

# Edification Radiculaire

&

## MISE EN PLACE DES TISSUS PARODONTAUX

### PLAN :

Introduction

I. Origine et structure de la gaine épithéliale de Hertwig (GEH)

II. Rôle de la GEH dans la dentinogenèse radiculaire

III. Rôle de la GEH dans la cémentogenèse

IV. Apexogenèse

V. Mise en place du ligament dento-alvéolaire

VI. Mise en place de l'os alvéolaire

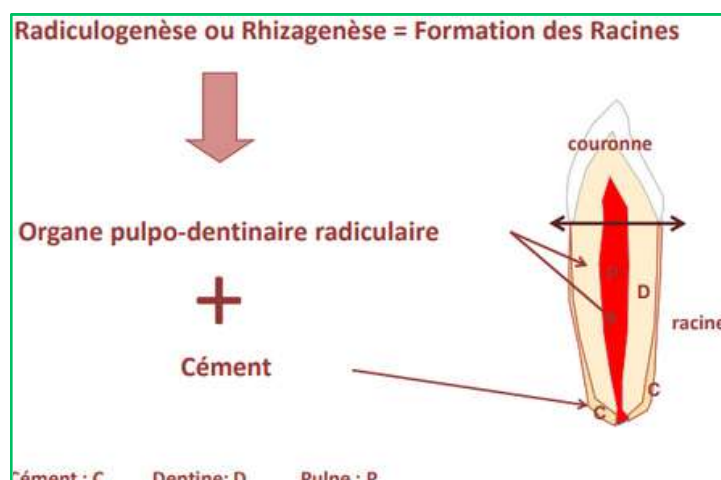
Conclusion

### Introduction

Ce cours développe la formation et l'édification de la racine accompagnée de la mise en place des tissus environnant et constituant le parodonte.

La formation des racines est un processus autrement appelé **radiculogenèse** ou bien **rhizagenèse**. On peut avoir plusieurs racines pour une même dent.

Au sein de cette partie radiculaire, on a donc d'une part de la dentine et de la pulpe, formant l'organe pulpo-dentinaire radiculaire et d'autre part, tout autour du ciment.



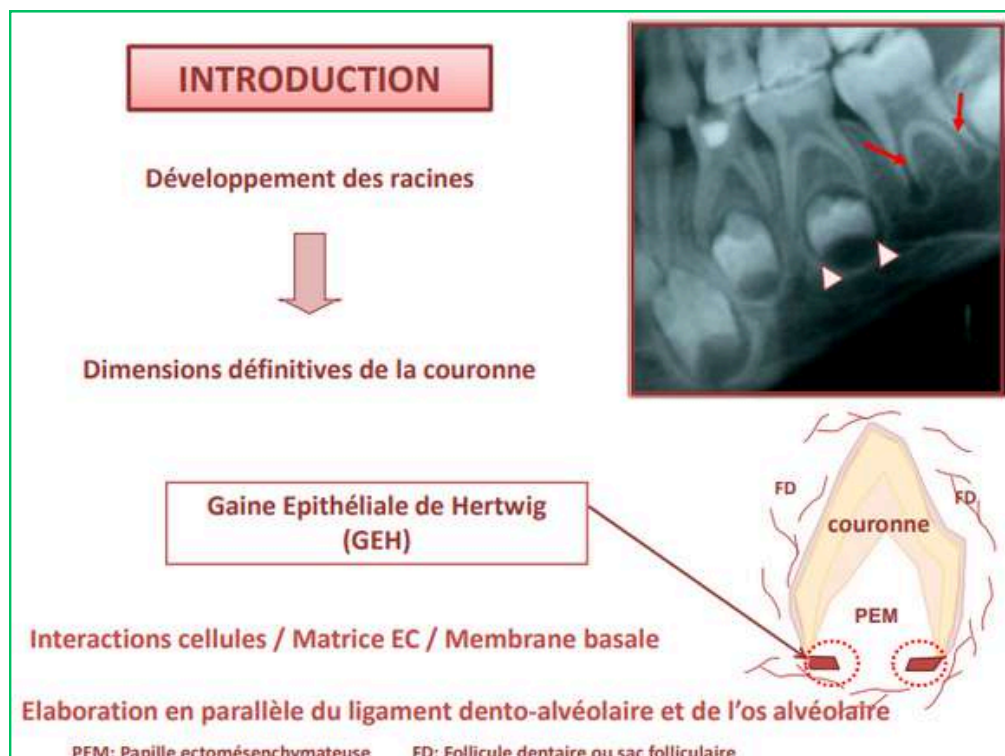
Le développement des racines ne débute qu'à partir du moment où les dimensions définitives de la couronne sont acquises et que les couches **d'émail** et de **dentine** ont atteint une épaisseur suffisamment importante.

La formation des racines incluant leur **taille**, leur **forme** et leur **nombre**, est liée à la présence d'un organe épithélial radriculaire particulier, la **gaine épithéliale de Hertwig** (Ten Cate, 1996).

Le développement radriculaire se trouve sous la dépendance d'interactions Cellule/Matrice impliquant :

- les composants de cette gaine,
- les composants de la papille ectomésenchymateuse
- les composants de la membrane basale entourant la gaine épithéliale de Hertwig
- les composants du follicule dentaire ou sac folliculaire (tissu conjonctif plus ou moins lâche entourant le germe dentaire en formation)

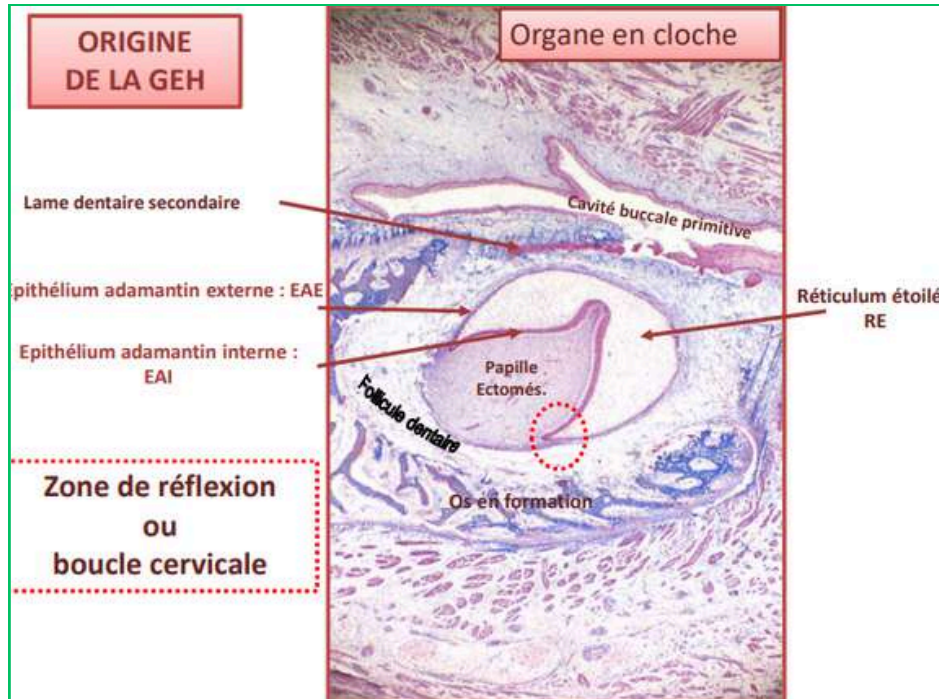
**Parallèlement** à ce phénomène, s'ébauche le **ligament dento-alvéolaire** associé à l'édification de l'os alvéolaire.



## I. Origine et structure de la Gaine épithéliale de Hertwig (GEH)

### 1. Origine de la GEH

La GEH a pour origine la **zone de réflexion**. En effet, au stade de cloche dentaire, les **épithélia adamantins interne et externe** de l'organe de l'émail se rejoignent au niveau du futur collet anatomique de la dent et forment la zone de réflexion encore appelée **boucle cervicale**.



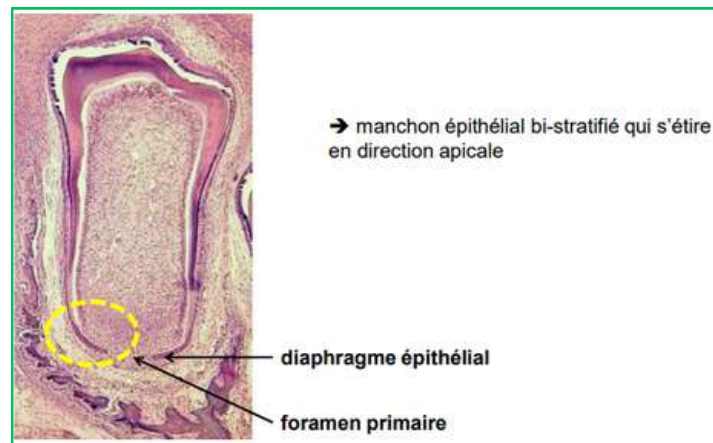
Dès la fin de l'amélogénèse, l'activité mitotique s'intensifie au niveau de la zone de réflexion ; les deux feuillets épithéliaux adamantins accolés l'un à l'autre s'allongent en s'infléchissant vers l'axe central du germe.

Cette prolifération cellulaire conduit à la formation d'un **manchon épithélial bi-stratifié** qui s'étire en direction **apicale** : c'est la **gaine épithéliale de Hertwig**.

La gaine épithéliale de Hertwig s'interpose entre deux zones d'ectomésenchyme :

- d'une part, la **papille ectomésenchymateuse** ou papille dentaire, **future pulpe radiculaire**,
- d'autre part, la **couche interne du follicule dentaire**.

Ce dernier **encapsule** le germe dentaire dès le stade embryologique de cupule avancée. Tout au long de sa progression apicale, cette gaine enrobe partiellement la papille dentaire. Elle ménage à son extrémité apicale sous forme de diaphragme épithélial, une ouverture circulaire qui constitue le **foramen primaire** et par lequel, pénétreront dans la future pulpe dentaire, des éléments vasculaires et nerveux.

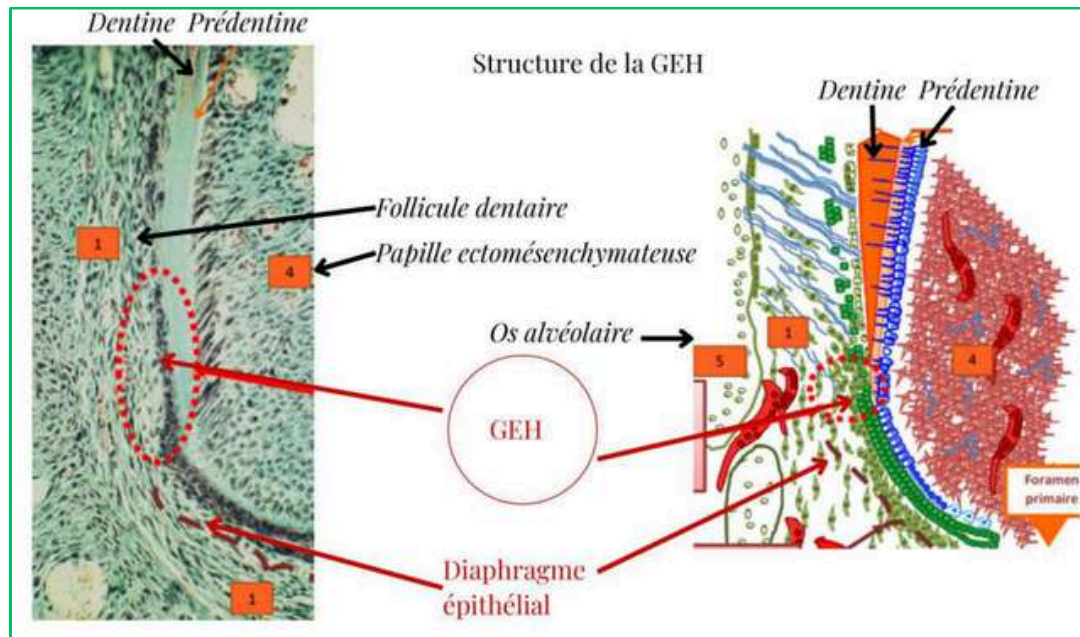


## 2. Structure de la GEH

La gaine épithéliale de Hertwig est constituée de **deux** parties morphologiquement bien définies qui ne présentent pas de discontinuité visible :

- le **diaphragme épithélial** qui délimite l'**orifice ou foramen primaire** par lequel la papille ectomésenchymateuse communique avec le follicule dentaire,
- une **partie droite ou gaine épithéliale** proprement dite va constituer la **partie cervicale de la GEH**

Cette sectorisation semble correspondre à des stades fonctionnels assez précis.

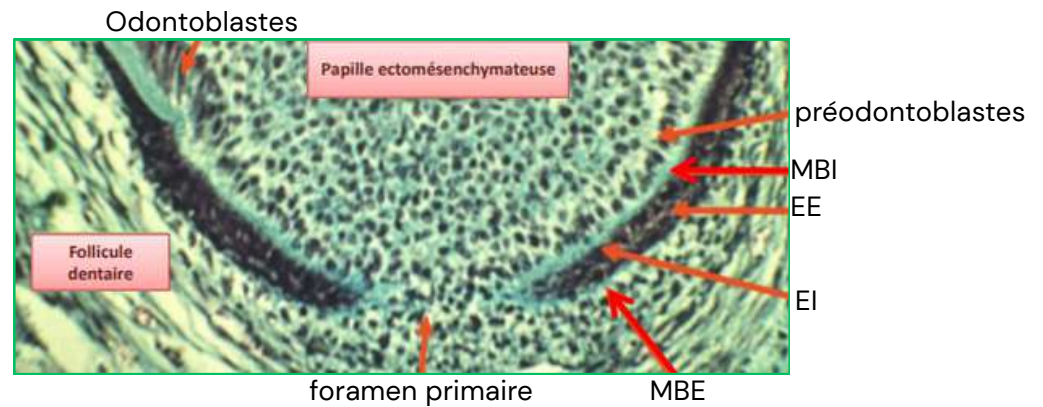


Une **membrane basale** circonscrit la languette épithéliale de la gaine en prenant une apparence nette et bien définie, côté **pulpaire**, et appelée membrane basale interne, et plus floue et bordée de fibrilles de collagène, côté **folliculaire** et encore nommée, membrane basale externe.

Elle possède une structure et une composition classiques et très comparables à celles décrites au niveau des **épithélia adamantins coronaires** à savoir constituée d'une lamina lucida côté **épithélial**, d'une lamina densa et d'une lamina fibro-reticularis côté **contropulpaire** ou **controfolliculaire**.

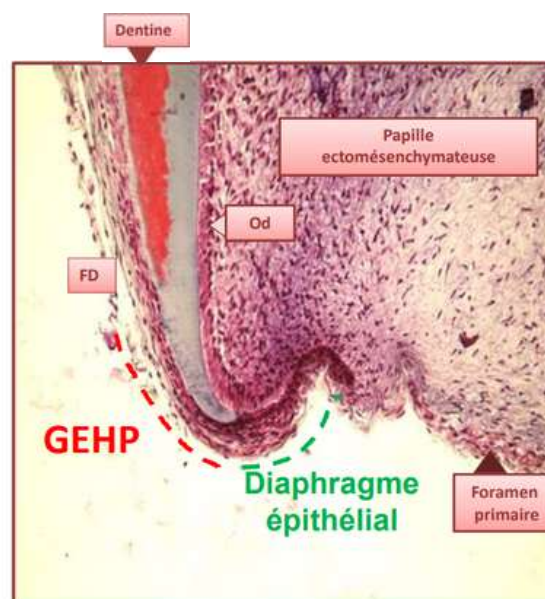
Les composants majeurs de ces membranes basales sont :

- Collagène de type IV
- fibronectine
- laminine
- protéoglycannes



La GEH proprement dite constitue une couche **irrégulière** de cellules reposant sur la paroi externe de la racine néoformée. Cette gaine débute au niveau de la limite **cervicale** du diaphragme, à l'endroit où est observée une **matrice prédentinaire** constituée de **matériel collagénique** abondant.

La gaine épithéliale proprement dite est séparée des tissus environnants (prédentine, follicule dentaire) par une **membrane basale**. Cette couche épithéliale bi-stratifiée présente progressivement des modifications de structure en direction **coronaire**. En effet, sa couche externe prolonge sur une **courte** distance, sa couche interne tandis que la membrane basale externe contro-folliculaire se **fragmente** libérant les cellules de la couche externe qui dérivent alors dans le follicule dentaire avoisinant.



