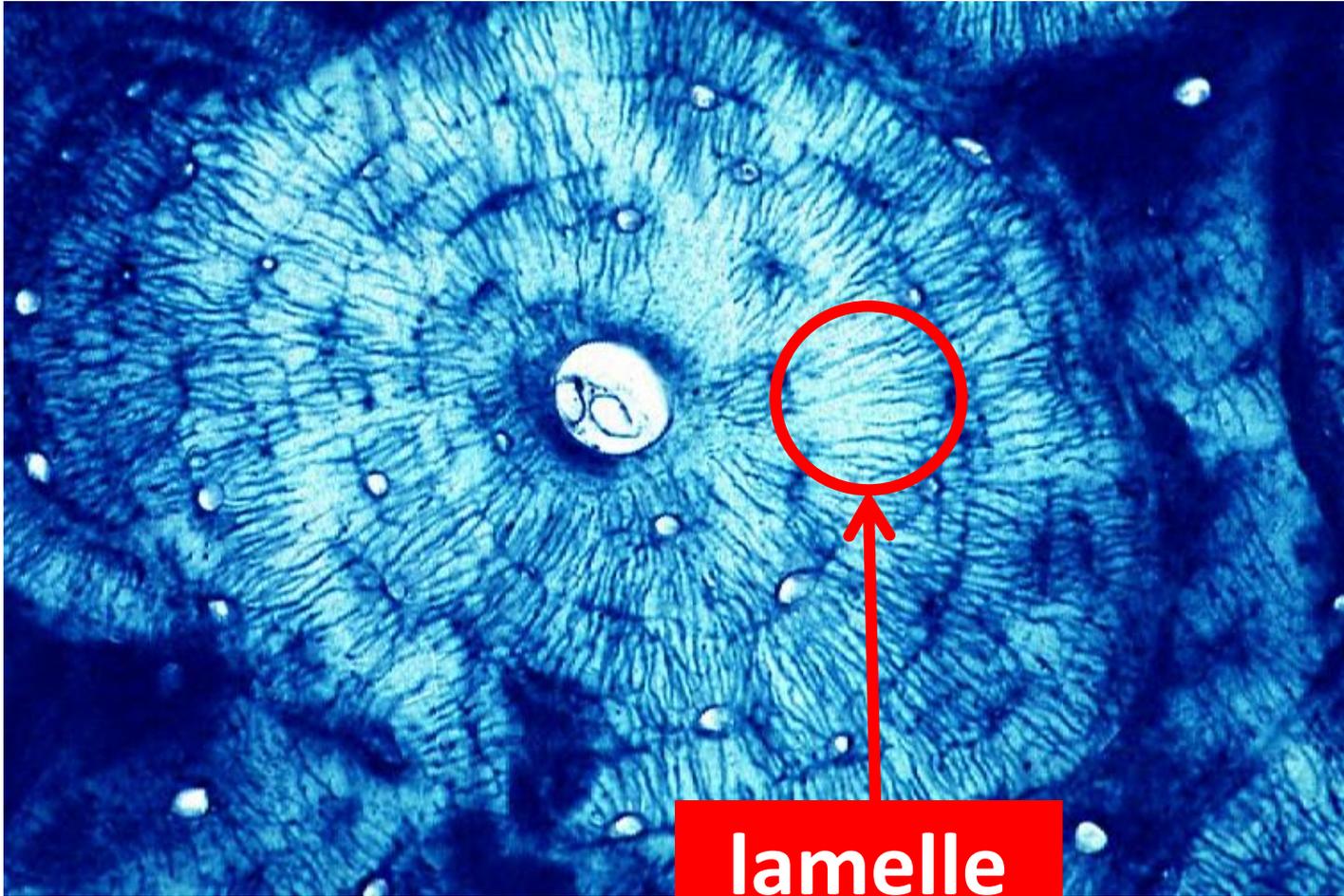
- lamelles concentriques de l'ostéone + cavité centrale + vaisseaux sanguins forme **le système de Havers**



ostéone

➤ **Les lamelles osseuses**

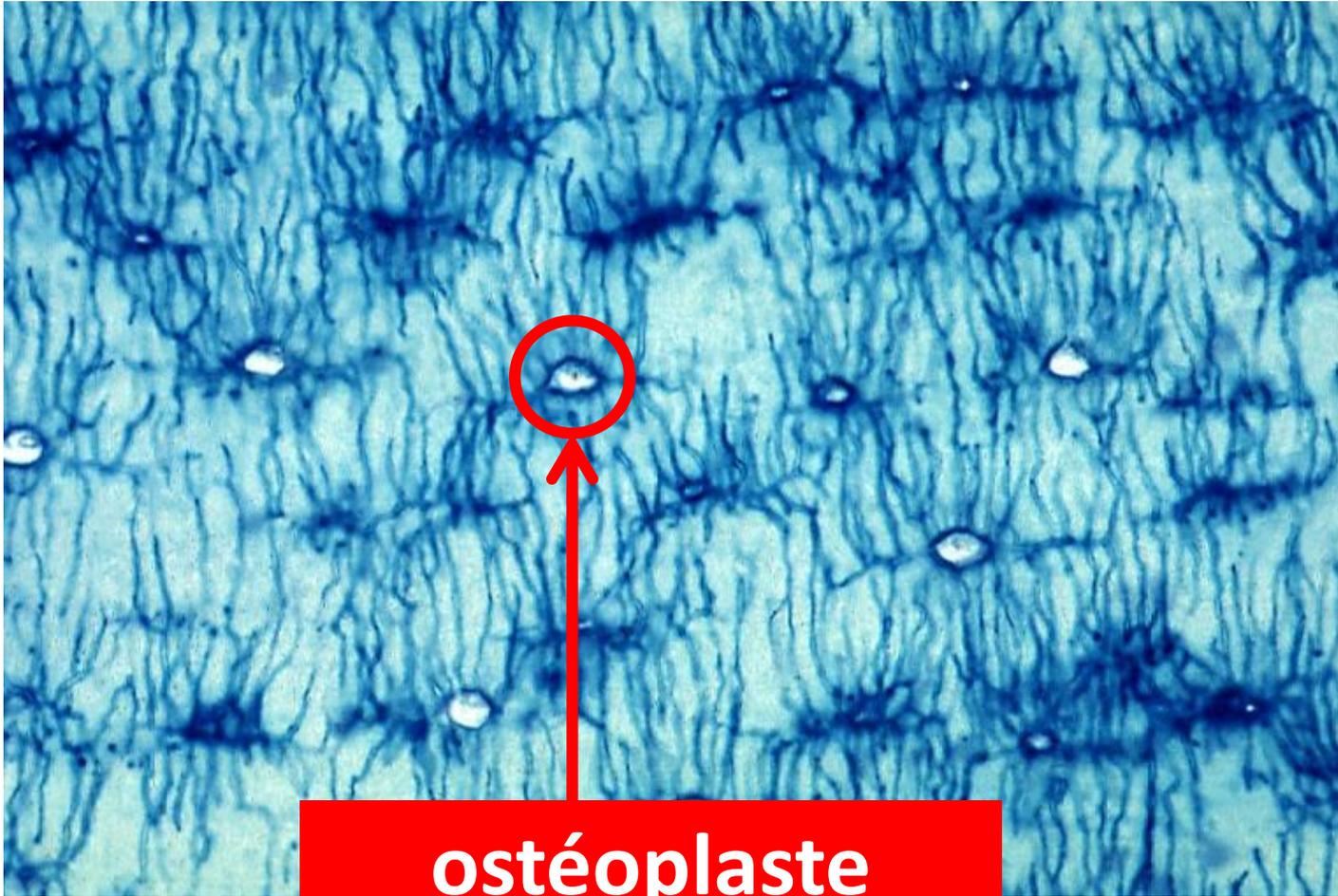
Fibres collagènes ont une orientation hélicoïdale par rapport à l'axe de l'ostéone. Différente d'une lamelle à une autre.



