

## 4<sup>ème</sup> semaine de développement embryonnaire

Mise en place du système circulatoire primitif et du cœur

### 1/ Mise en place du système circulatoire primitif

#### o La circulation extra-embryonnaire

Elle **début**e dans le **mésenchyme EXTRA-embryonnaire (MEE)** avec les **îlots de Wolff et Pander**.

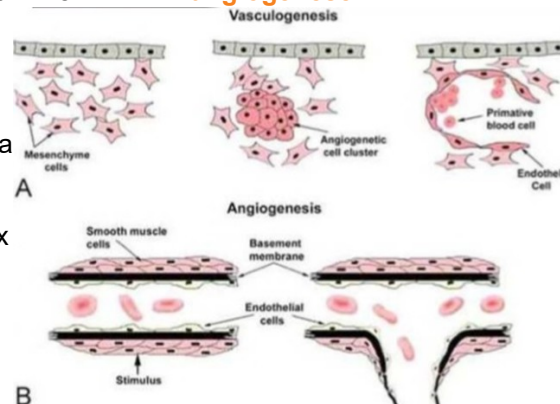
\* **Rappel** = ces **îlots angioformateurs** sont des cellules du **MEE** regroupés en amas → les **hémangioblastes** et les **angioblastes** \*

La **formation** de cette circulation va se faire en **2 étapes** :

▶ **1<sup>ère</sup> étape** : ces îlots vont former la **paroi** des **vaisseaux** → les **ébauches vasculaires** = c'est la **vasculogénèse**.

▶ **2<sup>ème</sup> étape** : les vaisseaux vont confluer **en réseau**, se **connecter** entre eux et se **ramifier** = c'est l'**angiogénèse**.

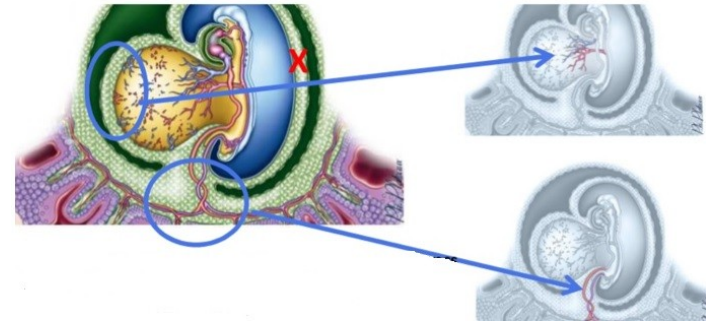
A la fin de la 3<sup>ème</sup> semaine, ces îlots formeront un **réseau interconnecté** qui va être **drainé par les vaisseaux ombilicaux** → pour **rejoindre** les vaisseaux du **MIE**.



\* **Dexxter** \*

▶ Les **vaisseaux** de la **splanchnopleure** (= *lamé vitelline*) seront **drainés** par les **troncs vitellins**.

▶ Les **vaisseaux choriaux** seront **drainés** par les **troncs ombilicaux**.



#### o La circulation intra-embryonnaire

Elle se forme selon le même processus → **début**e dans le **mésenchyme INTRA-embryonnaire** à partir d'**îlots vasculo-sanguins** (à l'*origine des parois vasculaires et aussi des cellules souches sanguines*).

↳ Ces îlots **confluent** en un **réseau** pour former :

▶ **un réseau artériel** : composé des **aortes dorsales et ventrales primitives**.

▶ **un réseau veineux** : composé des **veines cardinales primitives antérieures et postérieures**.

#### \* **Le réseau artériel**

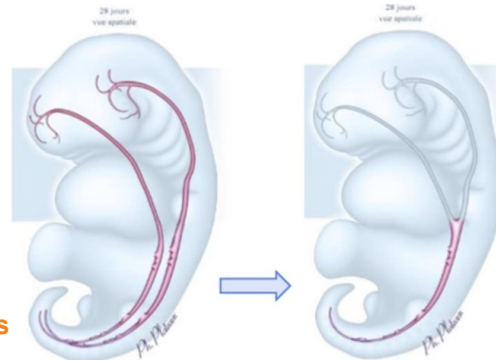
Il se forme en **1<sup>er</sup>** !