GEHP: Gaine épithéliale de Hertwig proprement dite  
 FD: Follicule dentaire Od: odontoblastes Préod.: préodontoblastes

## II. Rôle de la GEH dans la dentinogenèse radiculaire

### 1. Rôle de la GEH

L'un des rôles de la GEH est de **transmettre les informations** nécessaires à la cytodifférenciation des odontoblastes radiculaires conduisant à la **dentinogenèse radiculaire**.

Ainsi, cette dentinogenèse radiculaire s'effectue selon un processus analogue à celui qui s'opère au niveau coronaire à cette différence près, que **l'induction en retour** qui se produit sur l'épithélium adamantin interne au niveau coronaire, n'a pas lieu sur l'épithélium interne de la GEH. En conséquence, **l'émail ne se dépose pas**.



Processus **analogue** à celui qui s'opère au niveau **coronaire**  
**cependant**

**Pas d'induction en retour** sur l'épithélium interne de la GEH comme sur les  
cellules de l'épithélium adamantin interne

### 2. Différenciation cellulaire : du pré-odontoblaste à l'odontoblaste

Au niveau d'une dent en cours d'édification radiculaire, la couche **interne** de la GEH, au niveau du diaphragme épithélial, est en contact direct avec des **cellules indifférenciées situées en périphérie de la papille ectomésenchymateuse** radiculaire. Elle en est séparée par la **membrane basale interne**.

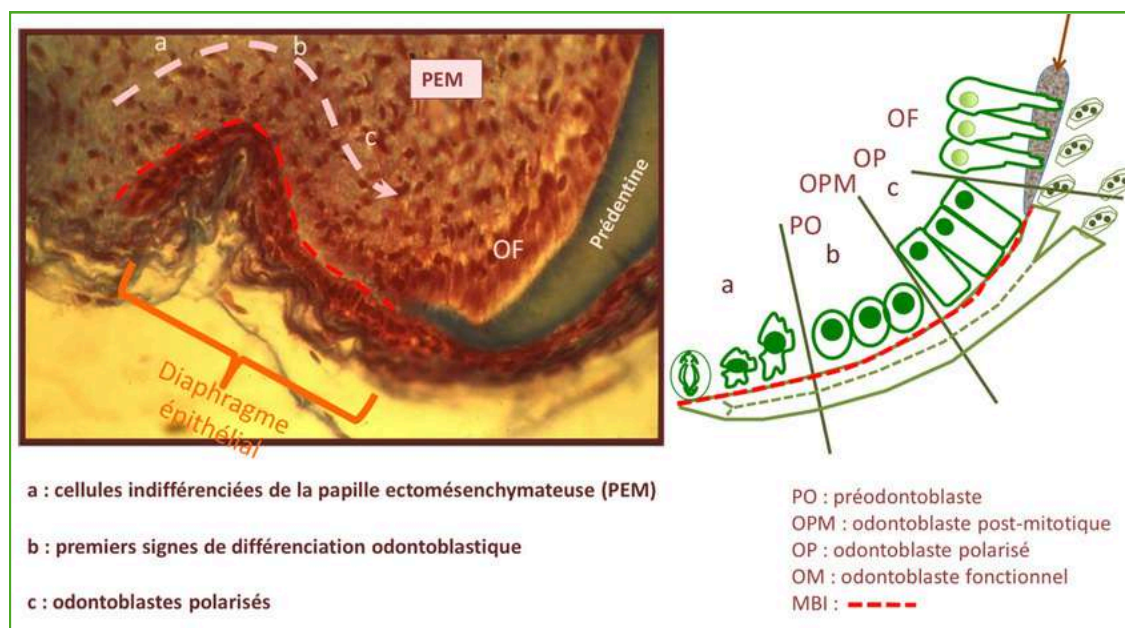
Les cellules de cette couche interne joueraient un rôle **inducteur** sur les cellules de la papille ectomésenchymateuse radiculaire analogue à celui de l'épithélium adamantin interne de l'organe de l'émail sur la différenciation des odontoblastes coronaires. (*Mais on se rappelle : pas d'émail à la racine OBVIOUSLY*)

Aussi, le long du diaphragme épithélial, dans une direction cervicale, s'opère une **différenciation** de ces cellules indifférenciées de la papille selon un gradient temporo-spatial. A savoir, les cellules dans la portion la plus **apicale** sont les **moins** différenciées, celles de la partie la plus **cervicale**, les **plus** différenciées.

Les cellules pulpaires, face au **tiers le plus apical** du diaphragme, sont disposées **irrégulièrement**, à distance de la membrane basale interne et leur morphologie est similaire à celle d'une cellule indifférenciée, soit de forme **arrondie**.

Au niveau du **tiers moyen** du diaphragme, les cellules **s'allongent** et **s'alignent** contre la membrane basale interne. Elles montrent les premiers signes d'une différenciation odontoblastique et terminent leur cycle de division cellulaire.

Face au **tiers le plus coronaire** du diaphragme, les odontoblastes se **polarisent** et **s'ordonnent** le long de la membrane basale avant de devenir des **odontoblastes fonctionnels** sécrétant la prédentine.

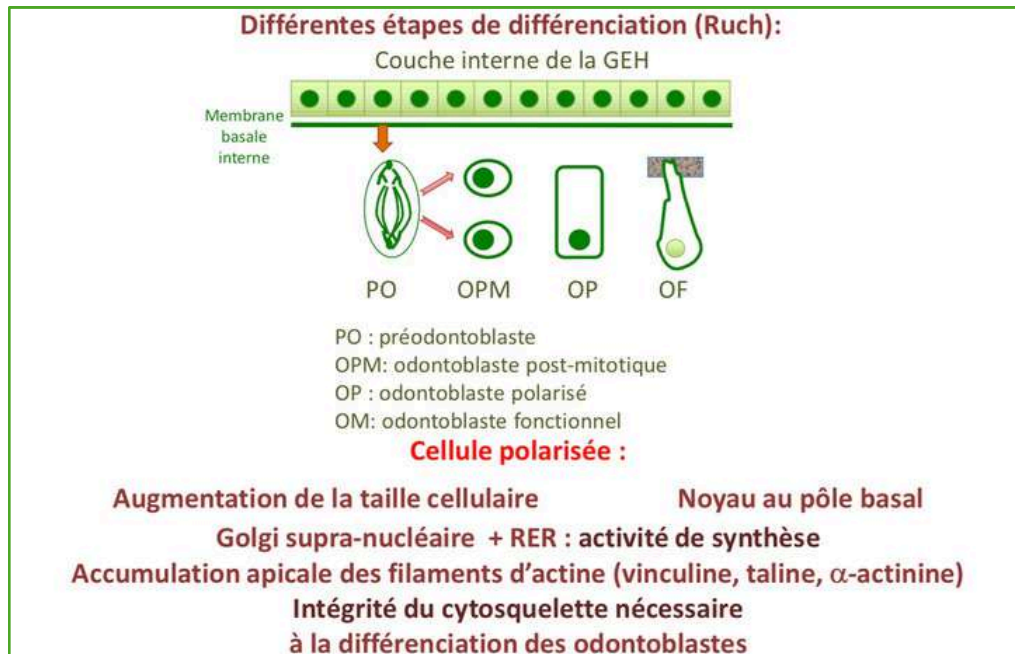


Le processus de différenciation des odontoblastes se fait selon différentes étapes :

préodontoblaste → l'odontoblaste post-mitotique → odontoblaste polarisé → odontoblaste fonctionnel

La cellule devient de plus en plus **volumineuse** au fur et à mesure de sa maturation. Le noyau est en situation **basale**, l'appareil de **Golgi supra-nucléaire** et le **RER** sont développés. Une accumulation **apicale** des filaments **d'actine** ainsi que des **molécules associées** (vinculine, taline) a été montrée au cours de la polarisation de l'odontoblaste. Par ailleurs, l'intégrité du cytosquelette est nécessaire à la polarisation et la différenciation de l'odontoblaste.

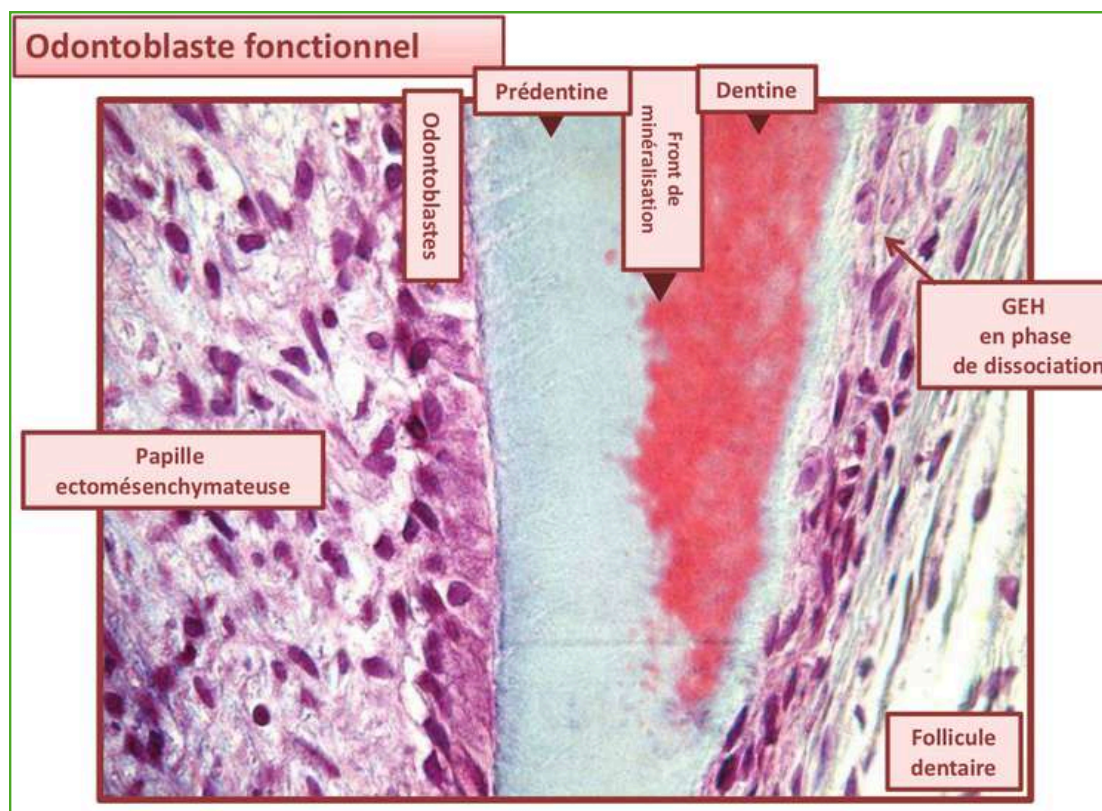
*Rappels de dentinogenèse yeahhhhhh*



### 3. Odontoblaste fonctionnel

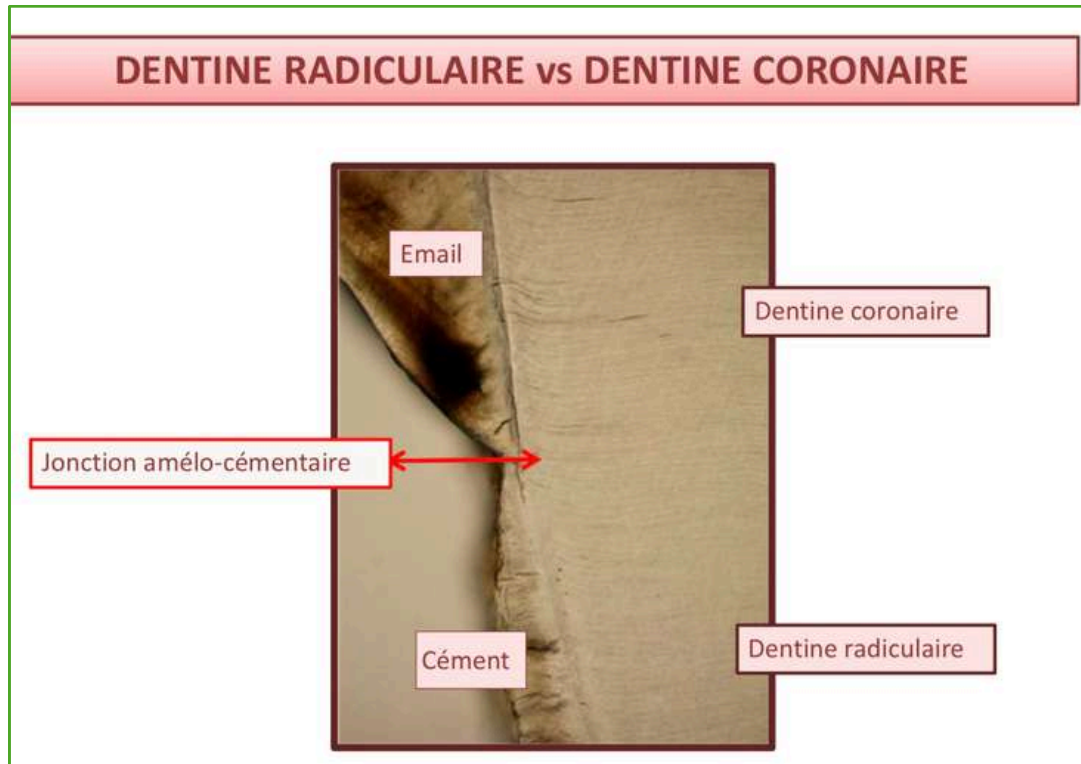
Les odontoblastes fonctionnels post-mitotiques entrent dans la phase de **synthèse** d'un dépôt de matrice prédentinaire qui, après avoir subi des modifications **biochimiques** rapides, se minéralise en **dentine**.

La dentinogenèse radiculaire s'effectue selon un processus quasi analogue à celui qui s'opère au niveau coronaire à cette différence près, que l'induction en retour qui permet la formation de l'émail au niveau coronaire, n'a pas lieu au niveau de l'épithélium interne de la GEH et l'émail ne se dépose pas. *(Bon là j'espère c'est rentré)*



#### 4. Dentine radicaire vs dentine coronaire

La prédentine et la dentine nouvellement formées s'agrègent à la dentine coronaire **sans discontinuité** visible entre les deux tissus : seule la limite apicale du dépôt d'émail permet d'établir une séparation corono-radicaire, à savoir au niveau de la jonction **amélo-cémentaire**.



Il existe des **différences** entre dentine radicaire et dentine coronaire notamment dans leur composition biochimique.

Des niveaux **d'expression plus faibles d'ARNm** des chaînes **alpha1 et alpha2** de collagène de type I ont été décrits pour les odontoblastes **radicaires** comparativement à ceux exprimés par des odontoblastes coronaire.

Par ailleurs, le taux de **collagène de type I trimère** est plus **important** au niveau de la dentine **radicaire**.

Autre différence, la dentine **périphérique coronaire** contient des tubules **hautement ramifiés** alors qu'au niveau **radicaire**, elle est plutôt **atubulaire**. C'est seulement après une certaine quantité de dentine radicaire déposée, que les tubules se forment.

Bien que plusieurs voies de signalisation et facteurs de transcription ont été impliqués dans la régulation du développement des couronnes dentaires, peu de données sont connues sur les mécanismes de régulation de la formation radiculaire mais aussi ceux intervenant dans la transition de la morphogenèse coronaire à l'initiation de la formation de la racine.