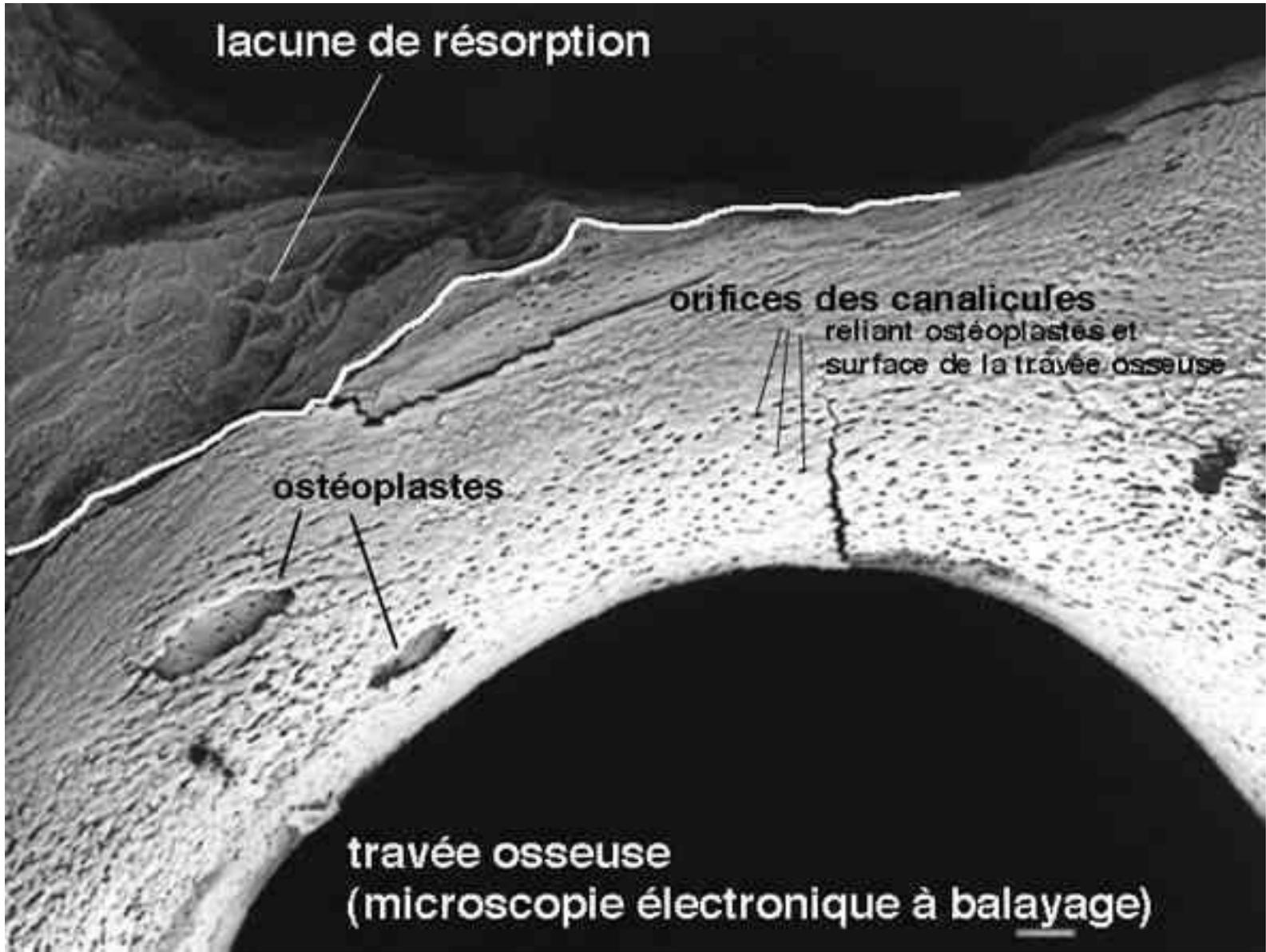
lamelle

➤ **Les ostéoplastes**

- * Disposés en couches concentriques**
- * Chacun renferme un ostéocyte**
- * Se poursuit par de canalicules osseux**



ostéoplaste



lacune de résorption

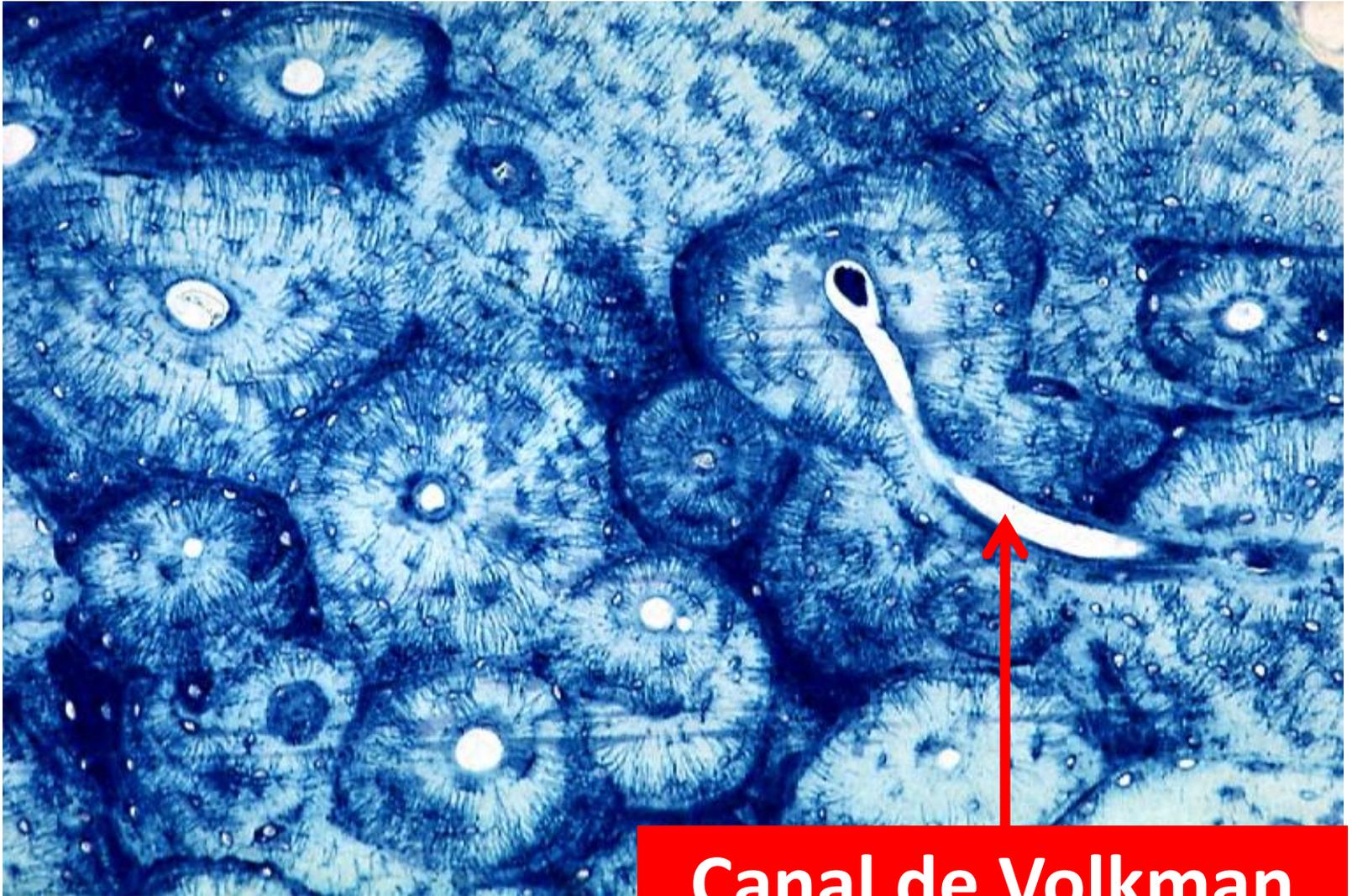
orifices des canalicules
reliant ostéoplastes et
surface de la travée osseuse

ostéoplastes

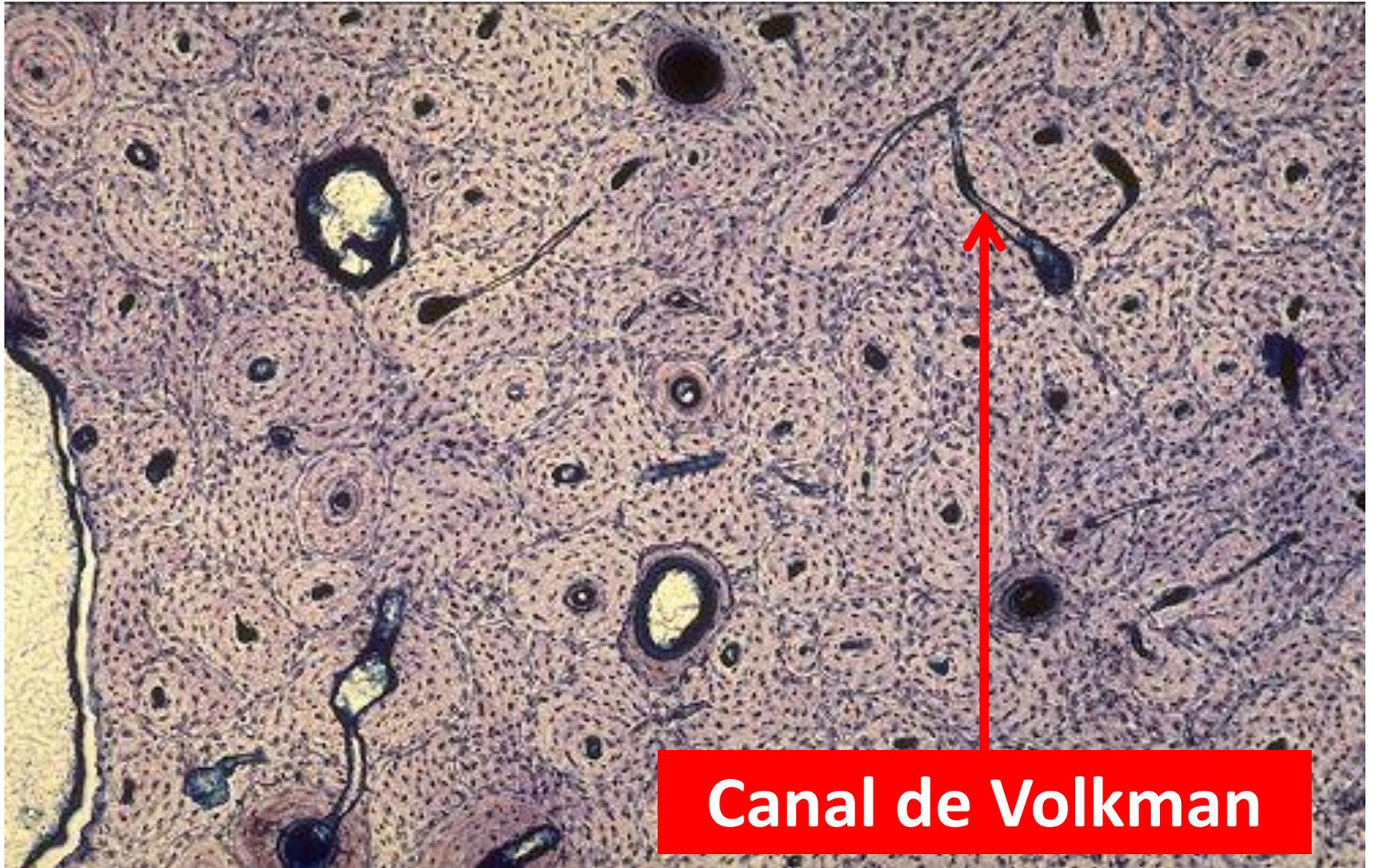
travée osseuse
(microscopie électronique à balayage)

