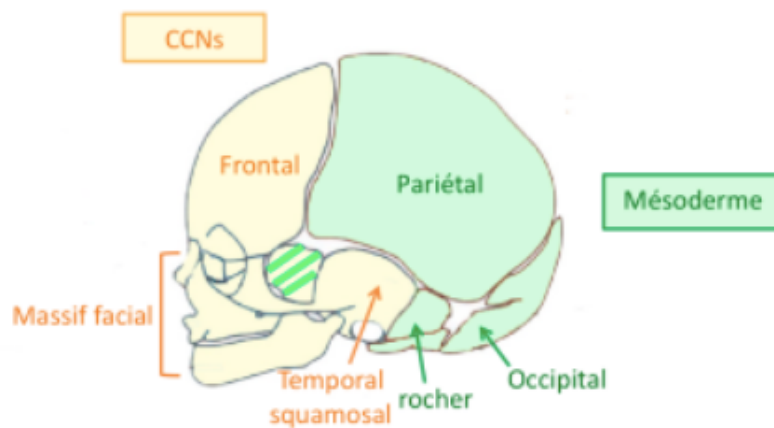
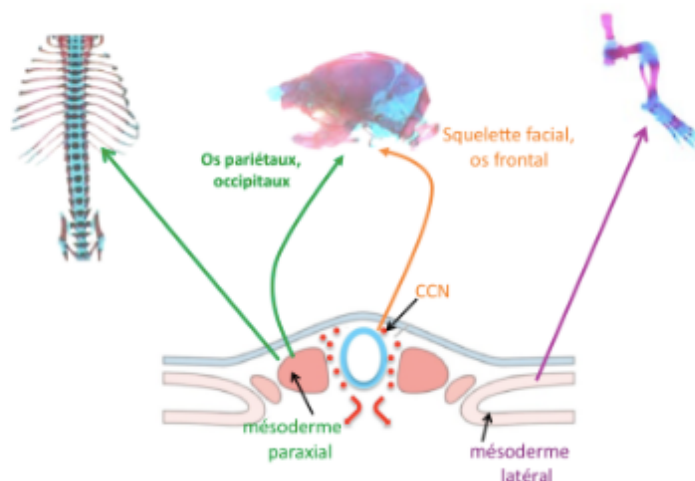


# FORMATION CRANIOFACIAL 2

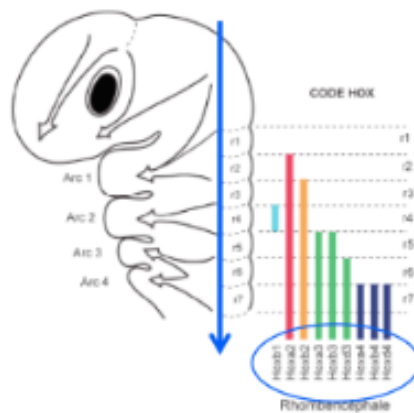
|                                 |                                                                                         |
|---------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>CCNs</b>                     | totalité du squelette facial, os <b>frontal</b> et os <b>temporal squamosal</b>         |
| <b>Mésoderme</b>                | os <b>pariétal</b> , <b>occipital</b> et le <b>rocher</b> (partie pétreuse du temporal) |
| <b>CCNs + mésoderme (mixte)</b> | <b>sphénoïde</b>                                                                        |



|                           |                                                                                                    |
|---------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Mésoderme paraxial</b> | → os <b>pariétaux</b> , <b>occipitaux</b> et <b>squelette axial</b> (colonne vertébrale et côtes). |
| <b>Mésoderme latéral</b>  | → <b>squelette appendiculaire</b> (membres).                                                       |



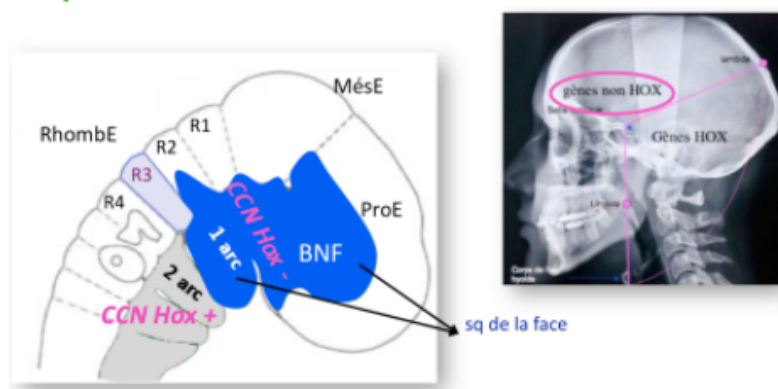
Les gènes **Hox** permettent un **contrôle génétique** de la **squelettogenèse cranio-faciale**. Ils sont regroupés selon l'**axe rostro-caudal** de l'embryon.



Les CCNs de :

- **R1,2** -> pas de gène Hox (**Hox -**, **paraHox**, **divergent**)
- **2<sup>ème</sup> arc** -> gène **Hox** (++)
- **R3,5** -> **apoptose**

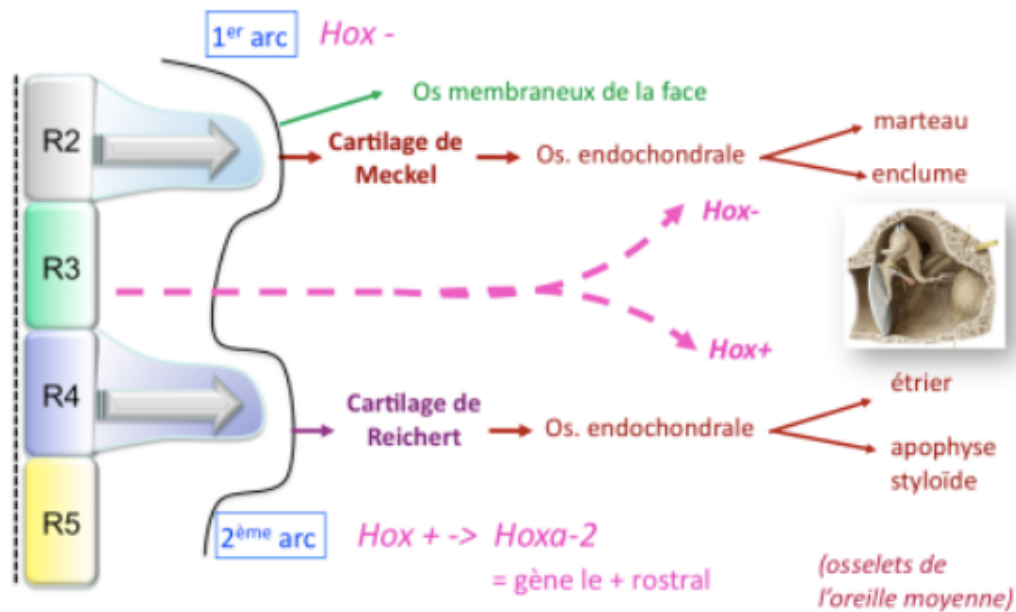
Les CCNs du **proE moyen** jusqu'au **R2** inclus où les CCNs n'expriment **pas de gènes Hox** → **ectomésenchyme** du **bg naso-frontal** et le **1<sup>er</sup> arc** → **squelette facial**