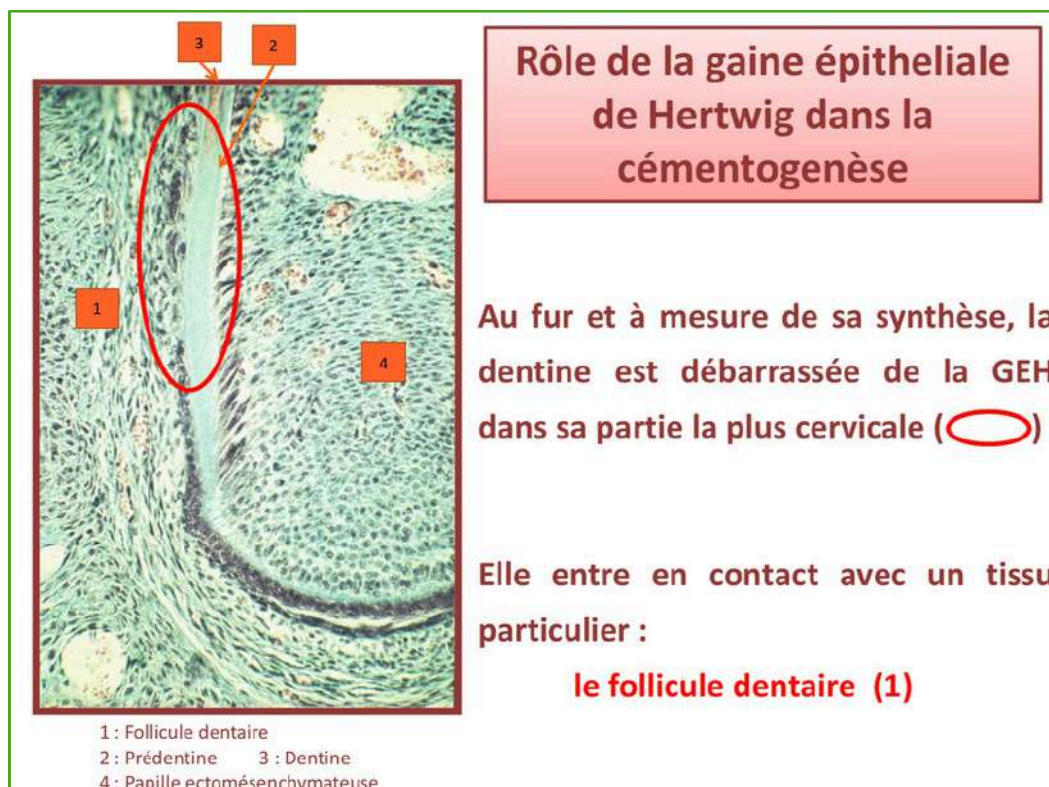
→ Pourquoi ne se forme-t-il pas d'émail sur la surface radiculaire ?

→ Pourquoi les cellules de l'épithélium interne de la GEH ne se différencient pas en améloblastes ?

### III. Rôle de la GEH dans la cémentogenèse

Quel est maintenant le rôle de la GEH dans la cémentogenèse ?

Sur son parcours et au fur et à mesure de sa synthèse, la dentine radiculaire se voit débarrasser de la GEH qui se dissocie au niveau de sa partie la plus cervicale. La dentine radiculaire entre alors en contact avec un tissu particulier: le **follicule dentaire**.



## 1. Follicule dentaire

Le follicule dentaire constitue une **enveloppe conjonctive lâche** mise en place dès le stade de la cupule et formée de condensations cellulaires de même origine embryologique que la papille ectomésenchymateuse. Dès les premiers stades d'édification de la racine, le follicule dentaire englobe complètement le germe dentaire.

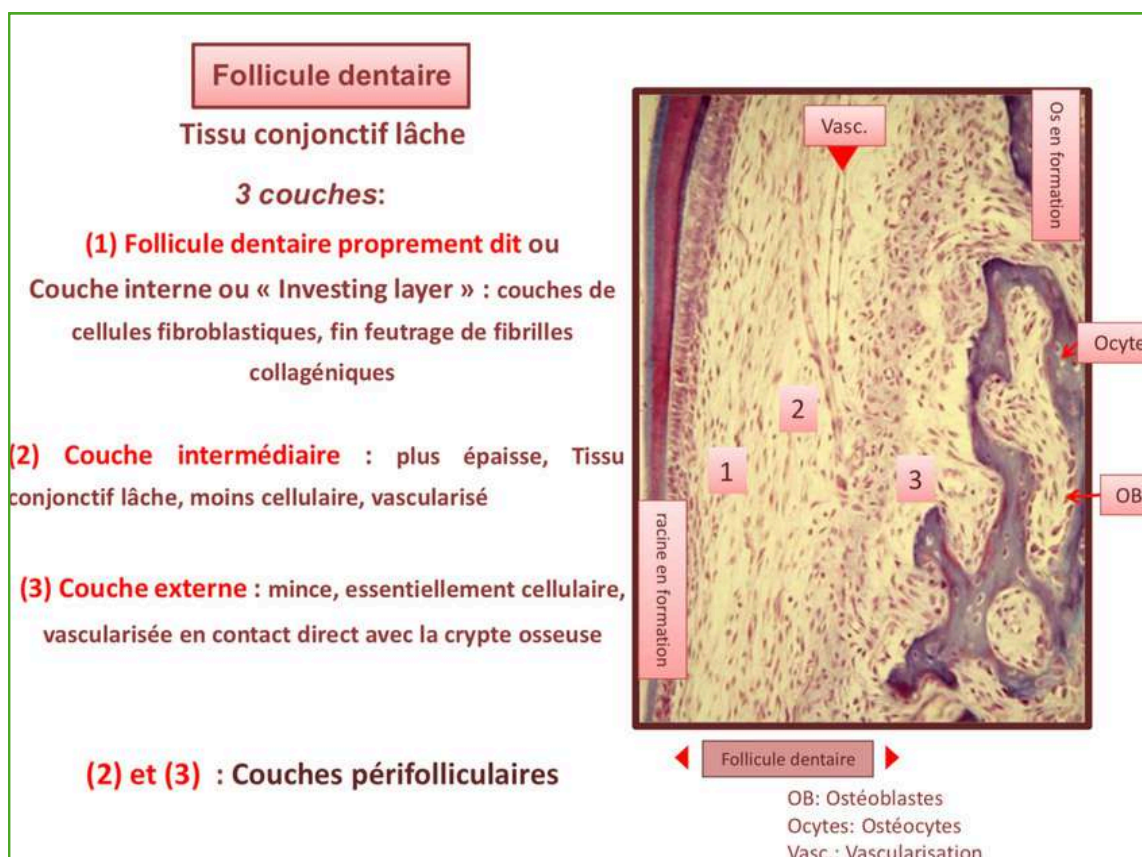
Par coupes histologiques, **trois** couches distinctes sont observables au niveau de ce follicule dentaire:

- une couche **interne** ou **follicule dentaire** proprement dit ou « **investing layer** » est directement appliquée contre l'ébauche dentaire. Elle est elle-même constituée dans la région cervicale du germe, de **2 à 3 couches de cellules de forme fibroblastique** axées parallèlement au germe et entre lesquelles, un fin feutrage irrégulier de fibrilles collagéniques est observé. Dans la région apicale, au niveau du foramen primaire, cette couche est en relation **directe** avec la **papille ectomésenchymateuse**. L'activité mitotique y est importante. (1)

- Une couche **intermédiaire** qui est plus **épaisse** et est constituée d'un tissu conjonctif lâche contenant **peu d'éléments cellulaires** et qui est très **vascularisée**. (2)

- Une couche **externe** mince essentiellement **cellulaire** et largement **vascularisée** en contact direct avec la crypte osseuse ou l'**os alvéolaire** en formation. (3)

→ Les couches 2 et 3 vont constituer les couches périfolliculaires c'est-à-dire à la périphérie du follicule dentaire.

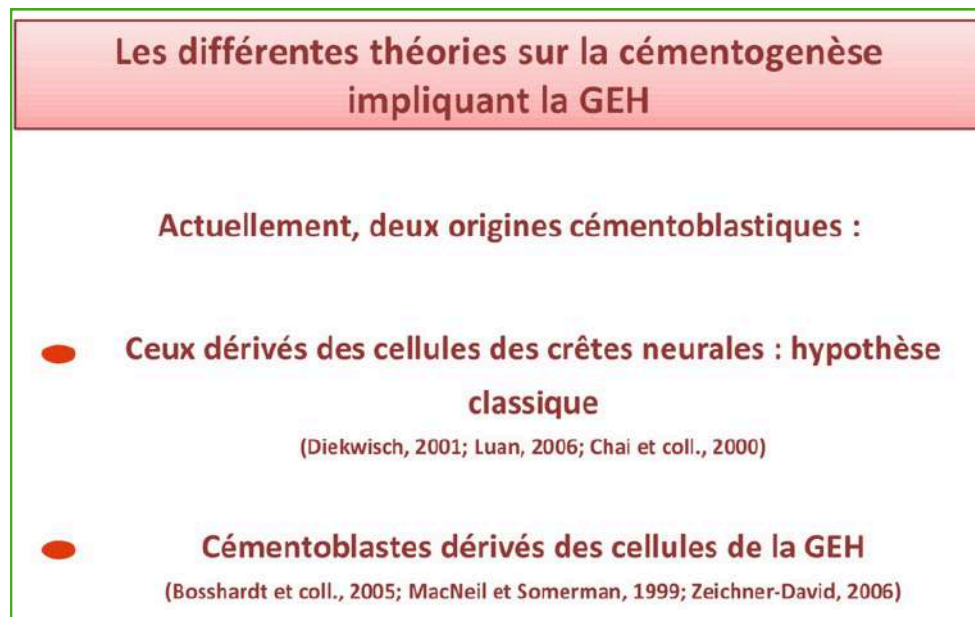


## 2. Théorie sur la cémentogenèse

Actuellement **deux** hypothèses sont émises quant à l'origine des cémentoblastes.

La première hypothèse est une hypothèse classique. Les cémentoblastes seraient dérivées des **cellules des crêtes neurales** c'est à dire auraient une origine **ectomésenchymateuse** comme le follicule dentaire.

La deuxième hypothèse suggère que les cémentoblastes soient issues d'une **transformation épithélio-mésenchymateuse** des cellules épithéliales de la GEH en cémentoblastes et cémentocytes. Les cellules de la GEH participeraient alors directement à la formation du ciment en sécrétant des molécules telles que du collagène de type I, de la sialoprotéine osseuse et de l'ostéopontine. Les cellules de la **zone périfolliculaire** devenues également abondantes, ont elles, amorcé, préférentiellement leur différenciation en **fibroblastes** du ligament.



La théorie classique sur l'origine des cémentoblastes développée depuis 50 ans et largement acceptée veut que le ciment soit un tissu dérivé de ce **follicule dentaire**.

La différenciation des cémentoblastes à partir de cellules cémento-progénitrices évolue selon un **gradient temporo-spatial** lié étroitement à la formation de la **dentine**.

### 3. Processus de différenciation cellulaire : du précémentoblaste au cémentoblaste

**1er stade:** les cellules conjonctives du follicule dentaire les plus proches de la GEH sont des cellules **allongées, parallèles** à la **membrane basale externe (MBE)**, présentant de longs prolongements cytoplasmiques et des organites permanents avec de nombreux ribosomes.

**2ème stade :** Dès qu'apparaît une fine couche de dentine minéralisée, la couche **externe** de la **GEH**, au niveau cervical, commencent à se **dissocier**. Ce phénomène est consécutif à une rupture localisée de la MBE de la gaine et une **pénétration** des prolongements des cellules du follicule dans les espaces cellulaires épithéliaux.

Ces prolongements cellulaires, riches en mitochondries et microfilaments, sont orientés plus ou moins perpendiculairement à l'axe de la dent, suggérant la recherche d'une voie de pénétration au travers de la gaine. Ces cellules sont considérées comme des **précémentoblastes**. Les cellules, à proximité immédiate de la gaine, étirent des prolongements entre les cellules de la GEH et atteignent la surface radiculaire en développement, avant le dépôt de ciment.

Au fur et à mesure de la dentinogenèse radiculaire et de la fragmentation de la gaine épithéliale, une augmentation du nombre des fibrilles entre les fibroblastes du follicule dentaire est observée. Certaines d'entre elles forment des faisceaux orientés parallèlement ou légèrement obliques par rapport à la GEH. Ce sont les **premières fibres ligamentaires**.

**3ème stade :** Les **expansions** cellulaires des précémentoblastes s'insinuent entre les cellules épithéliales internes de la GEH et provoquent ensuite la **discontinuité** de la **membrane basale interne (MBI)** ce qui permet un **contact direct** des cellules mésenchymateuses sur la dentine radiculaire néoformée.

**4ème stade :** Celle-ci semble exercer alors un pouvoir **inducteur** sur les précémentoblastes qui, à son contact, augmentent de taille, se polarisent, s'orientent selon un axe d'environ 45° par rapport à l'axe de la racine et présentent un développement important de leurs organelles cytoplasmiques responsables de la synthèse matricielle. Ces cellules se différencient alors en **cémentoblastes**.

## PROCESSUS DE DIFFÉRENCIATION CELLULAIRE : Précémentoblastes - Cémentoblastes

La différenciation des cémentoblastes à partir de cellules cémento-progénitrices évolue selon un gradient temporo-spatial.

**1<sup>er</sup> stade** : les cellules conjonctives du follicule dentaire sont allongées // à la MBE de la GEH.

**2<sup>ème</sup> stade** : Dès qu'apparaît une fine couche de dentine, la couche externe de la GEH se dissocie après disparition de la MBE. Des précémentoblastes se forment avec leurs prolongements cellulaires perpendiculairement à la surface dentinaire ( ).

**3<sup>ème</sup> stade** : Discontinuité de la MBI. Les précémentoblastes entrent en contact avec la dentine et se différencient en cémentoblastes ( ).

**4<sup>ème</sup> stade** : Synthèse de la matrice cémentaire par les cémentoblastes et insertion des 1<sup>ères</sup> fibres extrinsèques.

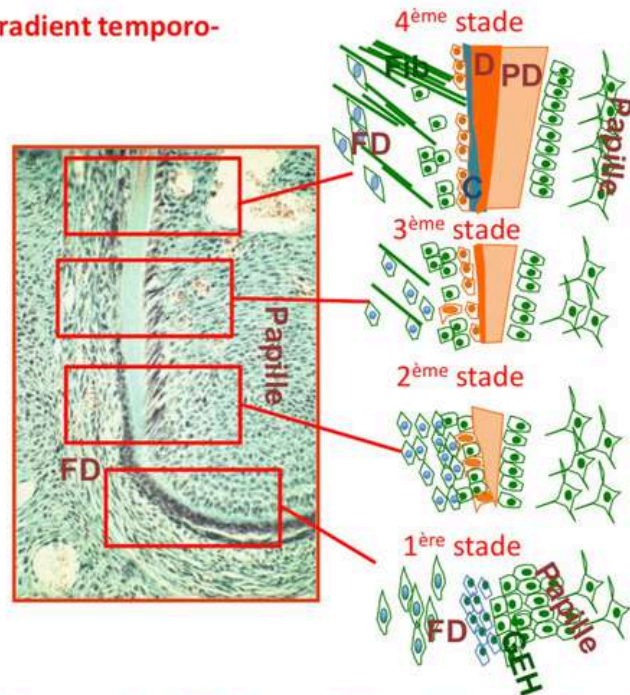
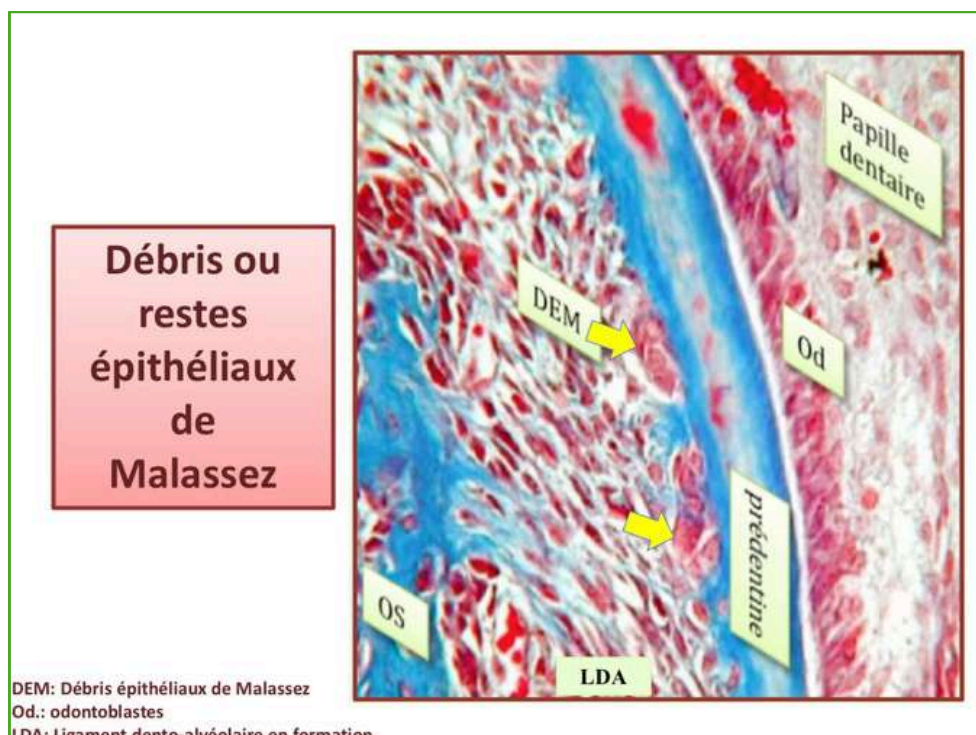


Fig. : Fibres extrinsèques; PD: Prédentine; D: Dentine; FD: Follicule dentaire; GEH: Gaine épithéliale de Hertwig; C : Cément

Certaines cellules de la GEH, en position la plus coronaire, vont se dissocier et vont dériver dans le follicule dentaire, au sein du ligament dento-alvéolaire en formation.