NB: le canal de Volkman

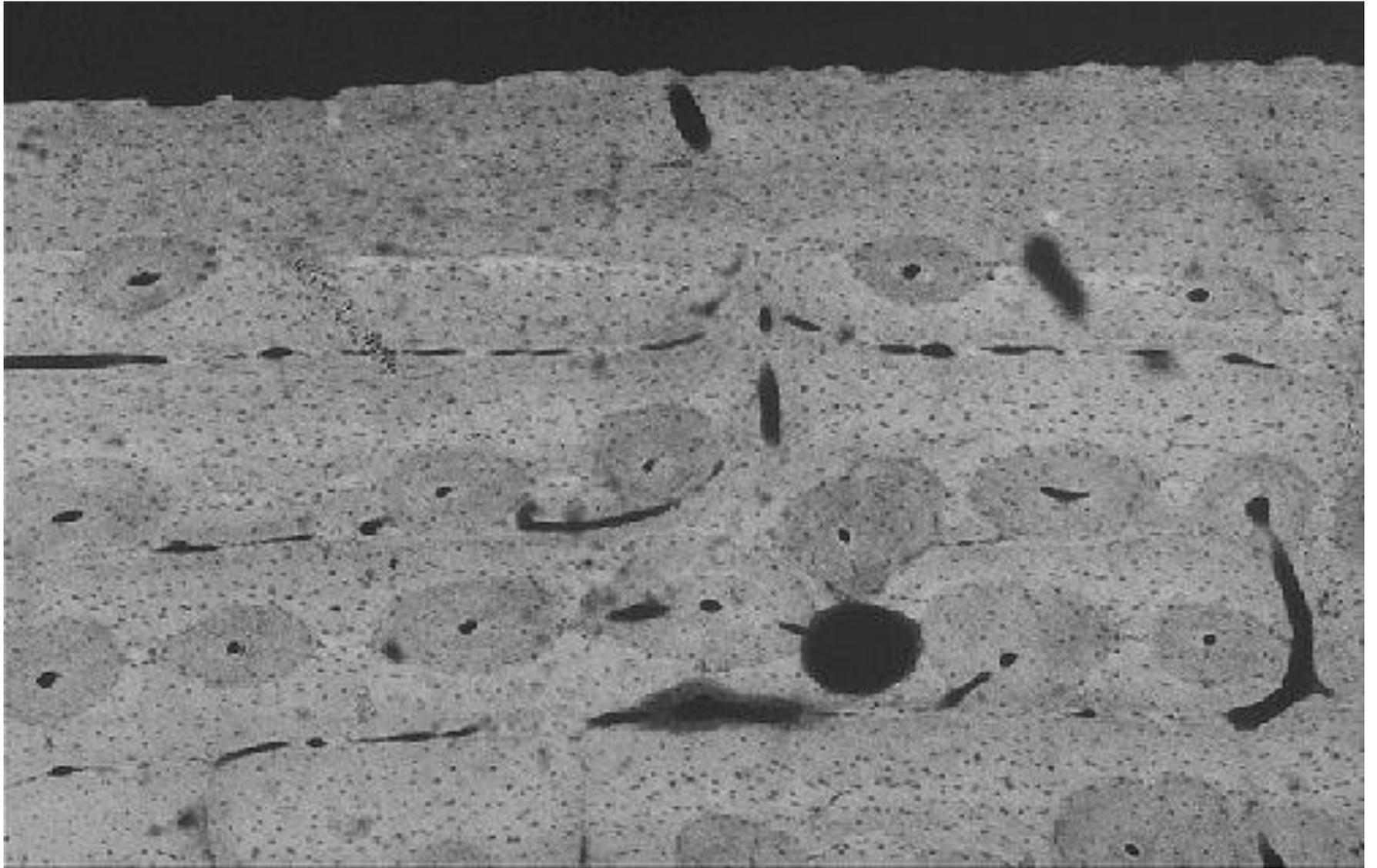
- **direction transversale, oblique**
- **ne sont pas entourés de lamelles**
- **diamètre comparable à celui haversien**
- **réunissent les canaux de Havers**
- **s'ouvrent à la surface de la pièce osseuse**

