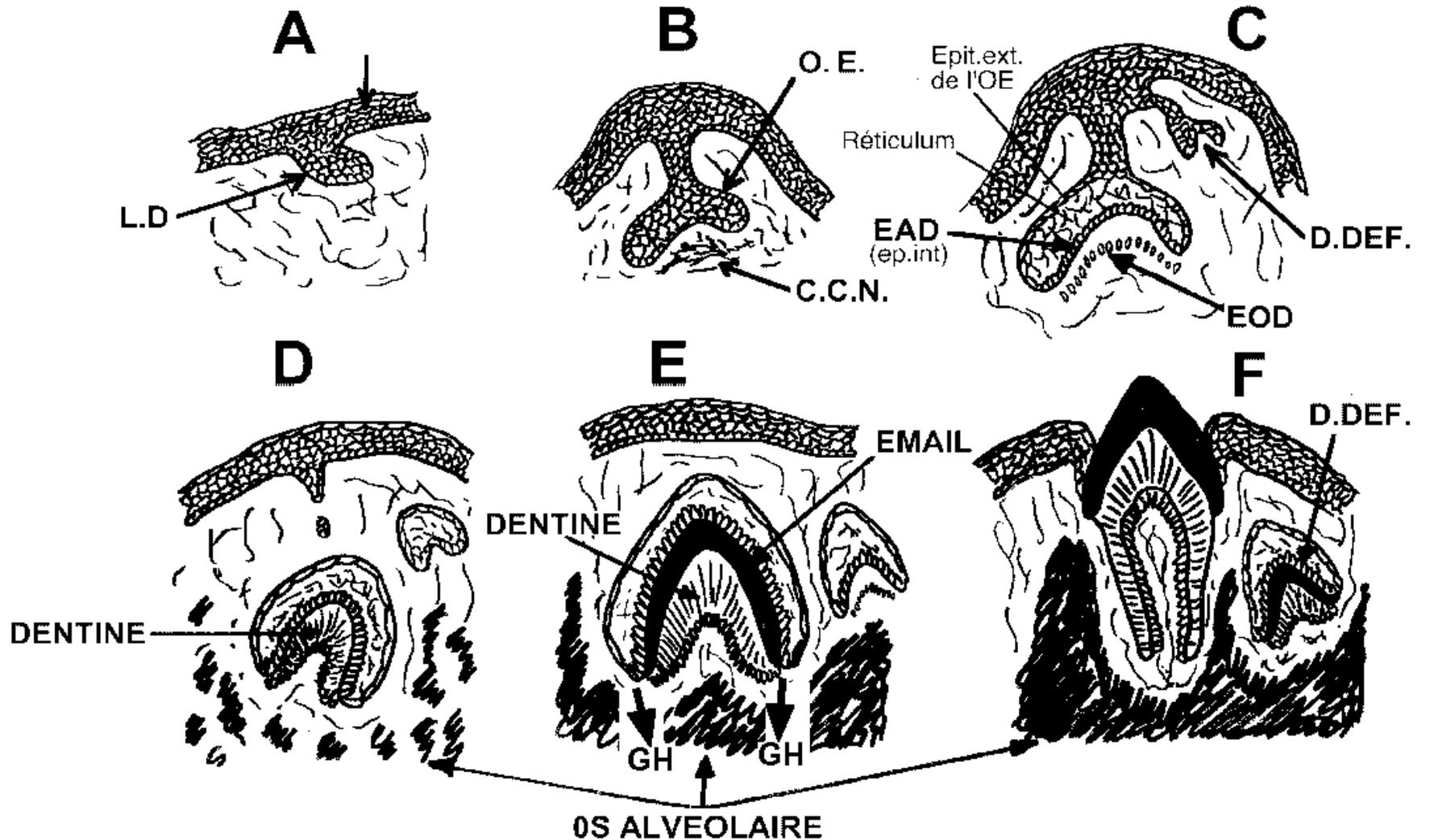


# AMÉLOGÉNÈSE

## HISTOGENESE DE LA DENT

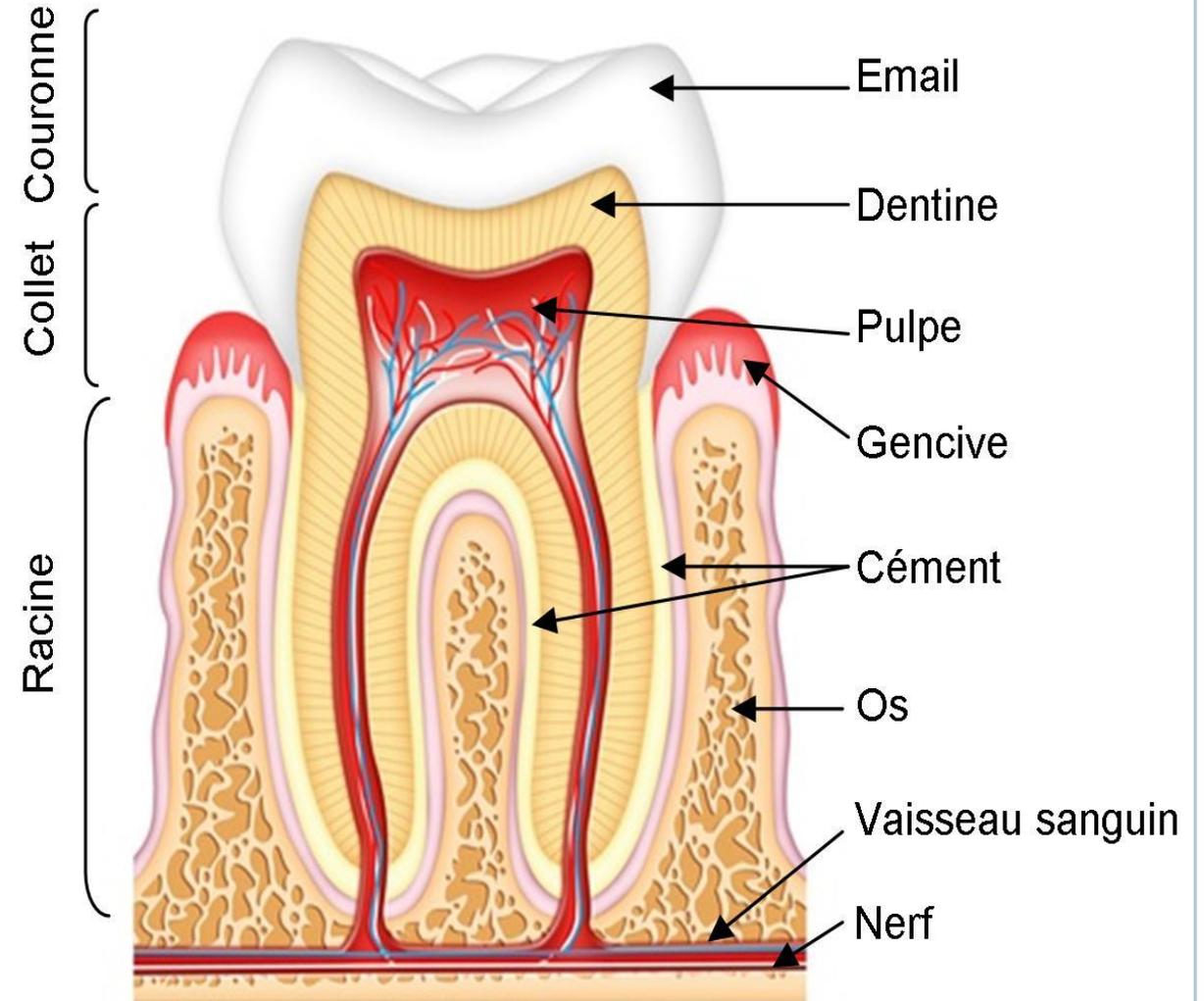


# INTRODUCTION

- Formation de l'émail par les améloblastes en 3 étapes :
  - Synthèse (et Sécrétion) des molécules de la matrice
  - Minéralisation
  - Maturation

Structure la plus minéralisée (non un tissu) de l'organisme recouvrant la couronne:

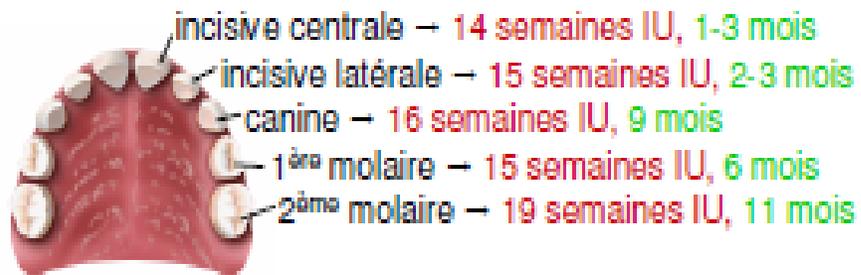
- Acellulaire - Avasculaire - Non innervée



# AGE DE FORMATION DE L'EMAIL

- ✓ Début 14<sup>ème</sup> semaine *in utero* (IU) pour les dents temporaires
- ✓ La formation de l'émail de certaines dents définitives peut durer presque 5 ans