La **limite** entre l'expression des gènes **hox +** et **hox -** se situe entre le **1<sup>er</sup>** et **2<sup>ème</sup>** **arc** (exprimant le gène **hox** le plus **rostral** = **Hoxa 2** \*).

**1<sup>er</sup> arc** → **os membraneux faciaux**, **cartilage de Meckel** (**malleus** et **incus** par ossification **endochondrale**).

**2<sup>ème</sup> arc** → **cartilage de Reichert** (**stapes** et **apophyse styloïde** par ossification **endochondrale**).



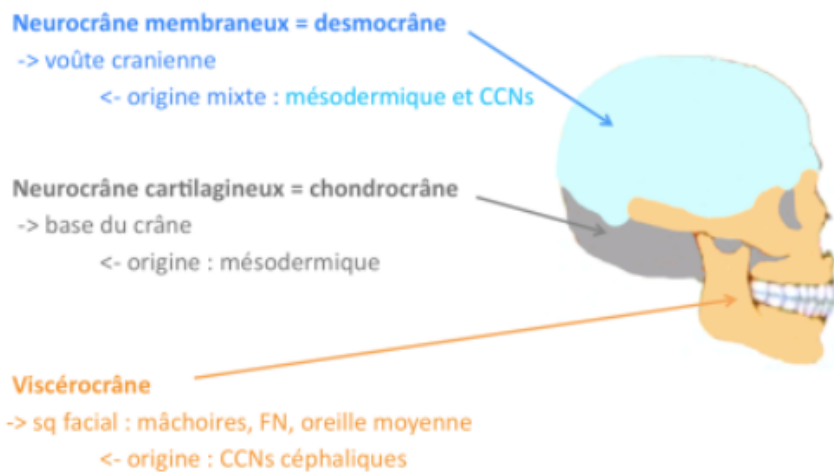
|                      |                             |
|----------------------|-----------------------------|
| ProE post + mésE ant | → <b>BNF</b>                |
| MésE post + R1,2     | → <b>1<sup>er</sup> arc</b> |
| R3                   | → <b>apoptose</b>           |

Gènes divergents ou **Hox -** → spécification du **BNF** et du **1<sup>er</sup> arc**.

Le crâne embryonnaire est constitué de **2 parties** : \*

- **neurocrâne** : protège le cerveau
- **viscérocrâne** (squelette facial)

|                                                                 |                   |                                      |
|-----------------------------------------------------------------|-------------------|--------------------------------------|
| <b>Le neurocrâne</b>                                            |                   |                                      |
| - membraneux (desmocrâne)                                       | → voûte crânienne | origine : <b>mixte (CCNs + meso)</b> |
| - cartilagineux (chondrocrâne)                                  | → base du crâne   | origine : <b>mésoderme</b>           |
| <b>Le viscérocrâne</b>                                          |                   |                                      |
| squelette facial (mâchoires, fosses nasales et oreille moyenne) |                   | origine : <b>CCNs</b>                |



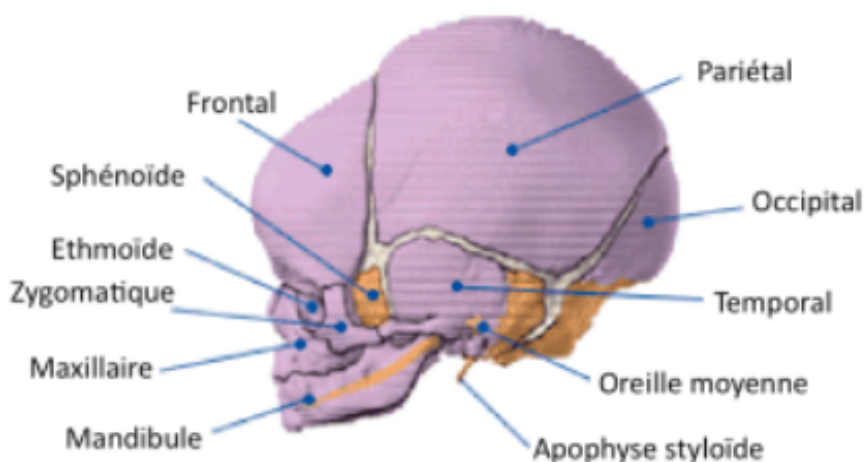
L'ossification craniofaciale est divisée en plusieurs étapes :

|                                  |                                                                                                                                                        |
|----------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ① <b>ossification primaire</b>   | - à partir d'un tissu <b>mésenchymateux</b> (ossification <b>membraneuse</b> )<br>- à partir de <b>cartilage</b> (ossification <b>endochondrale</b> ). |
| ② <b>ossification secondaire</b> | par extension à partir d'un os déjà constitué ( <b>os primaire</b> ).                                                                                  |
| ③ <b>ossification tertiaire</b>  | = <b>remodelage</b> osseux chez l'adulte                                                                                                               |

Ces mécanismes sont sous la dépendance de **facteurs de régulation systémiques** et **locaux**.

