

Organogénèse et 2ème mois

Pr. Paoli

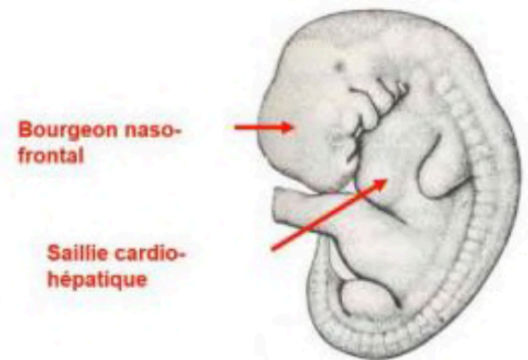
2025-2026

I. Volume de la tête

La **croissance de la tête** est prédominante. Elle est très fortement **fléchie en avant** et le bourgeon naso-frontal vient au contact de la saillie cardio-hépatique.

Cette croissance importante de la tête est en rapport avec le développement des **vésicules cérébrales**, en particulier du prosencéphale.

A la **8ème semaine**, la tête va se redresser car le cou se développe. On parle alors de **déflexion** de la tête. Cette dernière restera très développée par rapport au reste de l'embryon pendant le 2ème mois de développement.



II. Le développement crânio-facial

a) Le développement de l'appareil branchial

Nous allons nous concentrer sur le **pôle céphalique de l'embryon** et s'intéresser au développement de l'**appareil branchial**, du **crâne** et de la **face**.

(Le développement des placodes est déjà abordé dans le cours sur l'épiblaste secondaire donc on va les revoir mais de façon très succincte)

Tut'rappel : le développement de l'arc branchial

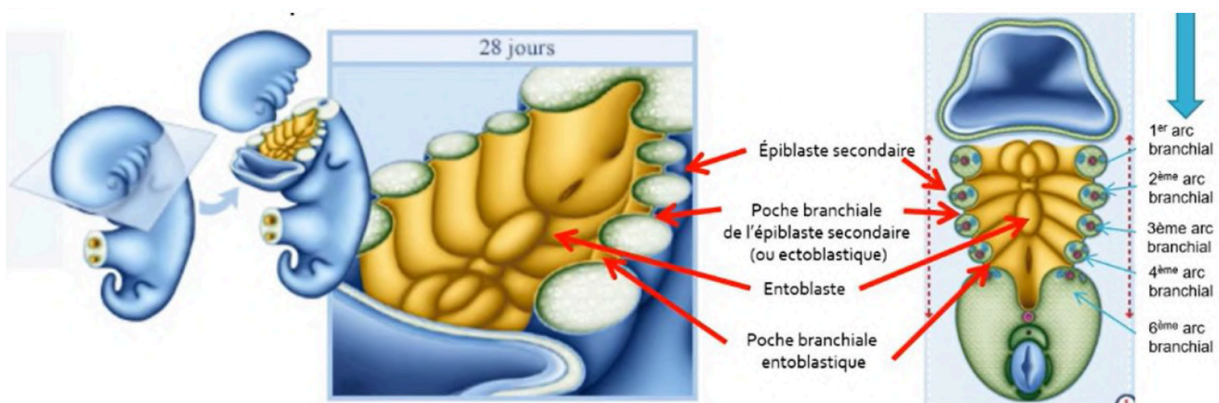


- Les **arcs branchiaux** sont des structures transitoires qui contribuent à la formation du cou et de la face
- Ils existent sous forme de **paires**
- Au total, on trouve **6 paires** d'arcs branchiaux
- La **5ème paire va régresser** rapidement et ne donnera aucun dérivé++

Attention : il y a 6 arcs branchiaux mais le 5ème régresse rapidement. Donc il n'en reste que 5 : le 1er, le 2ème, le 3ème, le 4ème et le 6ème +++

Sur la face latéro-ventrale à l'extérieur de l'embryon, trois à quatre paires sont visibles. Sur une coupe transversale de l'appareil branchial, on peut voir qu'il est :

- limité en **périphérie** par de **l'épiblaste**, formant des poches épiblastiques
- tapissé à **l'intérieur** par de **l'entoblaste**, formant des poches entoblastiques



Les poches épiblastiques et entoblastiques ne communiquent pas entre elles++, mais elles délimitent les arcs branchiaux. Ces arcs sont constitués de différents dérivés vasculo-nerveux, musculaires et osseux.