On va d'abord avoir la **formation** des **aortes dorsales primitives droite ET gauche = bilatérales** → elles s'étendent sur toute la longueur de l'embryon.

↳ Elles vont rapidement **fusionner** dans leur portion caudale  
→ donc on aura **2 segments distincts** au niveau de la **portion crâniale** et **médiale** mais **un seul** segment en **caudale**.

Vont se rajouter les **aortes ventrales primitives = bilatérales !**

↳ Elles se **connecteront** à la **portion céphalique** du **tube cardiaque** (on va le voir bien en détail après) et également former un petit **réseau parallèle = anastomotique** (= communication, ici, entre les aortes dorsales et ventrales).



### \* Le réseau veineux

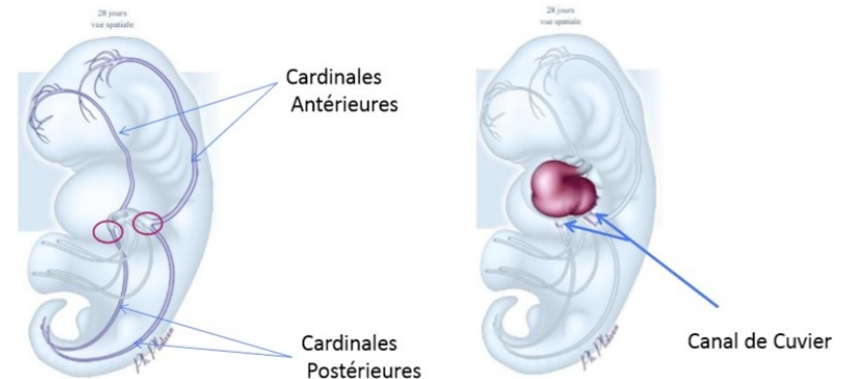
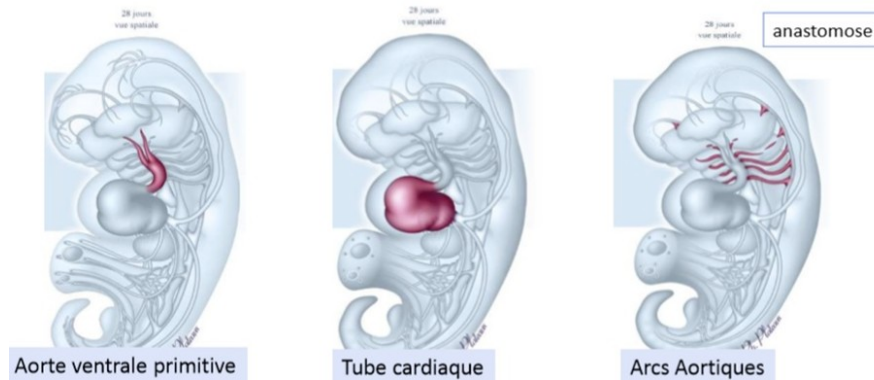
Il se forme **après** le **réseau artériel**.

Il y a **4 veines primitives** :

- ▶ **2 veines cardinales antérieures** (droite ET gauche)
- ▶ **2 veines postérieures** (droite ET gauche).

Elles sont également distribuées sur toute la longueur de l'embryon **MAIS** ne sont **pas en continuités** → cad, qu'elles se **rejoignent** de chaque côté des **canaux de Cuvier** (entourés sur le schéma).

↳ Ces canaux sont **bilatéraux** → ils **s'abouchent** au **tube cardiaque** dans sa **portion caudale** (≠ aortes).



### ✿ Chemin empreinté :

Le sang **sort** du **tube cardiaque** → **aorte ventrale** (irrigue la **portion céphalique**) → **aorte dorsale** par le **réseau anastomotique**.

### ✿ **ATT** :

Ces **anastomoses** correspondent aux **arcs aortiques**, au niveau des **arcs branchiaux** !

### ○ Formation du tube cardiaque primitif

Son **origine** = la **zone cardiogène**.

↳ Le tube cardiaque primitif a aussi une **origine mixte** :

- ▶ **le MIE** = il a migré lors de la gastrulation en avant de la membrane pharyngienne jusqu'en position extra-embryonnaire ;
- ▶ **le MEE** = les flots angio-formateurs.