## Dents temporaires



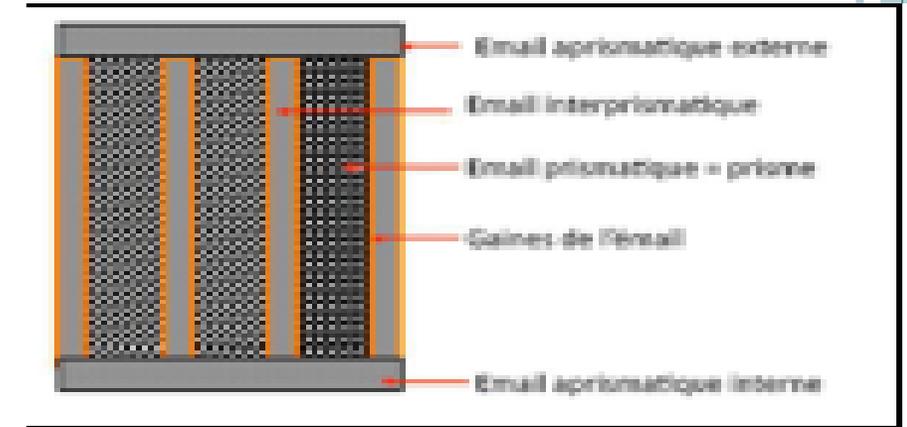
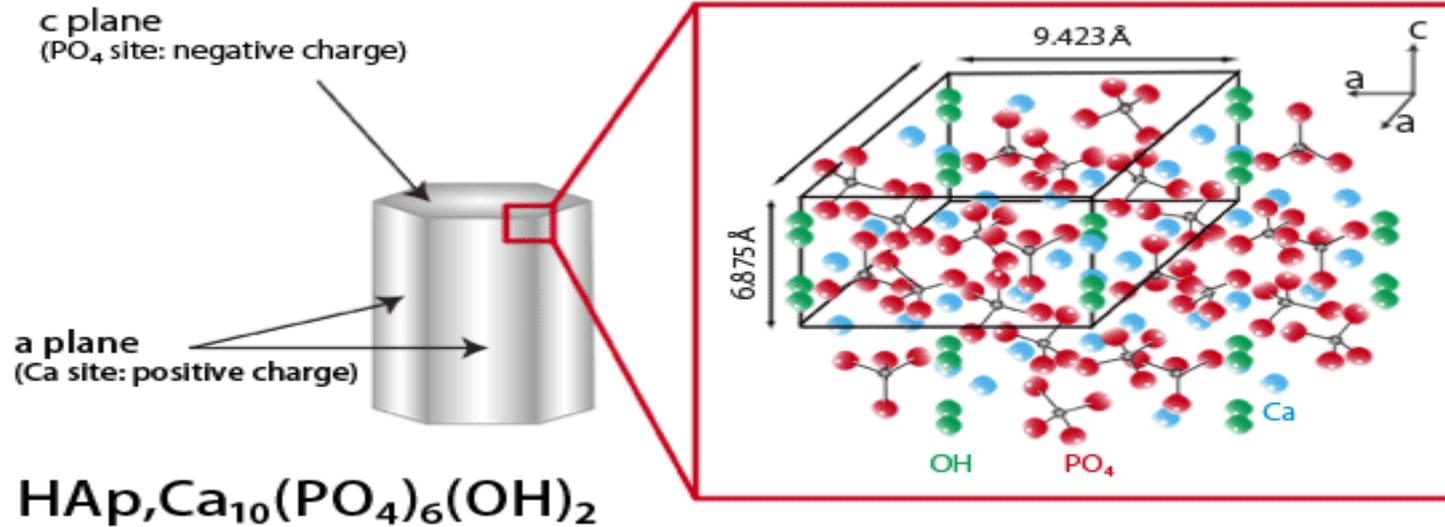
## Dents définitives



En rouge : dates de début de l'amélogenèse, en vert : dates de fin de la formation de la couronne

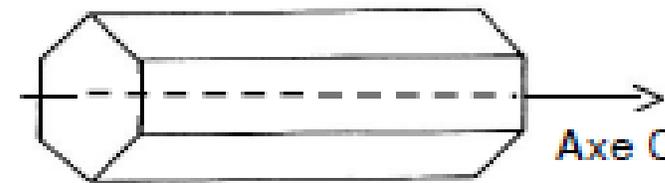
Sa formation débute à partir de la **14<sup>ème</sup> semaine IU** pour les dents temporaires, pour certaines dents définitives elle peut durer 5 ans.

- Les cristaux d'émail sont constitués de faisceaux parallèles d'HA carbonatés.
- → assemblage de cristaux d'HA forme des **crystallites**
- → assemblage des cristallites forme les **prismes ou la substance**
- **interprismatique qui vont constituer l'émail**



Maille élémentaire de l'émail

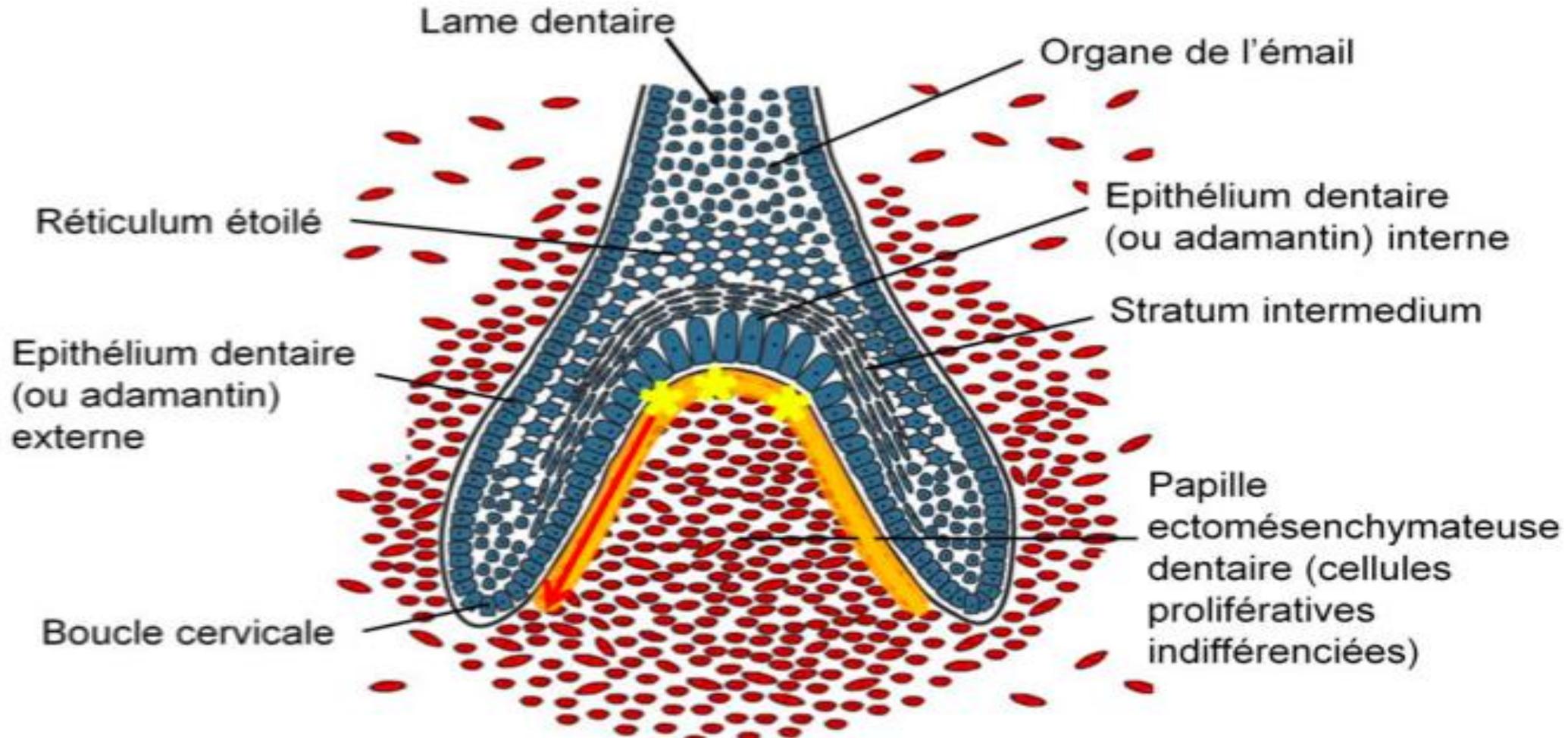
- est l'hydroxyapatite polysubstituée

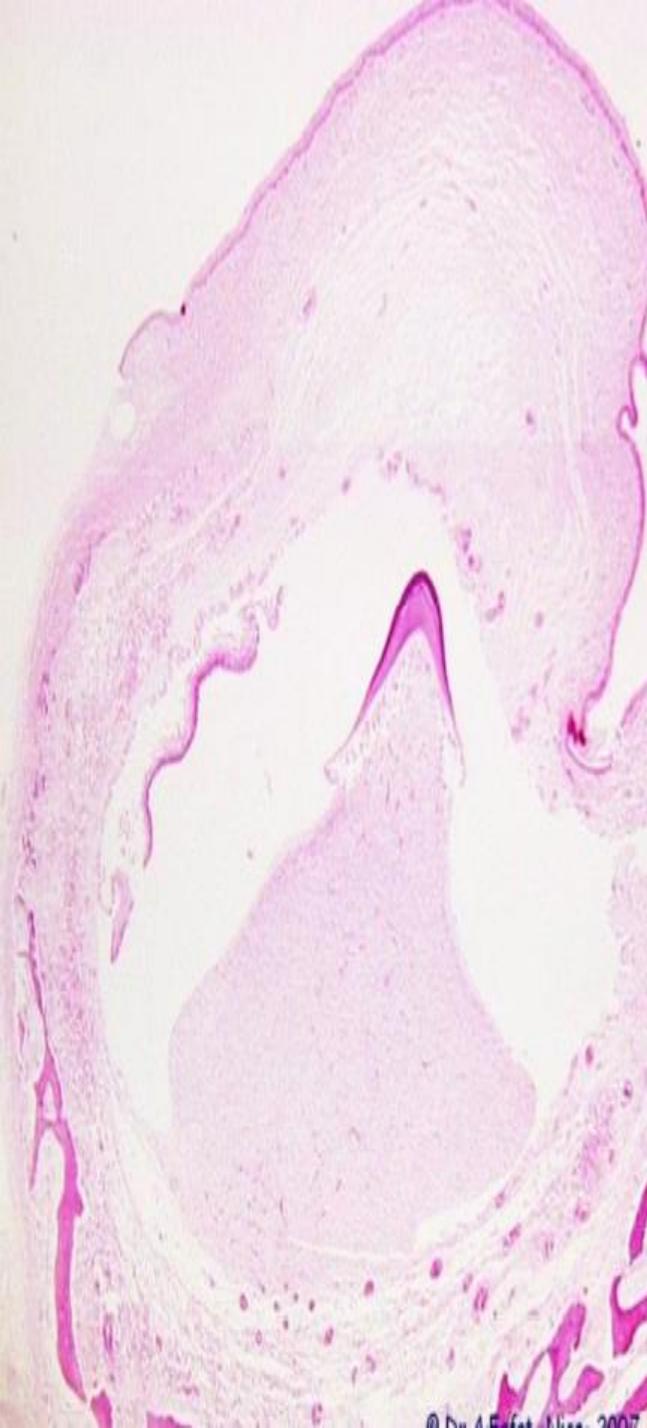
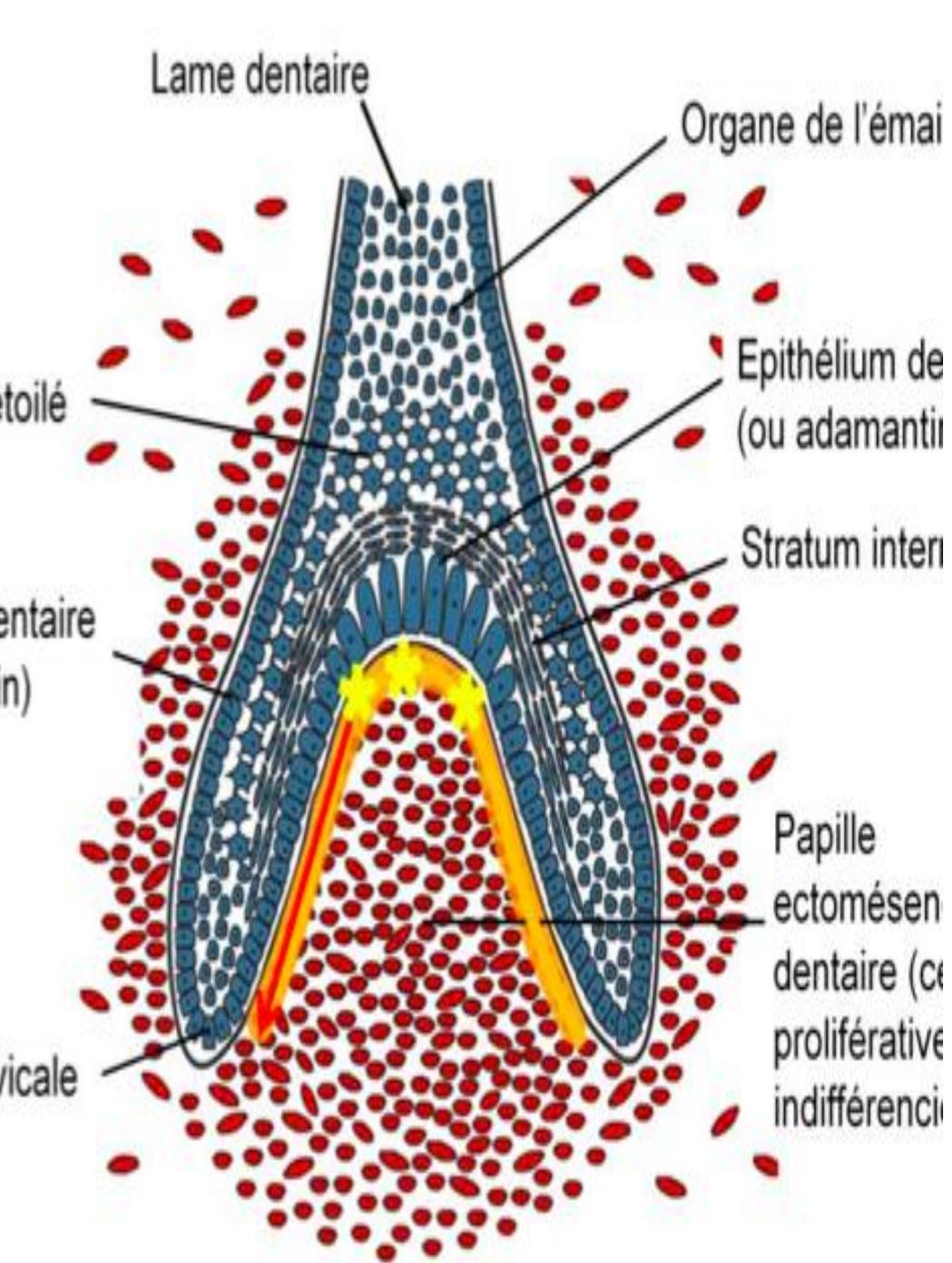