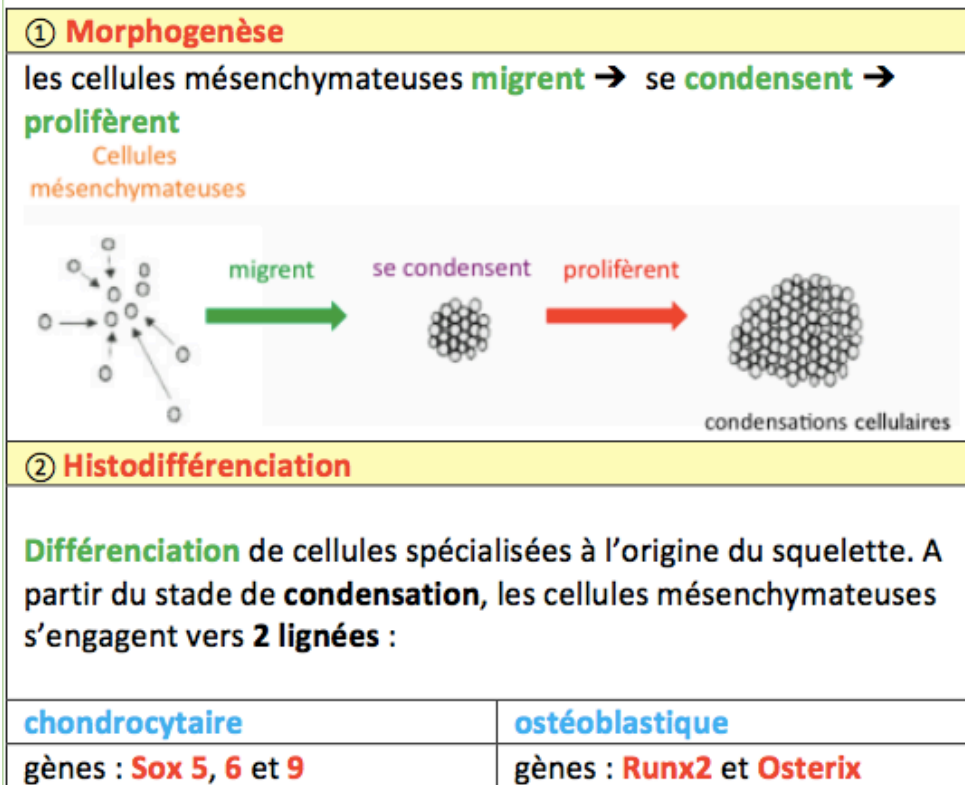
Modes d'ossification du squelette cranio-facial :

|              |                            |
|--------------|----------------------------|
| <b>voûte</b> | ossi. <b>membraneuse</b>   |
| <b>base</b>  | ossi. <b>endochondrale</b> |
| <b>face</b>  | ossi. <b>mixte</b>         |



L'ossification **primaire** débute durant la **vie embryonnaire** à des moments variables suivant les pièces osseuses et en présence de contraintes mécaniques faibles. Les ostéoblastes produisent du tissu +/- **fibreux** et **peu orienté**, dont l'existence est **temporaire**. Le tissu primaire se forme par ossification **membraneuse** ou **endochondrale**.

La mise en place du squelette crânio-facial se fait en 2 phases :



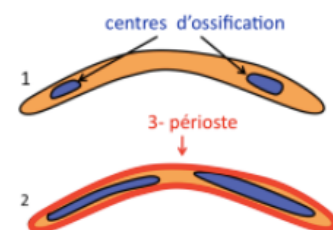
## OSSIFICATION MEMBRANEUSE :

**Développement** et **ossification** de la **voûte crânienne**

Au sein du mésenchyme embryonnaire se forme un modèle conjonctif riche en **collagènes irréguliers**.

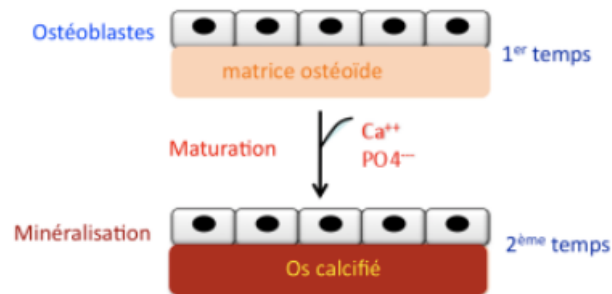
Des **centres d'ossification** apparaissent :

- ① **pénétration** de **vaisseaux** dans le modèle conjonctif
- ② **croissance** des **centres d'ossification** dans le mésenchyme
- ③ le tissu **conjonctif fibreux périphérique** devient **périoste**.



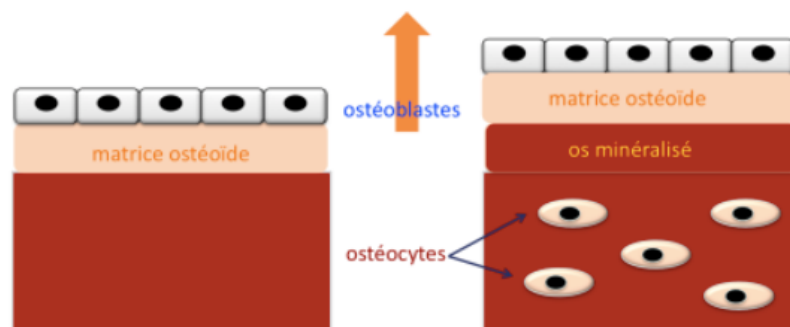
L'**ossification membraneuse** est une ossification **directe** où les cellules mésenchymateuses se différencient en **ostéoblastes**. Les ostéoblastes synthétisent dans un premier temps une **matrice extracellulaire non minéralisée (matrice ostéoïde)**.

Après **maturation** et **enrichissement** en ions **calcium** et **phosphates**, la **matrice ostéoïde** devient de la **matrice osseuse minéralisée** ou **calcifiée**



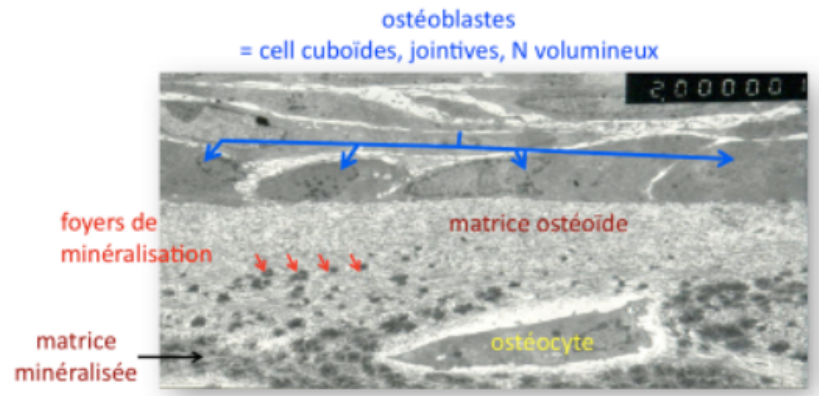
Les **ostéoblastes** alignés en **palissade** vont reculer et déposer une **2<sup>ème</sup> couche** de **matrice ostéoïde** qui secondairement se **minéralisera**.