A la 3<sup>ème</sup> semaine, il y a une **condensation** du **mésenchyme** qui est en **avant** et **latéralement** à la **plaque neurale** = c'est la **zone cardiogène**.

↳ Elle est **en extra-embryonnaire** et à la forme d'un fer à cheval.

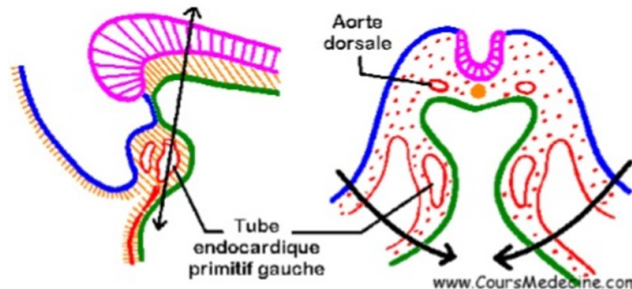
Elle est **constituée** également de **2 types de cellules** :

- ▶ les **myoblastes** → **dérivent du MIE** (donc de l'épiblaste primitif, *allé on fait l'effort de se rappeler ! ☺*)
- ▶ les **angioblastes** → proviennent des **îlots de Wolff et Pander** (cad du MEE).

Donc l'embryon va se **replier** selon un **axe longitudinal**, lors de la délimitation, ce qui va **ramener la zone cardiogène en intra-embryonnaire**, où il trouvera sa place définitive.

♥ Explication du schéma :

Rose	Neurectoblaste (donnera le tube neural)
Bleu	Epiblaste secondaire
Vert	Endoblaste



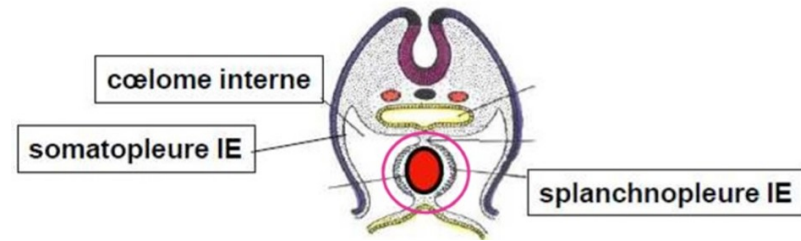
La **plicature transversale** va jouer un rôle :

↳ au **début**, on a **2 tubes cardiaques primitifs** (= tubes endocardiques) qui se creusent **dans la zone cardiogène**.

Ils sont **composés** :

- ▶ **d'angioblastes**, en **dedans** → vont former l'**endothélium**
- ▶ **de myoblastes**, en **dehors** → **muscle cardiaque**.

Donc lors de cette plicature, les **bords latéraux** vont se  **rapprocher** → amène nos **2 tubes cardiaques** à se rapprocher → vont **fusionner** sur la **ligne médiane** pour ne laisser persister qu'**1 seul tube cardiaque** !



Le tube cardiaque est **entouré** en **périphérie** par la **splanchnopleure IE** → **entourée** par le **cœlome interne** → **entouré** par la **somatopleure IE**.

Plus tard le **cœlome interne** va **s'effacer** → la **splanchnopleure** et la **somatopleure** vont pouvoir **s'accoler** pour former le **péricarde** (sérieuse qui *entoure le cœur*).

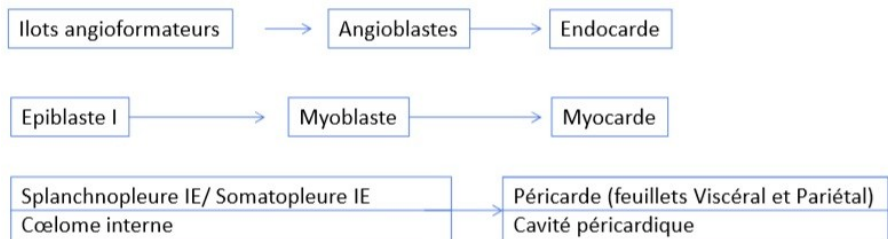
\* **Petite aparté** = Le **péricarde** est formé d'un **feuillet viscéral** accolé au **cœur** et d'un **feuillet pariétal externe**, avec **entre eux**, une **cavité virtuelle** (inexistante physiologiquement, mais qui se remplit pathologiquement) = la **cavité péricardique** \*

Les **premiers battements cardiaques** apparaissent à **J22 ++++** +

Donc le **cœur** sera formé de **3 tuniques** :

- ▶ **l'endocarde** (interne)
- ▶ le **myocarde** (intermédiaire, muscle cardiaque)
- ▶ le **péricarde** (externe).