Représentation schématique d'un cristal d'émail

*Il est dur, cassant, plus radio opaque que tous les autres tissus minéralisés (os, ciment, dentine), vulnérable à l'attaque acide, translucide, lisse et brillant.*

- L'email est d'origine ectodermique, car améloblastes proviennent de l'épithélium dentaire interne de l'organe de l'émail

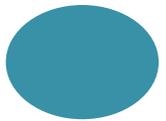




## Stade de Cloche

- Mésenchyme -> Os alvéo.
- Capillaire -> Pulpe
- Dodontoblaste -> Dentine
- Ameloblaste -> Email

GÉNÉRALITÉS SUR L'EMAIL

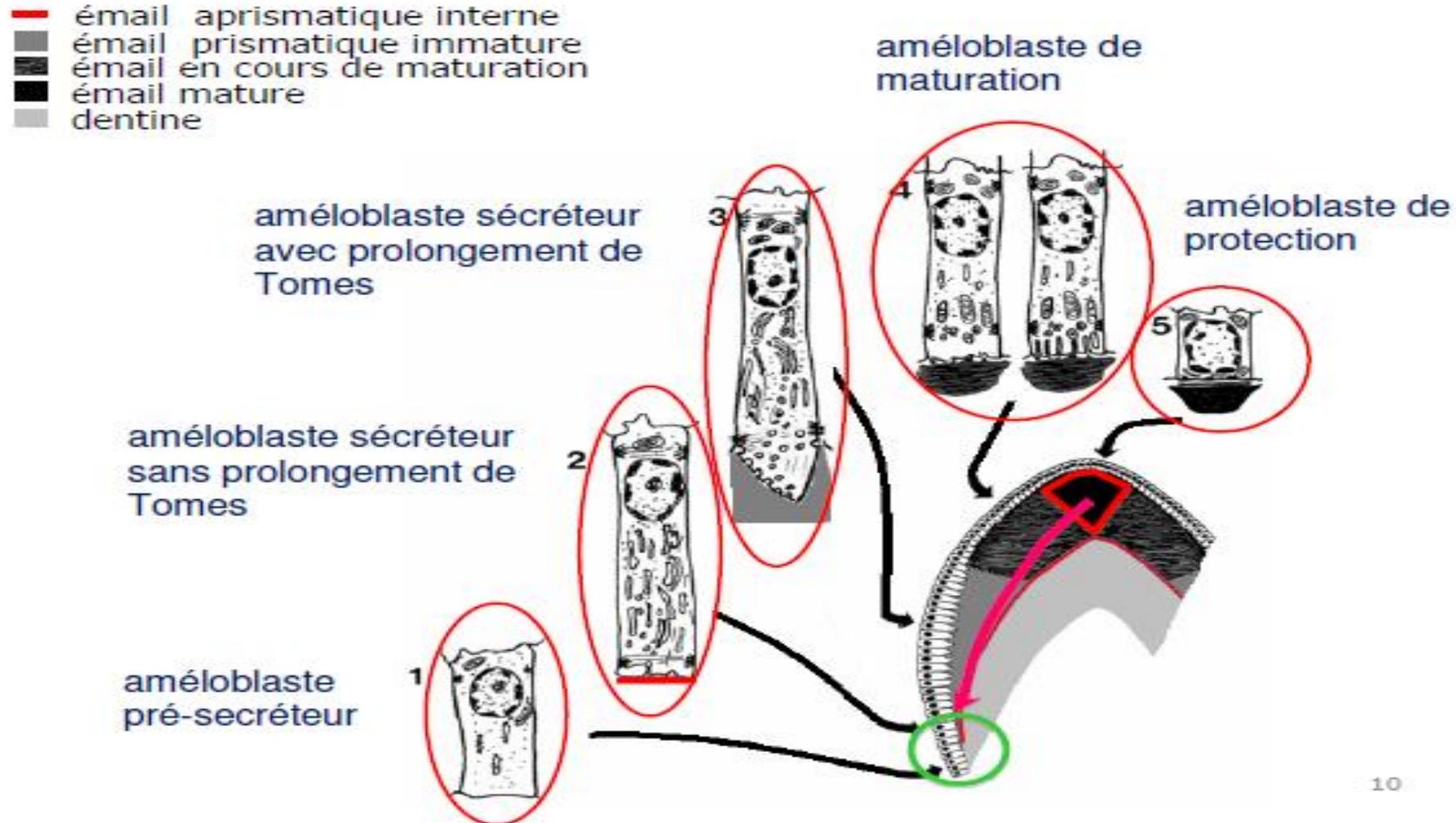


# COMPOSITION CHIMIQUE

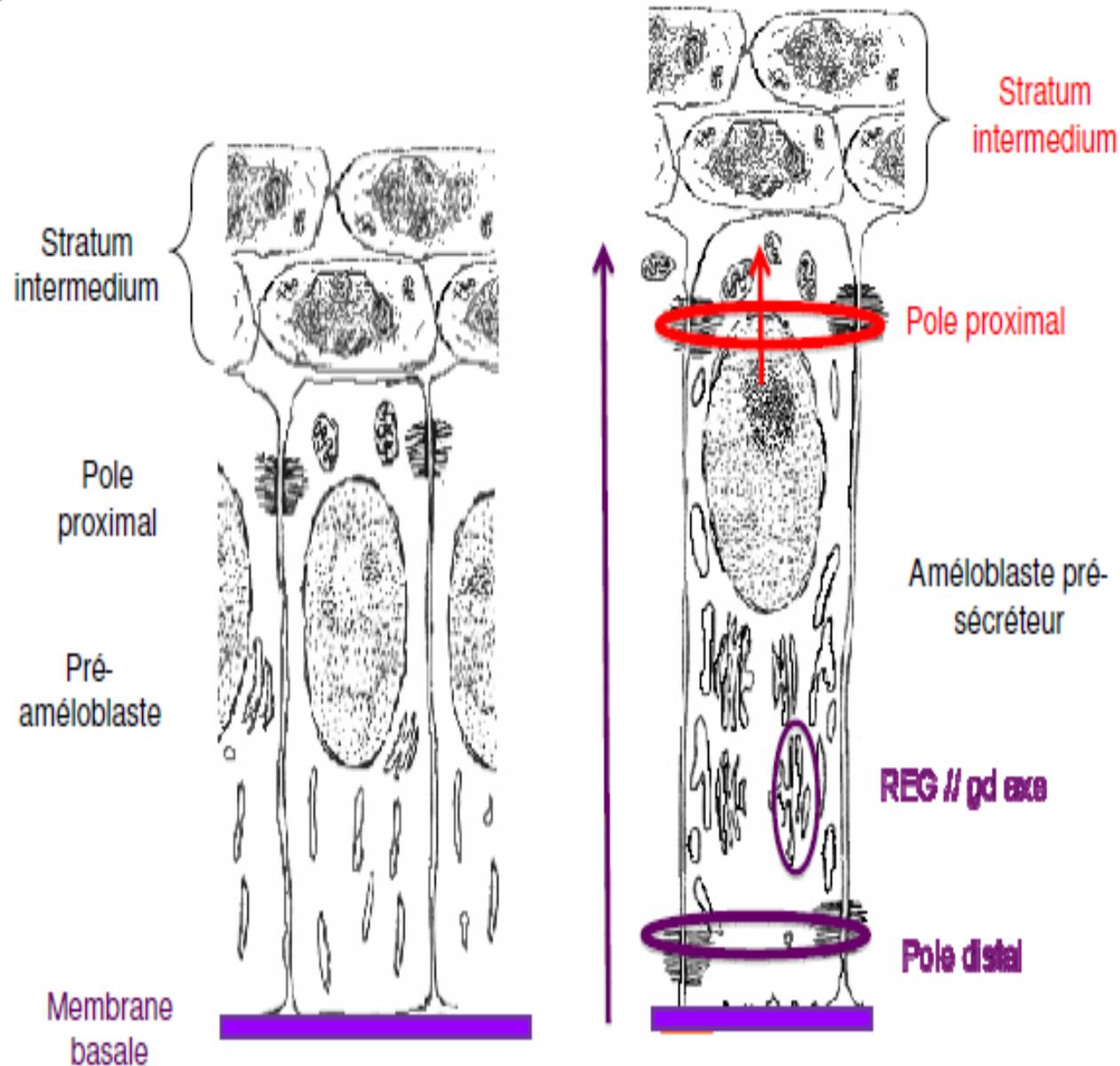
Phase	En poids	Constituants principaux
Minérale	96 %	Cristaux d'apatite carbonaté Ions Na, K, Cl, F, Zn
Organique	0,4 %	Amélogénines, énamélines Phospholipides
Aqueuse	3,6%	Eau libre et eau liée