Cette **ossification primaire** est **rapide** et de nombreux **ostéoblastes** sont **emmurés** dans la matrice et deviennent des **ostéocytes**.



Au MET, les **ostéoblastes** apparaissent **cuboïdes, jointives** et ont un **noyau volumineux**.

La **matrice ostéoïde** est composée de nombreuses fibres de **collagène**.  
En **profondeur**, les foyers de minéralisation confluent pour former la matrice osseuse minéralisée.



Régulation de la différenciation **ostéoblastique** :

Les grandes étapes de l'**ostéogénèse** sont caractérisées par l'**engagement**, la **prolifération** et la **différenciation** des cellules mésenchymateuses → **ostéoprogénitrice** → **pré-ostéoblaste** → **ostéoblaste** chargé de la **synthèse**, la **sécrétion** et la **minéralisation** de la matrice osseuse.

La **différenciation** des **ostéoblastes** nécessite des **facteurs de transcription** : \*\*

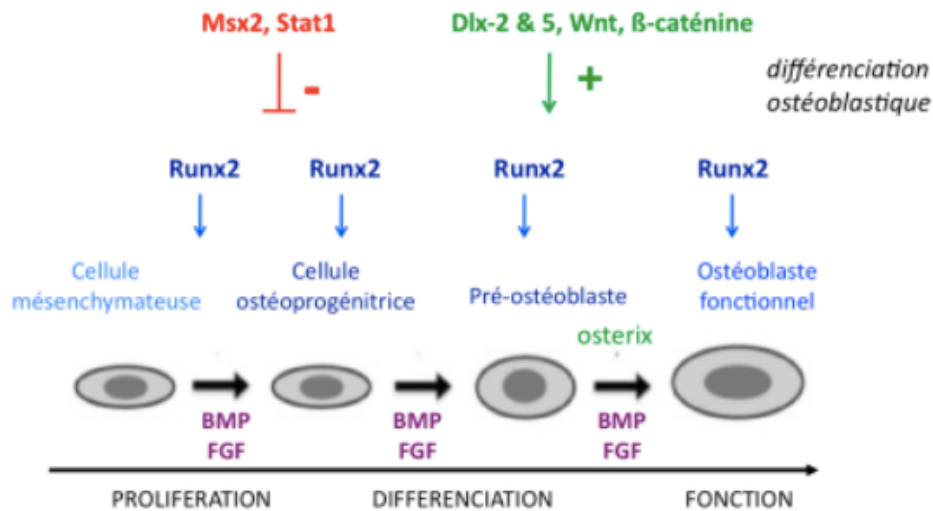
|                    |                                                                                         |
|--------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Stimulation</b> | <b>Dlx2, 5, le co-activateur transcriptionnel Wnt et la <math>\beta</math>-caténine</b> |
| <b>Inhibition</b>  | <b>Msx2 et Stat-1</b>                                                                   |

Ils contrôlent en amont l'activité du **gène maître** de la différenciation ostéoblastique **Runx2**.

**Ostérix** est indispensable au passage du **pré-ostéoblaste** → **ostéoblaste fonctionnel**. \*\*

Cette différenciation est aussi sous le contrôle de **facteurs systémiques** et **locaux**.

Les facteurs de croissance de la famille des **Bone Morphogenetic Proteins (BMP)** et **Fibroblast Growth Factors (FGF)** jouent un rôle majeur.



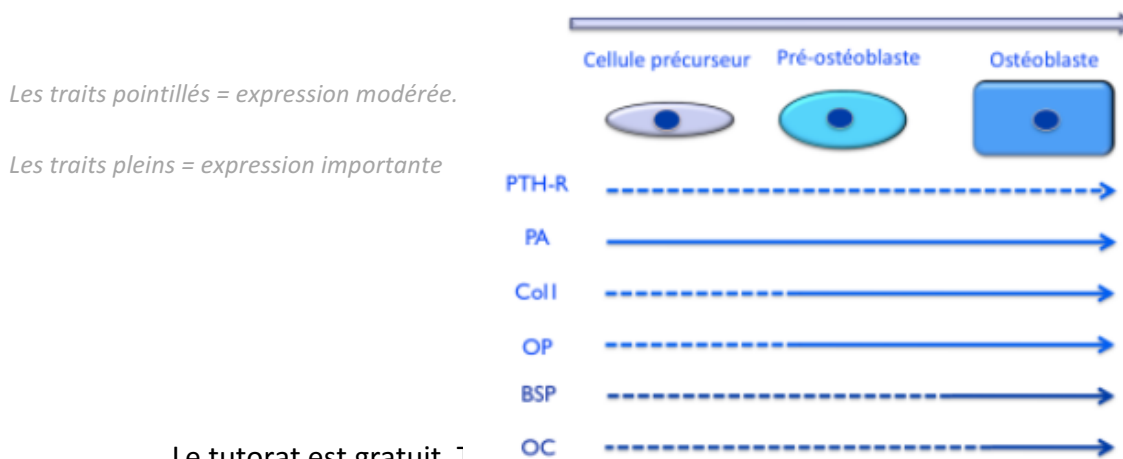
### Runx2, le gène maître de la différenciation ostéoblastique :

- se fixe sur l'ADN des gènes via une séquence consensus située sur les promoteurs de ces gènes
- régule les gènes impliqués dans l'engagement cellulaire vers la voie ostéoblastique comme le **Rc1** au **TGF-β**, le **colla I** et la **phosphatase alcaline**.
- régule des gènes lors de la **minéralisation** osseuse : **ostéopontine**, **BSP** (sialoprotéine osseuse) et **ostéocalcine**.
- il est **faiblement exprimé** par les **ostéoblastes matures**. \*\*

La **différenciation** progressive **ostéoblastique** du **précurseur** au **préostéoblaste** et à l'**ostéoblaste différencié** est caractérisée par l'expression de gènes ostéoblastiques :

- **précoces** : **PTH-R**, **phosphatase alcaline**, **colla I**, **ostéopontine**
- **tardifs** : **sialoprotéine osseuse**, **ostéocalcine**. \*

L'activation de ces gènes de structure va permettre la **synthèse** et la **sécrétion** des protéines de la matrice osseuse et sa **minéralisation**.