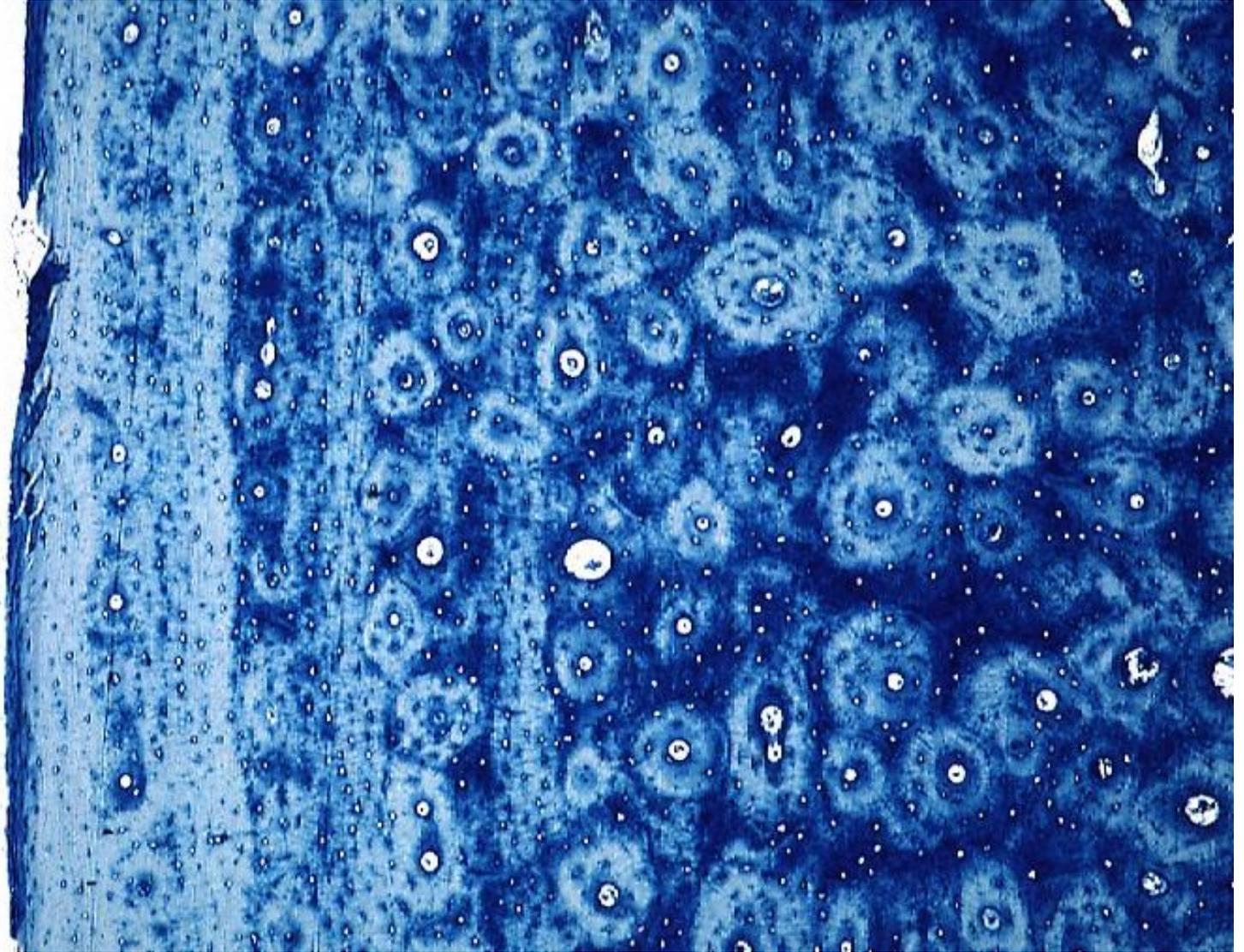


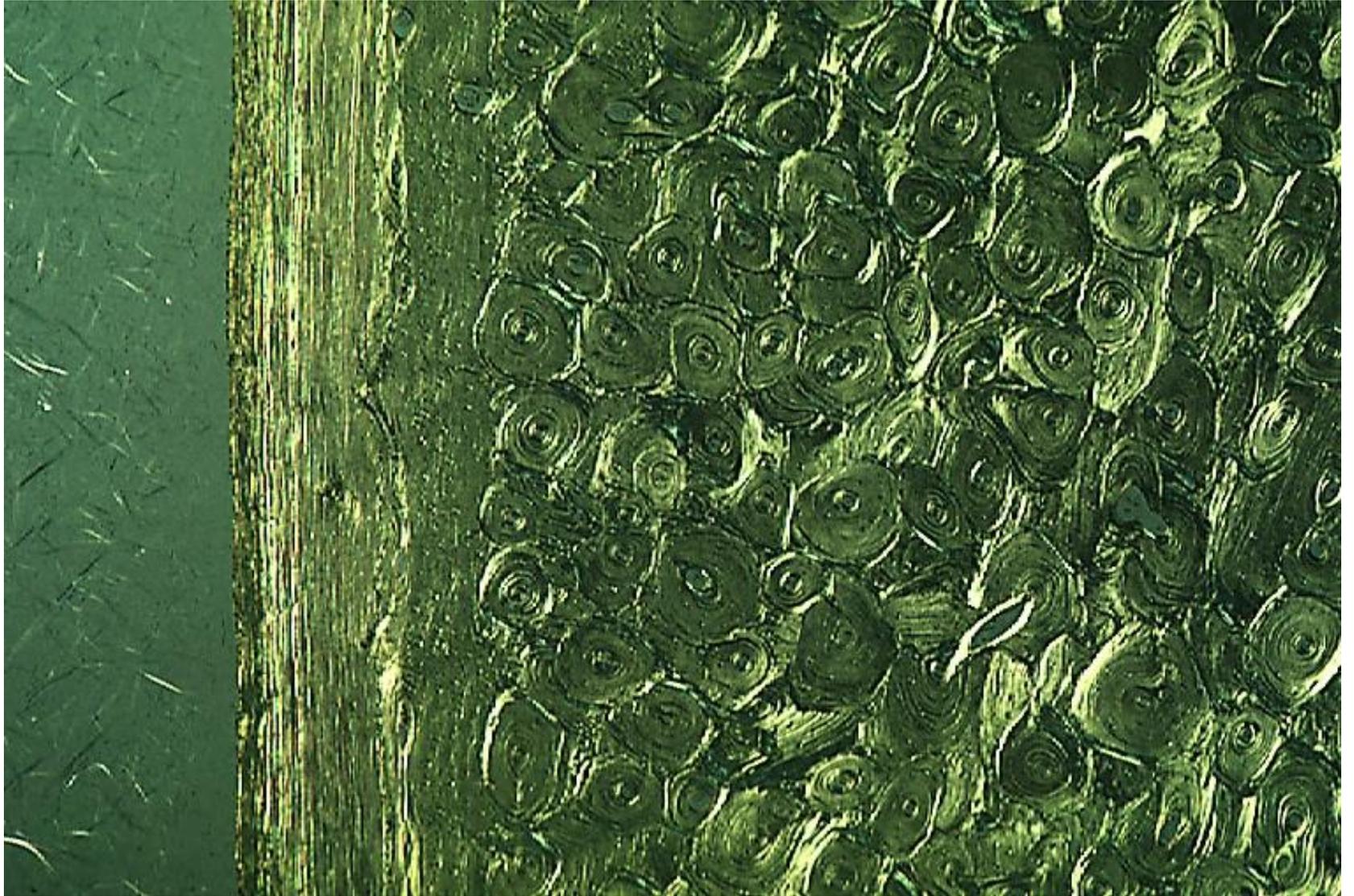
Canal de Volkman



Canal de Volkman







6. Croissance des os

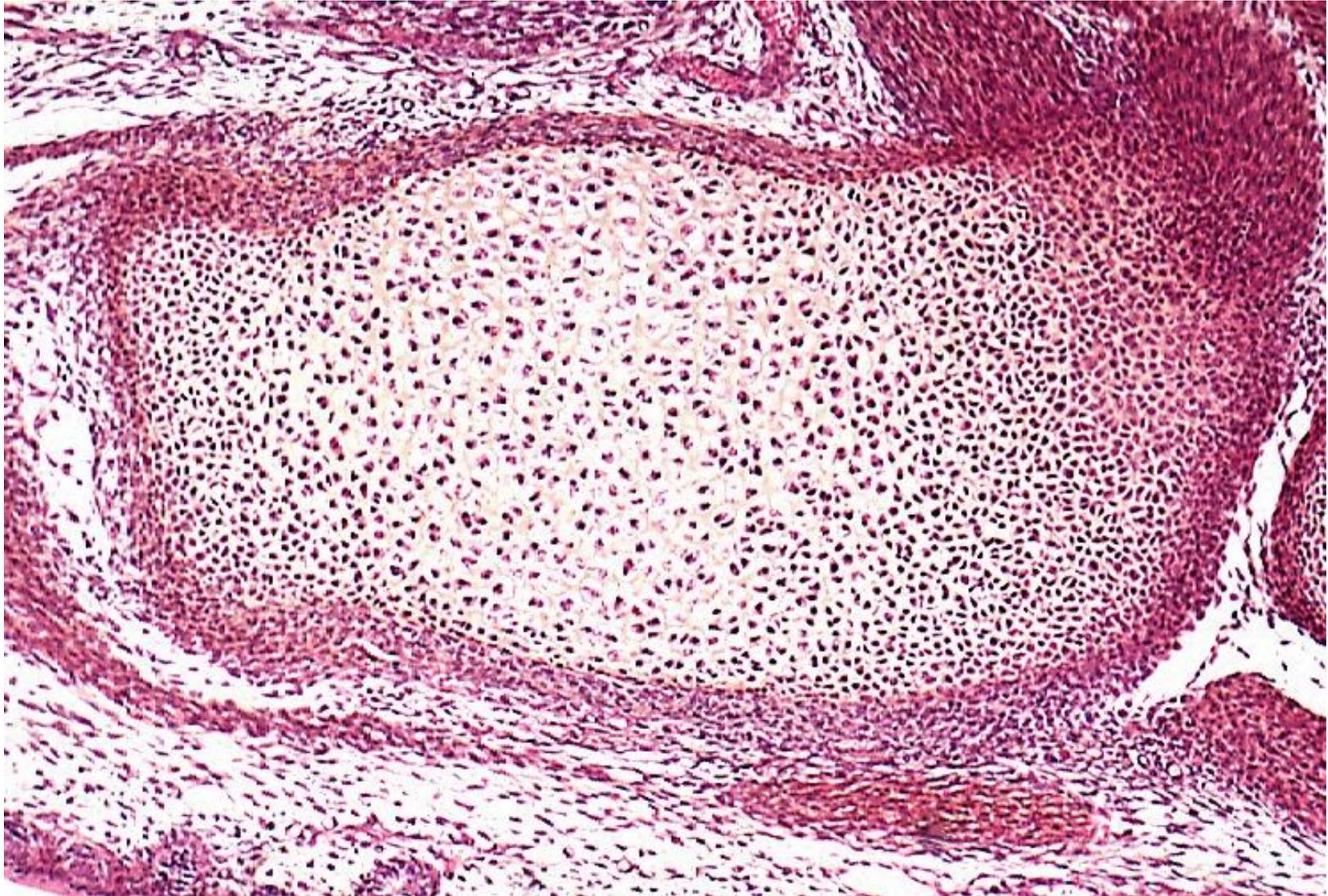
6.1. Les os longs

- **Ossification initiale**
- **3 points d'ossification endochondrale**
- **Apparition du cartilages de croissance**
- **Périchondre s'organise en périoste**
- **Cavité médullaire primitive**

6.1.1. Formation du tube diaphysaire

□ La maquette cartilagineuse hyaline

**Résulte de la condensation de cellules
mésenchymateuses mésoblastiques et de leur
métaplasie cartilagineuse**



□ Formation de la virole osseuse périchondrale

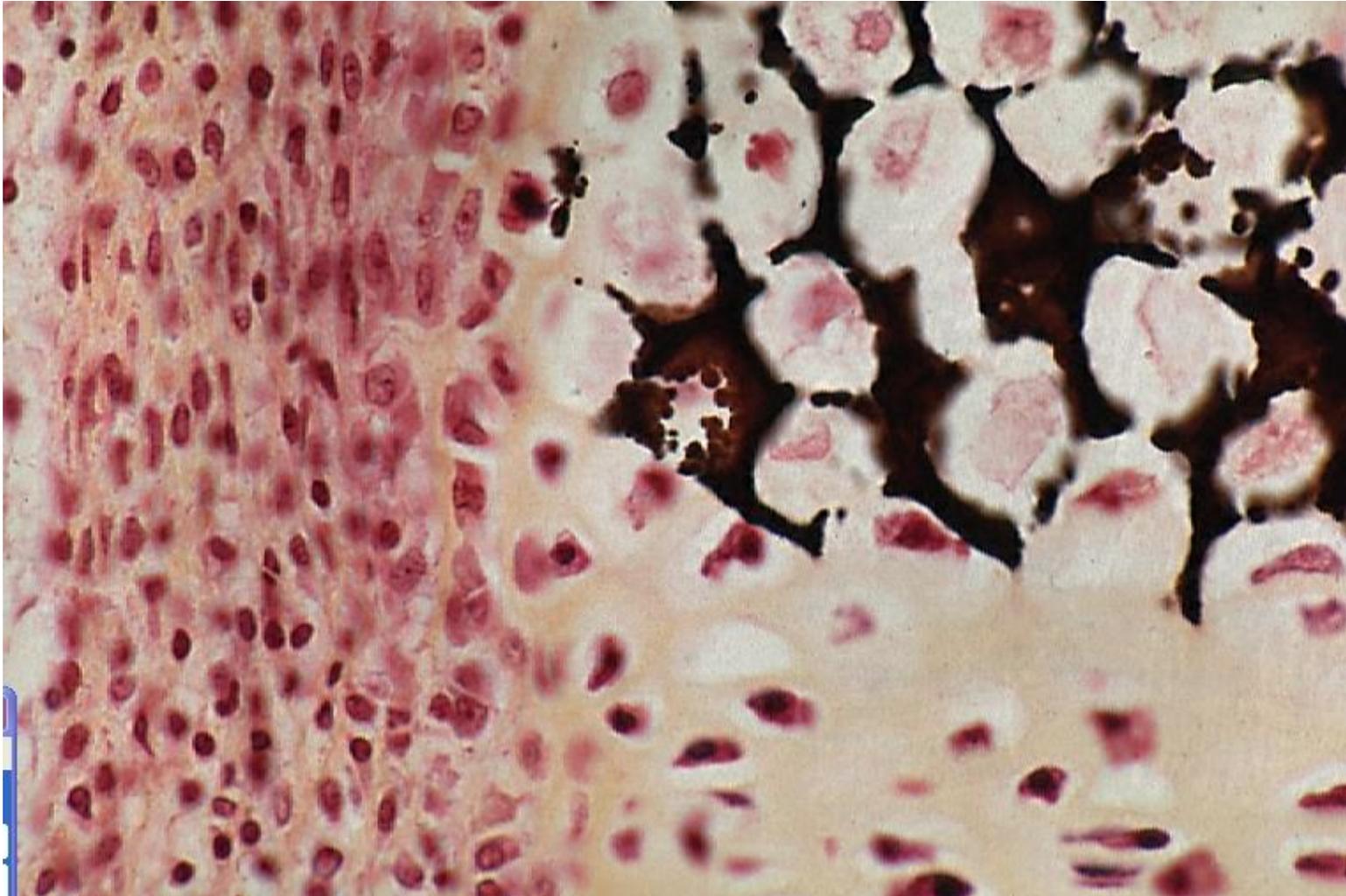
■ Point d'ossification

- apparaît au centre de la maquette cartilagineuse
- chondrocytes prolifèrent, s'hypertrophient et se vacuolisent
- dégénèrent, laissant des chondroplastes/logettes vides
- libérant de nombreuses enzymes qui catalysent la calcification des travées endochondrales
- La partie centrale du cartilage où a débuté ce processus, est appelée **point d'ossification primaire**