# LES GRANDES ÉTAPES DE FORMATION DE L'ÉMAIL

Gradient temporo-spatial de différenciation entre la pointe de la dent (cuspside) et le collet



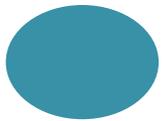
# AMÉLOBLASTES PRÉ-SÉCRÉTEUR (STADE D'HISTODIFFÉRENCIATION)

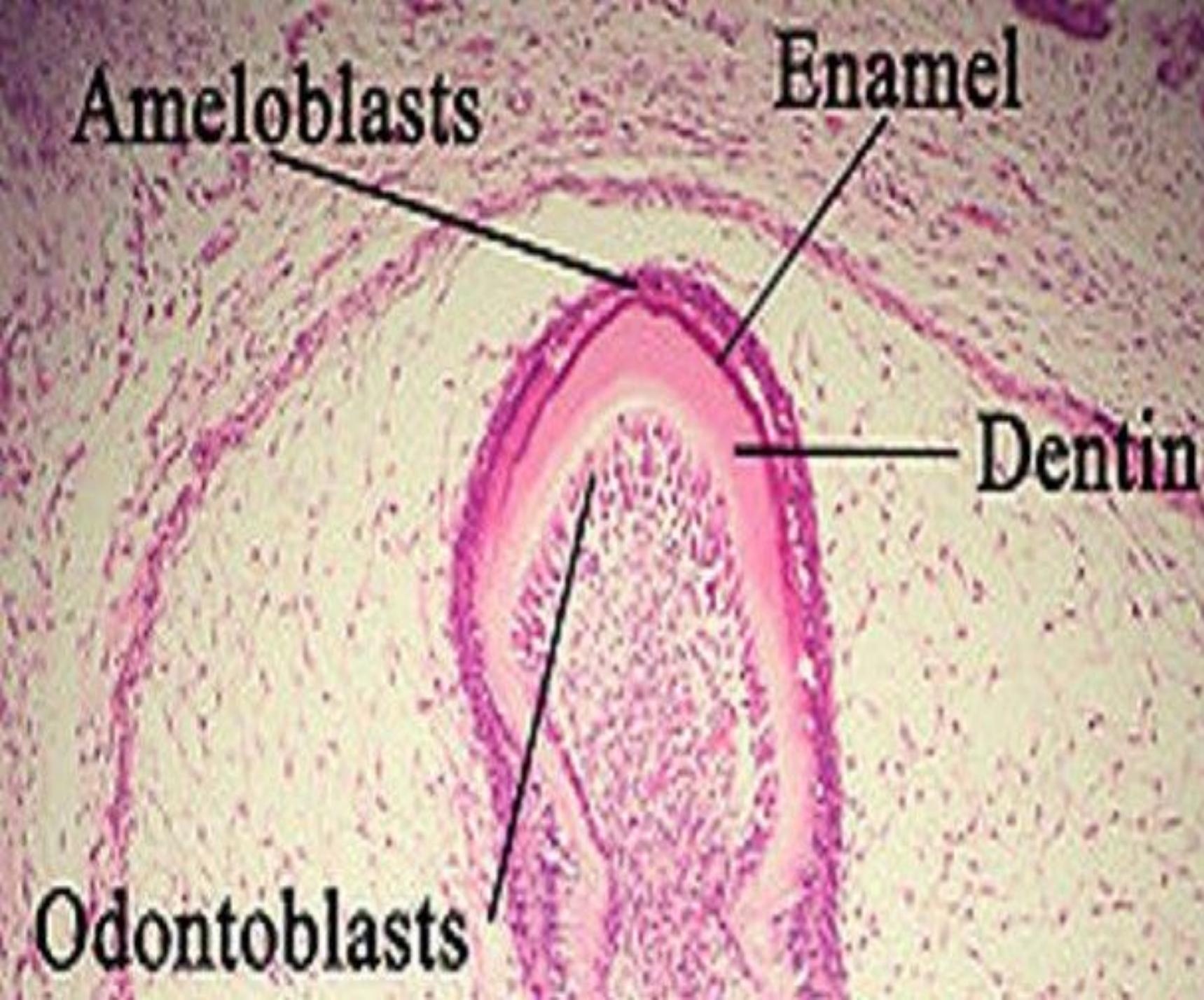


- Le pré-améloblaste sort du cycle mitotique et évolue en cellule post-mitotique → Couplée avec les odontoblastes avec un décalage dans le temps de 24h à 66h

- Description histologique (terminal web)

- Disparition de la mb basale





## Disparition de la Membrane Basale

OdontoB sécrète des métalloprotéases (vésicules)

--> dégradation de la lame basale

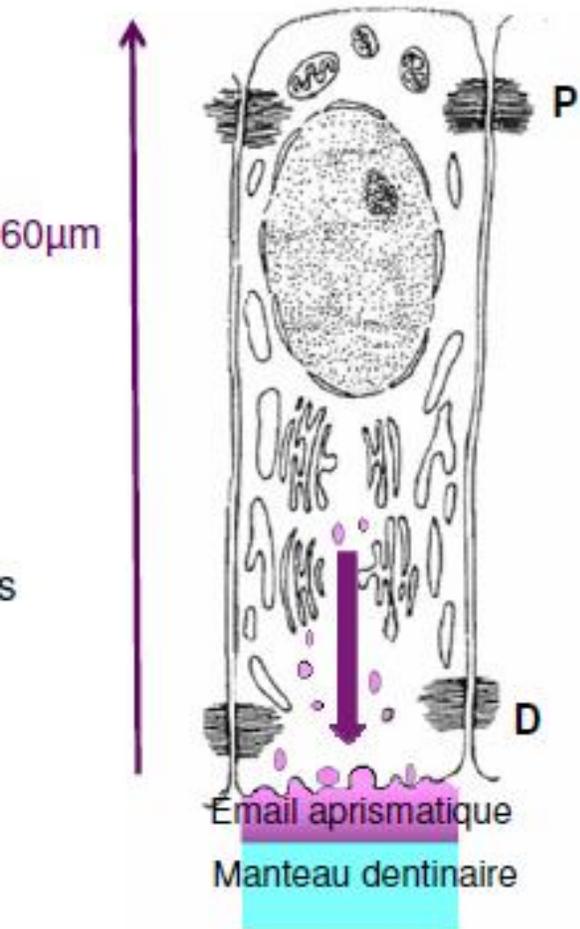
-> fragments de la mb basale phagocytés par AmeloB pré-sécréteur (lysosomes)

-> contact entre AmeloB et Manteau dentinaire

-> Différenciation en sécréteur ( hypothèse)



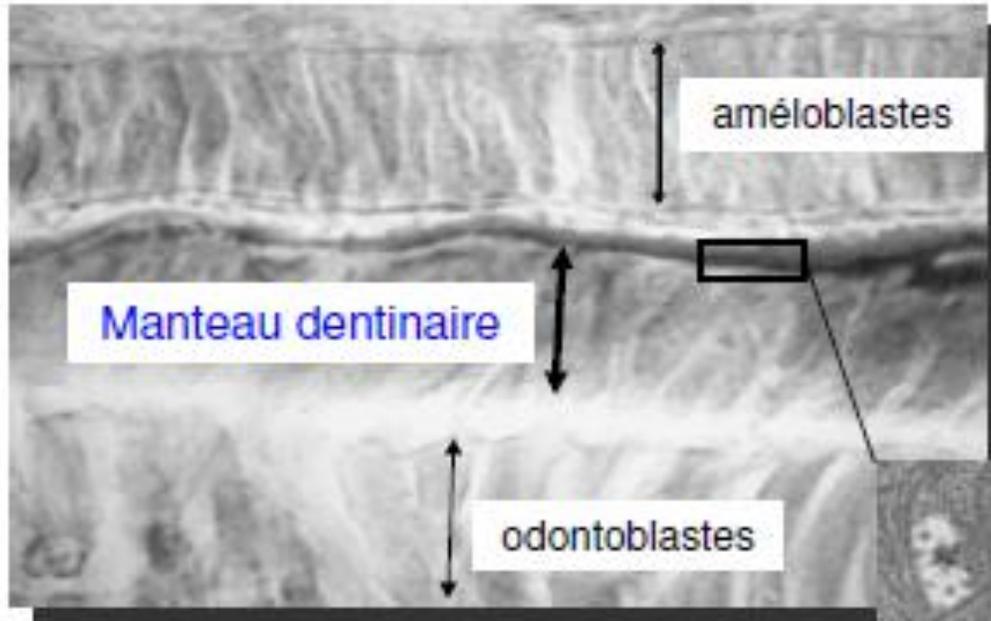
# AMÉLOBLASTES SÉCRÉTEUR SANS PROLONGEMENT DE TOMES



- Organites de synthèse augmentent
- Allongement
- Polarisation augmente
- Vésicule de sécrétion synthétisé
- Observations d'exocytoses au pôle distal
- Protéines de l'émail sécrétées directement sur le manteau dentinaire

