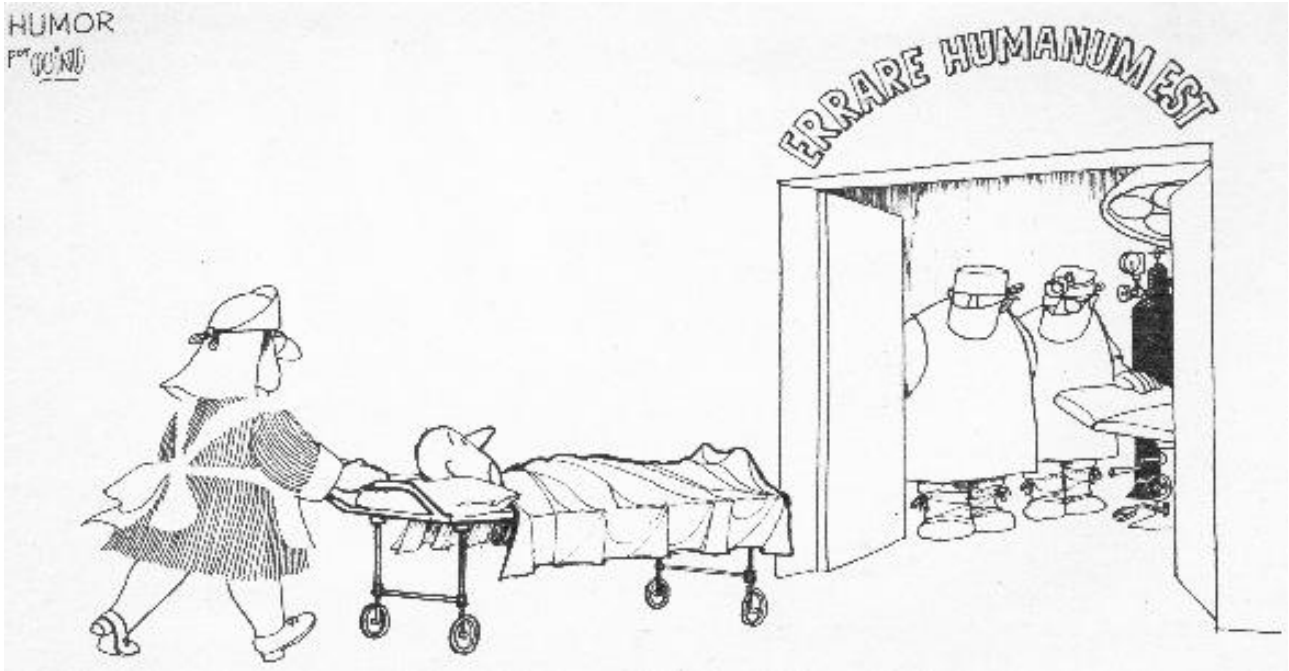
MISE EN PLACE DE L'APPAREIL CIRCULATOIRE

Dr Mehdi Benchaib



2026-2027

Faculté de Médecine Lyon Est



MISE EN PLACE DE L'APPAREIL CIRCULATOIRE

Introduction
A. RAPPEL
B. MISE EN PLACE DES CAVITES CARDIAQUES.
C. MODIFICATIONS DU SYSTEME ARTERIEL.
I. Les arcs aortiques
- **1. Au stade embryonnaire**
- **2. Au stade fœtal (6eme à la 8eme semaine).**

II. Les artères vitellines :
III . Les artères ombilicales

D. MODIFICATION DU SYSTEME VEINEUX
- **1. Les veines Vitellines et ombilicales**
- **2. Les veines ombilicales**
- **3. Les Veines Cardinales**

E. Les aspects fonctionnels de la circulation fœtale

F. Les transformation à la naissance

G. Les malformation.
- **- Anomalie du système artériel**
- **- Anomalie du Retours veineux**

INTRODUCTION

L'appareil circulatoire est d'origine **mésenchymateuse**.

La formation des vaisseaux extra-embryonnaires, du tube cardiaque et des vaisseaux intra-embryonnaires intervient précocement (3ème - 4ème semaine du Développement Embryonnaire).

Lorsque les différentes ébauches entrent en communication, pendant la 4ème semaine : la **circulation embryonnaire**.

Au cours de la vie fœtale, l'évolution de ces ébauches vasculaires va conduire à la constitution de l'appareil circulatoire :

- modification du système artériel,
- modification du système veineux,
- formation et cloisonnement du cœur.

Ces modifications conduisent à la **circulation fœtale**.

A- RAPPEL

Extra-embryonnaire

1. Au niveau de la lame choriale et des villosités : **les troncs ombilicaux** (artères et veines). Il s'agit de la véritable circulation de nutrition, assurant les échanges sanguins entre le placenta et l'embryon (puis le fœtus).

- Les **Deux artères ombilicales** s'abouchent aux **aortes primitives** à proximité de leur extrémité caudale (future aorte commune).
- Les **deux veines ombilicales** rejoignent le **sinus veineux cardiaque**.

2. ***Au niveau de la splanchnopleure*** : **les troncs vitellins**.