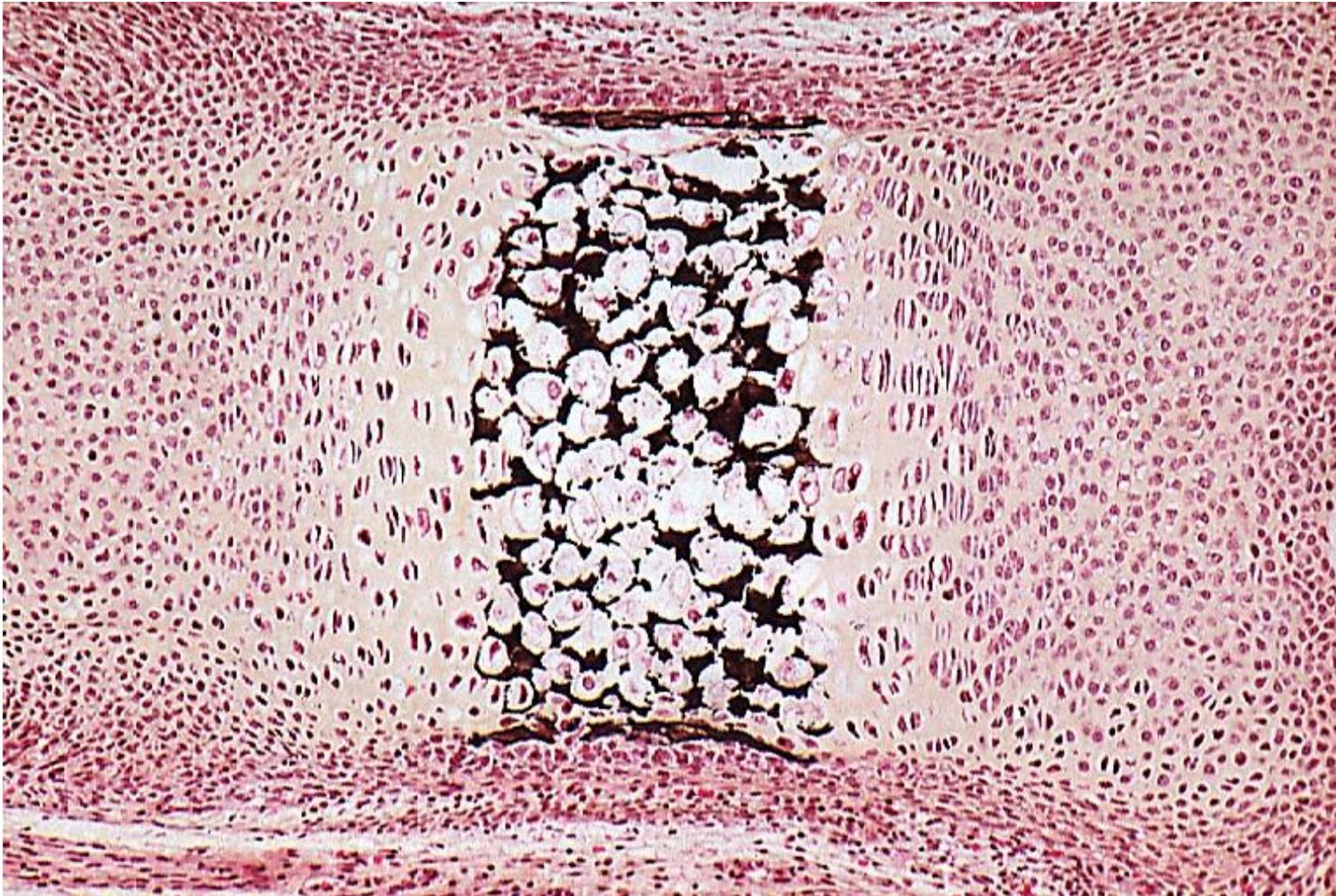
▪ La substance cartilagineuse se calcifie



- **Au sein de la matrice calcifiée , les chondrocytes involuent et disparaissent**

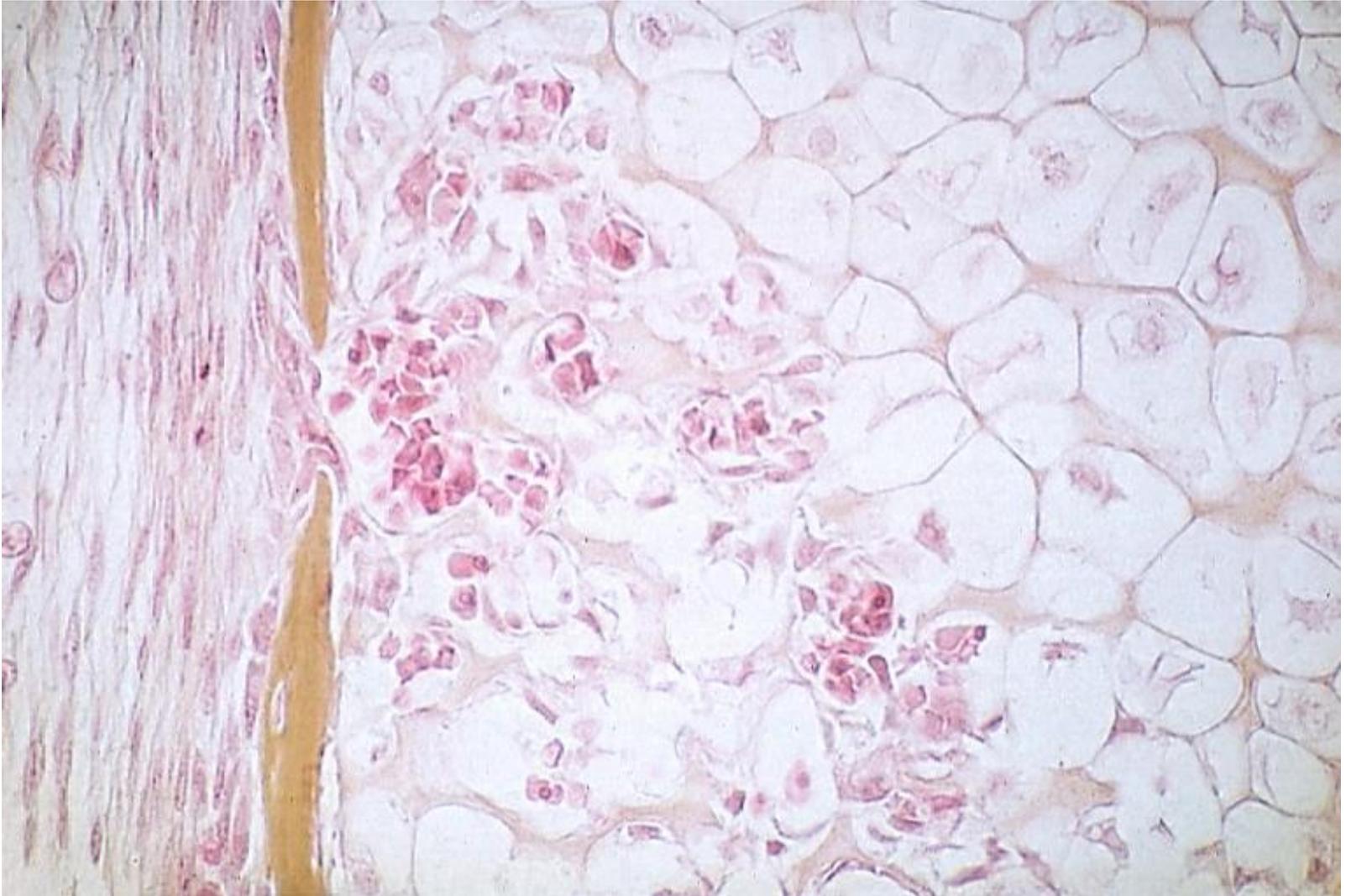


- **Apparition de la virole osseuse périchondrale**
Ce tissu osseux est de type non lamellaire