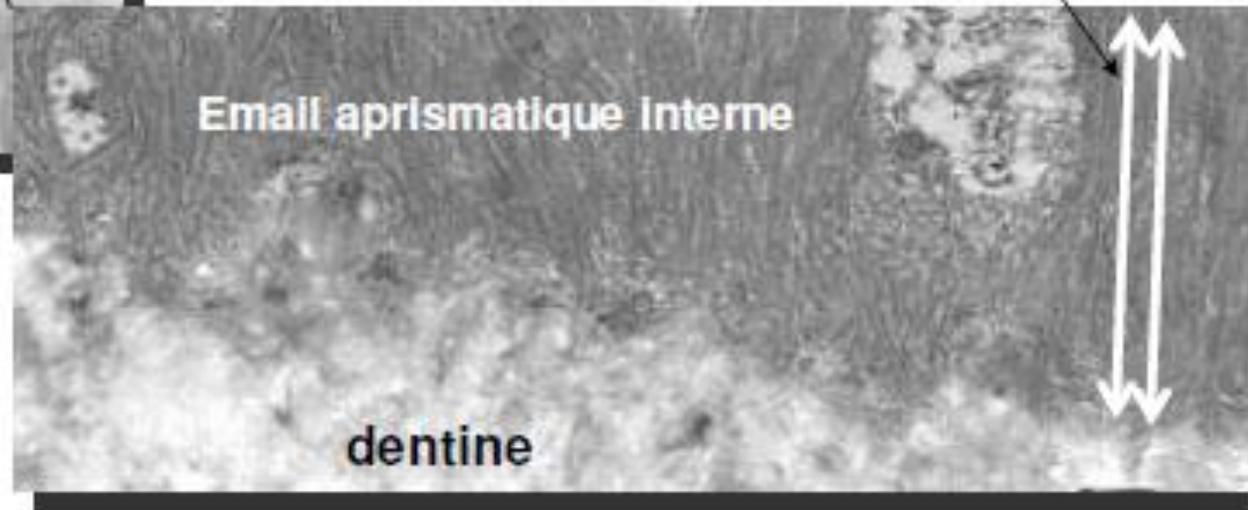


# SÉCRÉTION DE L'ÉMAIL APRISMATIQUE INTERNE



Microscopie photonique

Orientation des cristaux d'émail



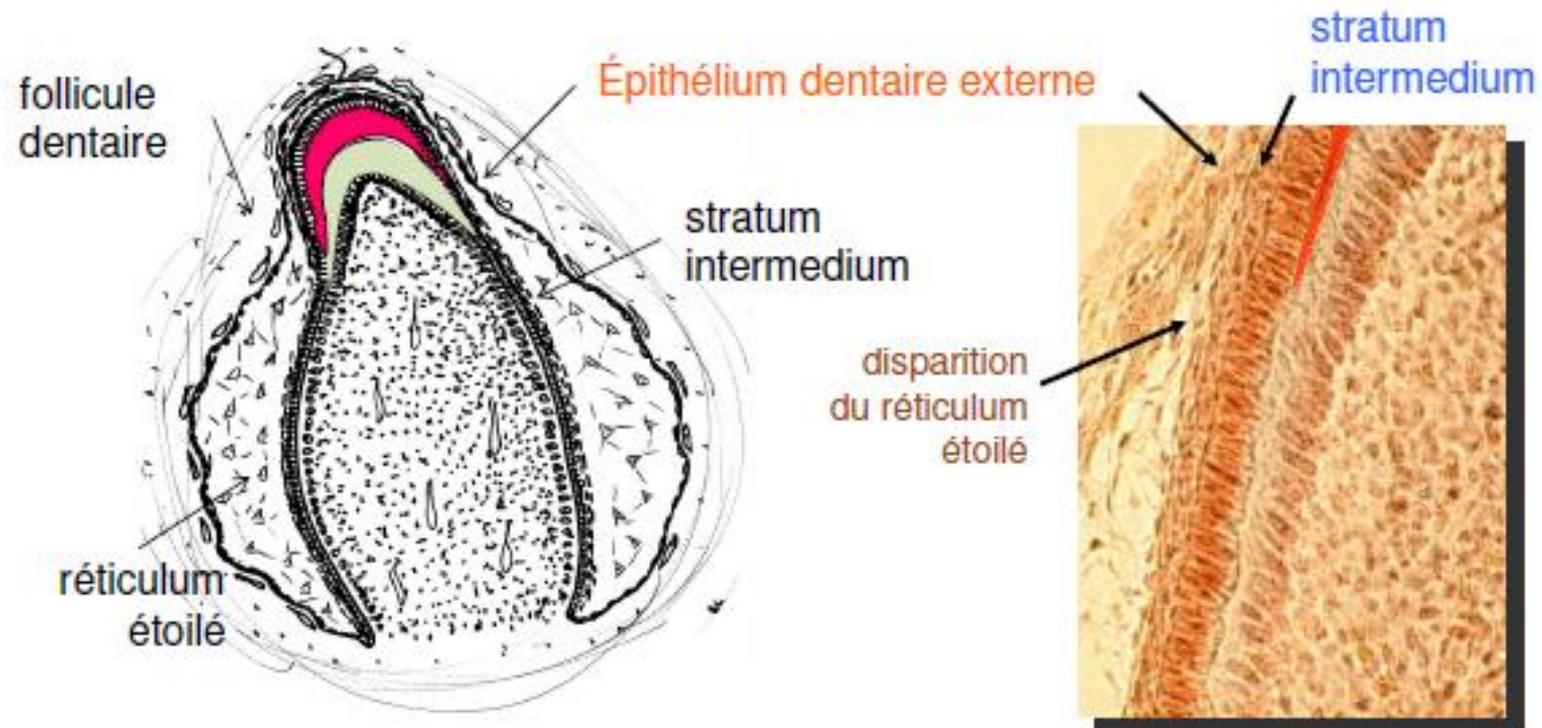
dentine

Microscopie électronique à transmission

# LA COUCHE PAPILLAIRE

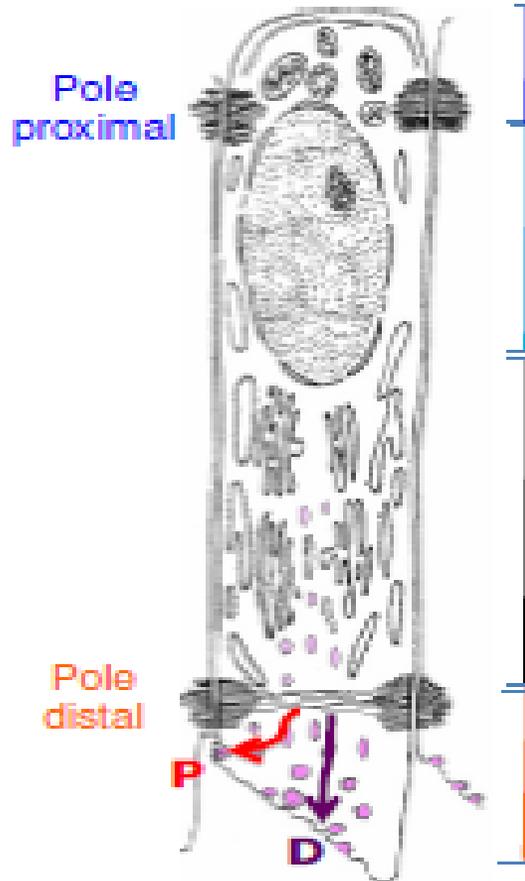
Disparition du RE →accolement du **Stratum intermédiaire** +  
**Épithélium dentaire externe** ⇒ **collapsus**

Les cellules du **stratum intermédiaire** + **épithélium dentaire externe** = couche papillaire



# AMELOBLASTES SÉCRÉTEURS AVEC PROLONGEMENT DE TOMES

Ultrastructure : 4 compartiments

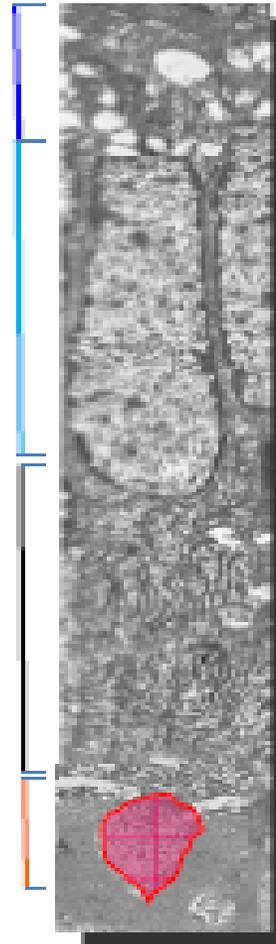


Compartiment infranucléaire :  
mitochondries, granules de glycogène, REG, systèmes de jonction et microfilaments

Compartiment nucléaire :  
noyau

Compartiment supranucléaire :  
REG, Golgi central long et cylindrique, parallèle au grand axe, lysosomes

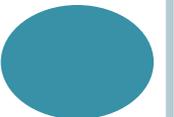
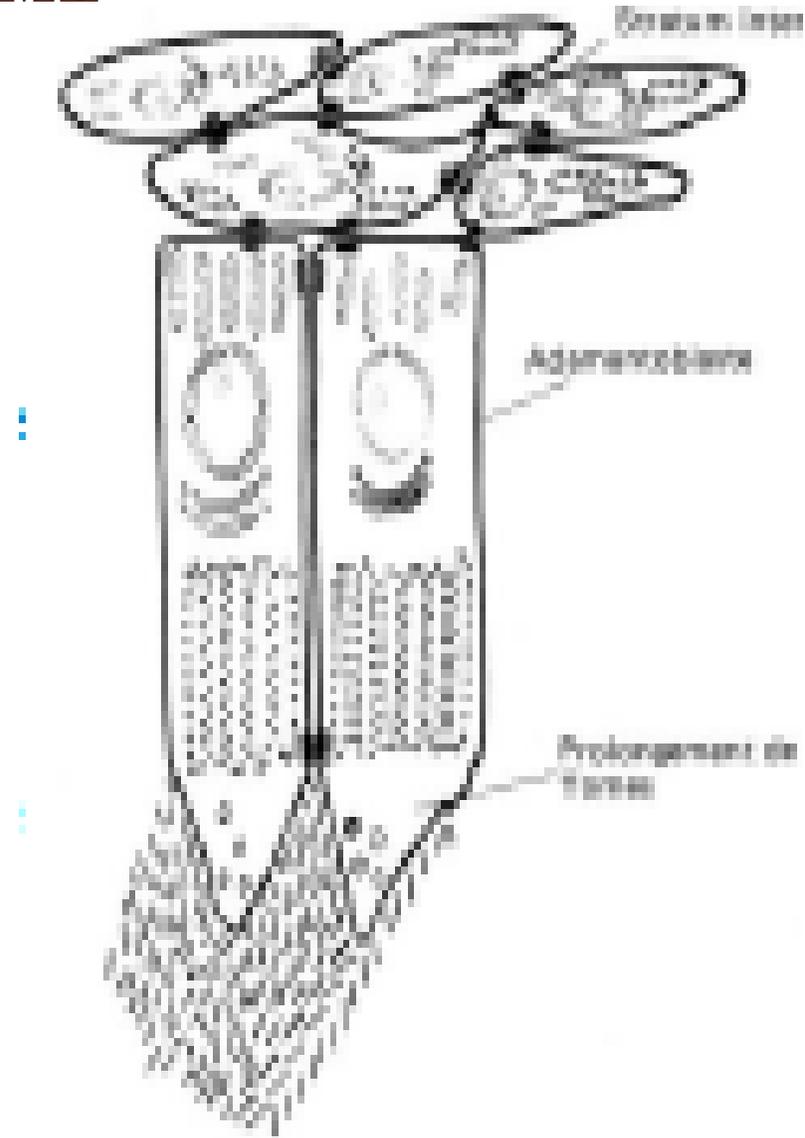
Compartiment apical:  
le prolongement de Tomes  
terminal web, microfilaments  
vésicules de sécrétion et  
images d'exocytoses