- Les **deux artères vitellines** s'abouchent aux **aortes dorsales**.
- Les **deux veines vitellines** rejoignent aussi le **sinus veineux cardiaque**.

Intra-embryonnaire

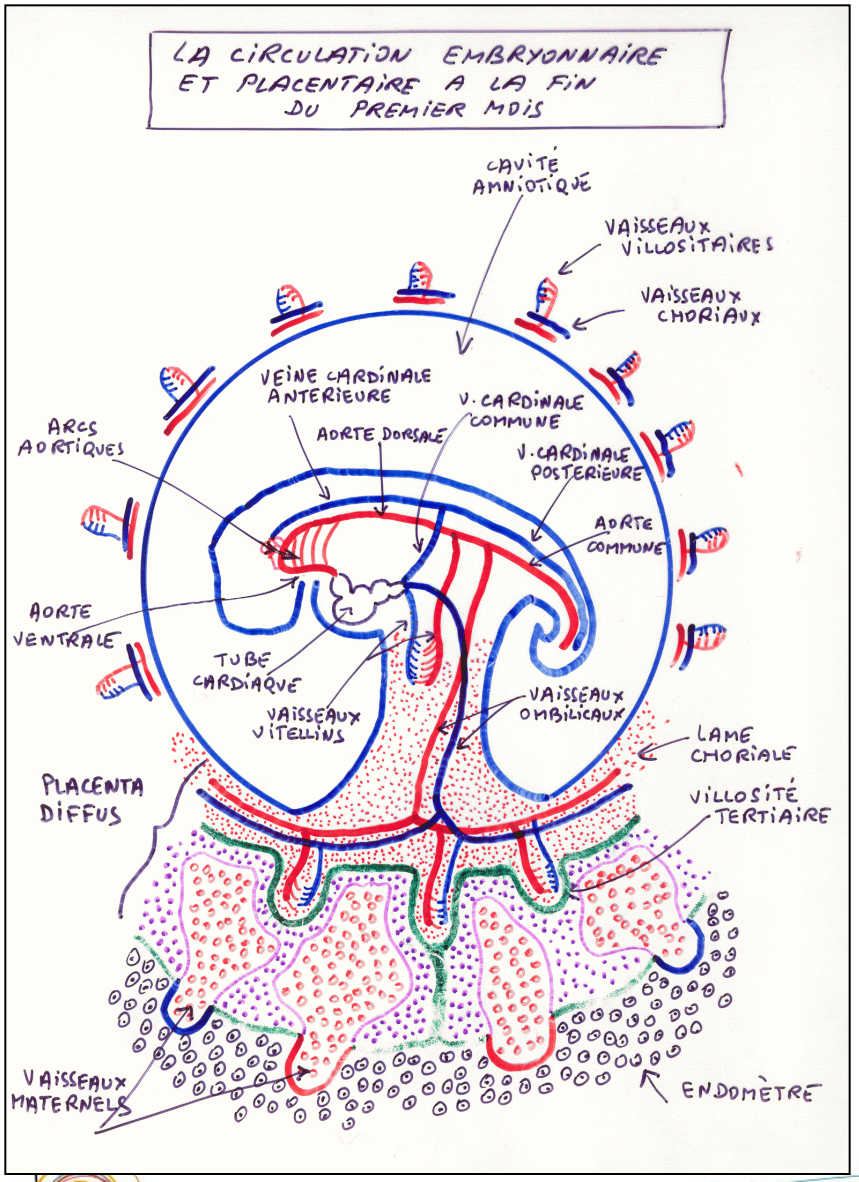
3. Dans la région dorsale : les parties caudales des **Deux Aortes dorsales** fusionnent à la fin de la quatrième semaine : **Aorte Commune.**