Elles donnent alors naissance aux débris ou restes épithéliaux de Malassez.

Les autres cellules de la gaine vont mourir par apoptose ou mort cellulaire programmée ou vont être incorporées progressivement dans le cément en formation



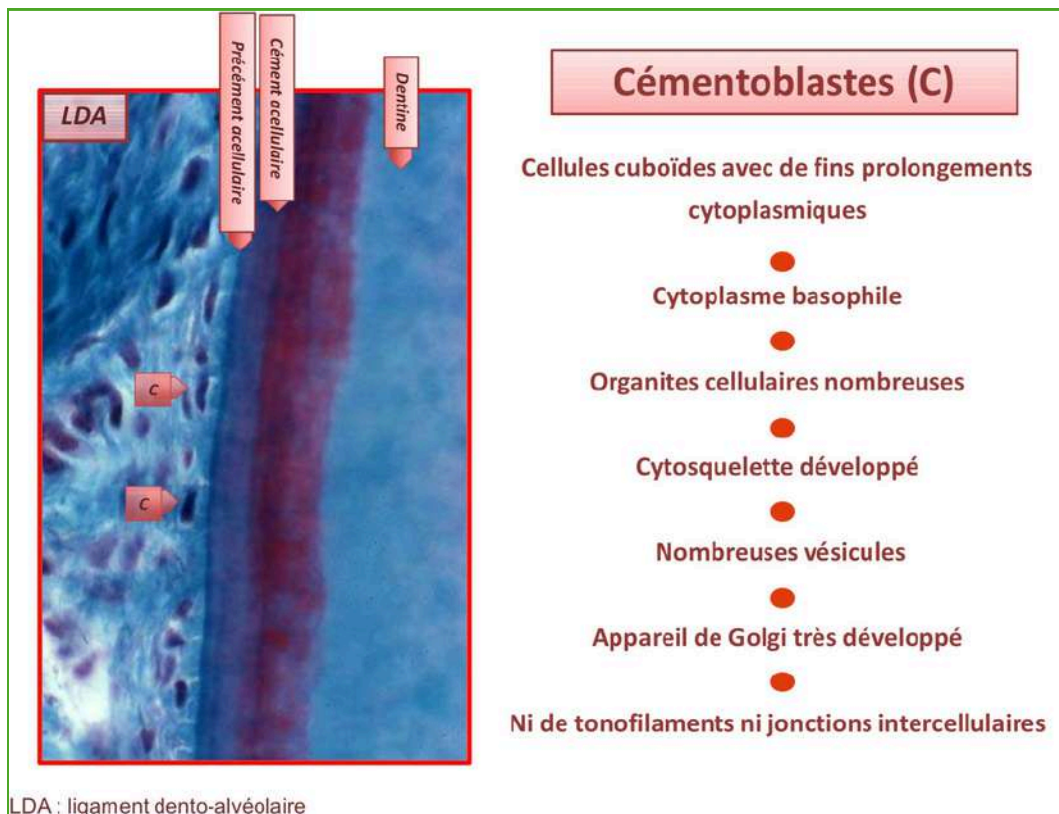
DEM: Débris épithéliaux de Malassez  
Od.: odontoblastes  
LDA: Ligament dento-alvéolaire en formation

#### 4. Les cémentoblastes

Les cémentoblastes sont des cellules **cuboïdes** présentant de fins prolongements cytoplasmiques, un cytoplasme **basophile** et des caractéristiques cytologiques de cellules engagées dans la synthèse **protéique** :

- Organites cellulaires nombreux,
- nombreuses vésicules associées à l'appareil de Golgi,
- cytosquelette développée,
- lysosomes

Elles ne possèdent **ni tonofilaments ni jonctions intercellulaires** ce qui permet de les distinguer des cellules épithéliales de la GEH. Peu à peu, ces cellules forment une **couche discontinue**, projetant des villosités vers la racine et déposent les premiers éléments de la matrice organique du cément au contact de la **mince couche de dentine radiculaire minéralisée** (couche de **Hopewell-Smith**), mais aussi autour des faisceaux de **fibrilles ligamentaires** qui s'organisent.



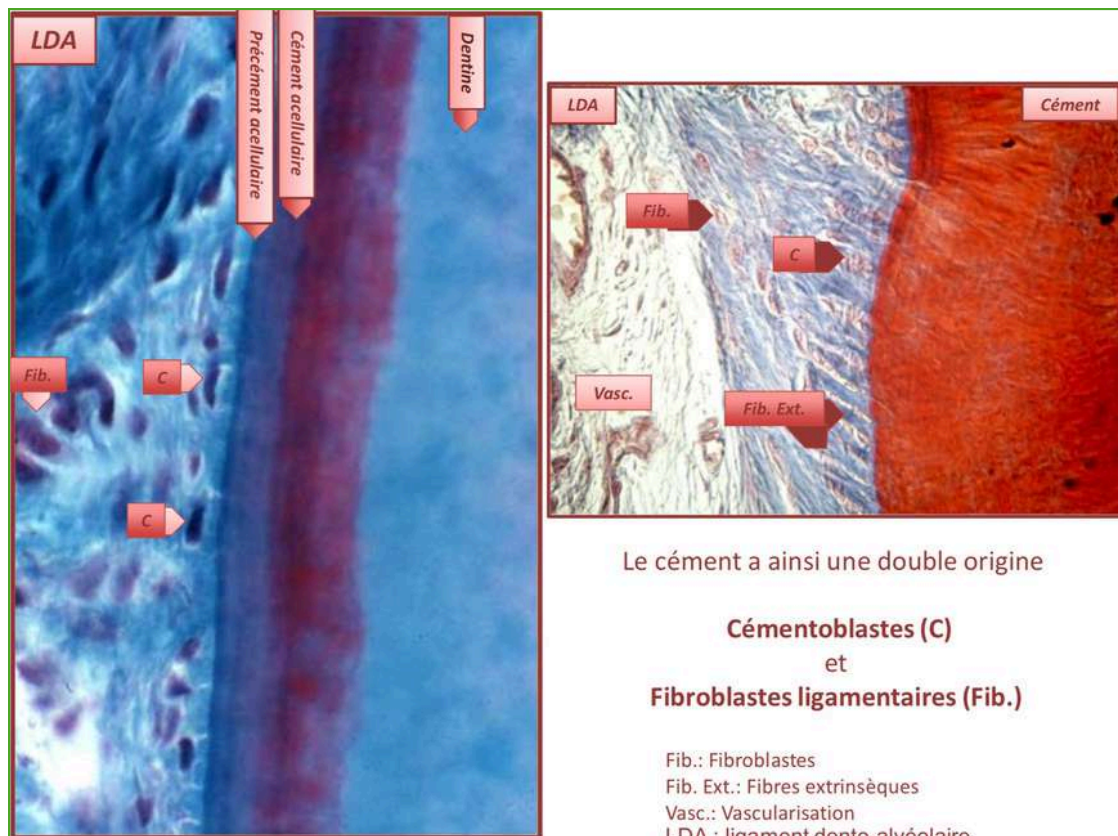
Cette matrice organique cémentaire lorsqu'elle n'est pas encore minéralisée est appelée **précément** ou **tissu cémentoïde**.

Elle est composée de :

- substance fondamentale,
- de sialoprotéine osseuse,
- d'ostéopontine,
- d'un fin treillis de fibrilles de collagène intrinsèques sécrétées par les cémentoblastes et qui se dispose **sans organisation précise**, plus ou moins orienté **parallèlement** à la surface radiculaire.

La matrice cémentaire contient également des fibres de collagène d'origine **fibroblastique** ou **extrinsèques**, orientées obliquement ou plus ou moins perpendiculairement à la surface radiculaire. Sa minéralisation va être **progressive** par dépôt de cristaux d'hydroxyapatite.

Le ciment a ainsi une **double origine** : **cémentoblastes** et **fibroblastes ligamentaires**.



## 5. La cémentogenèse et les différents types de ciment

La limite entre la dentine et le précément est **très imprécise** et difficile à mettre en évidence. Quoiqu'il en soit, la plupart des auteurs s'accordent sur la présence d'une couche initiale dite de "**précément**" à partir de laquelle se formera le ciment proprement dit. Il est **difficile** de préciser **où** et **quand** débute la minéralisation du précément. Il semble que des centres initiaux de calcification au sein du précément apparaissent initialement à partir des cristaux de la dentine adjacente.

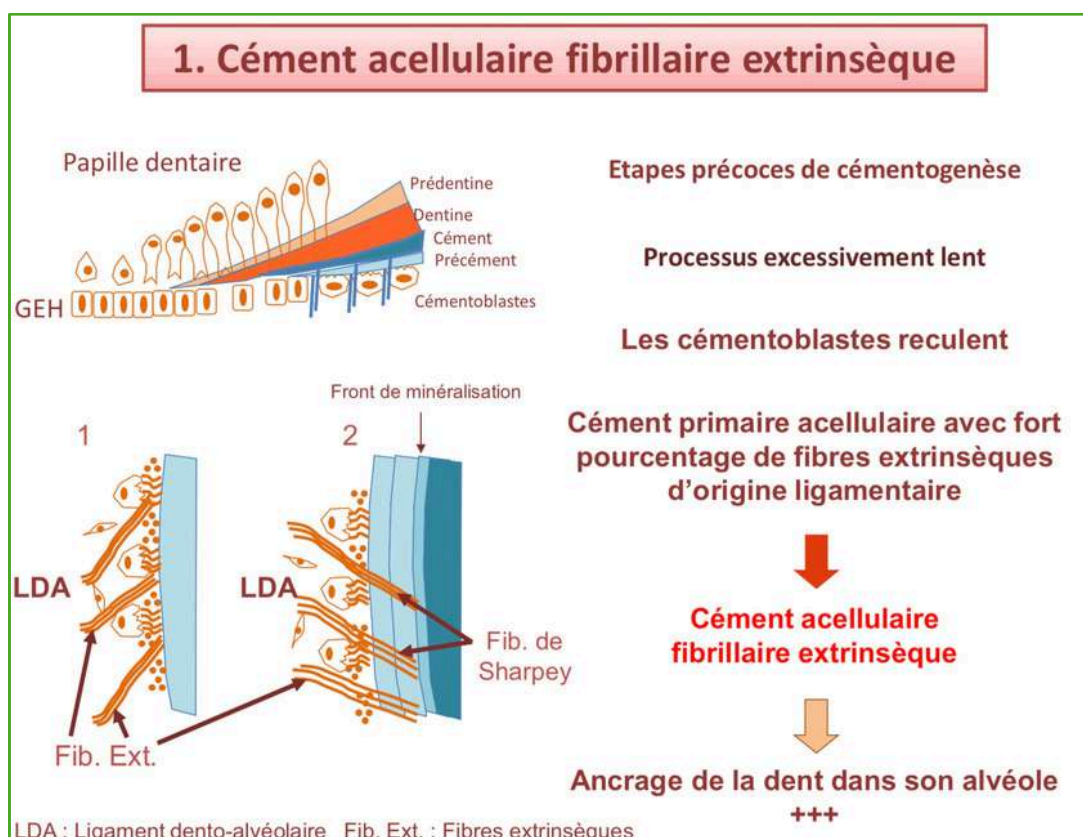
La **vitesse** de formation du ciment peut être **rapide** ou **lent**. Selon la vitesse de cémentogénèse la **structure** du ciment sera **différente**.

### Cément acellulaire fibrillaire extrinsèque (CAFE)

Au cours des premières étapes de la cémentogenèse, processus excessivement **lent**, les cémentoblastes ont le temps de **reculer** du front de minéralisation. Les premières couches de ciment, appelées ciment **primaire**, sont donc constituées généralement de ciment **acellulaire**.

Le fort pourcentage de fibres d'origine **ligamentaire** ou fibres **extrinsèques**, au sein de la matrice de ce ciment primaire acellulaire l'a fait qualifier de ciment acellulaire fibrillaire extrinsèque. Après la formation d'une mince couche de ciment, ces faisceaux de fibrilles ligamentaires dont l'orientation devient **oblique** par rapport à la surface radiculaire, sont progressivement inclus dans la matrice cémentaire sous forme de fibres de **Sharpey**.

Les sites d'insertion de ces fibres ligamentaires au ciment sont minéralisés. Ces fibres constituent les fibres extrinsèques de la matrice et sont en continuité avec les fibres ligamentaires. Aussi, le rôle de ce ciment acellulaire dans **l'ancrage** de la dent à l'alvéole osseuse qui la contient, est capital.



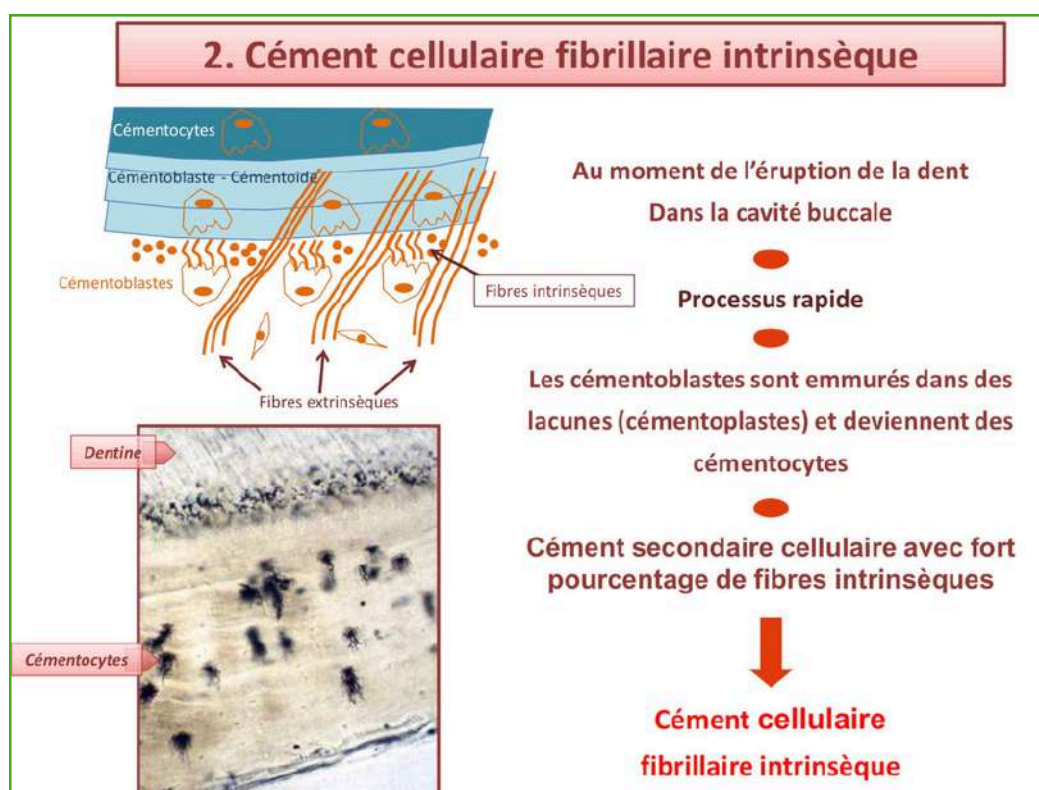
## Cément cellulaire fibrillaire intrinsèque (CCFI)

Au moment de l'éruption de la dent dans la cavité buccale, les couches successives de ciment déposées constituent le ciment dit **secondaire**, post-éruptif visible dès la moitié apicale de la racine. Ces strates de ciment sont généralement constituées de ciment **cellulaire**. Cette cimentogenèse constitue un processus beaucoup plus **rapide** que celui qui entraîne la formation du ciment **acellulaire**.