**Petit schéma récap' de la prof, sur les origines de tout ce bazar :**



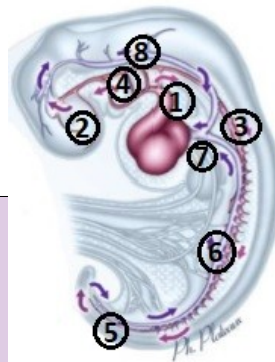
## ◦ Interconnexion vascularisation

*Non traité à la SDA mais no panic !!*

Pendant la 4<sup>ème</sup> semaine, les **réseaux veineux et artériel** vont se **connecter** au **cœur** → la **circulation primitive** devient **fonctionnelle** = le sang circule !

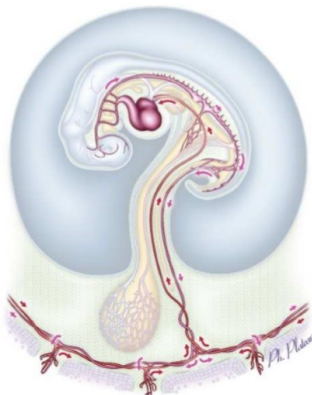
L'embryon est composé :

- ▶ d'une **circulation IE**
- ▶ d'un **réseau vasculaire ombilical** (vaisseaux choriaux)
- ▶ d'un **réseau vasculaire vitellin** (vaisseaux de la splanchnopleure).



### ✿ Chemin empreinté :

- Sang éjecté par le **tube cardiaque** (1)
- **aortes ventrales** (portion céphalique) (2)
- **aortes dorsales** (3) (via les **arcs aortiques** (4))
- arrive en **caudal** (sang peu oxygéné) (5)
- **remonte** au cœur via les **veines cardinales postérieures** (6) (s'abouchent au canal de Cuvier (7)) – de même en **céphalique** : le sang **retourne au cœur** via les **veines cardinales antérieures** (8)



▶ Le **sang oxygéné maternel** du placenta est **ramené** à l'embryon **grâce** à la **circulation ombilicale** via la **veine ombilicale** → il va **diffuser** dans la **circulation IE** → puis **ramené**, **pauvre en oxygène**, à la **sphère choriale** via l'**artère ombilicale**.

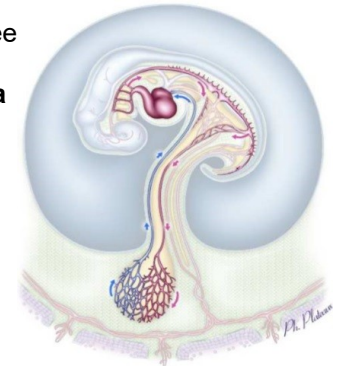
### ✿ ATT :

Ici c'est comme la circulation pulmonaire : c'est la **veine** qui apporte le **sang oxygéné** et l'**artère** qui récupère le sang **amoindri en oxygène** !

▶ On a une **circulation vitelline**, branchée **en dérivation** de chaque côté de l'embryon : le **sang oxygéné** arrive **par les aortes dorsales** via l'**artère vitelline**, passe dans la circulation vitelline, puis **repart au cœur** par la **veine vitelline** (sang **désoxygéné**).

### ✿ ATT :

Ici c'est comme pour la circulation IE : les **artères** ont du **sang oxygéné** et les **veines** du **sang désoxygéné** !



Les **2 circulations** sont **enfermées** dans le **cordon ombilical** !