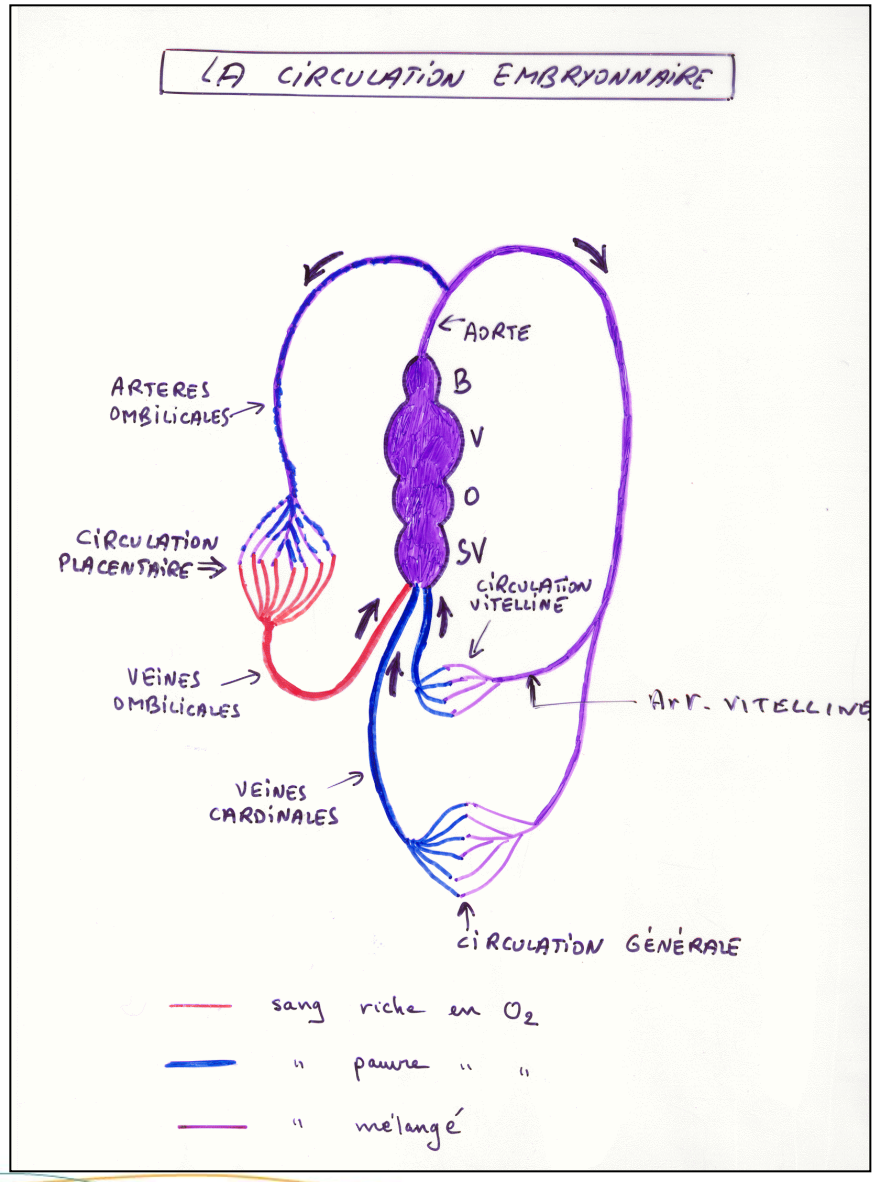
4. Dans la région céphalique : **Deux aortes ventrales et deux aortes dorsales**. Entre les aortes dorsales et ventrales apparaissent des anastomoses situées dans les arcs branchiaux : **les arcs aortiques (6 arcs).**

5. Les veines intra-embryonnaires apparaissent un peu plus tard que les artères. Elles sont au nombre de **six** et disposées de part et d'autre de la ligne médiane.

- les **veines cardinales antérieures (2) et postérieures (2)**
- le **canal de Cuvier = la Veine Cardinale Commune (2)**

La circulation embryonnaire à la fin du 1er mois





Faculté

Aspect « anatomique »

Aspect « fonctionnel »

B- FORMATION ET CLOISONNEMENT DU CŒUR

1. Mise en place du tube cardiaque

2. La plicature du tube cardiaque

3. Le cloisonnement auriculo-ventriculaire.

4. Formation des oreillettes définitives.
    a- Evolution du sinus veineux
    b- Les veines pulmonaires
    c- Le cloisonnement de l'oreillette primitive

5. Formation du septum interventriculaire.

6. Evolution du bulbe du cœur et du conus-truncus
    a. Migration de l'ostium bulbaire
    b. Cloisonnement du bulbe artériel
7. La fin du cloisonnement (fin de S6)

8. Anomalies cardiaques
    a. Cardiopathie avec shunt gauche-droite.
    b. Cardiopathie avec shunt droite-gauche.



1. Mise en place du tube cardiaque (Rappel)

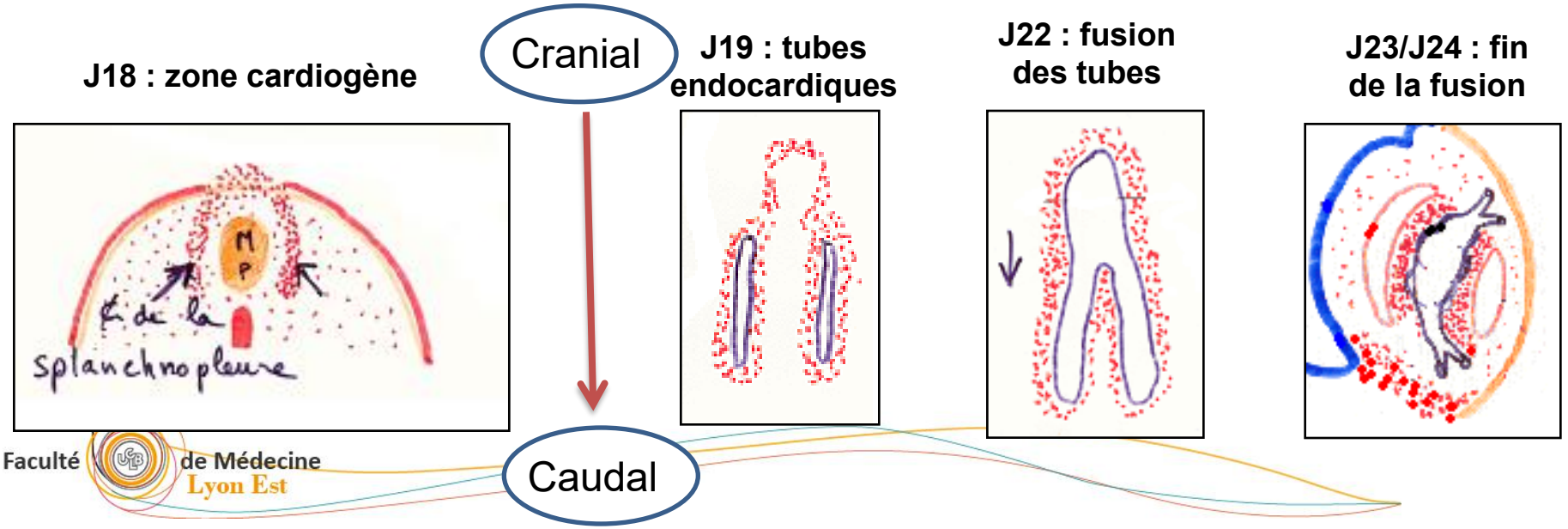
Vers **J19**, **amas mésodermique** et **splanchnopleural** (région céphalique) -> **les tubes endocardiques droit et gauche**.