Cette rapidité de formation pourrait expliquer l'inclusion intra-cémentaire des cellules cimentoblastiques mais également des cellules dérivées de la GEH. Les **prolongements cytoplasmiques** des cimentoblastes sont **incorporés** dans le tissu cémentoïde puis, par minéralisation de celui-ci, sont **inclus** dans des canalicules cémentocytaires. Le cimentoblaste est alors adjacent au ciment calcifié.

Une nouvelle rangée de cimentoblastes élabore simultanément une matrice cémentoïde qui recouvre le cimentoblaste adjacent au tissu calcifié qui est alors qualifié de **cémentoblaste-cémentoïde**. Par minéralisation progressive de ce tissu cémentoïde, le cimentoblaste-cémentoïde est progressivement **circonscrit** par une lacune et devient un **cémentocyte** séparé d'une paroi cémentaire calcifiée par un espace péri-cémentocytaire.

Le pourcentage de fibres extrinsèques incluses dans ce ciment cellulaire sera moins important que dans le ciment acellulaire. Les fibroblastes du ligament dento-alvéolaire synthétisent de nouvelles fibres dont la densité augmente progressivement et dont l'orientation oblique devient plus ou moins perpendiculaire par rapport à la surface cémentaire. Entre ces faisceaux fibrillaires, s'interposent des fibrilles **intrinsèques** produites par les **cémentoblastes**, plus ou moins **parallèles** à la surface radulaire et dont le pourcentage est beaucoup plus **important** que celui des fibres extrinsèques d'où le nom de ce ciment cellulaire fibrillaire intrinsèque. La rapidité de la cimentogenèse, à ce stade, pourrait expliquer la minéralisation souvent **incomplète** des fibres extrinsèques.

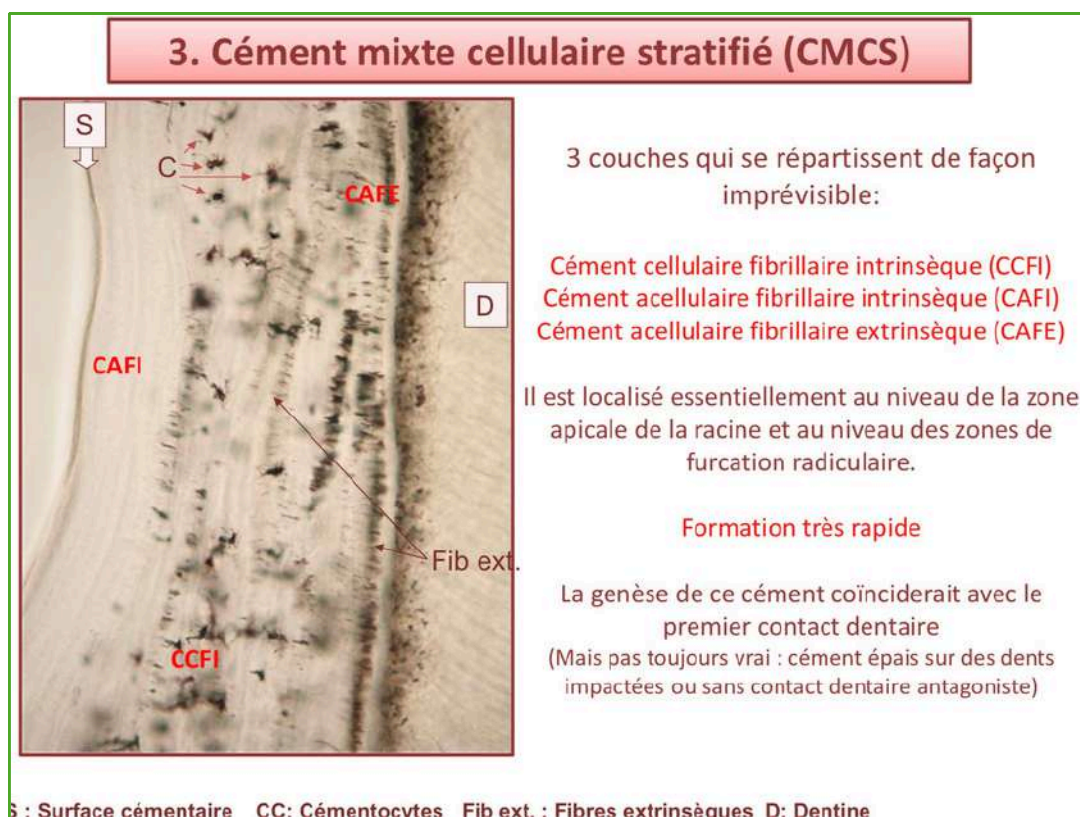


## Cément mixte cellulaire stratifié (CMCS)

Au niveau des zones **apicales radiculaires** mais également au niveau des zones de **furcation** radiculaire ou zone **dentaire** rejoignant les parties **cervicales** de racines d'une même dent, un cément dit **stratifié mixte** peut être observé et est décrit comme étant constitué de 3 couches de cément qui se répartissent de façon imprévisible :

- un cément cellulaire fibrillaire intrinsèque,
- un cément acellulaire fibrillaire intrinsèque,
- un cément acellulaire fibrillaire extrinsèque.

Sa formation est très **rapide**.



## Cément acellulaire afibrillaire (CAA)

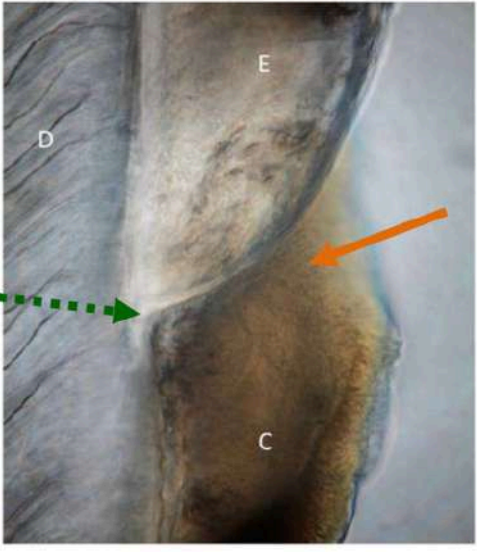
Un autre type de cément peut être visible au niveau de la **jonction amélo-cémentaire** qui délimite l'émail du cément radriculaire. Il peut se déposer sous forme **d'éperons** ou **ilots** cémentaires recouvrant des petites zones d'émail.

La localisation et les aires de ce cément peuvent varier d'un dent à l'autre et le long de la JAC d'une même dent.

Il se forme **après** la fin de la **maturation pré-éruptive** de l'émail et éventuellement pendant **l'éruption** de la dent.

Il ne contient **ni fibrilles collagèniques ni cellules** d'où son nom de cément acellulaire afibrillaire. Il ne possède **pas de fonction dans l'attachement** de la dent à l'alvéole osseuse.

**4. Cément acellulaire afibrillaire**



recouvrant des petites zones d'émail

Localisation variée

Formation après la fin de maturation pré-éruptive  
Pendant l'éruption

Ni fibrilles Ni cellules  
↓  
Cément acellulaire afibrillaire

Pas de fonction d'attachement

E : émail
D : dentine
C : cément

Coucou les petits P1 prenez le temps de souffler et faire une pause après avoir fini la partie de Louisa sur ce cours.

Maintenant c'est moi Manon qui prend la suite par rapport à ce cours. Vous allez voir la fin du cours est sympa; en P1 j'avais préféré la partie que vous allez aborder (c'est bcp d'histo mais no panic) que celle que vous venez de finir.

COURAGE A VOUS IL RESTE PLUS BCP A TENIR ON TIENT BOOON !!!

#### IV. Apexogenèse

L'édification de l'apex parachève le développement de la racine qui, chez l'homme commence vers 9/10 ans.

La fermeture de l'apex se réalise **lentement**.

Dans la **denture définitive**, cette opération **peut exiger une durée aussi longue** que celle nécessaire au développement de la racine proprement dite.

#### APEXOGENESE

L'édification de l'apex parachève le développement de la racine

Chez l'homme, la fermeture de l'apex se réalise lentement  
(3 ans pour une molaire)

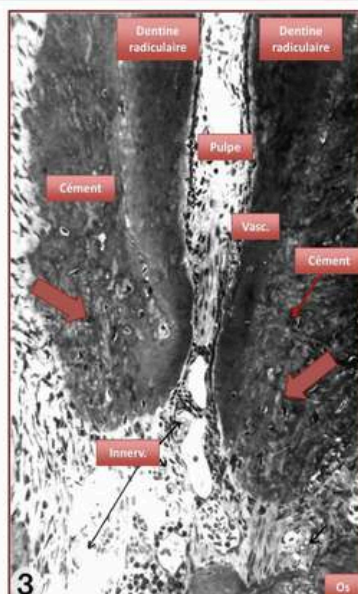
Au cours de la formation de la racine, l'anneau épithélial se contracte progressivement, entraînant une diminution progressive du diamètre du tube dentinaire radulaire. **Ce processus permet d'entourer les éléments vasculaires et nerveux destinés à la pulpe, tout en laissant subsister plusieurs orifices**

#### APEXOGENESE

#### Fermeture de l'apex : aposition de ciment

Le foramen se constitue par des apports successifs et irréguliers de ciment cellulaire alternant avec de fines couches de ciment acellulaire

Vasc. : vascularisation

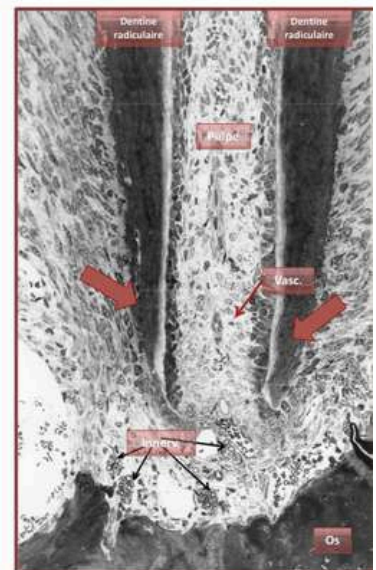


#### APEXOGENESE

#### Fermeture de l'apex : aposition de ciment

L'anneau épithélial se rétrécit

Il enrobe les éléments vasculaires et nerveux destinés à la pulpe



**++++ LE FORAMEN APICAL SE CONSTITUE PAR DES APPORTS SUCCESSIFS ET IRRÉGULIERS DE CÉMENT CELLULAIRE ALTERNANT AVEC DE FINES COUCHES DE CÉMENT ACELLULAIRE +++++**

## V. mise en place du ligament dento-alvéolaire

*Nous allons maintenant aborder la mise en place des tissus du parodonte ou tissus parodontaux.*

Elle s'effectue **parallèlement à l'édification radiculaire** à partir du moment où les dimensions définitives de la couronne sont acquises et que les couches d'émail et de dentine coronaire ont atteint une épaisseur suffisante.

Les tissus parodontaux sont constitués de **quatre éléments** :

- le **cément** (recouvrant la racine dentaire et dont la formation a été développée précédemment)
- l'**os alvéolaire** (qui contient la racine dentaire)
- le **ligament dento alvéolaire** (qui permet le maintien de la dent dans son alvéole osseuse tendu entre l'os et le cément)
- la **gencive libre** (située au niveau de la jonction amélo-cémentaire, limite qui sépare l'émail coronaire du cément radiculaire)



Le **ligament dento-alvéolaire** (= *desmodonte* ou *ligament parodontal*) (*savoir les synonymes ça peut tomber en QCMs malheureusement...*) est donc un des éléments constitutifs du parodonte.

C'est un **tissu conjonctif vascularisé, innervé et non minéralisé**+++ (*ça c'est par coeur je veux rien savoir !!!*) participant au système d'attache de la dent humaine qui correspond au support osseux des dents temporaires puis celui des dents permanentes.

Le **ligament dento-alvéolaire** comme l'os alvéolaire et le ciment a une origine embryologique commune : **le follicule dentaire +++**

Son développement commence avec la formation de la racine, avant l'éruption dentaire.

En effet, dès le début de la formation radiculaire, des modifications apparaissent au sein du follicule dentaire: comme nous l'avions décrit précédemment avec la cémentogenèse, certaines cellules mésenchymateuses du follicule dentaire, après la fragmentation de la gaine épithéliale de Hertwig, viennent s'interposer entre ces fragments épithéliaux; elles se **polarisent** et se **différencient** en **cémentoblastes** au contact de la dentine radiculaire pour **former le ciment**.

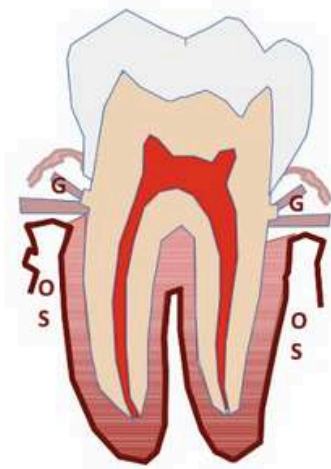
### Mise en place du ligament dento- alvéolaire

Origine embryologique : le follicule dentaire

Processus de formation parallèle  
à celui de la cémentogenèse

Cellule clef :

Fibroblastes qui assurent la synthèse et le remodelage des structures  
fibrillaires collagéniques du ligament.



G: gencive

Les cellules au contact de la paroi osseuse, se différencient, en **ostéoblastes** pour former l'os alvéolaire ou en **ostéoclastes** pour le résorber. (cf cours d'histo !)

Enfin, d'autres cellules du follicule dentaire acquièrent les caractéristiques de **fibroblastes** associées à une fonction sécrétoire développée, afin de donner naissance à la matrice extracellulaire du ligament dento-alvéolaire et plus particulièrement aux fibres collagéniques de ce ligament.

### Mise en place du ligament dento- alvéolaire

#### Développement et organisation des faisceaux fibrillaires

L'espace ligamentaire (EL) est occupé par un tissu conjonctif non organisé s'étendant entre le cément et l'os



Cellule clef :

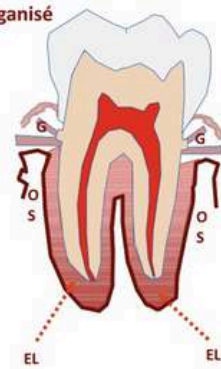
Fibroblastes qui assurent la synthèse et le remodelage des structures fibrillaires collagéniques du ligament.



Activité synthétique élevée

=

RER, appareil de golgi développés



G: gencive

Initialement, l'espace ligamentaire est occupé par un **tissu conjonctif non organisé**, s'étendant entre le cément et l'os.

Ce sont les fibroblastes qui assurent la synthèse et le remodelage des structures fibrillaires collagéniques du ligament dento-alvéolaire.

Très rapidement, les fibroblastes se polarisent en direction de la surface radiculaire et des surfaces osseuses alvéolaires.

L'apparence ultrastructurale de ces cellules est liée à leurs migration dirigée et leurs activité synthétique élevée (RER, appareil de golgi développés)

Le développement fibrillaire est **associé à la cémentogenèse et à l'ostéogenèse** de la paroi alvéolaire qui constitue la surface osseuse alvéolaire en rapport avec la racine dentaire.

**Les fibres de collagène de type I sont les fibres les plus importantes en taille et en quantité du ligament cento-alvéolaire. +++**

Au cours de leur **maturation**, les structures collagéniques du ligament dento alvéolaire sont progressivement incluses dans le cément et la paroi alvéolaire, on les appellent **fibres de Sharpey**. +++

L'apparition des fibres débute au niveau de la région cervicale de la racine et progresse en direction cervico-apicale parallèlement à l'édification radiculaire. Les paquets de fibres du futur LDA prennent leur origine sur la surface de la dentine radiculaire nouvellement formée, en étroite relation avec les fibroblastes allongés et hautement polarisés au niveau de cette surface dentinaire.