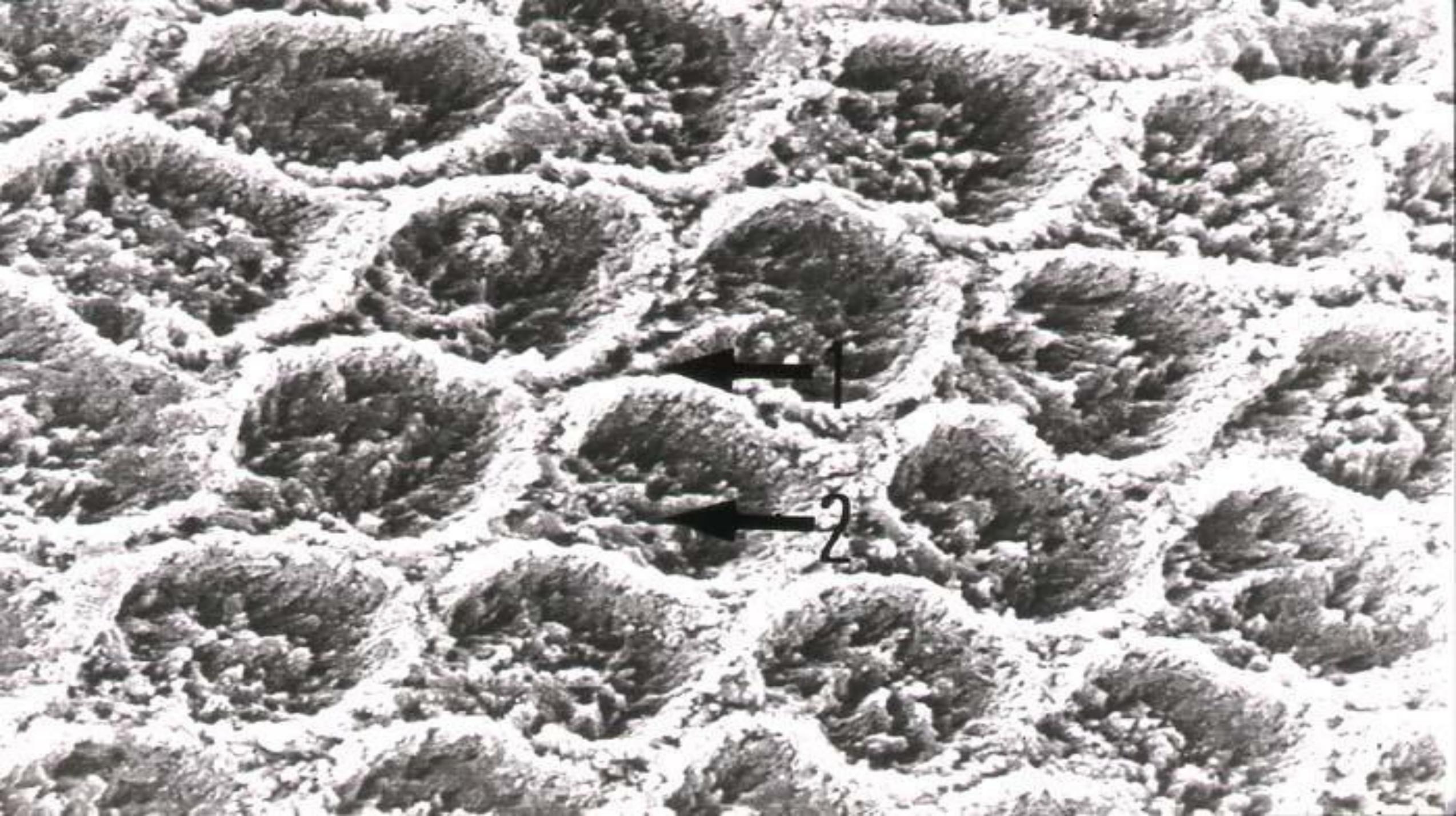


# PRISME/ SUBSTANCE INTER-PRISME

- Différence entre site de sécrétion et pôle
- Au pôle distal qu'il y a présence du prolongement de tomes avec 2 sites de sécrétions ( proximal et distal )
- Site de sécrétion proximal → Substance interprismatique
- Site de sécrétion distal → prisme

Chaque prisme est sécrété par un améloblaste **UNIQUE** alors que la substance interprismatique est sécrété par plusieurs améloblastes voisins





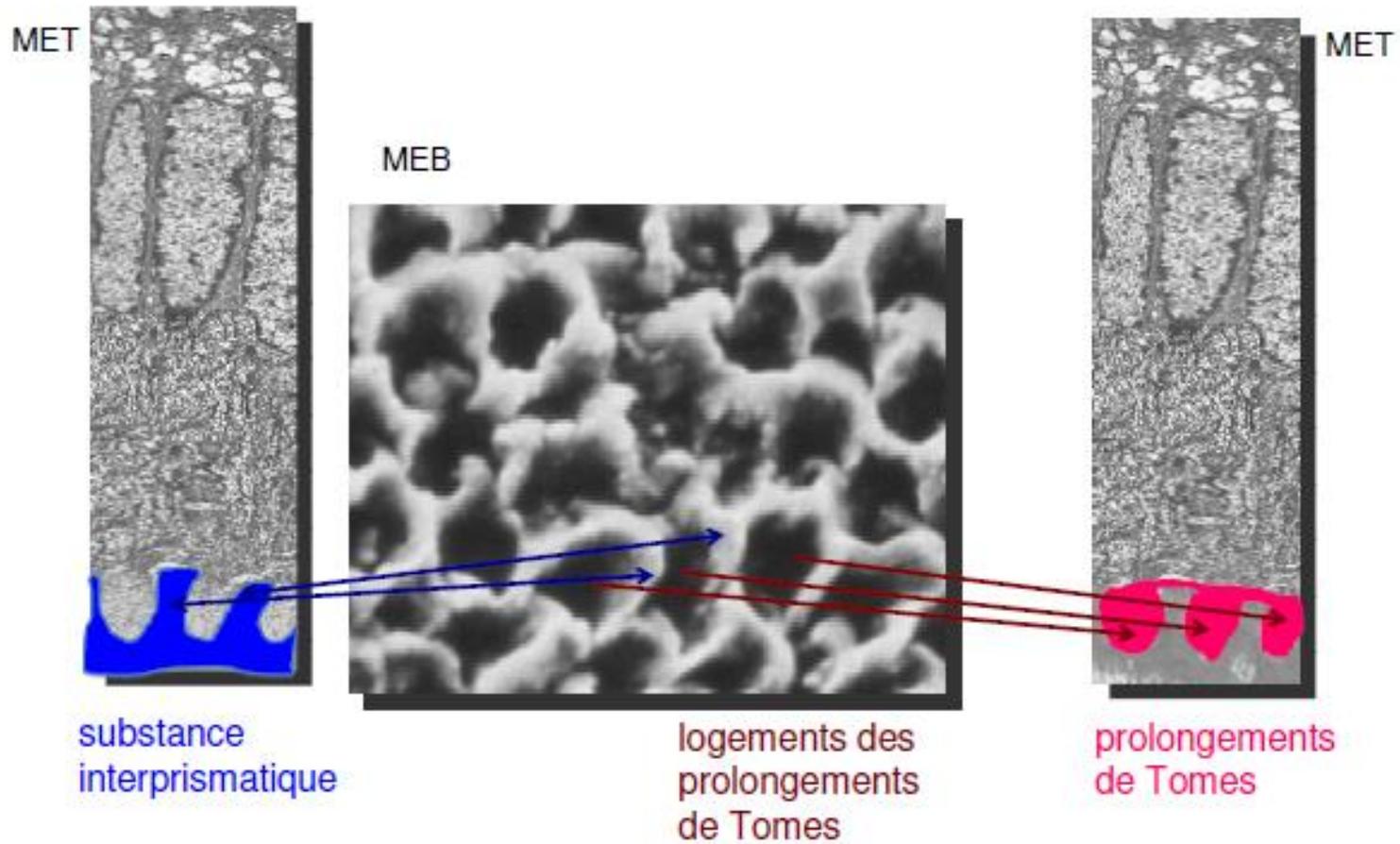
## CYCLE CIRCADIEN

- Le rythme de l'amélogénèse est de 4 um d'email par jour avec une phase de synthèse active et une phase de repos pdt laquelle il y a un peu moins d'email sécrété
- Phases de repos marqué par une bande noire régulière (observe au microscope photonique)
- Ces striations et ces constriction marquent le rythme **circadien** (c.-à-d. journalier) de l'amélogénèse.



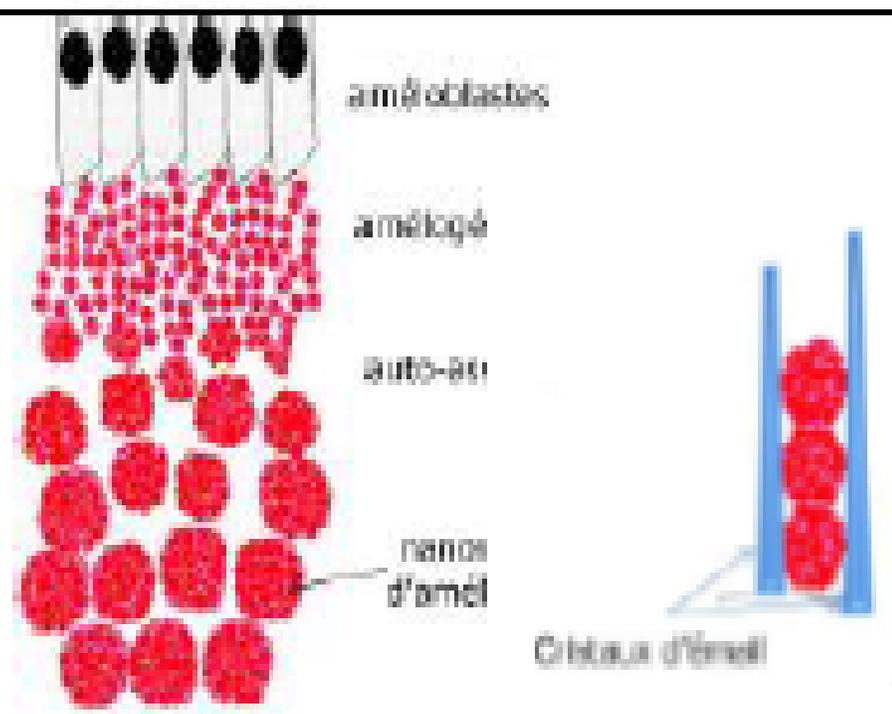
Substance interprismatique

→ moule contenant le prolongement de Tomes



Protéine	<u>Enaméline</u>	<u>Tuftéline</u>	<u>Améloblastine</u>
% et PM	<b>+ grande protéine = 186kDa</b> 1 à 5 % des protéines de la matrice de l'émail	PM de 66 kDa	5% des protéines de la matrice de l'émail
localisation	Zone proche des améloblastes (jamais dans la gaine prismatique)	Quantité importante dans la Jonction email - dentine et dans la SIP	- Proximité du Prolongement de Tomes - 2 sites de liaison à la membrane CR
Description	<b>Affinité ++ pour l'HAP</b> Dégradée rapidement par des protéases, donnant naissance à énaméline de plus faible PM	Très hydrophile et acide elle possède 7 sites de phosphorylation	Acide et scindée rapidement après sécrétion → fragments + petits dont l'1 s'incorpore à la gaine pour éviter fusion entre les Prismes et la SIP
Fonction	Nucléation des cristaux Croissance cristaux selon axe C par épitaxie (élongation)	<u>Supposition</u> : nucléation de l'émail	Peu d'affinité pour l'HAP Adhérence des améloblastes à la matrice de l'émail
Gene et Mutation	Mutation du gène ENAM (chromosome K4 q21) → Amélogénèse imparfaite de forme hypoplasique	K1 en q21 Amélogénèse imparfaite de forme hypoplasique	K4 q13 Mutation → hypoplasie (manque d'émail)