Vers **J22**, fusion des deux tubes dans le sens cranio-caudal -> **tube cardiaque primitif** (impair et médian) : **premiers battements cardiaques** (**J24**).

Le péricarde est formé par la somatopleure et la splanchnopleure.

Vers **J24** jours premiers battements cardiaques, les battements sont coordonnés vers **J29** avec des mouvements péristaltiques qui déterminent le sens du flux sanguin.

Schéma : mise en place du tube cardiaque

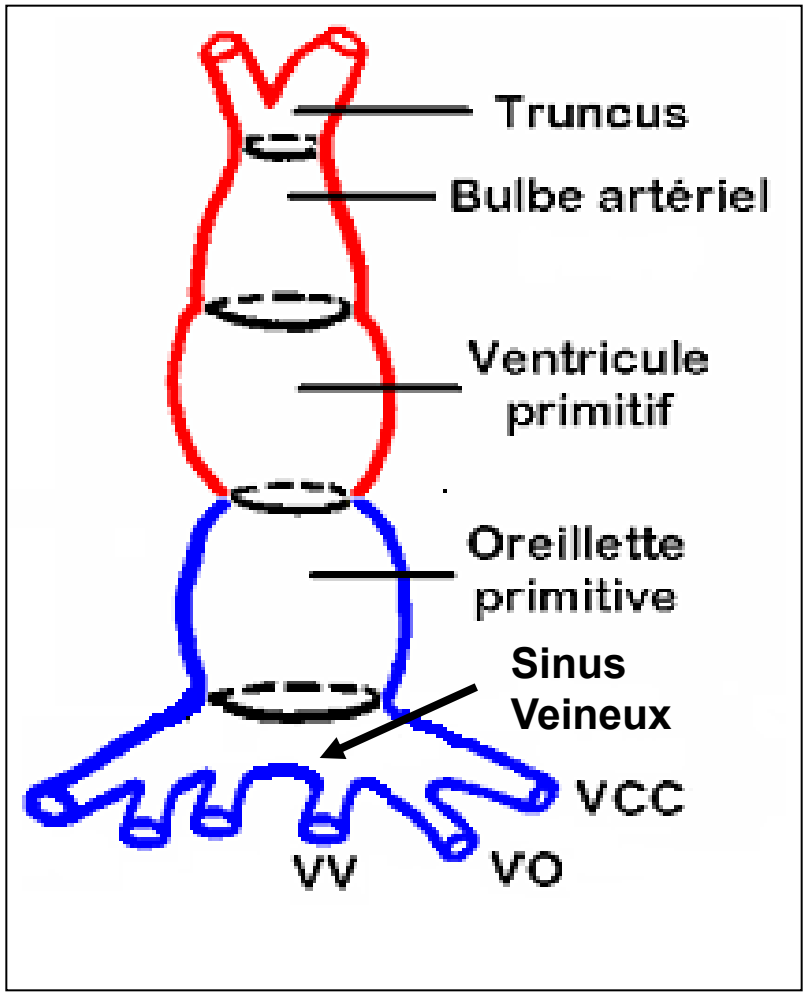


Cinq renflements successifs :

1) Truncus arteriosus (ou cono-truncus),
2) Bulbe Artériel (BA) (ou Bulbus cordis),
3) Ventricule Primitif,
4) Oreillette Primitive (OP) (ou Atrium)
5) Sinus Veineux (SV) (**VCC : Veine Cardinale Commune, VV : Veine Vitelline, VO : Veine Ombilicale**).

***Bulbe Aortique** = Cono-truncus + bulbe artériel*
Donc pour certains auteurs : il y a Quatre renflements successifs.

Des sillons séparent les différents renflements.