### ✿ Petit récap' :

Le **sang** qui **arrive au cœur** est à la fois **riche en oxygène** = par le **réseau ombilical** ET **pauvre en oxygène** = par les **circulations IE** et **vitelline**.

↳ L'embryon est vascularisé par du **sang mêlé** (fils de Severus ♡) = il n'est **PAS pur en oxygène** !

## 2/ Mise en place du cœur

Le cœur adulte est formé de **4 cavités**.

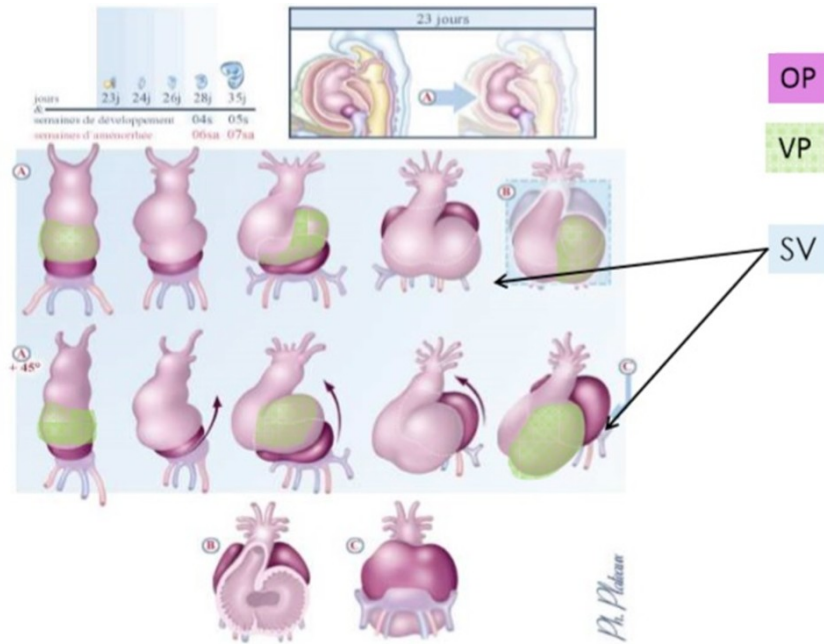
A la 4<sup>ème</sup> semaine, la **croissance** du tube cardiaque est **plus importante** et plus **rapide** que celle de la cavité péricardique qui le contient → entraîne un **phénomène de plicature** et **déplacement des cavités** cardiaques primitives.

Cette plicature a lieu dans 2 plans :

- ▶ **sagittale**
- ▶ **frontale**

○ Plicature sagittale

○ Plicature frontale



Le **bulbus cordis** va **plonger vers la droite** de l'embryon → effectue une **rotation** vers la droite et descend pour se **placer à droite** du **ventricule primitif**.

↳ Ce système de **rotation à droite** s'appelle une **boucle à convexité droite** = **situs solitus** !

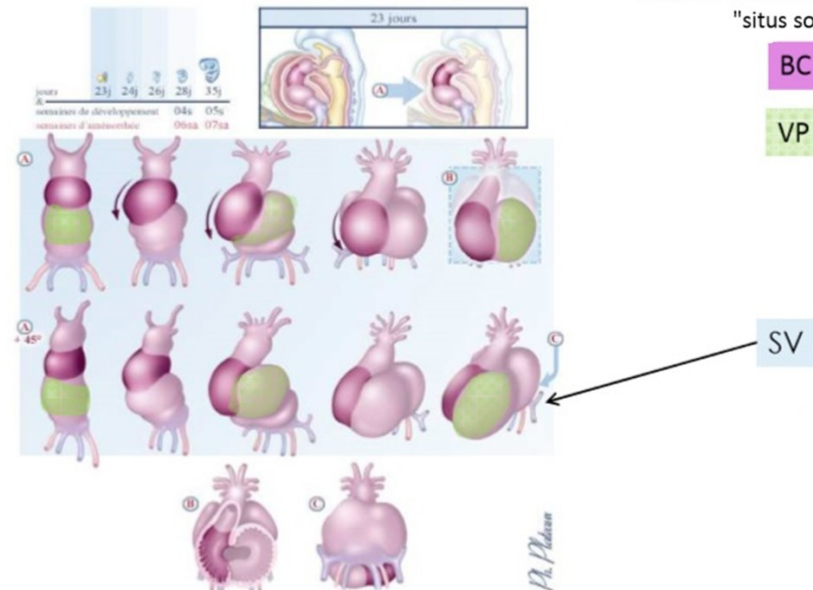
(Pour retenir tout ça : se souvenir que le **bulbus cordis** donnera le **ventricule DROIT** → donc logique qu'il fasse une boucle à **DROITE** et par déduction le **ventricule primitif** formera celui de **GAUCHE** ♡♡♡)



boucle à convexité droite appelée "situs solitus".