Protéine	<u>AMELOGENINE</u>
% et PM	Quantitativement la plus importante !! 90% des prot de la matrice de l'émail PM = 5 à 25 kDa
localisation	Présente dans toute l'épaisseur de l'émail en maturation !!
Description	Riche en proline (25-30%), glutamine, leucine et Histidine, Phosphorylée mais non glycosylées Très hydrophobe et relativement basique
Fonction	<p>Amélogénine de 25kDa se rassemble pour former des agrégats sphériques de 15-20nm de diamètre comportant 100-200 molécules d'Amélogénine = <b>nanosphère d'Amélogénine</b></p> <p>Les C-term des nanosphère se lient à l'HAP</p> <p>Espace entre 2 cristaux= 20nm = diamètre d'1 nanosphère et empêche fusion latérale prématurée des cristaux les maintenant une distance favorable</p> <p>→ contrôle <b>orientation, disposition régulière et distance uniforme entre les cristaux</b></p>



# ANOMALIE GENETIQUE

La protéine d'amélogénine est issue de la transcription de 2 gènes

□ Gene AMELX porté par KX et gène AMELY porté par AMELY

Chez les souris déficientes en gène d'amélogénine, l'émail est hypoplasique (manque) et ne possède pas la structure caractéristique en prisme



Amélogénèse imparfaite du bord occlusal.  
A noter les incisives latérales supérieures  
et les prémolaires inférieures épargnées

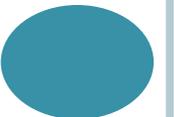


Le même cas après simple collage de  
matériau composite (synthétique)

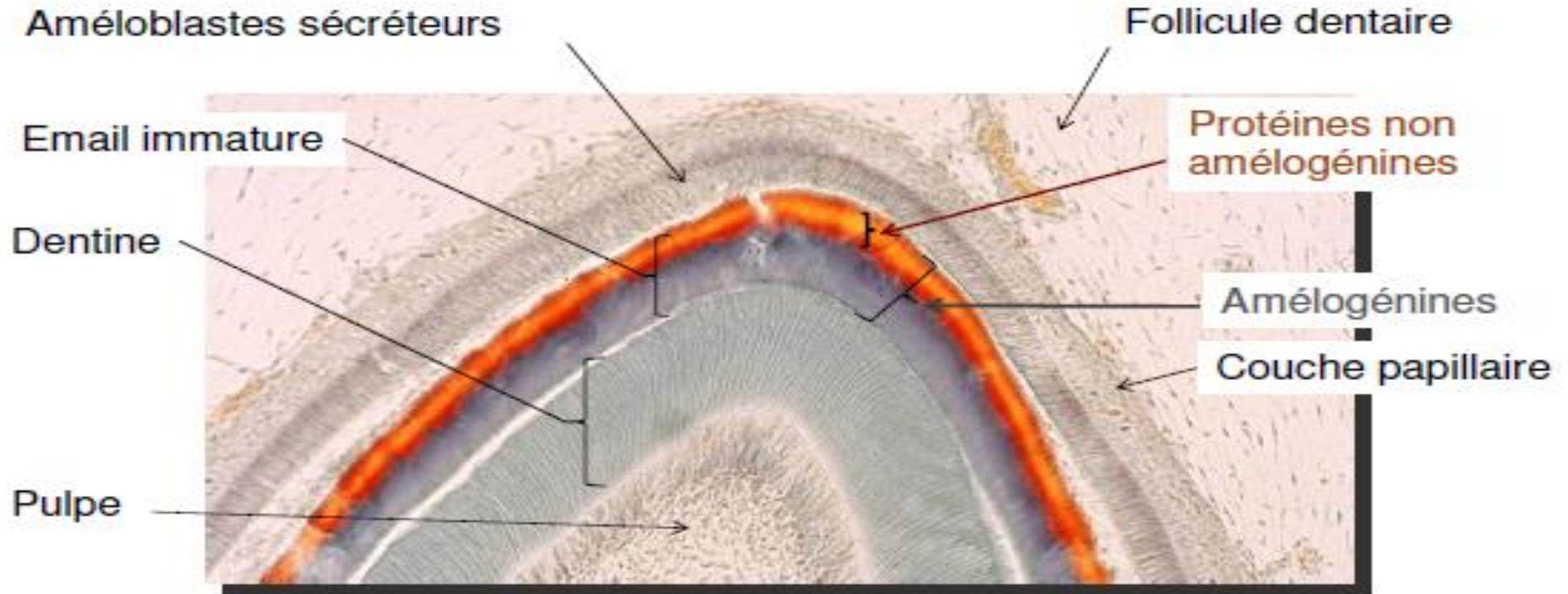


# PROTEASES

- Métalloprotéinase matricielle -> la MMP-20 (ou énamélysine)
- Fonction :
- La MMP-20 clive les amélogénines de haut PM en de nbx sites
- Elimination du domaine C-terminal des amélogénines -> modifie la structure des amélogénines
- Au stade de maturation -> dégradation des nanosphères -> croissance en épaisseur et en largeur des cristaux d'émail possible



# ÉMAIL IMMATURE

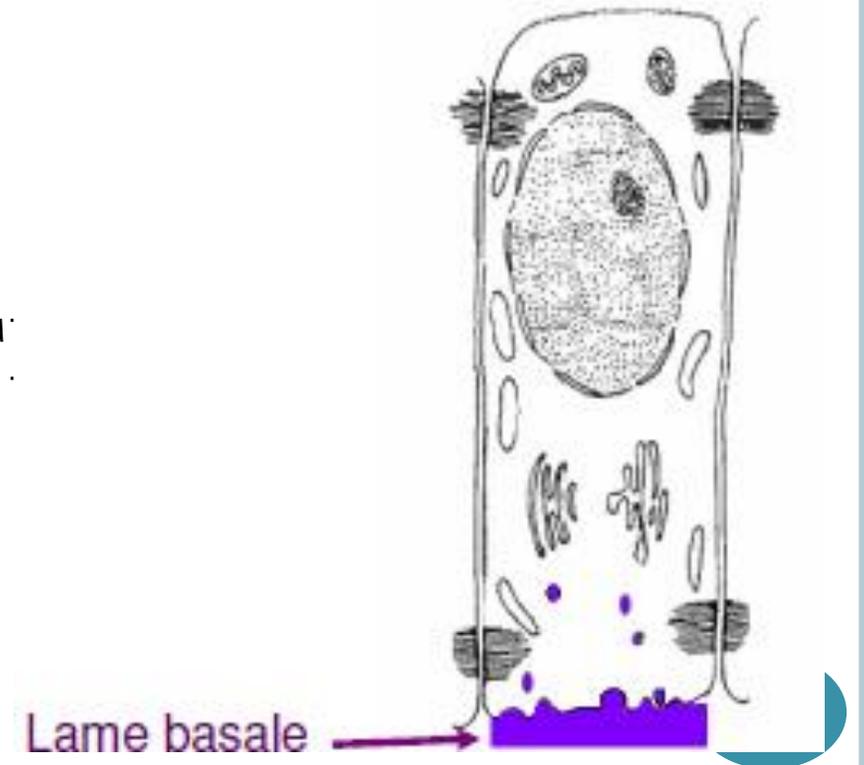


Amélogénèse observée en microscopie photonique

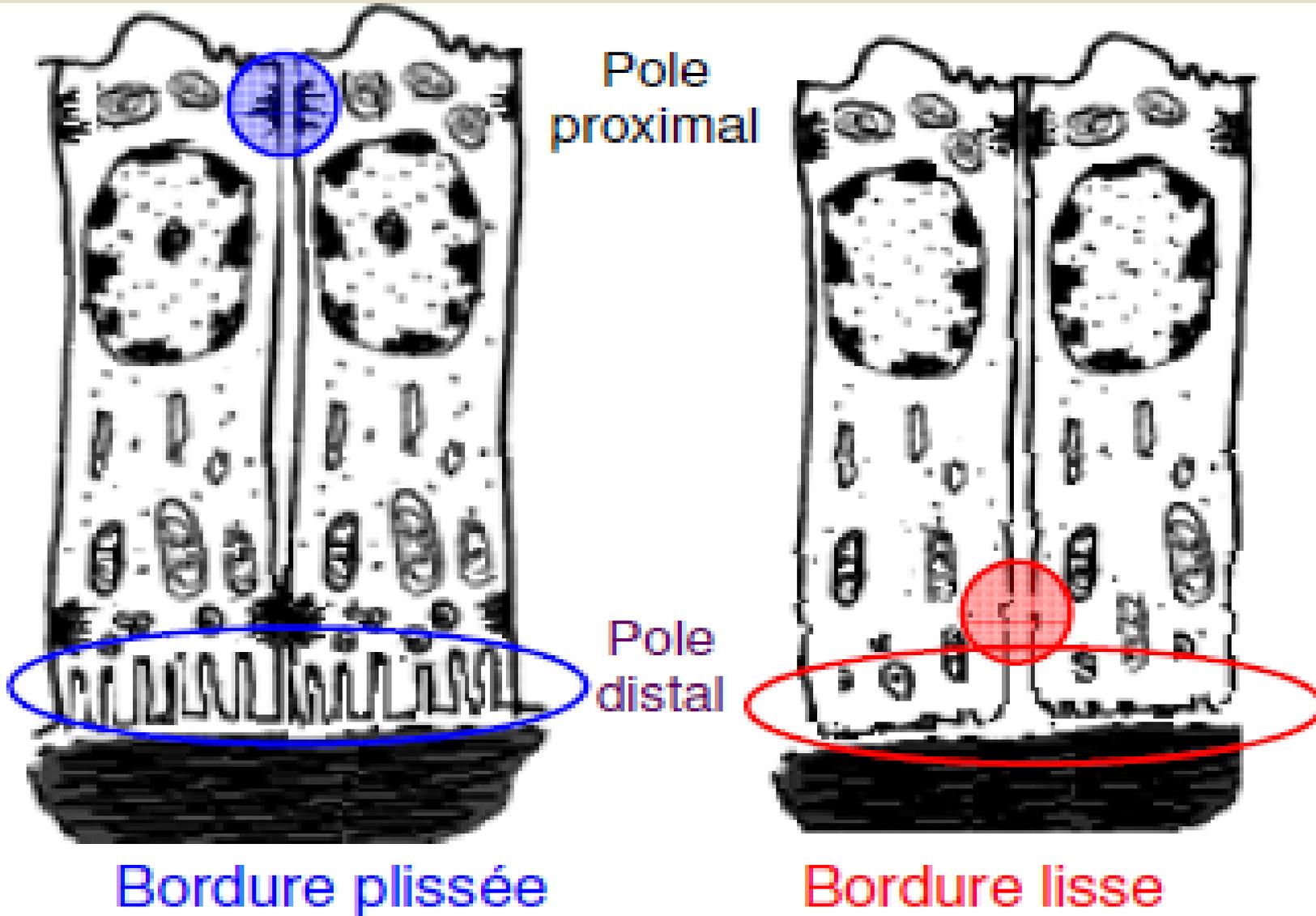
**Composition de l'émail immature (émail soft) : phase minérale 37%, phase organique (protéines de l'émail) 19% et 44% d'eau**