Le tube cardiaque

LA FORMATION ET CLOISONNEMENT DU COEUR

La formation du cœur à partir du tube cardiaque primitif se fait entre le 21ème et le 40ème jour. C'est à cette période que peuvent survenir la plupart des malformations cardiaques.
La formation s'achève **à 50 jours.**

Evolution en 2 temps :

- **plicature** du tube cardiaque et **déplacements des cavités primitives** (4eme et 5eme semaine),

- évolution et **cloisonnement** des cavités primitives (5eme et 6eme semaine).

2. La plicature du tube cardiaque

Le tube cardiaque croit plus vite que la cavité qui le contient : double plicature (coude en S).

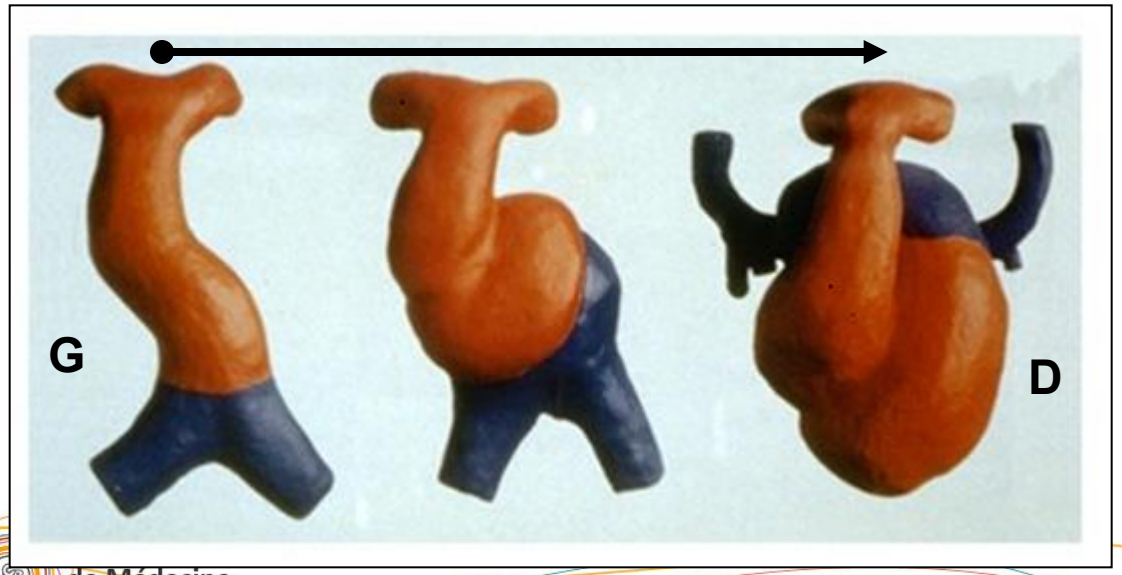
Dans le plan sagittal :

Oreillette primitive (OP) et sinus veineux (SV) se place en arrière du ventricule primitif (VP).

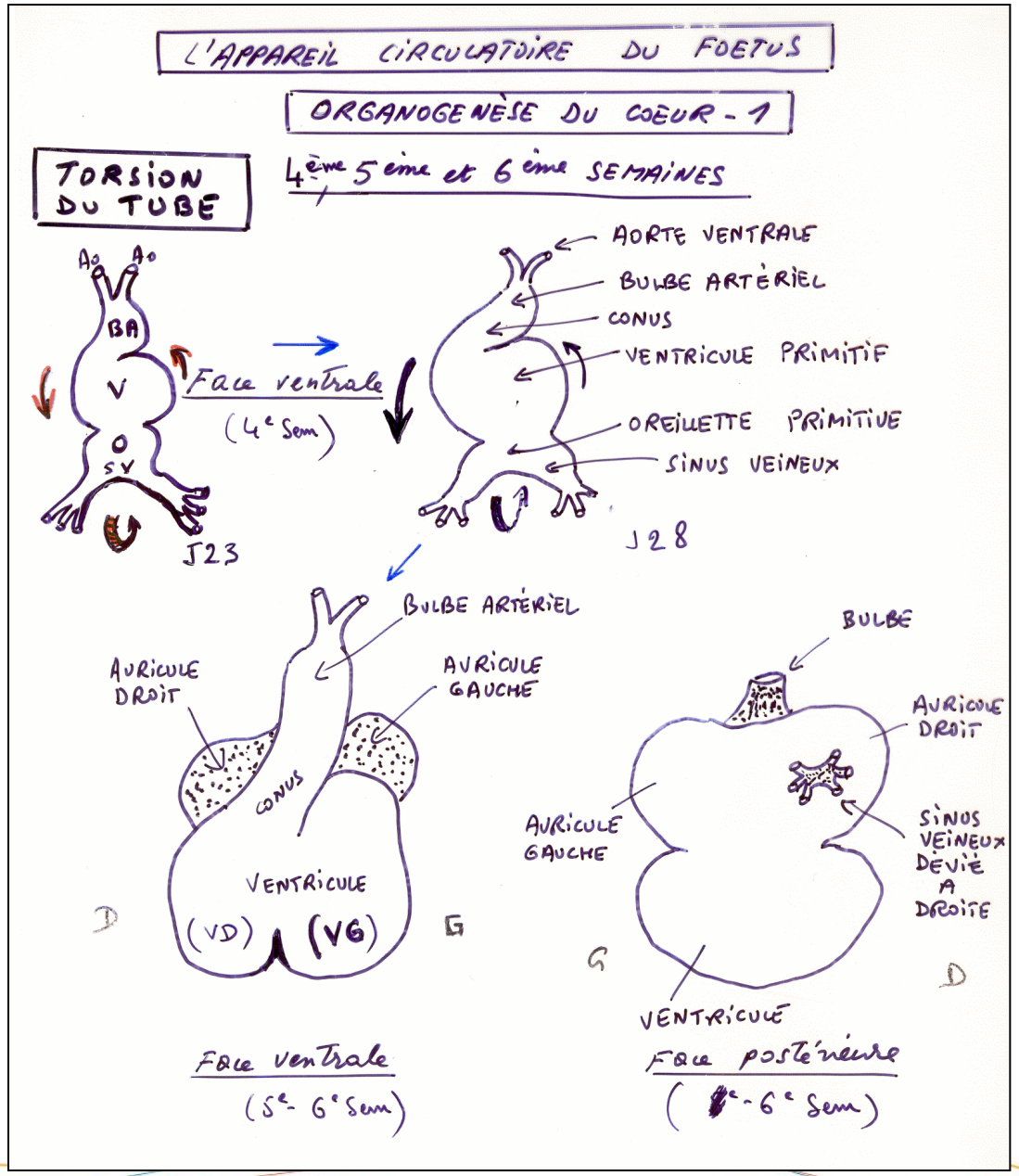
Dans le plan frontal :