Il existe aussi des **facteurs systémiques** régulant la **formation osseuse** : **PTH**, **hormones sexuelles** (œstrogènes), **glucocorticoïdes**, **hormones de croissance** et **vitamine D**.

## LES FONTANELLES ET SUTURES :

Les **centres d'ossification** correspondant aux futurs os du crâne vont **croître, se rapprocher**, mais ne vont **pas fusionner** -> **sutures** crâniennes.

A la **naissance**, il persiste un **tissu conjonctif** entre les différentes plaques osseuses qui constituent les **sutures**, qui convergent pour former des espaces **triangulaires**, les **fontanelles**.

La fontanelle **antérieure** = **bregma**.

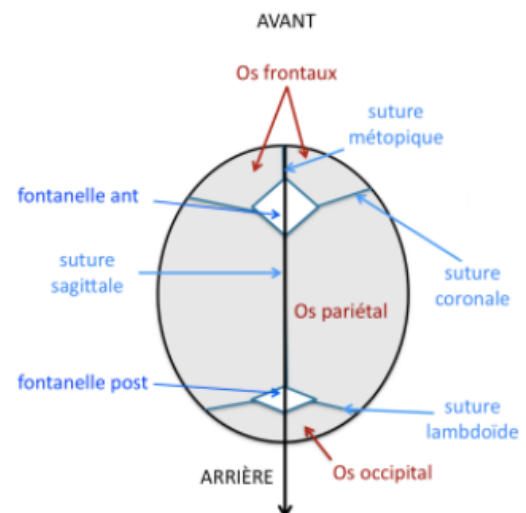
La fontanelle **postérieure** = **lambda**.

La **suture métopique** sépare antérieurement les os **frontaux**

La **suture coronale** sépare les os **pariétaux** et **frontaux**. \*

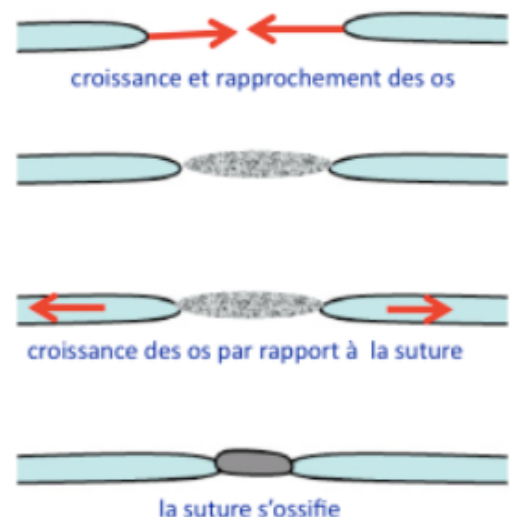
La **suture sagittale** détermine l'**axe antéro-postérieur** de la voûte crânienne, elle sépare les os **pariétaux**.

La **suture lambdaïde** sépare postérieurement les os **pariétaux** et **occipitaux**.



Différentes étapes de la **morphogénèse suturale** :

- ① **croissance** et **rapprochement** des os (morphogénèse)
- ② établissement de la **suture**
- ③ **croissance centrifuge** des os par rapport à la **suture**
- ④ **contact** et **ossification** de la suture.

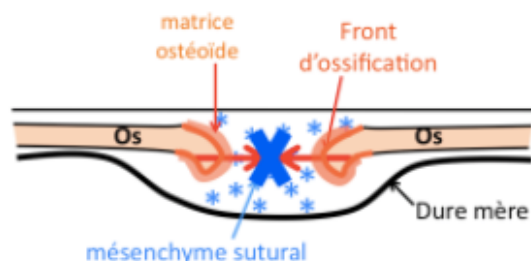


Les **sutures** de la **voûte** crânienne sont **membraneuses = synfibroses**.

Elles jouent un rôle physiologique important dans la croissance harmonieuse du crâne et du cerveau.

Elles sont formées d'un **mésenchyme sutural** qui empêche la fusion des os du crâne pendant la croissance.

Les limites osseuses des sutures comportent un **front d'ossification** qui assure la **croissance** des **os plats** de la voûte crânienne par **déposition** de **matrice ostéoïde** aux **bords de la suture**



Des **voies de signalisation** contrôlent la **croissance** de la voûte et la morphogenèse des sutures.

Des signaux émis par la **dure mère (\*)**, **membrane fibreuse** qui protège le **cerveau** et **adhère à l'os**, vont réguler la **croissance** des **os** et assurer le **maintien** des **sutures**.

|                              |                                                                                             |
|------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|
| Signaux <b>ostéogéniques</b> | <b>TGF-<math>\beta</math>, BMP, FGF, FGFR</b>                                               |
| Signaux <b>inhibiteurs</b>   | <b>Msx-2, Twist</b> qui maintiennent le mésenchyme sutural et empêchent sa minéralisation ★ |

Des **forces biomécaniques** dues à la **croissance du cerveau** contribuent à la **croissance des os** de la voûte en augmentant l'**activité ostéogénique** aux **fronts d'ossification**.

Le **facteur de transcription Twist** (inhibiteur) et le **récepteur aux FGF** (activateur) sont deux acteurs de la croissance suturale. Une perturbation des facteurs peut entraîner une fermeture des sutures tardive/prématurée responsable de **craniosténoses**

|                                       |                                   |
|---------------------------------------|-----------------------------------|
| Le syndrome de <b>Saethre-Chotzen</b> | perte de fonction de <b>Twist</b> |
|                                       |                                   |
| Le syndrome d' <b>Apert</b>           | gain de fonction du <b>FGFR</b>   |
|                                       |                                   |

Quelques craniosténoses :

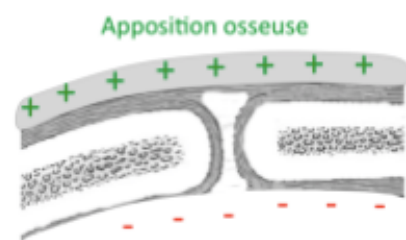
|                            |                                                          |
|----------------------------|----------------------------------------------------------|
| <b>Scaphocéphalie</b><br>  | fusion prématurée de la <b>suture sagittale</b> ★        |
| <b>Trigonocéphalie</b><br> | fusion de la <b>suture métopique</b> ★                   |
| <b>Plagiocéphalie</b><br>  | fusion <b>unilatérale</b> de la <b>suture coronale</b> ★ |

Les **craniosténoses** (1/2000 naissances \*) peuvent perturber la croissance du crâne/cerveau entraînant des séquelles **visuelles** et **mentales**.