Le devenir des différents arcs branchiaux :

- Le **premier** arc branchial ou **arc mandibulaire** va participer à la formation de la mâchoire
- Le **deuxième** arc branchial prend le nom d'**arc hyoïdien** car il est, entre autres, à l'origine de la formation du corps de l'os hyoïde
- Le **troisième** arc se nomme l'**arc thyroïdien**
- Le quatrième et le sixième ne portent pas de nom

b) Le développement du crâne

Le squelette de la tête est formée de deux ensembles :

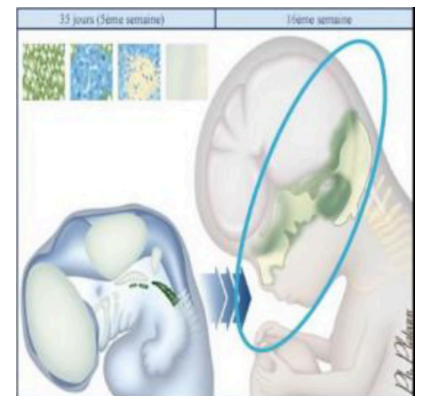
- l'**étui protecteur de l'encéphale** (cerveau) et des **organes des sens** qu'on l'on nomme le **neurocrâne**
- le **squelette de la face** et des **arcs pharyngiens** que l'on nomme le **viscérocrâne**

Neurocrâne et viscérocrâne dérivent du mésenchyme de l'extrémité céphalique de l'embryon.

1) Neurocrâne

Le neurocrâne est divisé en :

- **Base du crâne**, c'est-à-dire l'os sous-jacent à l'encéphale
- **Voute du crâne**, c'est-à-dire les os qui viennent recouvrir l'encéphale



La **base du crâne**, que l'on nomme également **chondrocrâne**, résulte d'une ossification de **type endochondrale** (= des zones cartilagineuses qui vont s'ossifier dans un second temps).

La base du crâne (chondrocrâne) est constituée :

- dans la région **axiale** : de la base de **l'occipital**, du **corps du sphénoïde**, et de **l'ethmoïde**
- **latéralement**, elle est constituée des **ailer du sphénoïde** et de la **base du temporal**

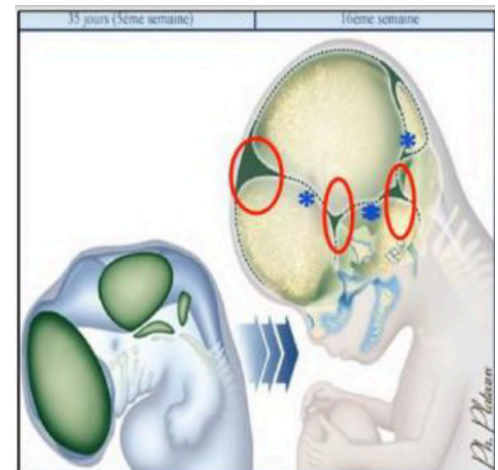
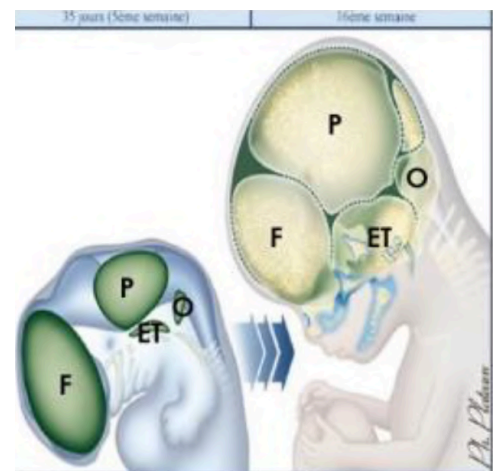
La formation de la **voute du crâne** va quant à elle résulter d'une ossification de **type membraneuse** (= ossification directe du tissu mésenchymateux sans passer par une étape cartilagineuse).

La voute du crâne est formée par des os **plats** : l'os **frontal** (F), l'os **pariétal** (P), l'**écaïlle du temporal** (ET) et une partie de l'**occiput** (O).

A la naissance, ces os plats vont rester **séparés** par des bandes de tissus conjonctifs que l'on nomme les **sutures** (représentées par * sur le schéma).

Entre la jonction de plusieurs os, des **espaces vides** constituent les **fontanelles** (entourées ci-contre). La **plus volumineuse** et la plus large est la **fontanelle antérieure**.

Ces fontanelles permettent l'augmentation du volume du crâne au fur et à mesure du développement cérébral. Elles **s'ossifient dans les années qui suivent la naissance**.



Tut'rappel sur l'ossification



- Ossification **endochondrale** : zones cartilagineuses qui s'ossifient secondairement
- Ossification **membraneuse** : ossification directe du tissu mésenchymateux

2) Viscérocrâne

Le **viscérocrâne** est formé par les axes **cartilagineux** des deux premiers arcs branchiaux qui vont se fragmenter pour former les ébauches des os de la face et des arcs pharyngiens.

Le premier arc, ou **arc mandibulaire**, est constitué de deux parties :

- Une partie ventrale ou processus **mandibulaire** qui participe à la formation de la mandibule
- Une partie dorsale ou processus **maxillaire** qui participe à la formation de la face, du marteau et de l'enclume (petits osselets constituant l'oreille moyenne).