BC

VP



De bas en haut :

- **sinus veineux** (bleu ciel)
- **oreillette primitive** (violet) → formera les **oreillettes**
- **ventricule primitif** (vert) → formera le **ventricule gauche**
- **bulbus cordis** (rose) → formera le **ventricule droit**

L'**oreillette** va se placer **en arrière** et **au-dessus** du **ventricule** → entraîne un **repli**, une **remontée en postérieur** de tout le **sinus veineux**.

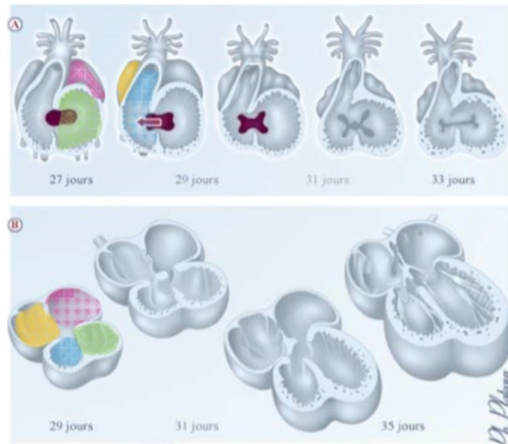
♥ **Pathologie :** si les **rotations** s'effectuent **vers la gauche** → on parle de **situs inversus** !  
L'embryon est **viable**, seul les **cavités** cardiaques et le **réseau** seront **inversées**.

Une fois la **plicature**, dans les 2 sens, terminée, l'**oreillette primitive** (OP) s'**élargit** et se **plaque** à la **face postérieure** du **bulbus cordis**.

↳ Les **expansions antéro-supérieures** de l'OP formeront les **auricules droite et gauche** (ici la prof ne fait pas la distinction entre oreillette et auricules donc no panic ! Il n'y aura pas (plus ;) ) de piège la dessus).

La **paroi postérieure** de l'OP incorporera le **sinus veineux**.

### o Cloisonnement auriculo-ventriculaire



Partie G OP

Ventricule Primitif

Partie D OP

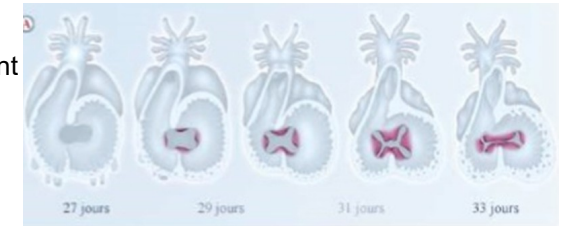
Bulbus Cordis

Après la plicature, on va avoir la **formation** du **canal auriculo-ventriculaire** → **communication** entre la **partie gauche** de l'OP et le **ventricule primitif**.

Au début de la **5<sup>ème</sup> semaine**, ce **canal s'élargit** et émet une **poussée vers la droite** → il mettra en **communication** la **partie droite** de l'OP avec le **bulbus cordis**.

Des **saillies d'endocarde** vont pousser et se développer sur les **bords latéraux** du canal = ce sont les **bourgeons endocardiques**.

↳ Ils vont participer au **cloisonnement des cavités** et à la formation des **valvules**.



↳ Il existe **4 bourgeons** :

- ▶ **2 principaux** : **antéro-supérieur** et **postéro-inférieur**
- ▶ **2 accessoires latéraux** : droit et gauche.