# FIN DE LA PHASE DE SÉCRÉTION : AMÉLOBLASTE DE TRANSITION

- Disparition de 25% des améloblastes par apoptose
- Moins longues, Plus larges
- PERTE DU PROLONGEMENT T.
- Sécrétion d'une lame basale



# AMELOBLASTE DE MATURATION



→ Apoptose ( 25%)

→ Deux processus simultanés

→ → Elimination nanosphere

→ → Arrivé d'ions Ca et Po

→ Deux aspects succésifs

→ Bordure plissée

→ Bordure lisse

Modulation

→ Balance pH

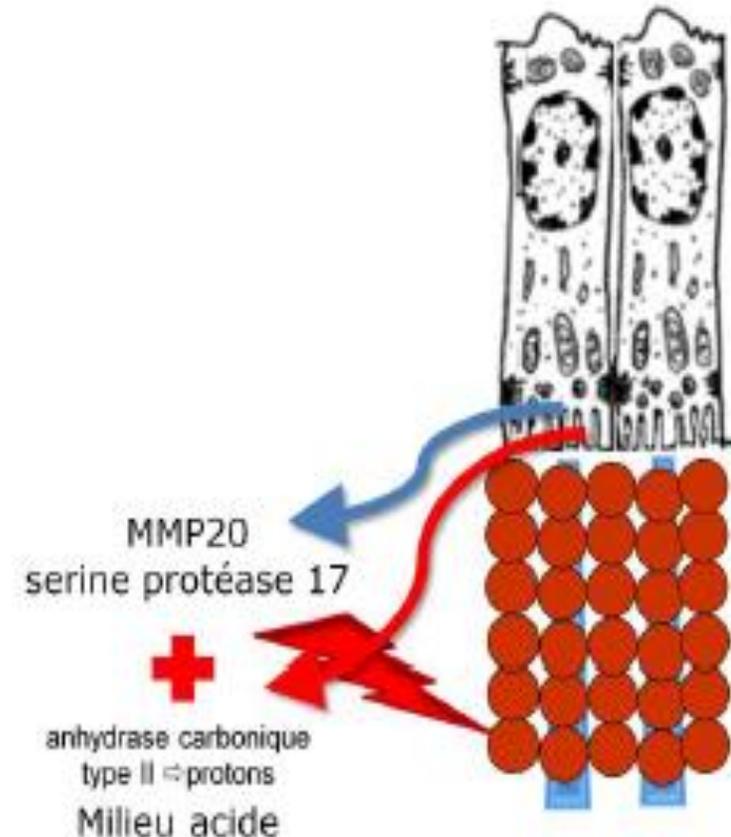
→ Elimination prot

→ Transport Ca



# BALANCE ENTRE ACIDIFICATION ET NEUTRALISATION DU PH DE LA MATRICE AMÉLAIRE

- **Acidification** : Anhydrase carbonique de type 2  $\rightarrow$  protons  $\rightarrow$  croissance en épaisseur car nécessité d'éliminer les nanosphères d'Amélogénine par la MMP20 (activée en milieu acide) + Autres enzyme = sérine protéase 17 Kallikréine 4
- Les fragments produits sont :
- $\rightarrow$  Bordure P : Endocytose
- $\rightarrow$  Bordure L : Absorbés sur les cotés
- Dégradation terminée par lysosomes des améloblastes
- 
- **Neutralisation** :
  - $\rightarrow$  Bordure P : sécrétion ions bicarbonates ( $H_2CO_3$ )
  - $\rightarrow$  Bordure L : passage des fluides interstitiels vers l'émail



## TRANSPORT DU CALCIUM + LIBERATION DU PHOSPHATE

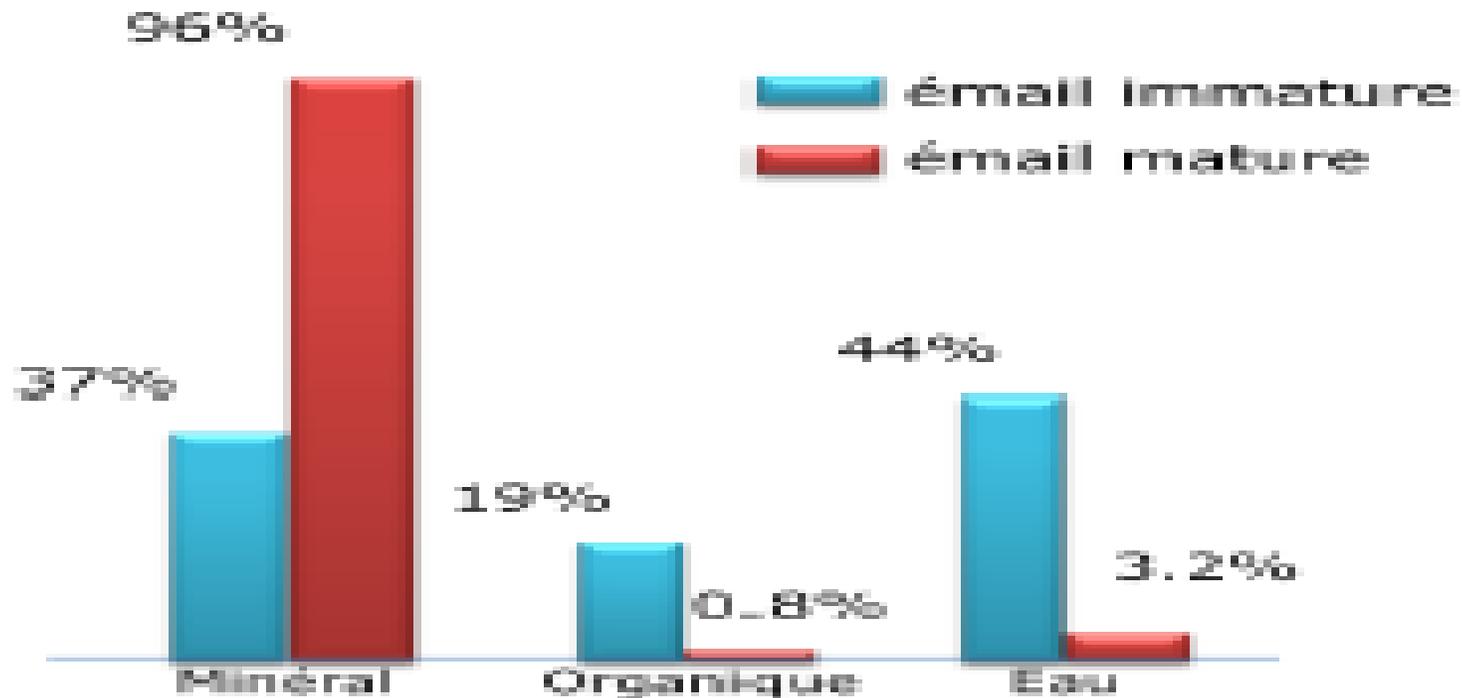
- Ions Ca proviennent des milieux interstitiels ( circulation sanguine)
  - Bordure L : Passage passif entre les c (jonctions perméables)
  - Bordure P : Transport actif à travers la c (jonctions imperméables) par calbindine, annexine, calcium-ATPases membranaire . Energie enzymatique fournies par mitochondrie.

Ions Po proviennent de l'amélotine ( prot phosphorylée sécrétée au stade de maturation )



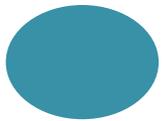
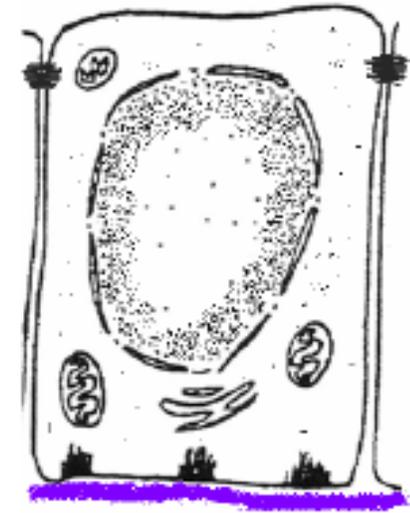
# PROCESSUS DE MATURATION

- Email immature → Email mature
- Epaisseur / largeur d'un cristal avant maturation : 3,1 nm / 25 nm  
Epaisseur / largeur d'un cristal apres maturation : 29 nm / 65 nm



## AMÉLOBLASTE DE PROTECTION

- Diminution des organites cellulaires
- **Rôle : Protection** de l'émail tant que la n'est pas arrivée en bouche (isoler émail du follicule)
- Ils se **confondent** avec la **couche papillaire**
- **Epithélium réduit de l'émail = EDE + stratum intermédiaire + Améloblastes de protection**
- ∨ Organites
- Sécrétion lame basale surface émail à laquelle elle adhère via hémi desmosomes



## CONCLUSION

- Améloblaste est une cellule unique ( seule c de l'organisme à synthétisé de l'émail) mais très sensible aux changements dans son environnement
- Excès de fluor : perturbation de la fonction de l'améloblaste émail altéré



**GARDE LE  
SOURIRE  
MEC !**