Le deuxième arc branchial ou **arc hyoïdien** est également constitué de deux parties :

- Une partie dorsale qui participe à la formation de l'étrier (1) et de l'apophyse styloïde du temporal (2)
- Une partie ventrale qui va participer à la formation de l'os hyoïde (3)

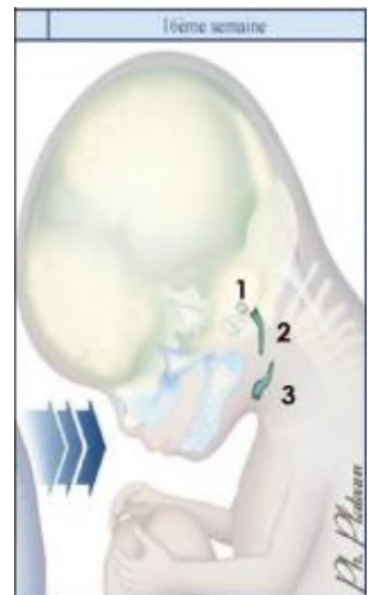


Tableau récap pour vous aider :

Neurocrâne	Base (chondrocrâne) ↳ Ossification <u>enchondrale</u>	Région axiale : <ul style="list-style-type: none"> ⊗ Base de l'occipital ⊗ Corps du sphénoïde - éthmoïde
	Voûte ↳ Ossification <u>membraneuse</u>	Région latérale : <ul style="list-style-type: none"> ⊗ Ailes du sphénoïde ⊗ Base du temporal ⊗ Os frontal ⊗ Os pariétal ⊗ Écaille du temporal ⊗ Partie de l'occiput
Viscérocrâne	1 ^{er} arc branchial Arc maxillo-mandibulaire	Partie ventrale (= <i>processus mandibulaire</i>) :
		⊗ Mandibule
	Partie dorsale (= <i>processus maxillaire</i>) :	
	⊗ Face	
2 ^{ème} arc branchial Arc hyoïdien	Partie ventrale :	
	⊗ Os hyoïde	
Partie dorsale :		
⊗ Étrier		
⊗ Apophyse styloïde du temporal		

c) Le développement de la face, du palais et des fosses nasales

1) La face

Les différents éléments de la face proviennent des massifs mésenchymateux qui sont recouverts d'épiblaste secondaire et qui entourent le stomodeum.

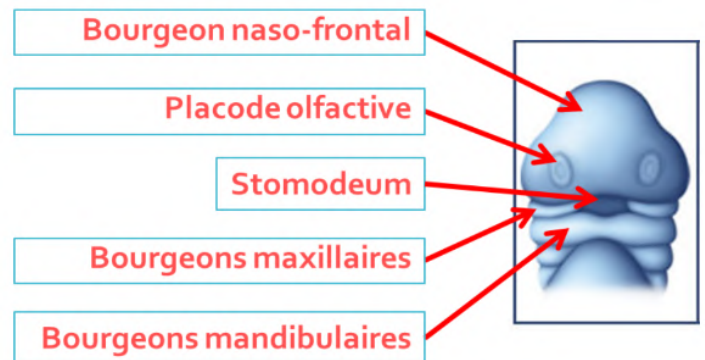
A partir de la 4ème semaine de développement, **cinq bourgeons faciaux** primordiaux entourent la cavité du **stomodeum** (= future cavité buccale).

Ces 5 bourgeons prennent le nom de :

- Bourgeon naso-frontal → **médian** et **impair**
- Bourgeons maxillaires → de part et d'autre, **supérieurs**
- Bourgeons mandibulaires → de part et d'autre, plus **inférieurs**

Au cours du **2ème mois**, ces bourgeons primordiaux vont subir des **remaniements** et des **fusions** qui contribuent à l'édification de la face sous contrôle des cellules des crêtes neurales ou cellules crestaies.

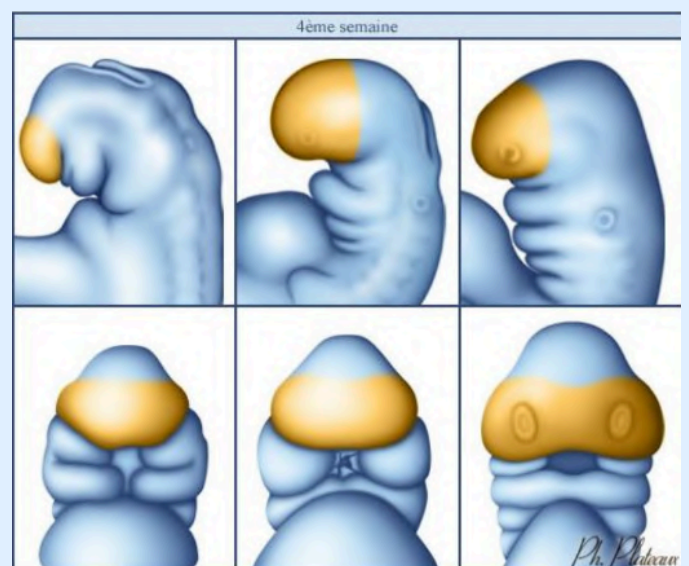
Elles stimulent les divisions cellulaires des cellules mésenchymateuses et mésoblastiques par différents mécanismes moléculaires.



Le bourgeon naso-frontal

Il est **impair et médian**. Il est soulevé par l'extrémité céphalique du tube neural et il constitue le **plafond ou toit du stomodeum**.