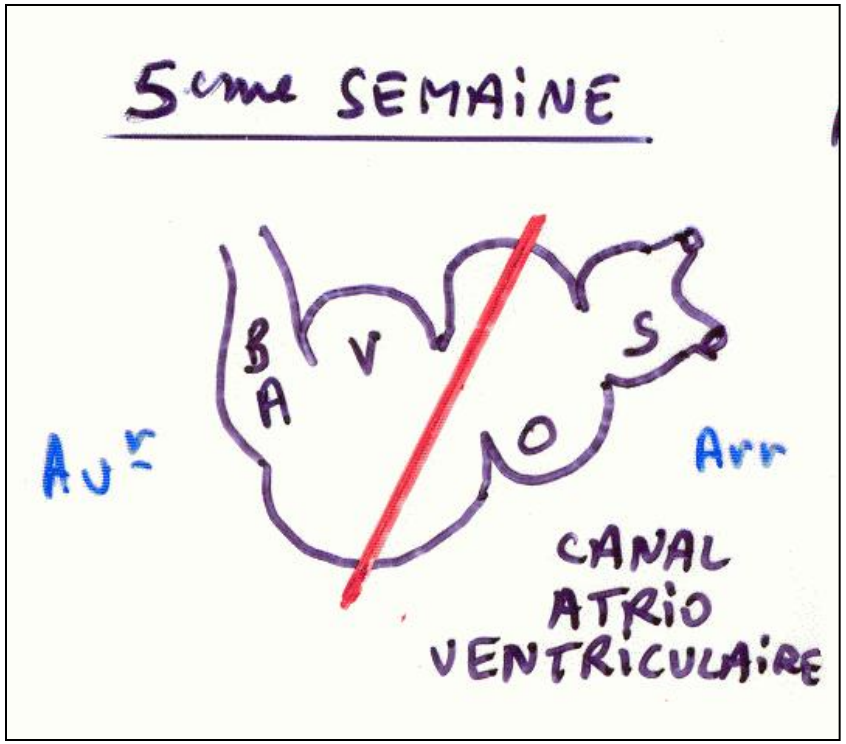
Bulbe artériel et truncus se placent à droite du VP.

Il en résulte une **boucle à convexité droite** (surface bombée à droite) qui détermine la position normale des futures cavités cardiaques.

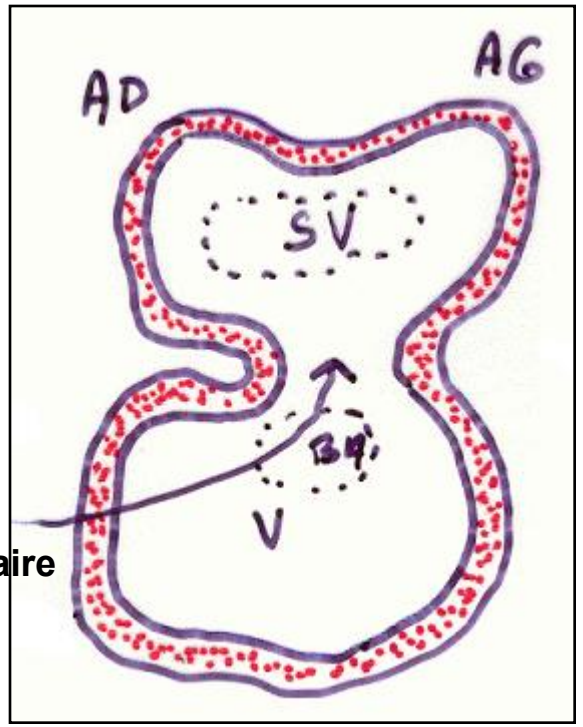


Plicature du tube cardiaque vu de l'avant. Sinus veineux et veines cardinales en bleu. Schéma à lire de gauche à droite.