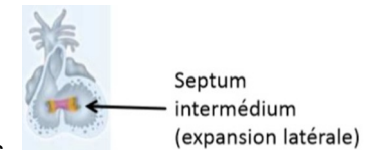
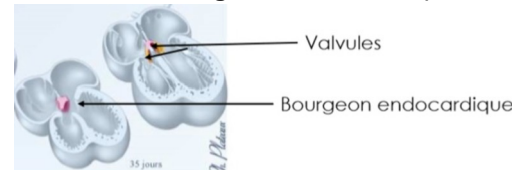


Les **2 principaux** vont se rejoindre et **fusionner** sur la **ligne médiane** → formera le **septum intermédiaire** (*massif cellulaire*).

↳ C'est la **1<sup>ère</sup> cloison cardiaque** → elle va **diviser le canal** en **2 orifices auriculo-ventriculaires** droit et gauche.

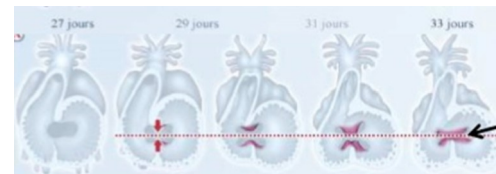
↳ Ces orifices mettent en **communication**, de chaque côté, l'OP avec son **futur ventricule**.

Le **septum intermédiaire** (SI) émettra des **expansions latérales** → vont **rejoindre** les **bourgeons endocardiques latéraux** → pour former les **valvules** des **orifices auriculo-ventriculaires**.



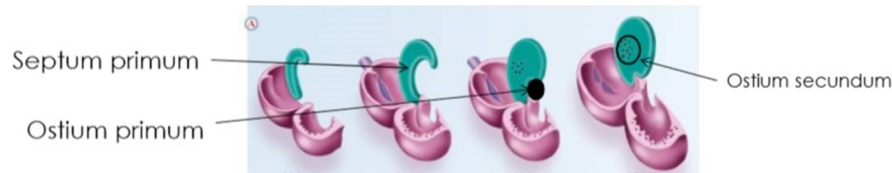
Le **SI** est aussi à l'**origine** de 2 autres expansions :

- ▶ **vers le haut** → pour le **cloisonnement inter-auriculaire**
- ▶ **vers le bas** → pour le **cloisonnement inter-ventriculaire**.



Septum intermédiaire

## o Formation des oreillettes définitives

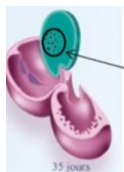


La formation des oreillettes dépend du **cloisonnement** de la région **auriculaire** et de **l'incorporation** du **système veineux**.

Le **cloisonnement** de l'OP commence par la **formation** du **septum primum** → elle naît du **plafond** de l'OP → va grandir **vers le bas** en direction du SI.

↳ Le **septum primum** est d'abord **incomplet** : il persiste un **orifice de communication** = **ostium primum** (*communication entre les 2 moitiés de l'OP*).

Puis on va avoir une **nouvelle poussée** de ce septum primum → il va donc se **souder complètement au SI** en comblant cet orifice = oreillette **complètement cloisonnée**.



↳ Ca ne dure pas : on va avoir **l'apoptose** dans la **partie supérieure** de ce septum primum qui va former un trou → un nouvel **orifice d'aspect criblé** se créer = **ostium secundum (orifice criblé)**.

Donc **seul persiste l'ostium secundum ! +++**

A la **6<sup>ème</sup> semaine**, une **2<sup>ème</sup> cloison** apparaît **à DROITE** de la précédente = le **septum secundum** !

↳ Elle se développe **vers le bas** et **s'accôle également au SI**. Elle restera également **incomplète** dans sa **partie inférieure** → persistera un **orifice « en chicane »** = **trou de Botal** = **foramen ovale** ! +++

\* Dexxter \*

### ✿ **Petit récap' :**

On a un maintien de la **communication** entre les **2 côtés de l'OP** via **l'ostium secundum** (*orifice criblé, partie supérieure*) et le **trou de Botal** (*partie inférieure*).

→ Cette communication permet le **passage du sang** entre les **2 oreillettes jusqu'à la naissance**.