Ce bourgeon va aussi présenter de chaque côté un **épaississement de l'épiblaste secondaire**. Ces épaississements constituent les **placodes olfactives+++**.



Les bourgeons mandibulaires

Les **2** bourgeons mandibulaires dérivent des extrémités ventrales du premier arc branchial.

Ils se rejoignent sur la ligne médiane vers la 4ème semaine et constituent le **plancher du stomodeum**.

La fusion des bourgeons mandibulaires est à l'origine de la formation du **menton**, de la **lèvre inférieure** et de la **partie inférieure des joues**.



Les bourgeons maxillaires

Les **2** bourgeons maxillaires sont issus des extrémités dorsales du premier arc branchial. Ils limitent latéralement le stomodeum et s'insèrent entre le bourgeon frontal et les bourgeons mandibulaires.



Le développement de la face se poursuit ensuite par différents mécanismes de remaniement et de fusion.

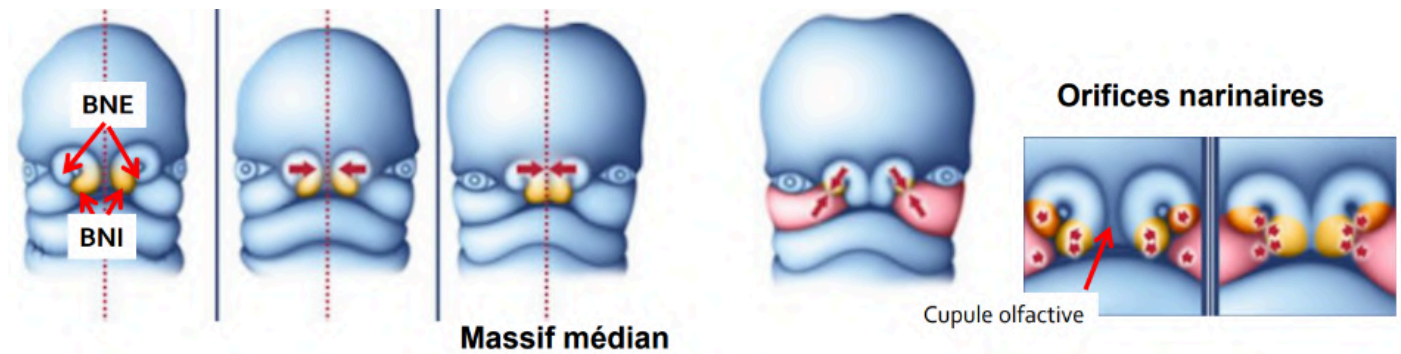
La formation des **bourgeons nasaux internes** et **externes** survient à la 5ème semaine de développement de chaque côté du bourgeon frontal.

Il y a tout d'abord l'apparition d'un bourrelet/épaississement qui vient entourer la **placode olfactive** et qui prend une forme de fer à cheval. Les extrémités des bourrelets formeront les **bourgeons nasaux externes** en latéral et les **bourgeons nasaux internes** au centre.

Les **placodes olfactives** vont **s'invaginer** dans le mésenchyme sous-jacent et passer au **stade de cupules olfactives**.

Enfin, de chaque côté, le bourgeon nasal externe va rester séparé du bourgeon maxillaire par une **dépression** que l'on appelle le **sillon lacrymo-nasal**+++

La fusion des **bourgeons nasaux internes** et **externes** et des **bourgeons maxillaires** constitueront les **futurs orifices nasaires**+++