L'APPAREIL CIRCULATOIRE DU FOETUS
ORGANOGENÈSE DU COEUR - 1
TORSION DU TUBE
4ème 5ème et 6ème SEMAINES
Ao Ao
BA
V
O
SV
J23
Face ventrale
(4e Sem)
AORTE VENTRALE
BULBE ARTÉRIEL
CONUS
VENTRICULE PRIMITIF
OREILLETTE PRIMITIVE
SINUS VEINEUX
J28
BULBE ARTÉRIEL
AURICULE DROIT
AURICULE GAUCHE
CONUS
VENTRICULE
(VD)
(VG)
D
G
Face ventrale
(5e- 6e Sem)
BULBE
AURICULE DROIT
AURICULE GAUCHE
SINUS VEINEUX DÉVIÉ A DROITE
G
D
VENTRICULE
Face postérieure
(5e-6e Sem)



Plan de coupe utilisé afin d'illustrer le « plancher » du cœur.



Canal Atrio-ventriculaire

« Plancher du cœur »

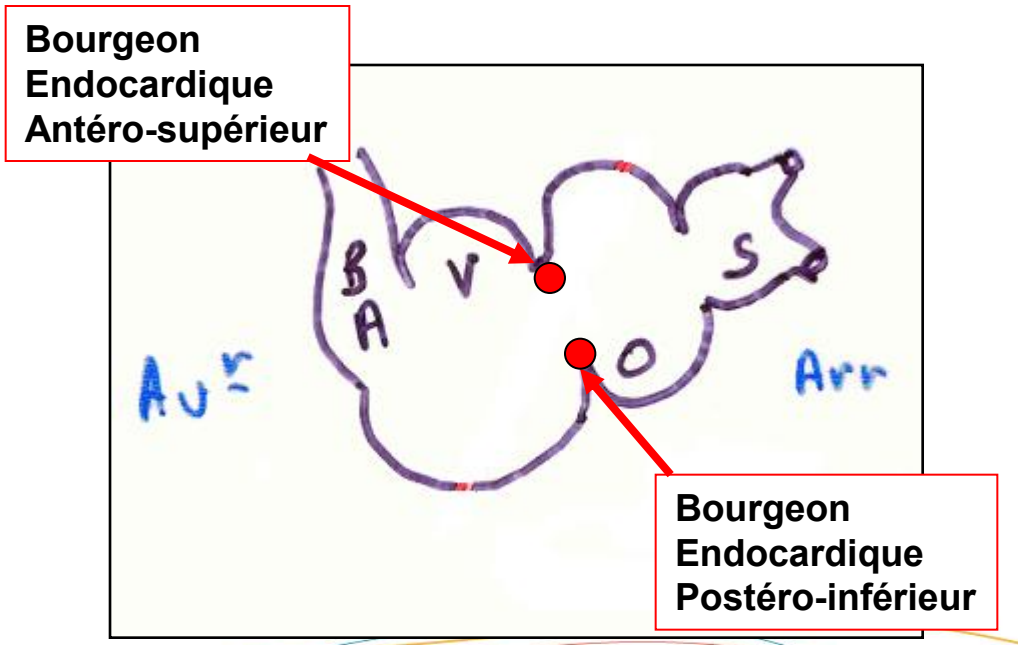
3. Le cloisonnement auriculo-ventriculaire.

Après la plicature :

Le **canal atrio-ventriculaire** fait communiquer l'OP avec le VP.

Sur les bords du canal apparaissent des **bourgeons endocardiques** :