Parallèlement à la **croissance crânienne suturale**, on observe également une **croissance appositionnelle** où les **ostéoblastes** situés **sous le périoste** sécrètent une matrice osseuse sur la surface **externe** de l'os tandis que les **ostéoclastes** situés dans la partie **endocrânienne** résorbent l'os.

Ceci explique la **décourbure progressive** des pièces osseuses indispensables au changement du périmètre crânien.

De façon concomitante au **développement** de la **voûte** crânienne, la **base** du crâne et les **os** de la **face** vont se développer.

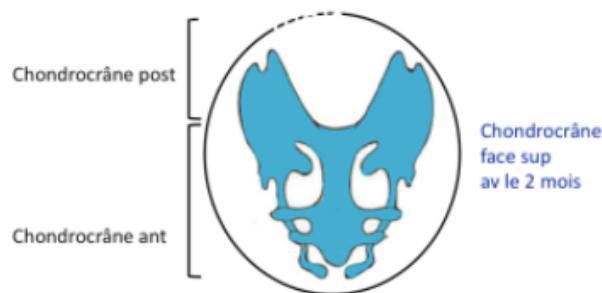


## OSSIFICATION ENDOCHONDRALE :

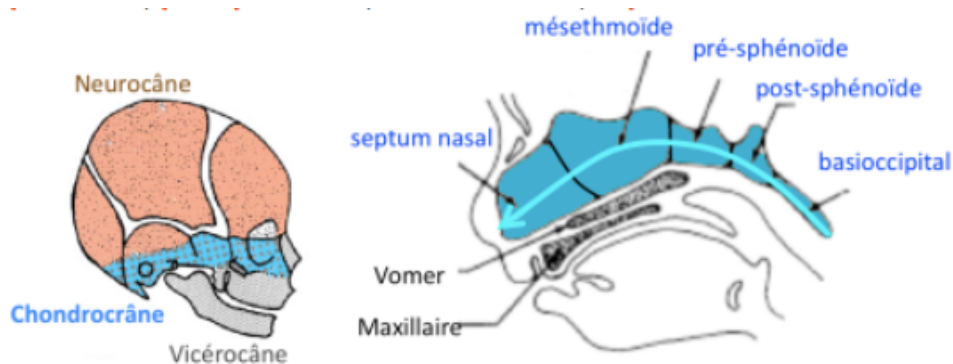
A la **4<sup>ème</sup> semaine**, le mésenchyme issu du **mésoderme paraxial** se **condense** entre le **cerveau** en développement et l'**ectoderme**.

Le **neurocrâne cartilagineux** ou **chondrocrâne** consiste initialement en une série de **points de cartilages** qui vont **fusionner**, puis par ossification **endochondrale**, former la **base** du crâne.

On distingue le **chondrocrâne postérieur** et l'**antérieur**.



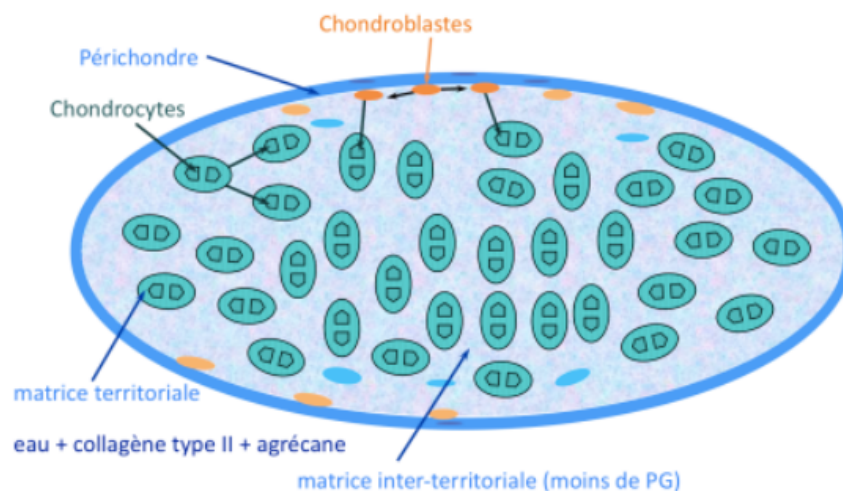
Le **chondrocrâne** est formé de pièces cartilagineuses correspondant aux futurs os de la **base** du crâne et **certain**s os de la **face** qui sont respectivement de l'arrière vers l'avant : **basioccipital**, **postsphénoïde**, **pré-sphénoïde**, **méséthmoïde**, **septum nasal**.



**Croissance** du cartilage : une ébauche cartilagineuse est constituée d'un **cartilage hyalin** entouré d'une **membrane**, le **périchondre**. Il s'agit d'un tissu **mésenchymateux**, richement **vascularisé**, constitué de fibres de **colla I** et de cellules **chondroprogénitrices**, les **chondroblastes**.

La croissance se fait selon **2 mécanismes** :

|                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|-----------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| croissance <b>appositionnelle</b> | par <b>division</b> des <b>chondroblastes</b> du <b>périchondre</b> et <b>différenciation</b> en <b>chondrocyte</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| croissance <b>interstitielle</b>  | par <b>division</b> des <b>chondrocytes</b> à l'intérieur du cartilage, suivie de la <b>sécrétion</b> de la <b>matrice cartilagineuse</b> essentiellement constituée d' <b>eau</b> , <b>colla II</b> et <b>agrécane</b> ( <b>protéoglycane spécifique du cartilage</b> ). Elle s'organise en <b>matrice territoriale</b> autour des chondrocytes et <b>matrice inter-territoriale</b> beaucoup <b>moins riche en protéoglycane</b> . |