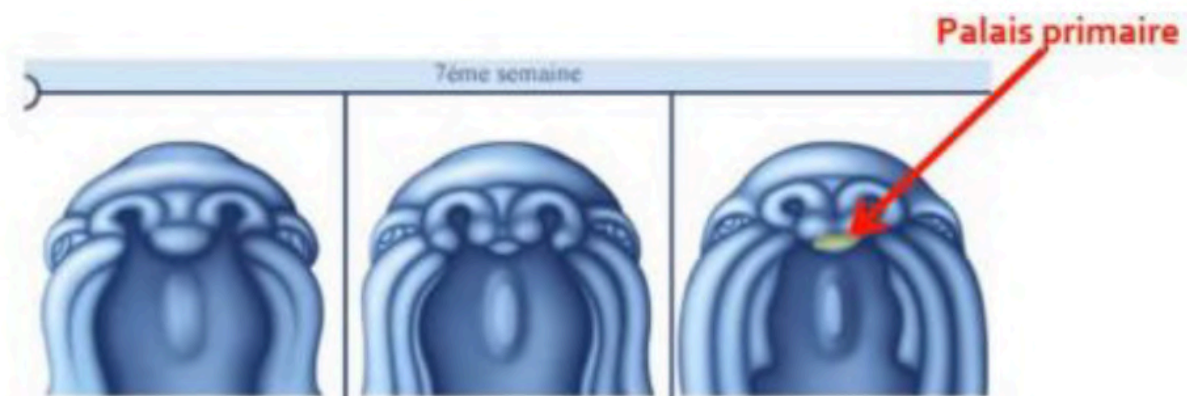


2) Le palais

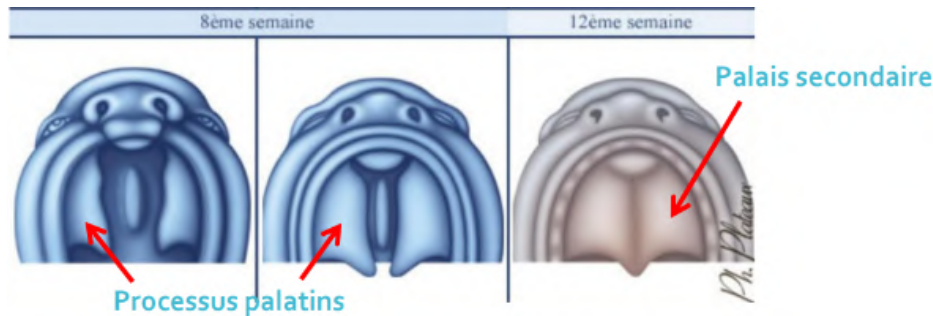
Le palais permet le **cloisonnement** de la cavité bucco-nasale. En effet, il constitue le plancher des fosses nasales et le toit de la cavité buccale. Le palais se divise en 2 parties :

- Une **partie antérieure** → le **palais primaire**, il contient les 4 incisives supérieures
- Une **partie postérieure** → subdivisée en **palais dur** et **palais mou** pour la partie la plus postérieure

A la **7ème semaine** de développement, le **palais primaire** se met en place à partir du massif médian, c'est-à-dire à partir de la fusion des deux bourgeons nasaux internes.



Le palais secondaire se développe à partir des 2 processus palatins, dérivés des bourgeons maxillaires. Ces deux processus palatins vont se rejoindre sur la ligne médiane aux alentours de la **8ème - 9ème semaine**, tandis que les bords antérieurs vont venir fusionner en avant avec le bord postérieur du palais primaire.



L'ensemble va former le **palais définitif** qui permet la séparation des fosses nasales et de la cavité buccale.

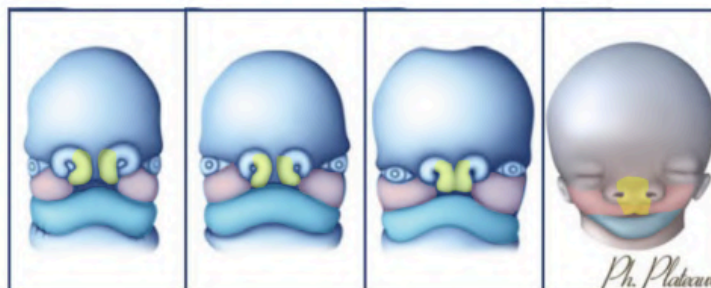
SCHEMA RECAP +++

Bourgeons nasaux internes (massif médian) :

→ partie moyenne du nez, partie médiane de la lèvre supérieure, philtrum, palais primaire.

Bourgeons maxillaires :

→ mâchoire supérieure, parties latérales de la lèvre supérieure, joues et palais secondaire (processus palatins).



Bourgeons nasaux externes :

→ ailes du nez.

Bourgeons mandibulaires :

→ mâchoire inférieure (mandibule), lèvre inférieure.

3) Les modifications des yeux et des oreilles

A la **8ème semaine**, les paupières se forment et les yeux passent progressivement en position frontale, mais il restent encore très écartés.

Le **pavillon de l'oreille** se développe autour du conduit auditif externe et l'oreille est encore très basse par rapport à sa position définitive.

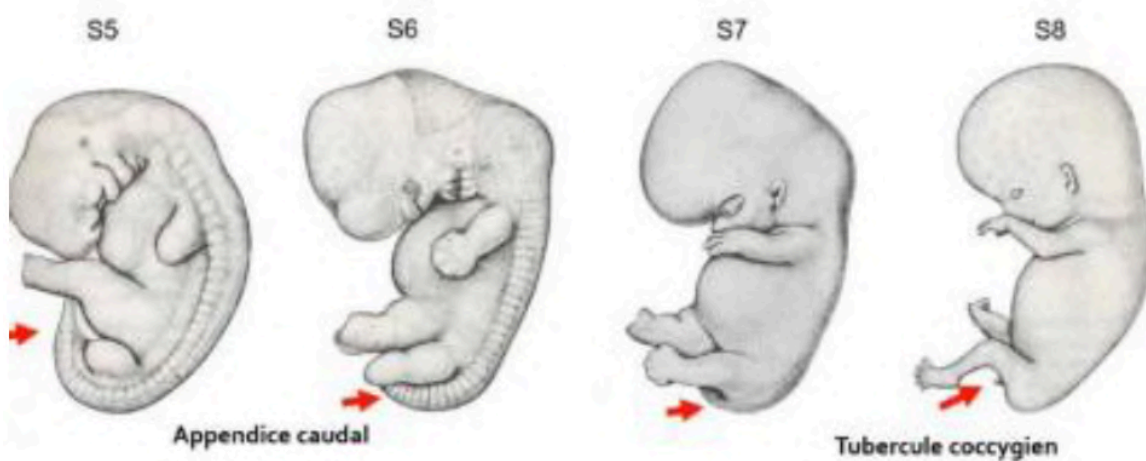
Sur la frise ci-dessous, on peut observer le développement de la face entre la 5ème et la 8ème semaine.