**□ Erosion du cartilage par les bourgeons
conjonctivo-vasculaires:**

**Mise en place de travées osseuses
enchondrales**

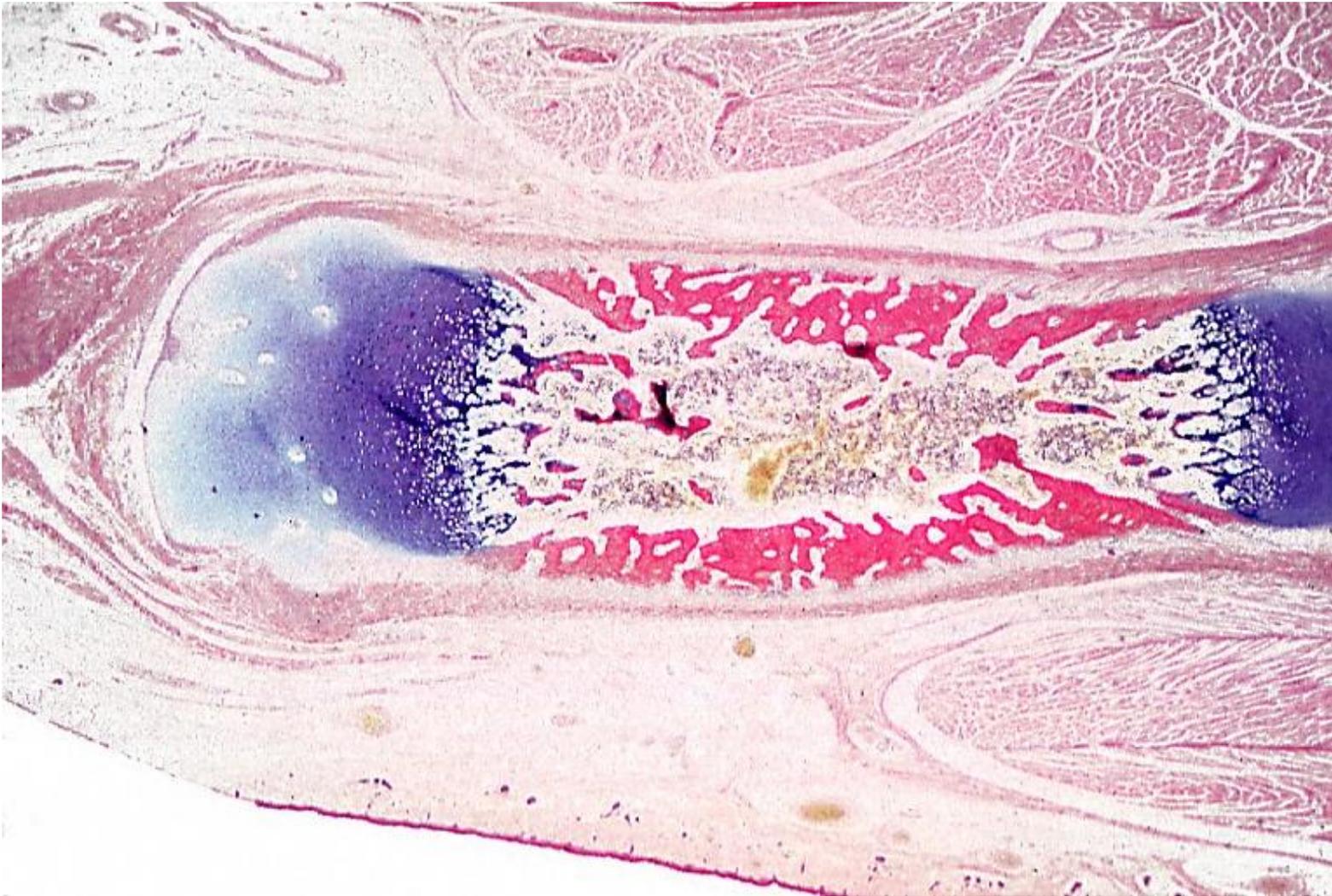


- **Les bourgeons conjonctivo-vasculaires effondrent les parois cartilagineuses hypertrophiées et calcifiées**
- **L'érosion progressive du cartilage centro-diaphysaire crée des lacunes occupées par du tissu conjonctif jeune**



□ Extension centrifuge de la transformation de la maquette cartilagineuse vers les épiphyses

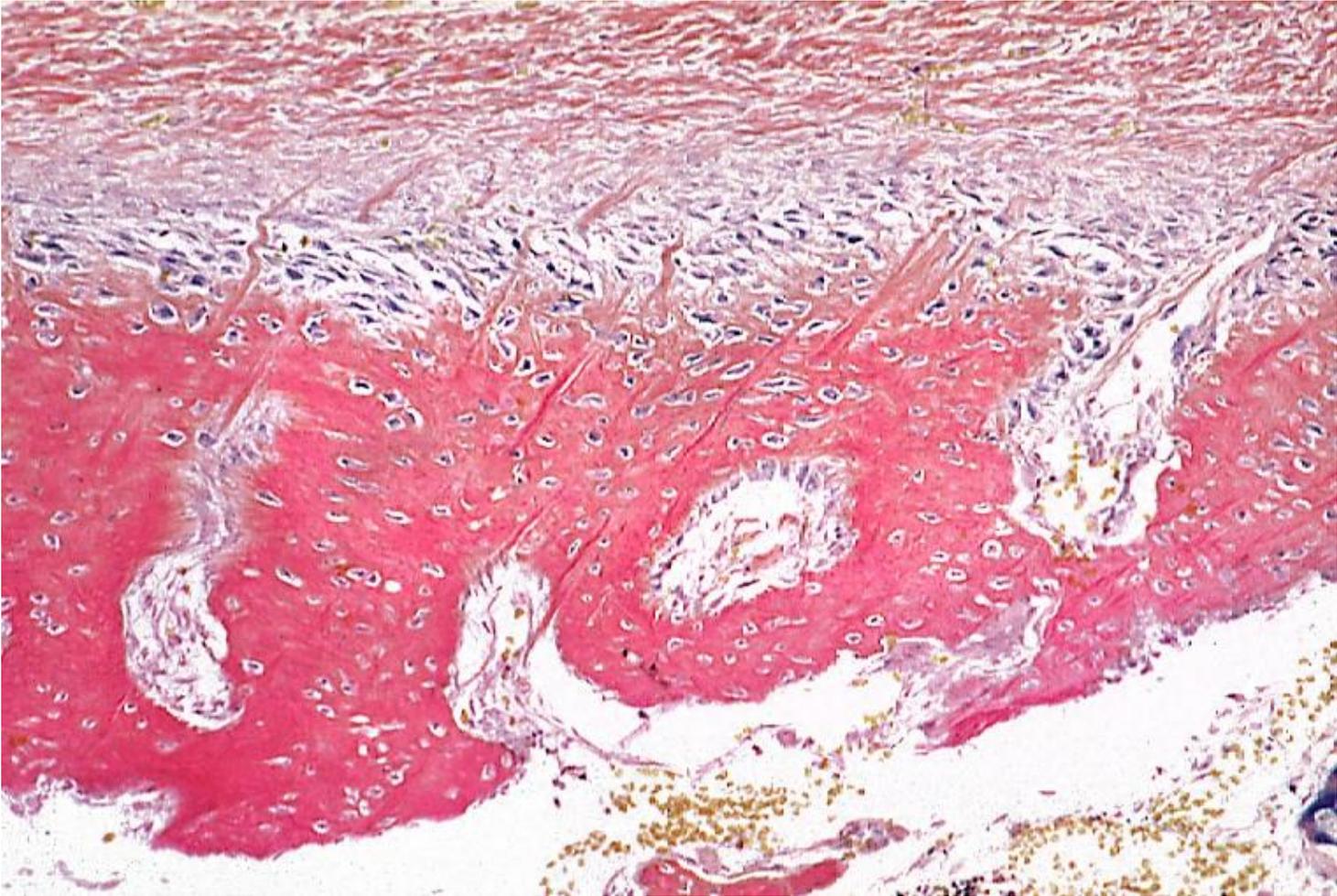
- Tout le cartilage centro-diaphysaire a disparu**
- Les travées enchondrales laissent place à une cavité médullaire primitive**



- **Le tube osseux diaphysaire**
- **Résulte de l'épaississement de la virole par l'apposition externe de nouvelles couches osseuses à partir de la face profonde du périoste (métaplasie périostique)**