### ✿ **Petite explication :**

*La circulation pulmonaire de l'embryon n'est pas encore mise en place, donc pour se faire, le sang éjecté du cœur passe d'une oreillette à l'autre. A la naissance, il y aura physiologiquement une fermeture du trou de Botal sinon ça entraînera des complications.*

*Ce phénomène de fermeture de la circulation fœtale permettra la mise en place de la circulation néonatale !*

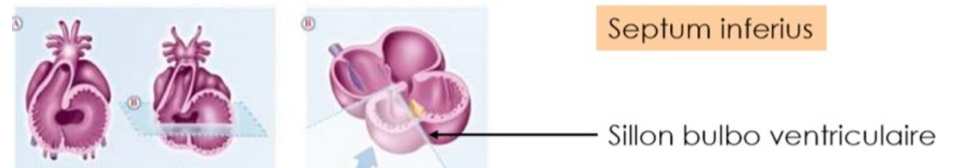
## o Formation des ventricules définitifs

### ✿ **Petit rappel :**

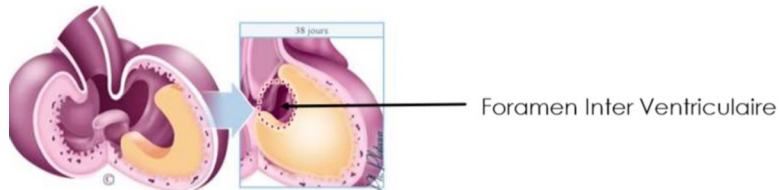
Le **ventricule primitif** = le **gauche** / le **bulbus cordis** = le **droit**.

A la fin de la **4<sup>ème</sup> semaine**, il y aura une **excroissance musculaire** = **crête musculaire** = **septum inferius**.

↳ Il va se développer pour **rejoindre le SI**, en regard du **sillon bulbo-ventriculaire** (*le sillon des fesses des ventricules*) et **en direction des bourrelets endocardiques** du canal auriculo-ventriculaires → donc il pousse **vers le haut** pour **séparer** les **ventricules** droit et gauche.



Ce cloisonnement sera aussi **incomplet** : persiste un **orifice de communication** entre le **bord supérieur du septum inferius** et le **SI = foramen interventriculaire**.



La fermeture **dépendra** des transformations du **conotruncus** (= *point de départ de la formation des aortes ventrales, mais oset*) à la vie embryonnaire/fœtale.

↳ Le **foramen interventriculaire** se **fermera à la naissance**.

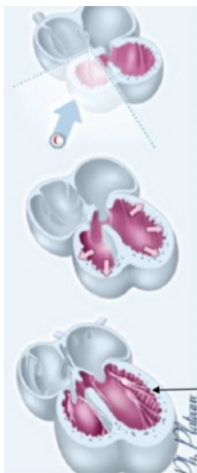
**voilà votre tutrice qui vous aime** ♥

*Cette semaine est longue au premier abord, c'est pour ça qu'on vous la découpé en plusieurs morceaux, donc j'espère que ça sera plus facile à digérer ☺.*

*Je le redis : posez vous le temps qu'il faut pour bien comprendre tous les mécanismes, VISUALISEZ surtout pour cette semaine ! ++++ et après ça ira plus vite quand vous la reverrez ;)*

*Petite dédicace à mon Toto (je sais que t'aime pas ce surnom mais tu m'aime donc on s'en fou ♥), à Aymen (je crois en toi comme personne!), à mon co-tut d'amour ♥, à votre super tuteur de chimie O (« c'est quoi cette matière », moi non plus je connais pas..) et à toute l'équipe de tuteurs de fou !!*

*Mes fillots je vous oublie pas;)*



Vers la **5<sup>ème</sup>-6<sup>ème</sup>** semaine, il y aura un **épaississement**, puis un **creusement** des **parois vasculaire** → les **cavités ventriculaires** pourront **augmenter de volume**.

Les **bourgeons endocardiques** vont **s'allonger** et se **transformer** en **valvules** → les **extrémités libres** resteront **attachés** à la **paroi ventriculaire** par des **liens musculaires** et **fibreux** = les **piliers** et les **cordages**.

Pilier et cordage

Les **valvules cardiaques** auront leur aspect **définitif** vers la **12<sup>ème</sup>** semaine.