III. L'ébauche caudale

A la **fin de la 4ème semaine**, l'embryon présente une longue ébauche caudale.

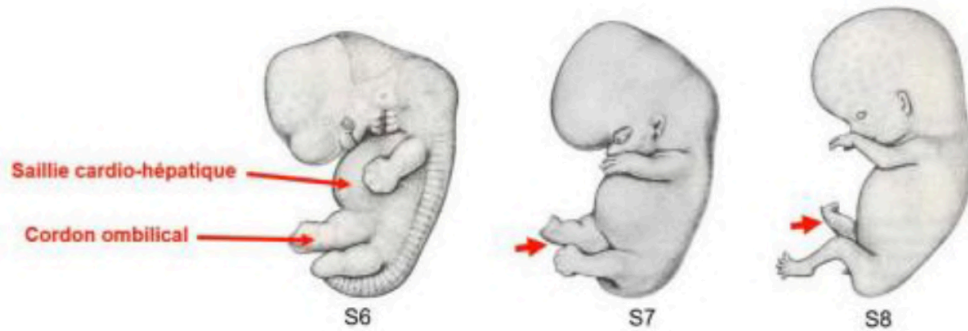
Au cours de la **6ème semaine**, l'appendice caudal commence à régresser. Il se réduit à un simple **tubercule coccygien** qui régresse à partir de la **8ème semaine**.



IV. La face ventrale

La face ventrale a un aspect très arrondi, car elle est soulevée par le cœur et par le foie. On appelle ça la **saillie cardio-hépatique**.

On remarque aussi une [insertion large et caudale](#) du **cordons ombilical**, en partie liée au développement de [l'anse intestinale primitive](#).



V. Le développement des membres

Le développement des membres se produit entre la **4ème et 8ème semaine** de développement.

Les membres se développent à partir de [bourgeons](#) constitués d'un [axe mésenchymateux](#) (mésoblaste) entouré d'[épiblaste secondaire](#).

- Les bourgeons des membres de la [région cervico-thoracique](#) seront responsables de la formation des **membres supérieurs** aux alentours du **24ème jour**.
- Les bourgeons de la [région lombo-sacrée](#) formeront les **membres inférieurs** aux alentours du **28ème jour**.

L'axe de **mésenchyme** qui constitue ces bourgeons forme la [structure ostéoarticulaire](#) du membre, à savoir : les **os**, le **cartilage**, les **muscles**, les **tendons** et les **vaisseaux**.

L'**épiblaste secondaire** qui recouvre les bourgeons participe à la formation de [l'épiderme](#) et des [annexes épithéliales](#).

Les bourgeons des membres vont ensuite subir différents mécanismes de différenciation : ils vont [s'allonger](#), [se segmenter](#) et [se fléchir](#).



Le schéma de développement des membres supérieurs et inférieurs est le même, mis à part que les membres supérieurs se développent en avance par rapport aux membres inférieurs.

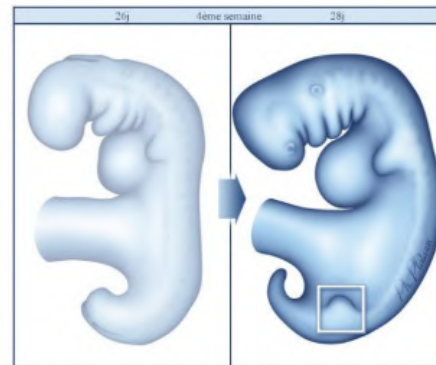
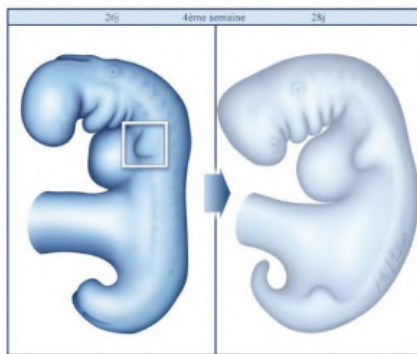
a) Le développement des membres par étapes (S4-S8)

Le développement des membres va suivre 5 étapes :

◆ Etape 1 (S4) :

La première étape, lors de la **4ème semaine**, consiste en l'apparition des bourgeons des membres sous l'induction des :