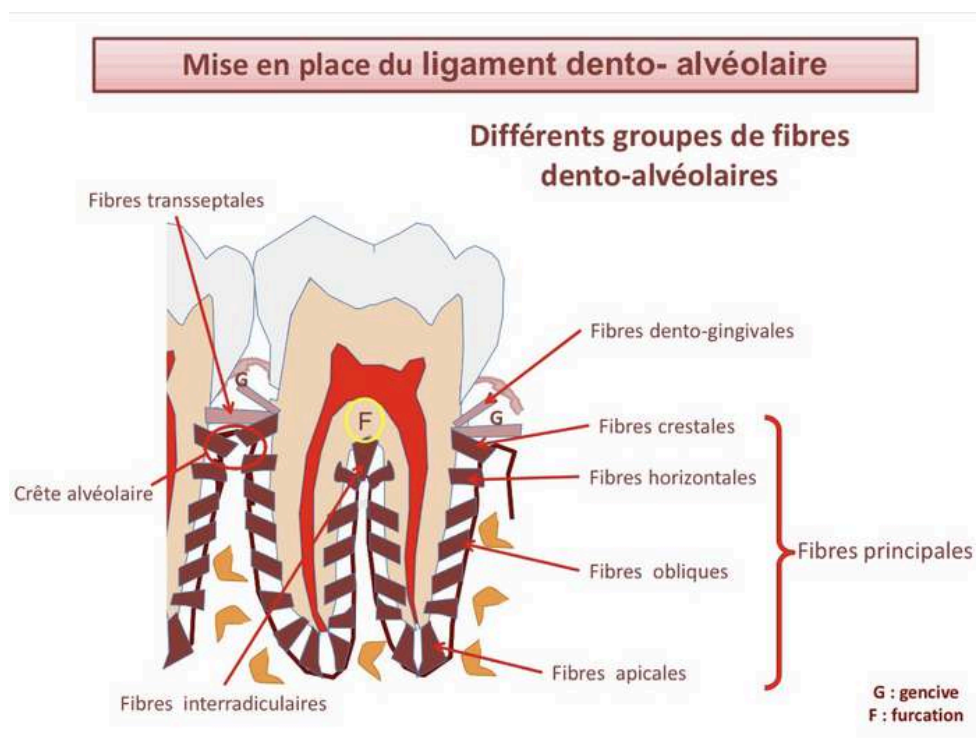
Ces fibres naissantes sont regroupées sous l'action des **cémentoblastes**, au cours du développement initial du cément fibrillaire extrinsèque acellulaire. Un tel processus est également observé du côté osseux lié à la présence de fibroblastes ligamentaires au niveau de la paroi osseuse en formation, recouverte d'ostéoblastes.



Ici on peut observer l'organisation et la répartition des différents faisceaux de fibres collagéniques du LDA qui vont apparaître progressivement au fur et à mesure de l'édification radriculaire et de l'ostéogénèse suivant alors une **direction corono-radriculaire**.

Les fibres porteront un nom qui sera fonction de leur localisation et orientation anatomiques, les **fibres transeptales** et **fibres dento-gingivales** localisées dans la gencive par exemple et les fibres principales localisées dans l'espace ligamentaire ou dento-alvéolaire, qui sont subdivisées en fibres crestales, horizontales, obliques, apicales et interradiculaires en fonction du site observé.

Particulièrement, les **fibres dites interradiculaires s'étirent entre le septum interradiculaire de l'os** (sommet osseux situé entre deux alvéoles osseuses contenant les racines d'une même dent) et la **furcation radriculaire dentaire**.

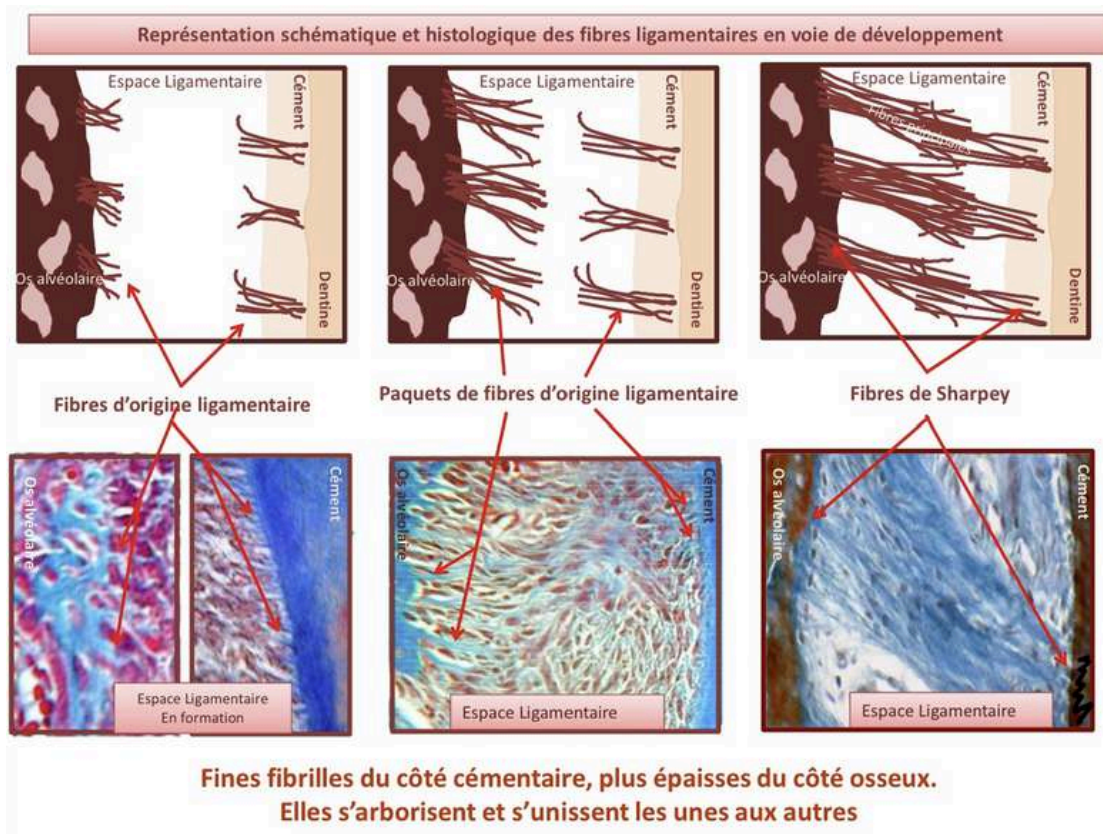


*Donc la toute les fibres sont collagénique et sont nommées en fonction de leurs localisation donc on lit, on comprend et tout devient logique*

Initialement, ce sont de petites fibrilles de collagène disposées en brosse qui **émergent** du ciment en formation et se projettent dans l'espace ligamentaire. Au niveau de la surface osseuse, seuls, de petits nombres de fibrilles de collagène irradient vers le tissu conjonctif lâche ligamentaire au sein duquel sont retrouvées des fibrilles de collagène plus ou moins orientées.

Progressivement, les fibres insérées dans l'os et le ciment s'épaississent, s'allongent en direction de l'espace ligamentaire en formation; leurs extrémités s'arborisent. **Cependant, elles demeurent plus courtes du côté cémentaire que du côté osseux.**

Les fibres issues du ciment s'allongent afin de s'unir aux fibres issues de l'os alvéolaire qui viennent également à leur rencontre. Quand la dent devient fonctionnelle, à savoir, qui est en contact ou en occlusion avec ses dents antagonistes, les fibres dento-alvéolaires sont organisées, acquièrent une orientation classique que nous allons décrire un peu plus tard. Ces fibres courent de façon continue de la paroi alvéolaire à la surface cémentaire.



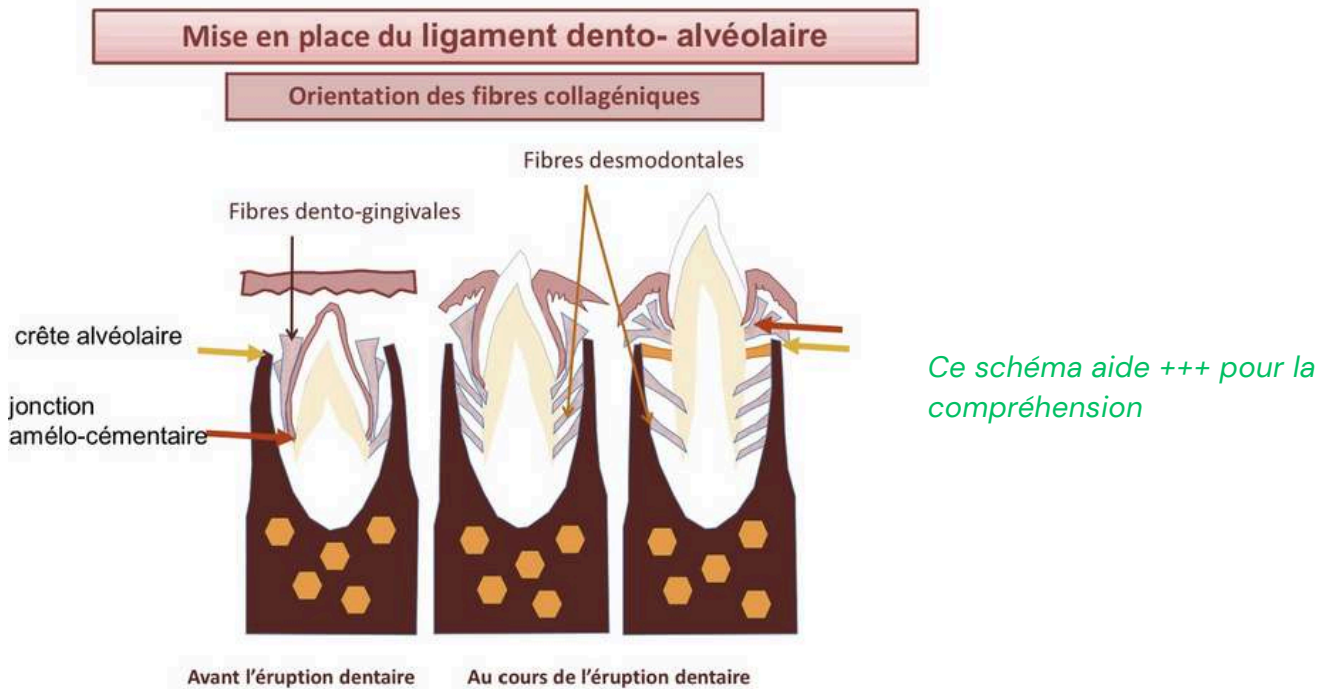
**PETIT RESUME/RECAP :** Au début, de fines fibrilles de collagène émergent du ciment en formation et de l'os alvéolaire vers l'espace ligamentaire. Avec le temps, ces fibres s'épaississent, s'allongent et se ramifient, celles issues de l'os étant plus longues que celles du ciment. Progressivement, les fibres des deux origines se rejoignent. Lorsque la dent devient fonctionnelle, les fibres dento-alvéolaires s'organisent et adoptent une orientation spécifique, reliant de manière continue l'os alvéolaire au ciment.

## ORIENTATION DES FIBRES COLLAGÉNIQUES

L'orientation des fibres collagéniques évolue en fonction de la formation du ligament dento-alvéolaire .

Avant que la dent fasse son éruption, la crête de l'os alvéolaire est située **au dessus de la jonction amélo-cémentaire** et les paquets de fibres du ligament dento-alvéolaire s'étirent tous **obliquement de haut en bas, en direction du cément**.

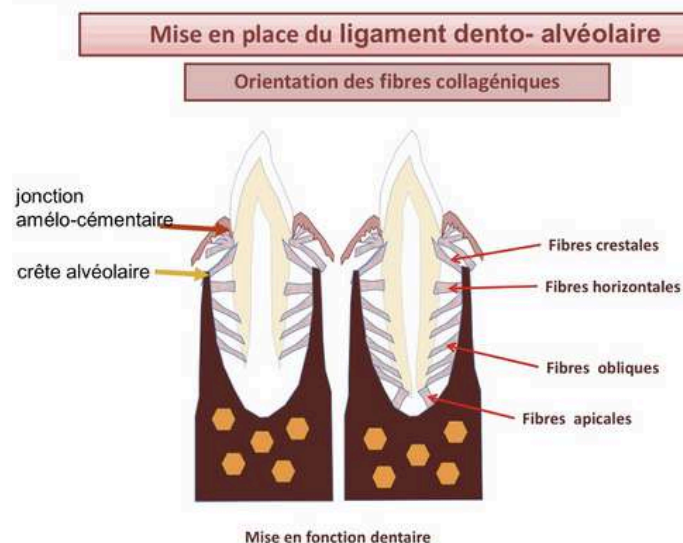
Au cours de son éruption, la dent se déplace dans sa loge osseuse; le niveau de la crête alvéolaire coïncide ensuite avec la jonction amélo cémentaire, et les fibres obliques deviennent horizontales.



Quand la **dent devient fonctionnelle**, en contact avec sa dent antagoniste, la crête alvéolaire est située en **position apicale** par rapport à la jonction amélo-cémentaire à une distance de 1 à 1,5 mm.

Les fibres crestales alvéolaires deviennent de nouveau, obliques mais, de bas en haut, de **l'os en direction du cément**. **La majorité des fibres principales (les 2/3) s'orientent dans une direction coronaire du cément à l'os alvéolaire, formant le groupe des fibres obliques.**

*attention le apical veut toujours dire vers la racine et pour l'orientation c'est de la logique mais faut bien savoir différentier, car c'est très facile de faire des pièges ici*



## VI. Mise en place de l'os alvéolaire

**Parallèlement** à la formation du ligament **se développe l'os alvéolaire.**

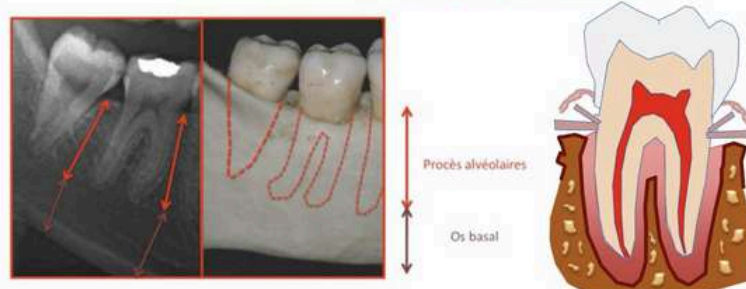
Le maxillaire et la mandibule peuvent être divisés en deux compartiments:

- Le **procès alvéolaire** (qui contient les racines dentaires)
- Le **corps basal** (qui supporte les procès alvéolaires)

Le processus alvéolaire constitue le support des dents temporaires et permanentes car en effet après la chute des dents temporaires les dents suivantes se développent dans leurs propres alvéoles

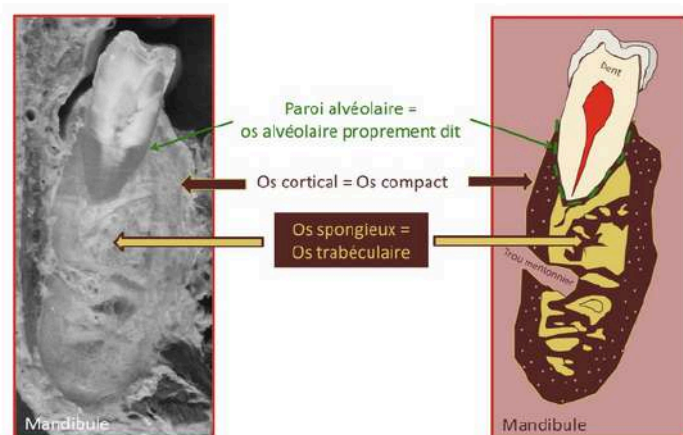
### Mise en place de l'os alvéolaire

- ° Maxillaire et mandibule divisés en 2 compartiments:  
**Procès alvéolaire + Corps basal**
- ° Procès alvéolaire = support des dents temporaires puis celui des dents permanentes.
- ° Les dents se développent dans leur propre alvéole.