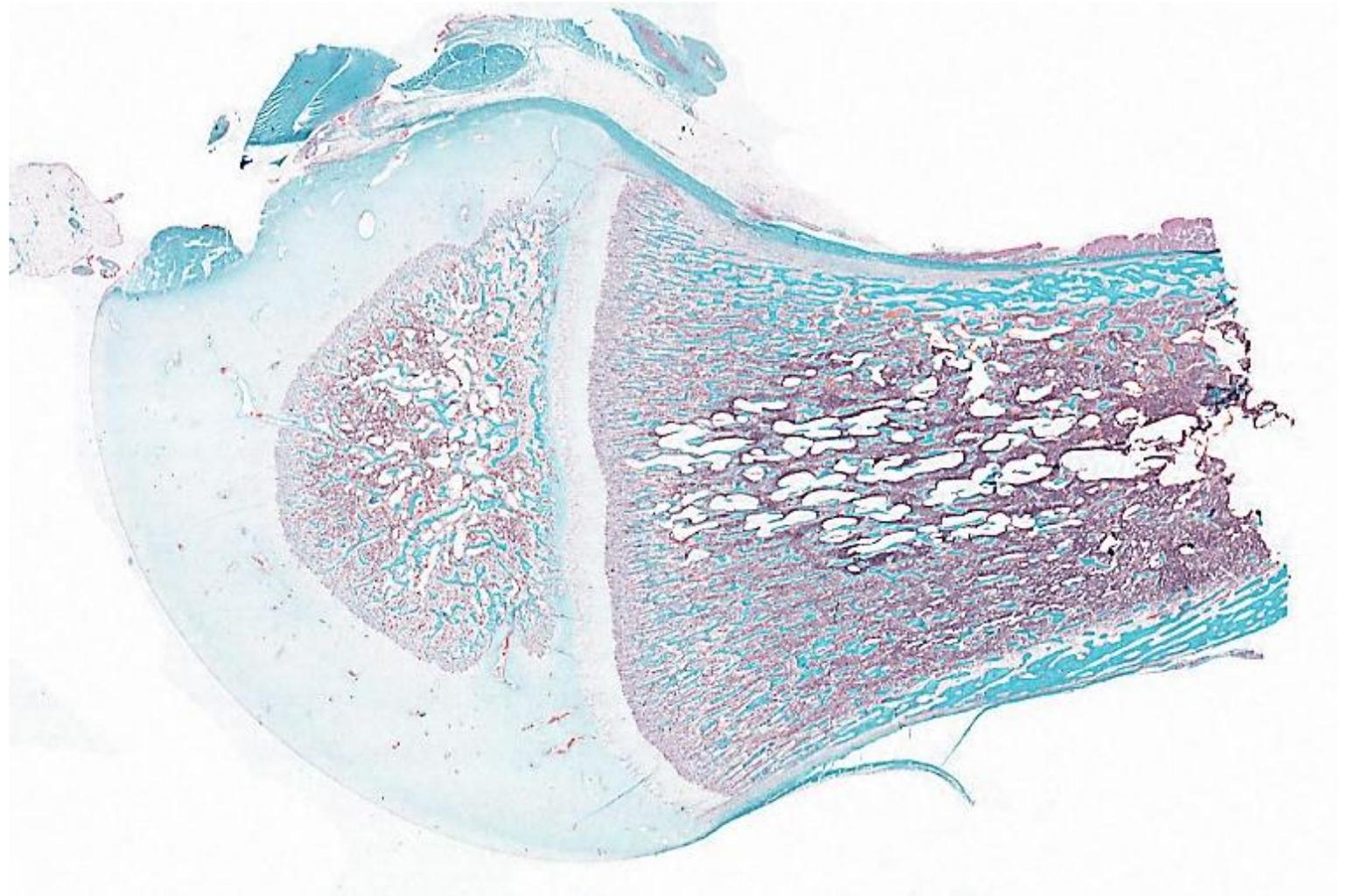
- **La face interne du tube diaphysaire est, quant à elle, progressivement résorbée (ostéoclastes) pour élargir la cavité médullaire**





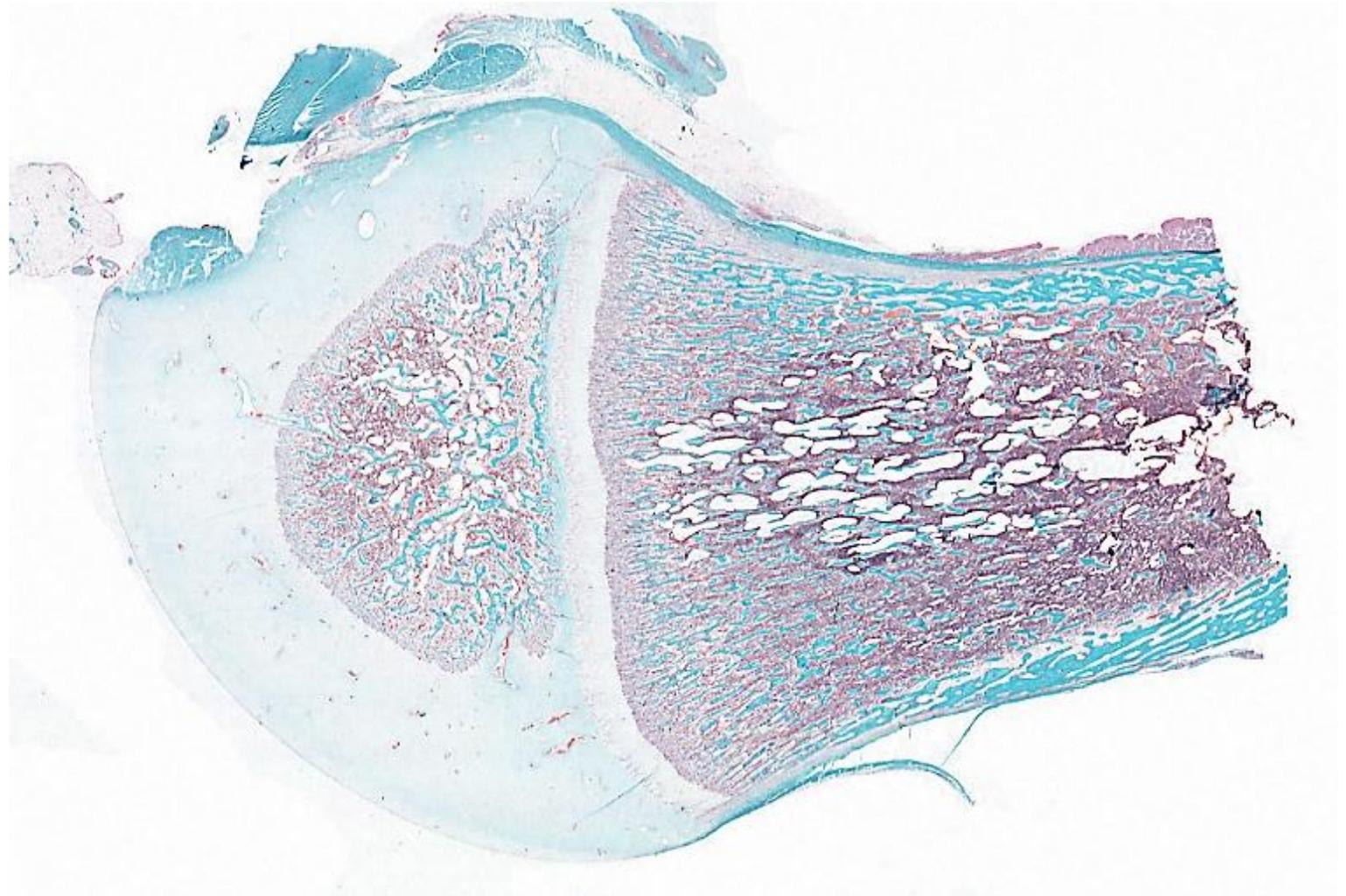
6.1.2. Ossification épiphysaire

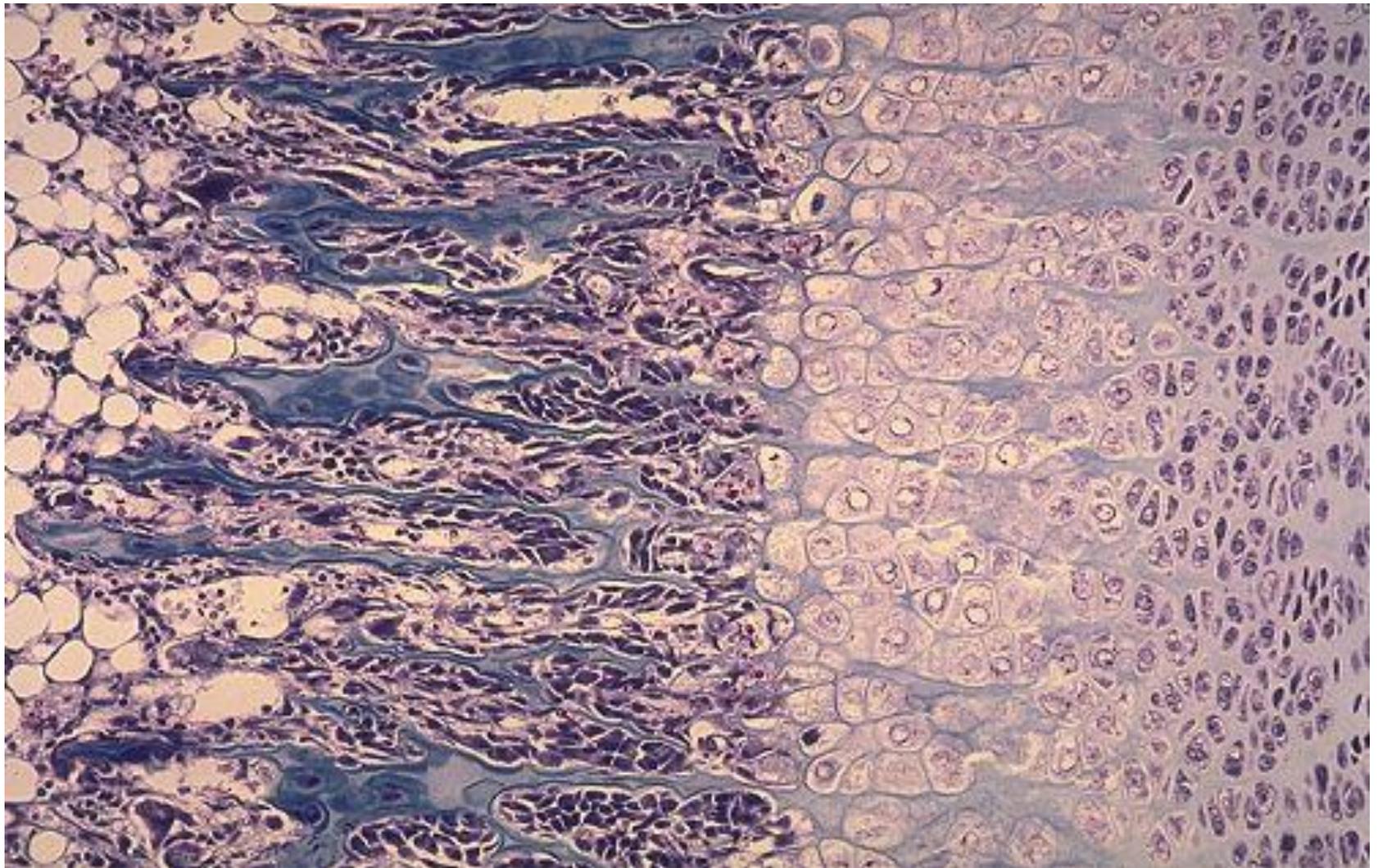
- **Les travées osseuses élaborées dans le centre d'ossification de l'épiphyse sont de nature endochondrale et non lamellaire**
- **Sous la zone d'ossification épiphysaire, se remarque le cartilage de croissance**