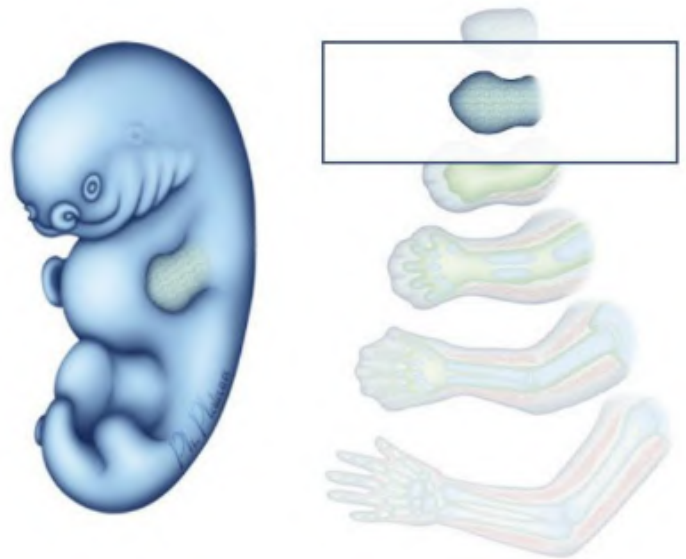
- somites occipito-thoraciques pour les **membres supérieurs**
- somites lombaires pour les **membres inférieurs**



◆ Etape 2 (S6) :

La deuxième étape, lors de la **6ème semaine**, consiste en l'allongement de ces bourgeons. Lorsqu'ils s'allongent, ces bourgeons vont donner naissance à deux segments séparés par un sillon.

- Le segment **le plus distal** (le plus éloigné de l'épaule) va s'aplatir en palettes. Il participera à la formation de la **main** et des **doigts**.
- Le segment **le plus proximal** (le plus proche de l'axe du corps) a une forme cylindrique et formera **l'ébauche du bras** et de **l'avant-bras**

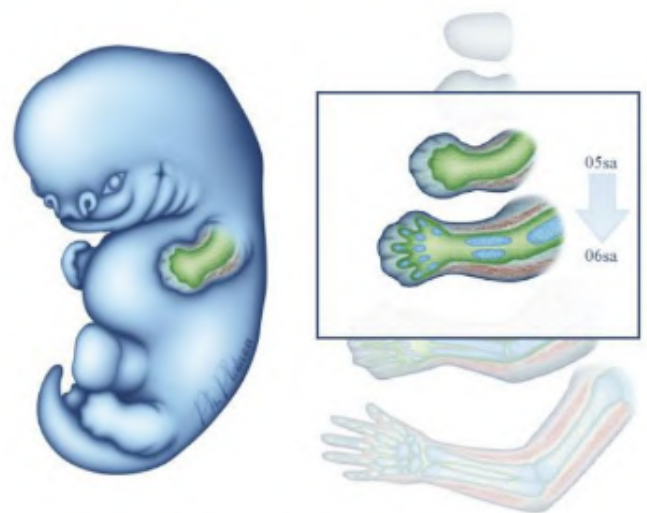


◆ Etape 3 (S7) :

La troisième étape survient à la **7ème semaine** : au niveau du segment **distal**, **4 sillons radiés** séparent et vont individualiser **5 rayons digitaux** à l'origine des futurs doigts.

Le tissu intercalaire (c'est-à-dire ce qui se trouve entre les rayons) va régresser par un phénomène d'**apoptose**+++ laissant apparaître les 5 rayons digitaux séparés les uns des autres

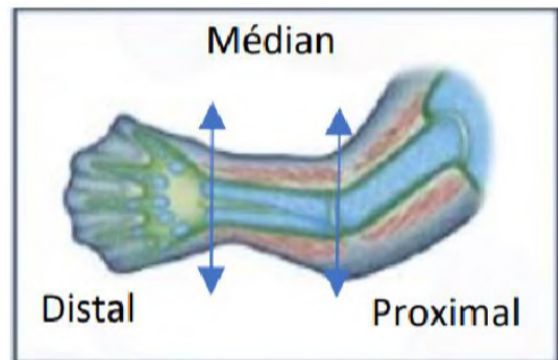
LES DOIGTS N'APPARAISSENT PAS PAR BOURGEONNEMENT !!!



◆ Etape 4 (S8) :

La quatrième étape survient à la **8ème semaine** : un nouveau sillon apparaît au niveau du segment proximal.

Ce sillon divisera le futur bras et l'avant-bras.

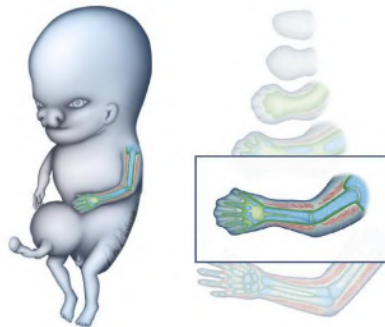


Tut'récap :



Finalement les membres sont formés de **3 segments** :

- segment proximal, proche de l'épaule
- segment médian
- segment distal qui constituera la main



◆ Etape 5 (S8) :