# Etapes de l'ossification endochondrale :

|                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |  |
|--------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
| <p>① La <b>chondrogenèse</b></p>                                   | <p>C'est l'ensemble des processus qui aboutissent à la formation du tissu cartilagineux :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>engagement</b> des cellules mésenchymateuses vers la lignée chondrocytaire (1<sup>ère</sup> phase). Les cellules chondroprogénitrices expriment le <b>colla I</b> (non spécifique des chondrocytes) et le <b>colla IIA</b> (gène <math>\alpha(II)</math>).</li> <li>- <b>condensations</b> cellulaires préfigurant les futurs éléments osseux.</li> </ul> <p>A ce stade, les cellules sont extrêmement <b>jointives</b> par des <b>jonctions communicantes</b>, <b>N-CAM</b> et <b>N-cadhérines</b>.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |  |
| <p>② La <b>différenciation chondrocytaire</b></p>                  | <p>Elle se caractérise par l'expression de <b>protéines matricielles spécifiques</b> du cartilage : <b>colla IIB, IX, XI</b> et l'<b>agrécan</b> (protéoglycane de haut poids moléculaire).</p> <p>Cette différenciation est sous le contrôle du <b>gène maître Sox9</b> mais aussi <b>Sox5</b> et <b>6</b> lors de la phase <b>proliférative</b>, ainsi que les <b>facteurs de croissance</b> de la famille des <b>BMP, FGF</b> et <b>IGF-1,2</b>.</p> <p>Après une phase proliférative, les chondrocytes <b>augmentent de volume</b> et deviennent <b>hypertrophiques</b></p> <p><b>Sox9, gène maître de la différenciation chondrocytaire</b> appartient à la famille des <b>facteurs de transcription</b> caractérisé par la présence d'une <b>boîte HMG</b> (High Mobility Group) qui est un <b>site de liaison à l'ADN</b>. <b>Sox9</b> est exprimé dans les <b>condensations préchondrogéniques</b> et les <b>chondrocytes prolifératifs</b> (<math>\neq</math> hypertrophiques).</p> |  |
| <p>③ La <b>calcification</b> de la matrice cartilagineuse</p>      | <p>est caractérisée par le <b>colla X</b> (morphogène <b>Hedgehog</b>), la <b>MMP-13</b> (protéase matricielle) et le <b>VEGF</b> (facteur de croissance angiogénique).</p> <p><b>Sox9 n'est plus exprimé</b> mais <b>Runx2</b> (gène maître osseux) régule la <b>différenciation terminale</b> des <b>chondrocytes hypertrophiques</b>.</p> <p>La <b>dysplasie campomélique</b> est une maladie génétique caractérisée par une mutation <b>hétérozygote</b> de <b>Sox9</b> → <b>nanisme</b> et <b>malformations osseuses/cartilagineuses</b>. <i>Les anomalies sont identiques entre souris/humain.</i></p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |  |
| <p>④ <b>L'ossification endochondrale</b></p>                       | <p>début par l'<b>invasion vasculaire</b> du <b>cartilage calcifié</b>, alors que les <b>chondrocytes hypertrophiques</b> meurent par <b>apoptose</b>.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |  |
| <p>⑤ La <b>vascularisation</b></p>                                 | <p>apporte des <b>chondroclastes</b>, cellules <b>géantes multinuclées</b>, proches des <b>ostéoclastes</b>, qui résorbent le cartilage calcifié et des <b>cellules mésenchymateuses</b> qui se <b>différencient</b> en <b>ostéoblastes</b>.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |  |
| <p>⑥ Le <b>périchondre</b> est remplacé par le <b>périoste</b></p> | <p>contenant des <b>ostéoblastes différenciés</b> et des cellules <b>ostéoprogénitrices</b>. Le <b>remplacement du cartilage par de l'os</b> se fait d'abord au <b>centre</b> de l'ébauche cartilagineuse.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |  |

Résumé des étapes de l'ossification endochondrale :

- **chondrogenèse** → ébauche cartilagineuse)
- **différenciation terminale** des **chondrocytes** → **hypertrophiques**
- **calcification** de la **matrice cartilagineuse**
- **invasion vasculaire** du **cartilage calcifié**
- **résorption** de la **matrice cartilagineuse**
- **remplacement** par de l'**os endochondral**

Les différents os de la **base** du crâne ne vont **pas fusionner**, ils seront séparés pendant la croissance par des **sutures**.

**Voûte** crânienne : sutures fibreuses ou **synfibroses**.

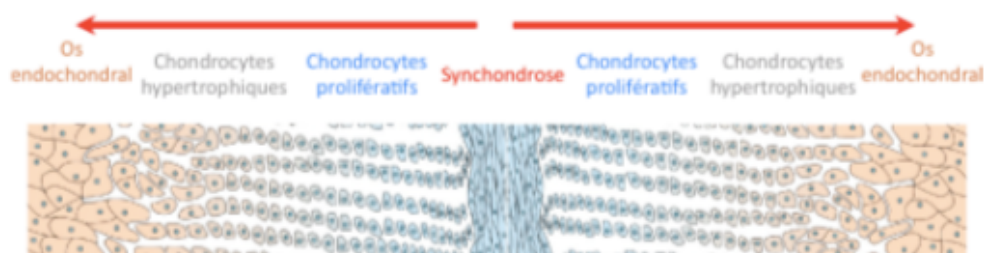
**Base** du crâne : sutures cartilagineuses ou **synchondroses**.

Les synchondroses se présentent sous forme de **2 plaques cartilagineuses** de croissance en miroir.

La **synchondrose** est une **zone de réserve** fournissant des **précurseurs chondrocytaires**.

De chaque côté, les **chondrocytes prolifèrent** et deviennent **hypertrophiques** avec une **calcification** de la matrice cartilagineuse qui sera **résorbée** et **remplacée** par de l'**os endochondral**.

Les **synchondroses** ont un rôle important dans la **croissance** de la **base** du crâne et donc aussi de la **face**. Elles disparaissent à différentes périodes de la vie, certaines avant la **naissance**, d'autres gardent leur activité jusqu'à l'**âge adulte**



## Chondrocrâne

Le **chondrocrâne** forme dans sa partie antérieure un « **loup de carnaval** ».

Il émet en **bas** et en **avant** :

- une **lame cartilagineuse verticale** armant le **septum nasal médian**
- **2 auvents latéraux** accolés par leurs bords internes qui constituent la **capsule nasale**
- des **tiges de cartilages primaires (Meckel/Reichert)**.