6.1.3. L'allongement de l'os

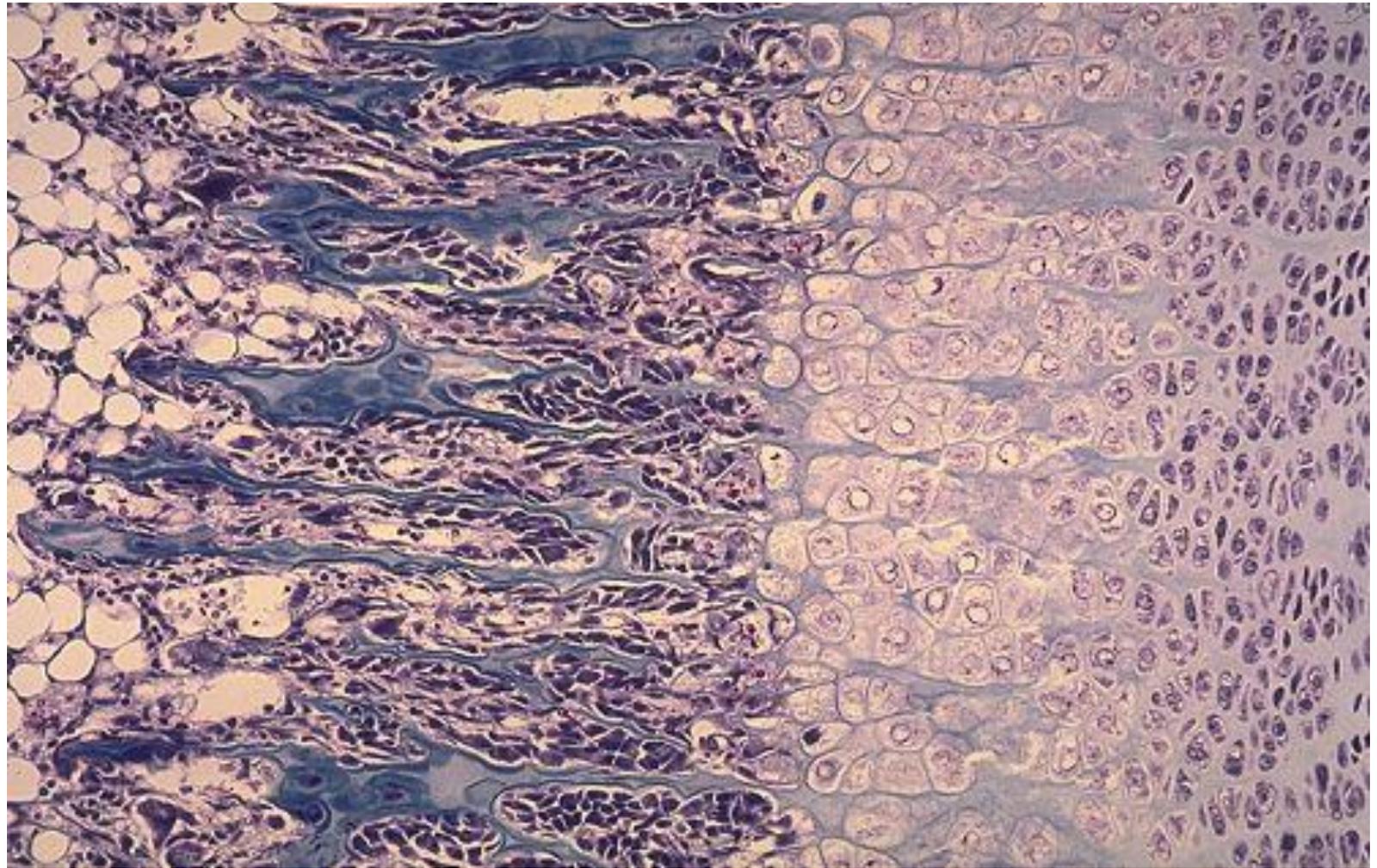
Les travées osseuses enchondrales formées à partir du cartilage de croissance sont finalement détruites dans la diaphyse par l'extension de la cavité diaphysaire











6.1.4. Elargissement de l'os

- **Le tube diaphysaire s'élargit par apposition osseuse périostique alors que sa face interne est parallèlement résorbée**

6.1.5. Vers l'âge d'un an

- **Nécessité d'augmenter la résistance de l'os**
- **Disposition des cellules et des fibres de collagène nouvellement formées par le périoste en couches concentriques**
- **Organisation du tissu osseux lamellaire en système haversien**

6.2. Ossification et développement des os plats

Les os plats se développent par ossification membraneuse

6.3. Les os courts

- **Ossification endochondrale**
- **Epaisseur: ossification périostique**
- **Longueur: croissance interstitielle aux extrémités**

6.4. Les facteurs de l'ostéogénèse

- **Facteurs nutritionnels et vitaminiques**
- **Facteurs de croissance et les hormones**
- **Facteurs génétiques**

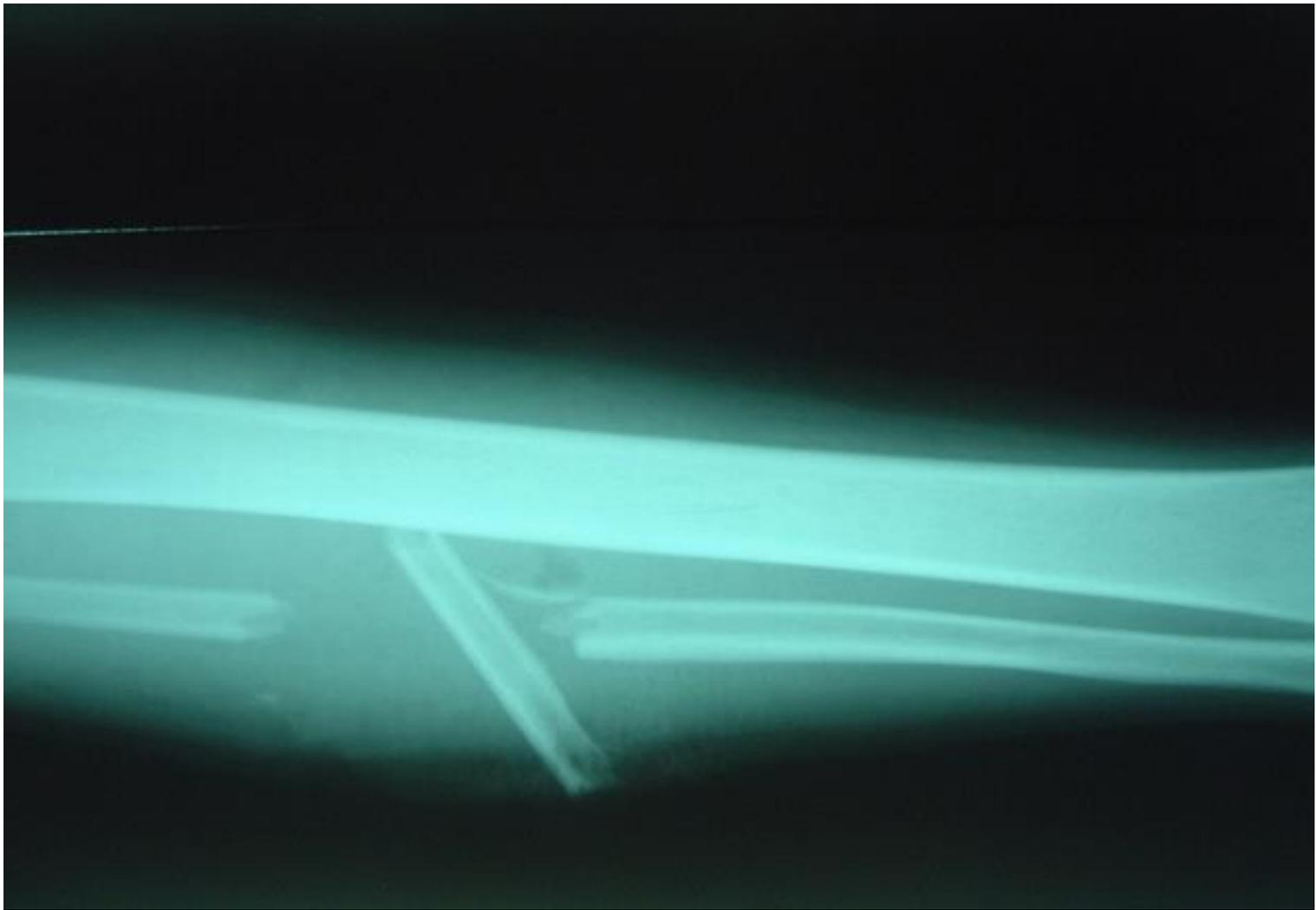
7. fonctions

- **Soutien**
- **Protection mécanique**
- **Métabolique**

8. Applications

- Fracture osseuse:





- **Rachitisme:**
 - * carence vitamine D (enfant)
 - * défaut de minéralisation
- **Ostéomalacie:** carence vitamine D(adulte)
- **Ostéoporose:**
 - * déminéralisation os
 - * immobilisation, ménopause