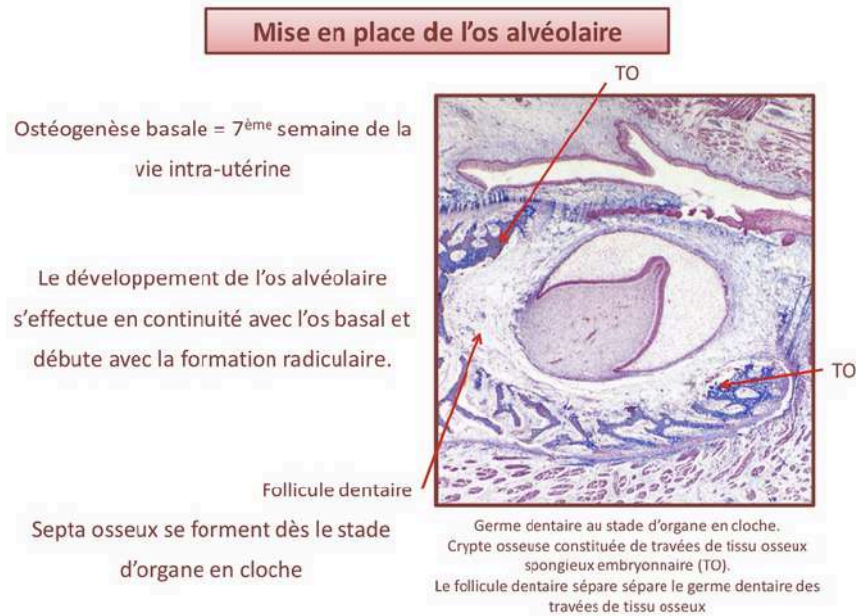
Le procès alvéolaire est constitué d'un os cortical, d'un os spongieux et d'un os alvéolaire proprement dit, il est fin et forme la paroi alvéolaire osseuse en rapport avec la racine dentaire qui lui fait face

### Mise en place de l'os alvéolaire



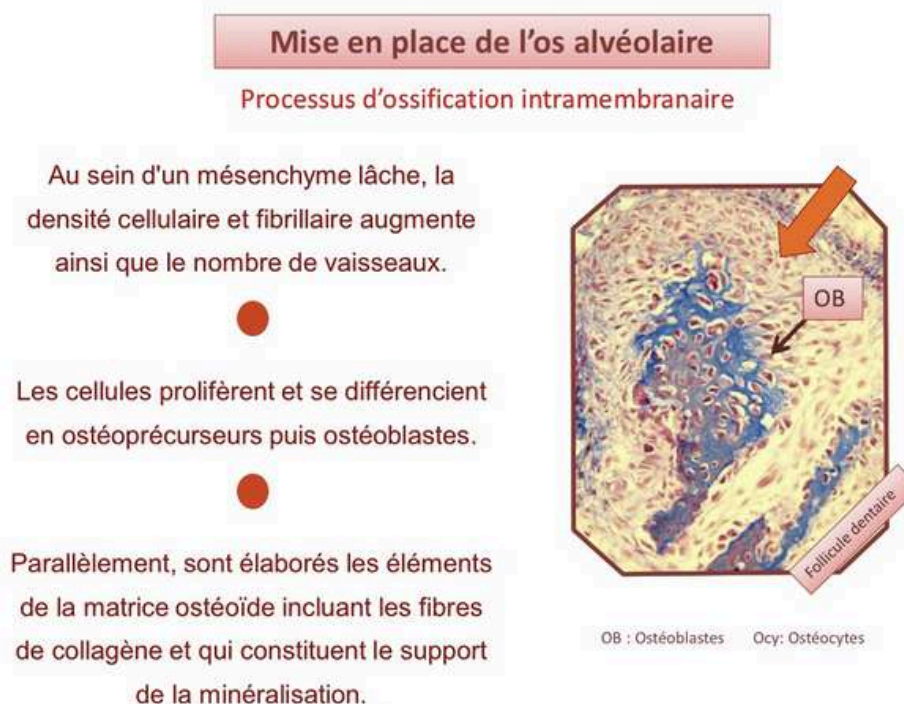
*Ici à gauche (sur le schéma), une coupe transversale d'une mandibule, localisée au niveau d'une molaire et à droite sa représentation schématique. On peut y localiser les différentes structures*

L'ostéogenèse de l'os basal débute dès la 7<sup>ème</sup> semaine de la vie intra utérine. Le développement de l'os alvéolaire s'effectue en continuité avec l'os basal. Lorsque s'achève l'édification coronaire et que débute la formation radiculaire. Au stade de cloche les septa osseux commencent à se former et séparent les germes dentaires dans leurs propres compartiment osseux



## PROCESSUS D'OSSIFICATION INTRAMEMBRANAIRE

La formation de l'os alvéolaire et du corps de la mandibule et maxillaire résulte d'un processus d'ossification intramembranaire. Au sein d'un mésenchyme lâche avec comme origine le 1<sup>er</sup> arc pharyngé **la densité cellulaire et fibrillaire augmente ainsi que le nombre de vaisseaux**. Dans cette condensation mésenchymateuse, les cellules prolifèrent et se diff en osteoprecurseurs puis ostéoblaste. Parallèlement, sont élaborés les éléments de la matrice ostéoïde incluant les fibres de collagène et qui constituent le support de la minéralisation



Chez l'embryon puis le fœtus, apparaissent les premiers foyers de nucléation par l'intermédiaire de **vésicules matricielle** issue des prolongement osteoblastique et concentrent du calcium sous forme cristalline (*elle se casse et libère des cristaux qui se rejoignent et forment une masse minéralisée*) Ainsi, ces vésicules constituent le support des premiers nodules calcifiés.

**Indirectement les ostéoblastes participe a la minéralisation de la matrice via ces sécrétion d'enzyme comme la phosphatase alcalines osseuse**

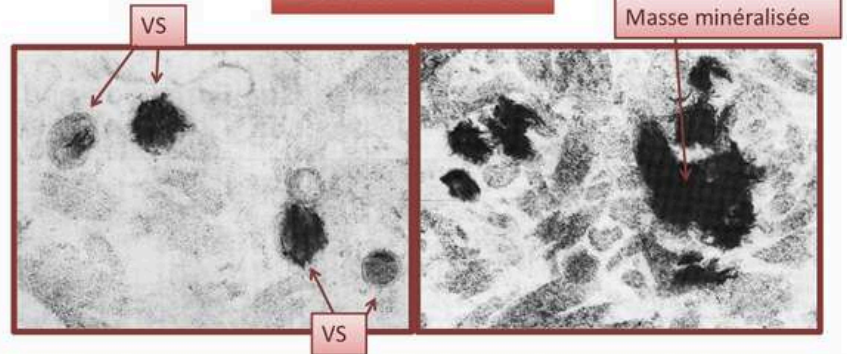
Ensuite la croissance minérale progresse sans faire appel au processus vésiculaire mais a une croissance cristalline

Mise en place de l'os alvéolaire

Processus d'ossification intramembranaire :

Vésicules matricielles puis croissance cristalline.

Vésicules matricielles



4 vésicules matricielles (VS) contenant des cristaux d'apatite basiques.

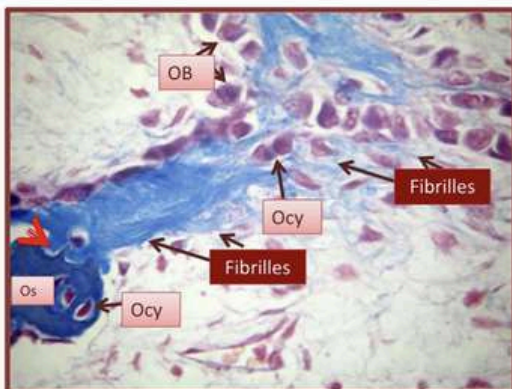
Les vésicules se sont rompues libérant les cristaux qui se joignent les uns aux autres pour former une masse minéralisée.

*Donc là dans le schéma on peut voir nos 4 vésicules qui se rompent pour libérer cet amas de calcium*

Le premier tissu osseux formé chez l'embryon est qualifié de **primaire** ou **tissé ou non lamellaire**. Les espaces inter fibrillaire sont large, occupé par de nombreux et des cellules mésenchymateuses indifférencié de forme ronde ou ovalaire qui donneront naissance a des cellules osteoprogenitrices

Mise en place de l'os alvéolaire

Tissu osseux non lamellaire ou primaire

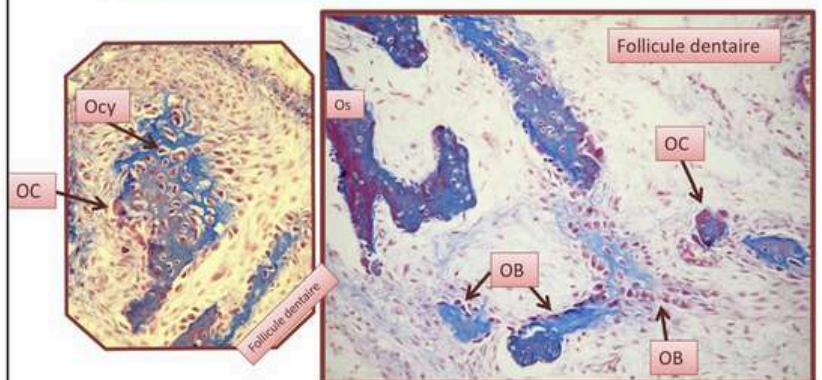


Présence de fibrilles de collagène de diamètre irrégulier, sans orientation précise

OB : Ostéoblastes Ocy: Ostéocytes Vasc. : vascularisation Fusion de tissu osseux en formation

Mise en place de l'os alvéolaire

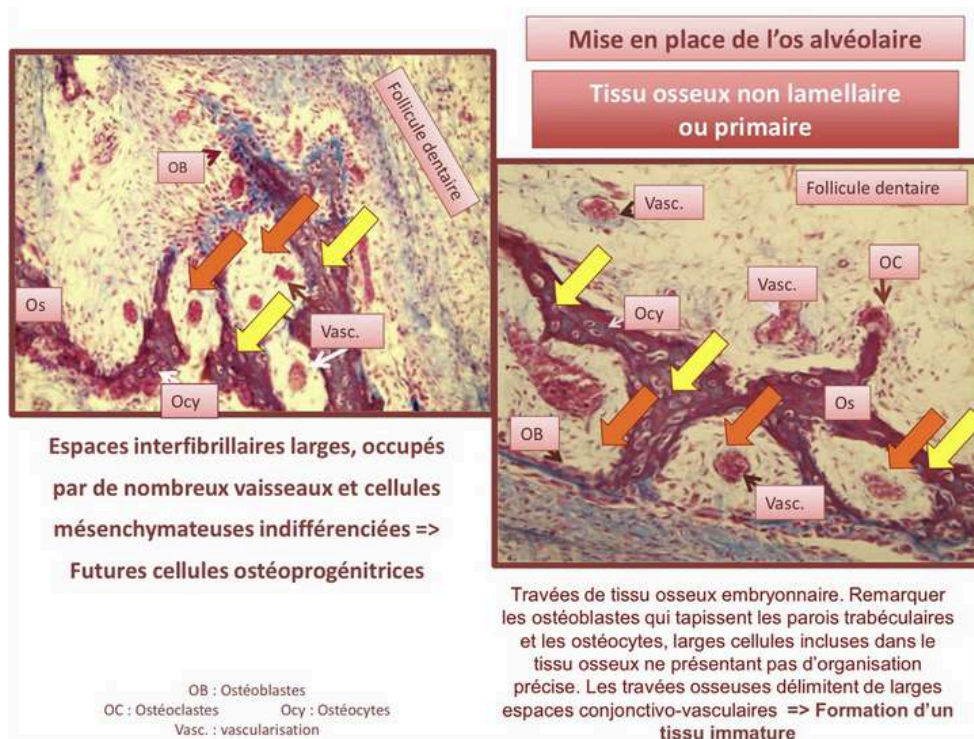
Tissu osseux non lamellaire ou primaire



Espaces interfibrillaires larges, occupés par de nombreux vaisseaux et cellules mésenchymateuses indifférenciées => futures cellules ostéoprogenitrices

OB : Ostéoblastes OC: Ostéoclastes Ocy: Ostéocytes

Ainsi se met en place progressivement autour du germe dentaire et entre les germes dentaires adjacent, une couche d'os constitué de fine trabécule de tissu osseux qui délimitent des espaces occupés par des vaisseaux des cellules mésenchymateuse (*la prof dit la même chose depuis 3 diapo donc c'est important*)



### **ENTRE LES FINES TRABÉCULES OSSEUSE DU TISSU OSSEUX PRIMAIRE ON RETROUVE DES VAISSEUX SANGUINS+++**

Dès l'apparition de contraintes fonctionnelles successives s'exerçant sur l'os et liées à la croissance du germe, l'os tissé au rapidement et progressivement remplacé. Il participe comme support à la mise en place d'un os plus mature dit lamellaire. En conséquence, à partir de l'âge adulte et au cours de l'existence ce tissu osseux peut persister mais de façon très réduite. Il peut aussi réapparaître en cas de réparation ou de maladie osseuse (ostéogenèse imparfaite).

#### Apparition du tissu osseux lamellaire :

L'os lamellaire apparaît au cours de l'ossification secondaire qui est lié à l'existence d'une contrainte fonctionnelle et est associée étroitement au processus de remodelage osseux. Celui-ci correspond à un couplage entre résorption ostéoclastique et apposition ostéoblastique du tissu osseux et est caractérisé par la formation d'une ligne cémentante. Cette ligne se trouve au fond de la lacune formée après résorption osseuse et délimite l'os ancien de l'os nouveau.

Mise en place de l'os alvéolaire

Tissu osseux lamellaire

**Ossification secondaire** : contraintes fonctionnelles  
(édification de la racine, croissance du germe, mouvements éruptifs de celui-ci)

**Remodelage osseux**: couplage résorption/formation osseuse  
Associée à la formation de ligne cémentante

Coexistence d'ossification secondaire avec ossification primaire:  
**os de transition ou tissu osseux immature**

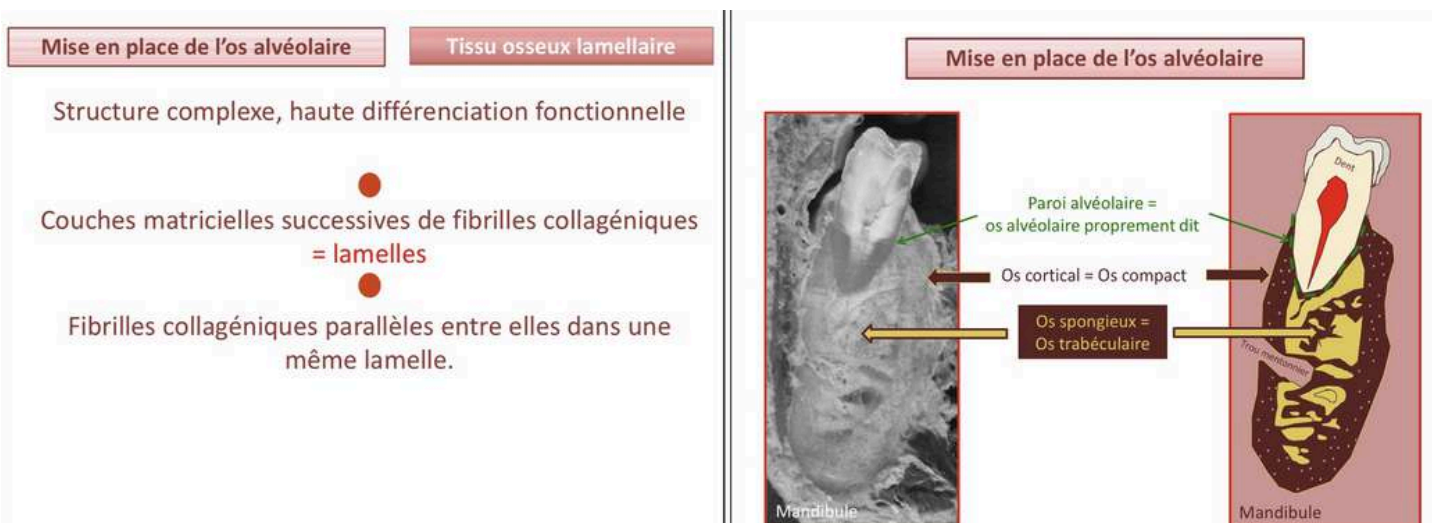
**Remaniements continus tout au long de la vie**:  
adaptation de l'os aux conditions mécaniques auxquelles il est soumis =>  
maintien, maturation de la structure osseuse, métabolisme calcique

Les remaniements amorcés au cours de l'ossification secondaire se poursuivent tout au long de la croissance. Ils coexistent avec le processus d'ossification primaire pendant une grande part du développement donnant naissance à un os de transition immature. Cette transition est relativement rapide qui a **lieu rapidement jusqu'à 5ans puis ralentit chez le jeune adulte**. Durant le reste de la vie ce tissu osseux continuera de subir des modifications physiologiques pour pouvoir s'adapter

Structure du tissu osseux lamellaire :

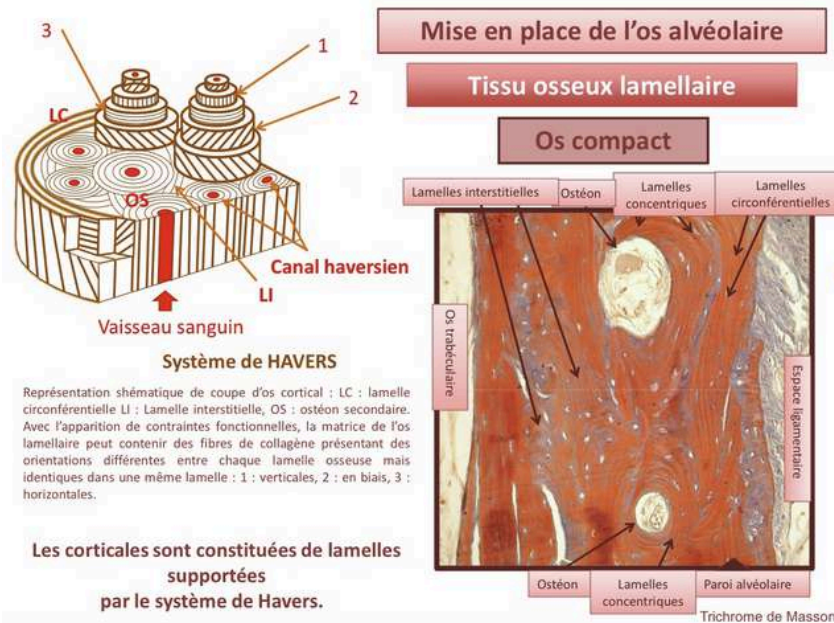
L'**os osseux lamellaire** ainsi formé possède une structure complexe à haute différenciation fonctionnelle, caractérisée par des couches matricielles successives de fibrilles collagéniques disposées **parallèlement** les une aux autres mais **disposées dans des directions différentes**. Une unité lamellaire fait entre 3 et 5µm d'épaisseur. Il est **soit compact, soit spongieux**. Il constitue au niveau du processus alvéolaire la **corticale externe** (vestibulaire, linguale et palatine) ou **os compact**.