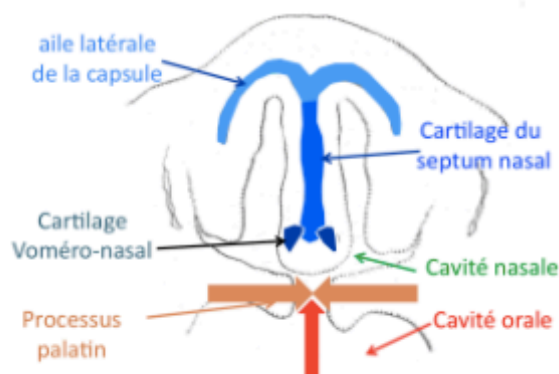


## En coupe frontale

Le cartilage de la capsule nasale montre les **2 ailes latérales** et la **partie centrale** formant le **septum nasal**.

Les cartilages **voméro-nasaux** (**cartilage de Jacobson**) sont 2 bandes étroites de cartilage, situés dans la **partie inférieure** du **septum nasal**.

A ce stade il existe une **communication cavité nasale/orale**. Plus tard, les **processus palatins** vont proliférer puis fusionner pour former le **palais** qui va **séparer** la cavité **nasale** de la cavité **orale**.



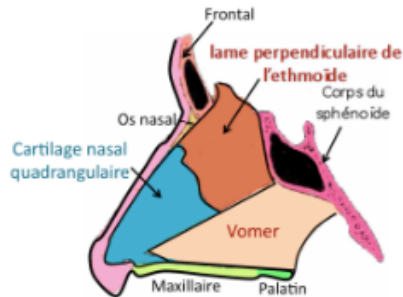
## En coupe sagittale

Le **septum nasal** apparaît comme une **lame cartilagineuse** qui s'étend dans le **sens antéro-postérieur**, il est un **organisateur** et **inducteur** de la croissance des **maxillaires**.



La **partie postérieure** du **septum nasal** donnera par **ossification endochondrale** une partie du **vomer** et la **lame perpendiculaire de l'ethmoïde** (os constituant le **toit des fosses nasales**). ★

La **partie antérieure** du **septum nasal** ne s'ossifiera pas et constituera le **cartilage nasal quadrangulaire**.

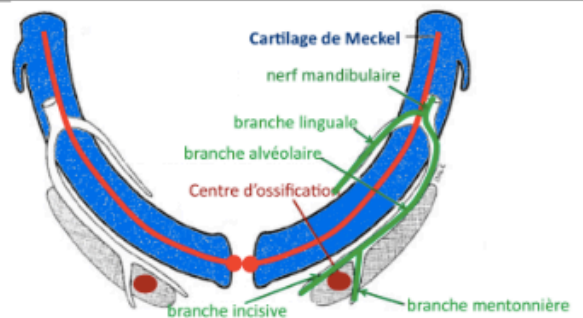


L'**ectomésenchyme** du **1<sup>er</sup> arc** va donner **2 cartilages primaires de Meckel**. ★

Le cartilage de **Meckel** est le tuteur de la croissance de la mandibule.

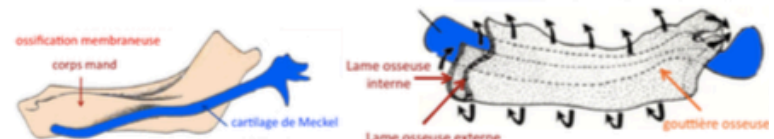
Il est formé de **2 languettes cartilagineuses** qui se rejoignent au niveau de la future **symphyse mentonnière**.

Il est **visible avant tout point d'ossification** qui apparaîtra en dehors du cartilage, en même temps que se développera l'**innervation mandibulaire**, avec l'apparition des **nerfs mandibulaires** et de ses différentes branches (linguale, alvéolaire, mentonnière et incisive).



Le **corpus** de la mandibule se forme **en dehors du cartilage de Meckel** par **ossification membraneuse**.

Il va former une **gouttière osseuse** comportant une **lame externe** et **interne**.



Le cartilage de **Meckel** va **se résorber** et seule la partie **postérieure** donnera par **ossification endochondrale** deux osselets de l'**oreille moyenne** : **malleus** (marteau) et **incus** (enclume). ★



Le **3<sup>ème</sup> osselet**, le **stapes** (étrier) provient du **2<sup>ème</sup> arc/cartilage de Reichert**.

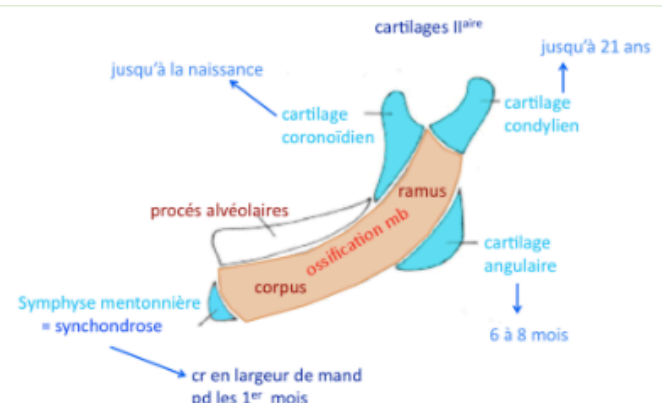
L'**os hyoïde** provient du **3<sup>ème</sup> arc pharyngé**.

Le **ramus** et le **corpus** se développent par **ossification membraneuse**.

Cependant, la **croissance** est réalisée par des **cartilages secondaires de courte existence** : ★

- **angulaire** : 6-8 mois
- **coronoïdien** : naissance
- **condylien** : 21 ans

Le cartilage de la **symphyse mentonnière** forme une **synchondrose** qui contribue à la croissance en **largeur** de la mandibule pendant les **premiers mois de la vie**



Le **cartilage condylien** est le centre le **plus important** de la **croissance (en hauteur et largeur)** mandibulaire.

On distingue **5 zones** :

- ① **superficielle** : fibrocartilage formant la **zone articulaire**.
- ② **périchondre** : **précurseurs** de cellules cartilagineuses ou **chondroblastes**.
- ③ **intermédiaire** : **cartilage hyalin** où les **chondrocytes** se **différencient** et **prolifèrent**. Dans la **zone profonde**, les **chondrocytes** deviennent **hypertrophiques**.
- ④ **cartilage calcifié** : les **chondrocytes hypertrophiques** meurent par **apoptose**.
- ⑤ **ossification endochondrale** : le cartilage est **résorbé** et **remplacé** par de l'**os spongieux**.



En fin de **croissance**, seule la couche de **fibrocartilage** demeure et assure l'**articulation** avec l'**os temporal**. Sous le cartilage se trouve de l'**os compact haversien**.