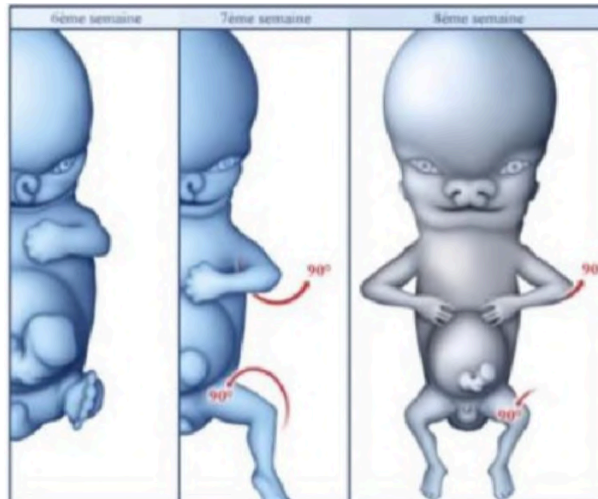
La cinquième étape survient à la **8ème semaine**. Le segment médian va venir **se plier** sur le segment proximal par un mécanisme de flexion, permettant :

- La formation des **coudes** au niveau des membres supérieurs
- La formation des **genoux** au niveau des membres inférieurs

Ensuite, on assiste à un phénomène de rotation de 90 degrés. Ce phénomène de rotation se produit :

- dans le **sens externe** pour les membres supérieurs, permettant de mettre en place la flexion des coudes

- dans le **sens interne** pour les membres inférieurs, permettant de mettre en place la flexion des genoux



b) Croissance et différenciation des membres

Le bourgeon de membre va s'allonger progressivement via son **extrémité distale** et les cellules mésenchymateuses vont se condenser au fur et à mesure, puis se différencier en cartilage, puis en os.

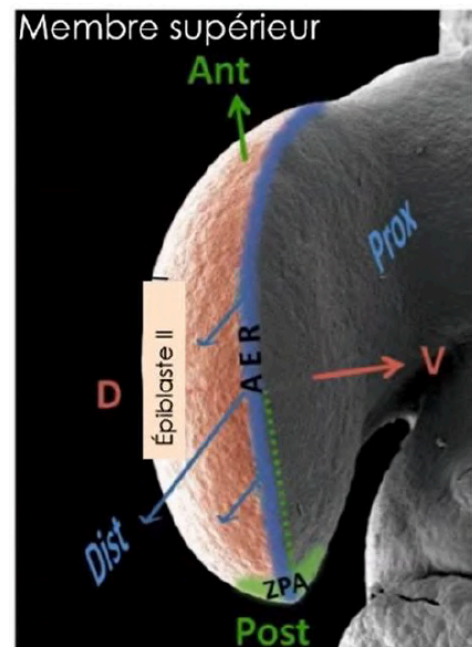
On peut déterminer 3 axes de différenciation des membres :

- L'**axe proximo-distal** : par exemple pour le bras c'est de l'épaule aux doigts
- L'**axe antéro-postérieur** : du premier rayon (le pouce) au cinquième rayon (l'auriculaire)
- L'**axe dorso-ventral** : permet par exemple de faire la différence entre le dos de la main et la paume de la main

Ces trois axes de différenciation sont sous l'influence de **trois centres régulateurs** que l'on nomme crête apicale ectodermique, zone d'activité polarisante et épiblaste secondaire.

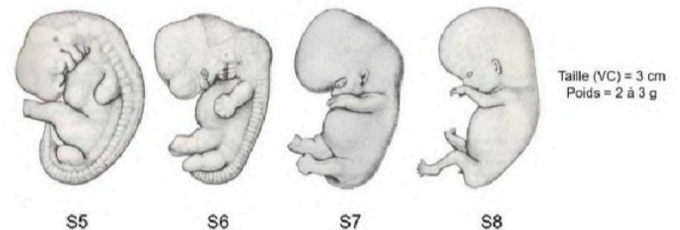
Ces trois centres de régulation vont [contrôler la croissance](#) dans un sens proximo-distal et [l'asymétrie](#) selon les axes dorso-ventral et antéro-postérieur :

- la **crête apicale ectodermique** (AER) est responsable de la [croissance du membre selon l'axe proximo-distal](#)
- l'**épiblaste secondaire** (ici en rouge) est responsable de [l'asymétrie selon l'axe dorso-ventral](#)
- la **zone d'activité polarisante** (ZPA) est responsable de la [différenciation antéro-postérieure](#)



→ **[Le membre s'agrandit donc par son extrémité distale](#)** ++++

A la **fin du 2ème mois/début du 3ème mois**, l'embryon a acquis une forme humaine, une [morphologie humaine](#) reconnaissable avec une face, un cou, un tronc et des membres.



VI. Conclusion

Sur le développement de l'embryon au 2ème mois, on peut dire que :

- La face humaine est reconnaissable
- Les membres ont acquis leur morphologie définitive et les premiers mouvements volontaires peuvent être perceptibles
- Les [organes génitaux externes](#) ne sont **PAS encore assez différenciés** pour permettre le diagnostic du sexe

A ce stade du développement, **[l'embryon devient un FOETUS](#)** +++++

Sa taille est de 3cm et son poids est de 2 à 3 grammes.