L'**os spongieux** central et l'os bordant l'alvéole **osseuse** appelé **paroi alvéolaire**



## L'os compact :

Le tissu osseux compact ou cortical est constitué principalement d'**ostéons** ou système de **Havers** représenté par un ensemble de canaux haversiens contenant des vaisseaux sanguins, des filets nerveux mais également des cellules osteoprogénitrices; ces canaux vasculo nerveux sont bordés par 4 à une vingtaine de lamelles osseuses concentriques



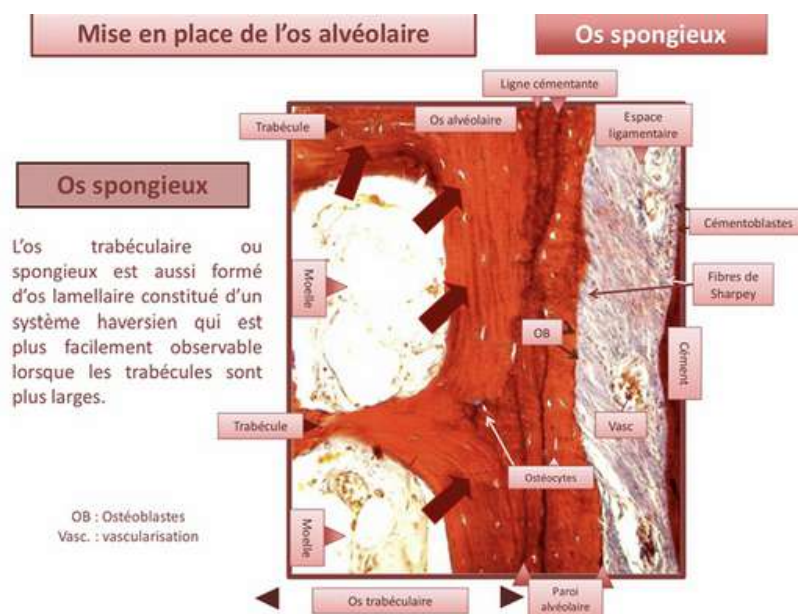
Ici on peut observer une représentation schématique d'une coupe de l'os cortical avec les différentes lamelles : **circonférentielle, interstitielle et ostéoblastique secondaire**. Avec l'apparition de certaine contrainte on peut aussi retrouver du collagène **présentant des orientation différentes entre chaque lamelle mais identique dans une même lamelle**

## Le tissu osseux spongieux :

Le tissu osseux spongieux/trabéculaire est situé entre la **corticale et l'os alvéolaire** a proprement dit. Il est constituer d'un réseau tridimensionnel de **trabécules osseuses lamellaires ramifié et anastomosées délimitant des espaces intercommunicant**

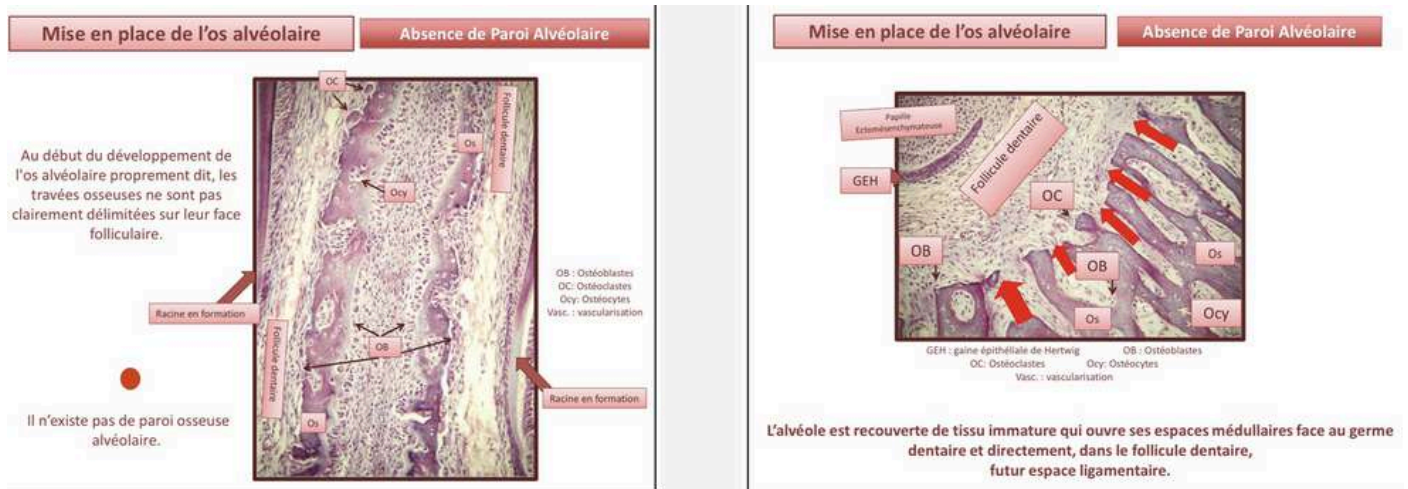
Ici les trabécules sont relativement fines et rendent moins visible la structure lamellaire de l'os spongieux.

Les espaces intertrabéculaires sont occupés par de **la moelle jaune, riche adipocytes mais aussi de la moelle rouge/hématopoéitique**



## Absence de paroi alvéolaire

Au début du développement de l'os alvéolaire proprement dit, les travées osseuses ne sont pas clairement délimitées sur leur face folliculaire. Il n'existe pas de paroi osseuse



L'alvéole est constitué de tissu immature qui ouvre ses espaces médullaires face au germe dentaire directement, dans le follicule dentaire, futur espace ligamentaire

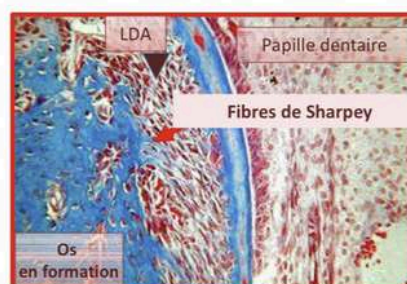
## Mise en place de la paroi alvéolaire

La formation de la paroi alvéolaire est dépendante du follicule dentaire qui investit le germe dentaire pendant sa formation.

Au cours de l'éruption dentaire, certaines cellules issues de ce follicule dentaire se différencient en **ostéoblaste** et élaborent du tissu osseux qui se dispose sur les travées d'os spongieux en insérant des éléments fibreux d'origine ligamentaire: **ce sont les futures fibres de Sharpey**. Ces éléments fibreux confèrent à la paroi alvéolaire un aspect histologique d'os fasciculé/ fibrillaire et participe donc à l'attache de la dent à son alvéole osseuse.

## **Mise en place de l'os alvéolaire**      **Paroi Alvéolaire**

**La formation de la paroi alvéolaire est dépendante du follicule dentaire de structure fibro-cellulaire qui investit le germe dentaire pendant sa formation.**



Au cours de l'éruption, certaines cellules issues de ce follicule se différencient en ostéoblastes et élaborent du tissu osseux qui se dispose sur les travées d'os spongieux en insérant des éléments fibreux d'origine ligamentaire, les futures fibres de Sharpey.

Ces éléments fibreux confèrent à la paroi alvéolaire nouvellement constituée, l'aspect histologique d'os fasciculé ou os fibrillaire

Participe au système d'attache de la dent à son alvéole osseuse.

La paroi alvéolaire est perforée de nombreuses ouvertures ou canaux de Volkmann à travers lesquels circulent les vaisseaux sanguins, les vaisseaux lymphatiques et fibres nerveuses, reliant ainsi les espaces de la moelle d'os spongieux au ligament dento-alvéolaire. Elle est encore appelée lame cribiforme. L'os alvéolaire proprement dit et la corticale se rejoignent coronairement au niveau de la crête de l'os alvéolaire.



*Ici il faut lire la diapo parce que la prof lit vraiment tout mots pour mots*

## Mise en place de l'os alvéolaire

L'architecture de l'os alvéolaire est constamment remaniée au cours de la croissance alvéolaire jusqu'à l'édification radiculaire complète et est étroitement liée à la formation du ligament dento-alvéolaire et du cément.

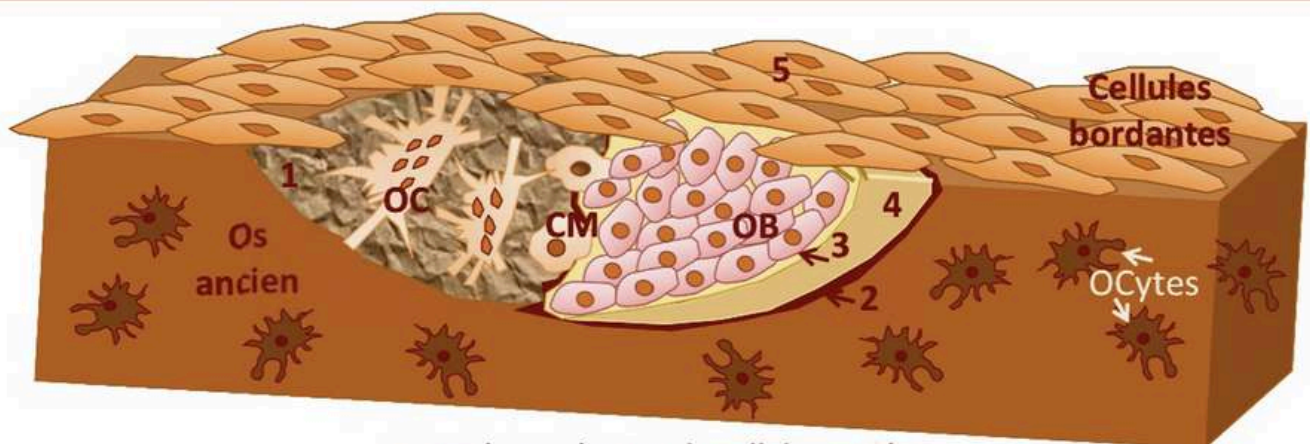
Par conséquent, la taille, la forme, la localisation et la fonction des dents détermineront la structure globale de l'os alvéolaire proprement dit.

Ensuite, tout au long de la vie de l'individu, l'os alvéolaire subira un remodelage permanent lui permettant de maintenir ses propriétés fonctionnelles en relation avec les fonctions masticatrices.

## Remodelage osseux qui se produit sur la surface d'un os trabéculaire

Ce processus survient à travers une activité coopérative de cellules variées formant un compartiment fonctionnel temporaire appelé unité multicellulaire basique ou unité de remodelage osseux. Le cycle de remodelage osseux commence par une **activation des ostéoclastes (OC)**, suivie d'une phase de résorption pendant laquelle ces cellules résorbent l'os, formant une lacune de résorption ou **lacune de Howship (1)**. Puis, suit la phase d'inversion au cours de laquelle des cellules mononuclées (CM) (cellules proches des macrophages ou précurseurs des ostéoblastes) déposent la **ligne cémentante (2)**; Puis, la phase de formation pendant laquelle les **ostéoblastes (OB)** sécrètent la **matrice ostéoïde (3)** qui se minéralise formant un **nouvel os (4)**. Finalement, le cycle se termine par une phase de **quiescence (5)** au cours de laquelle les ostéoblastes deviennent des cellules bordantes ou meurent par apoptose ou deviennent des ostéocytes emmurés dans l'os minéralisé. Les cellules bordantes pourraient persister sous forme d'écran au dessus de la lacune de résorption pendant le cycle de remodelage osseux.

### Représentation schématique du remodelage osseux se produisant sur la surface d'un os trabéculaire



Activité coopérative de cellules variées

➔ **Unité multicellulaire basique (ou de base) ou unité de remodelage osseux.**

#### Cycle de remodelage osseux

- Activation des ostéoclastes (OC),
- Phase de résorption ➔ Lacune de résorption ou lacune de Howship (1).
- Phase d'inversion ➔ Cellules mononuclées (CM) déposent la ligne cémentante ou ligne d'inversion (2).
- Phase de formation ➔ Ostéoblastes (OB) sécrètent la matrice ostéoïde (3) qui se minéralise formant un nouvel os (4).
- Phase de quiescence (5) ➔ Cellules bordantes.

# FIIIIIIN

Enfin fini !! vous pouvez souffler un bon coup vous êtes parvenus à la fin de ces 37 pages <333

Alors dans ce cours avec louisa on a laissé les diapos de la prof pq ce cours a été remis au programme l'année dernière et vraiment les qcms qui sont tombés à l'exam étaient texto cours donc apprenez bien ce qu'il y a sur les diapos. (on vous fera une com pour vous tenir au courant s'il y a des changements sur ce "nouveau" cours)

Je pense que les dedis sont obligatoires ici pour vous permettre de penser à autre chose :

- déjà dédi à vous parce que vous donnez tout et que tous les tuteurs sont fiers de vous
- dédi à ce cours qui est quand même assez sympa (c'est de la logique)
- dédi à louisa avec qui j'ai fait cette fiche (vous avez intérêt à l'aimer notre fiche !!)
- dédi aux fous rires de la BU (#l'avionenpapier) et donc dédi à alexane ma partenaire de fous rire et ma confidente
- dédi à Marie lou ma partenaire de shopping et de vision dans des habit chelous (petite pensée à la capuche et aux shoes vertes !!)
- dédi à l'aigris mais qui est un amour au fond j'ai nommé Lucas
- dédi à vincent qui prend mon tel pour faire des vlogs et des photos (très avantageuses bien évidemment (cf dédis photos plus bas)
- dedis à tous mes potes exté et qui auront toujours une place chère et propre à eux dans mon coeur <333
- dédi à stella qui est trauma à force de faire ses pauses avec nous
- dédis aux D2/aux PAG
- dédis aux D1 qui ont survécu au S1 et qui meurent à petit feu à cause du S2 (forza à eux)
- dédi à mon compte en banque qui n'a pas tenu suite à cette année de med... snif paix à son âme
- dédi au wayne's mon endroit pref là ou je passe toutes mes meilleures heures !! (et bien sûr dedi aux irlandais hahahaha)
- dédi à la PP1 (et la future PP2 😊)
- dédis aux P1 fillots officieux j'ai nommé Mathys, Nolan et Romane (on se retrouve l'année pro de l'autre côté)
- anti dédi aux mises en situation de hippocampus
- anti dédi au verre d'eau glacée (la solution à tous nos problemes... vous verrez l'année pro)
- anti dédi à julien qui a jeté un bout de papier mâché dans mon café (snif je suis victimisée)
- anti dédi aux examens de med après les vacances de Noël (la mort en personne)
- anti dédi à l'ia et son séminaire interminable