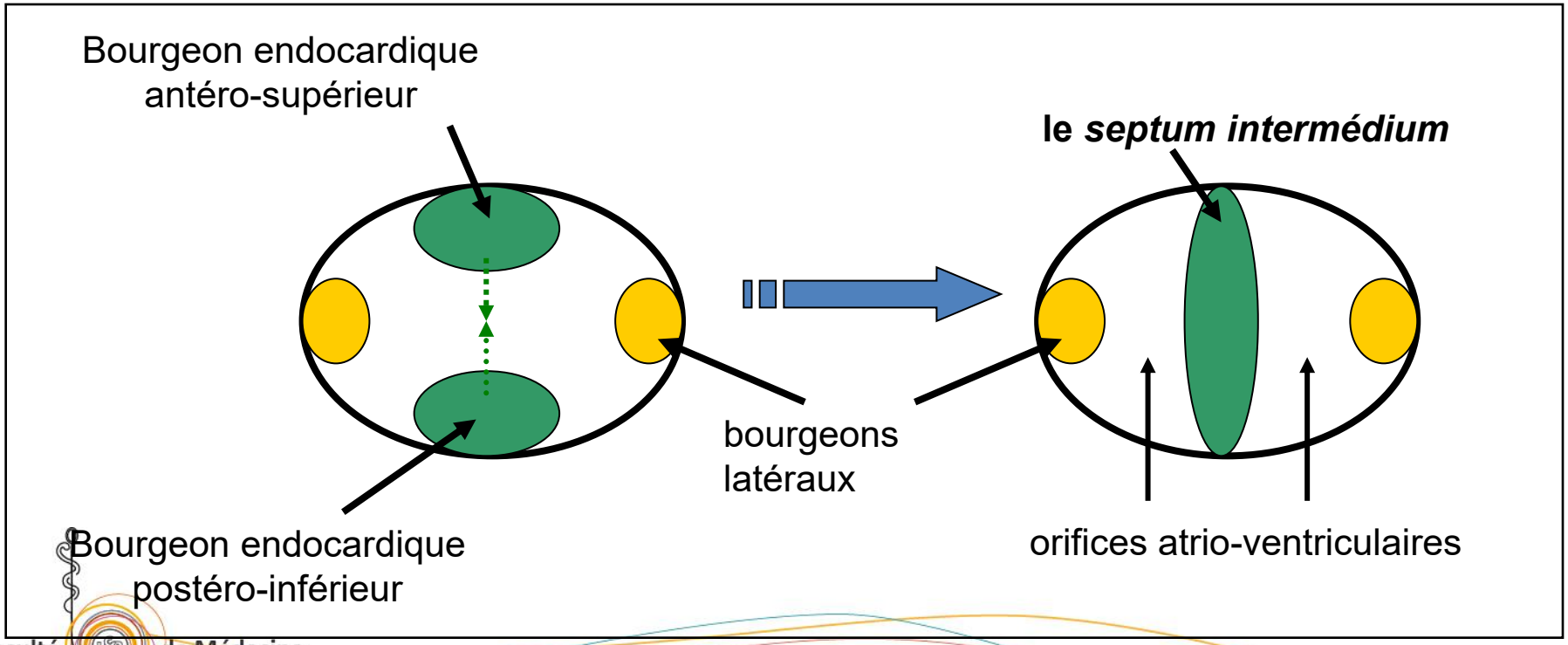
- Bourgeon endocardique postéro-inférieur
- Bourgeon endocardique antéro-supérieur
- Deux bourgeons accessoires latéraux.



Les deux bourgeons inférieurs et postérieurs : **le *septum intermedium,*** sépare le canal atrio-ventriculaire en deux orifices atrio-ventriculaires droit et gauche.

Le *septum intermedium* envoie des expansions :
Vers le haut : cloisonnement auriculaire
Vers le bas : cloisonnement ventriculaire
Latérales droites et gauches (+ bourgeons endocardiques latéraux) : valvules fermant les orifices **atrio-ventriculaires** (tricuspide (droite) et mitrale (gauche)).

Le cloisonnement auriculo-ventriculaire



4. Formation des oreillettes définitives.

- paroi postérieure de l'oreillette gauche provient des ***veines pulmonaires***
- paroi postérieure de l'oreillette droite provient du ***sinus veineux***.

a. Evolution du sinus veineux *(oreillette droite)*

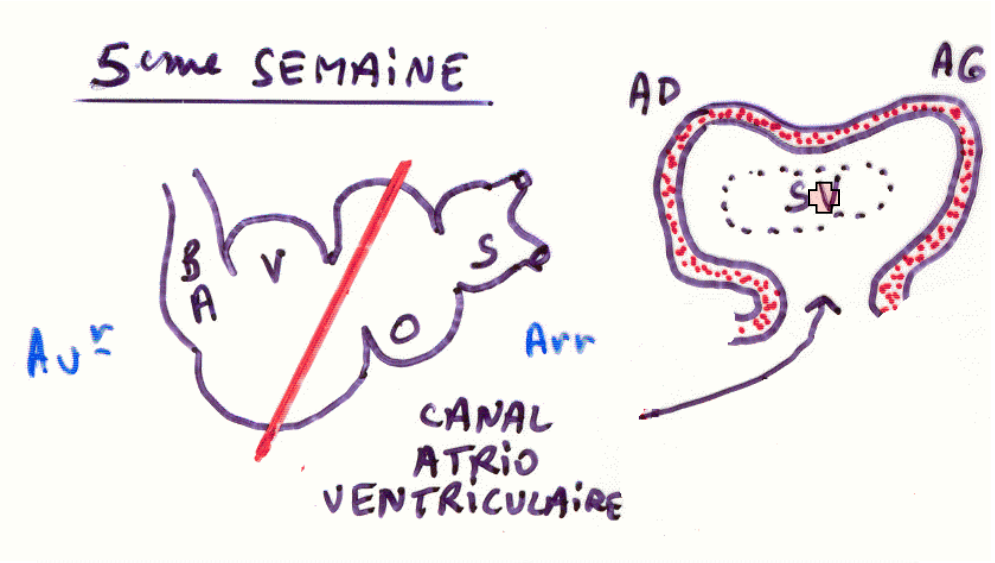
- disparition de la veine ombilicale gauche, de la veine vitelline gauche et régression du *canal de cuvier gauche (donnera le **sinus coronaire**)*

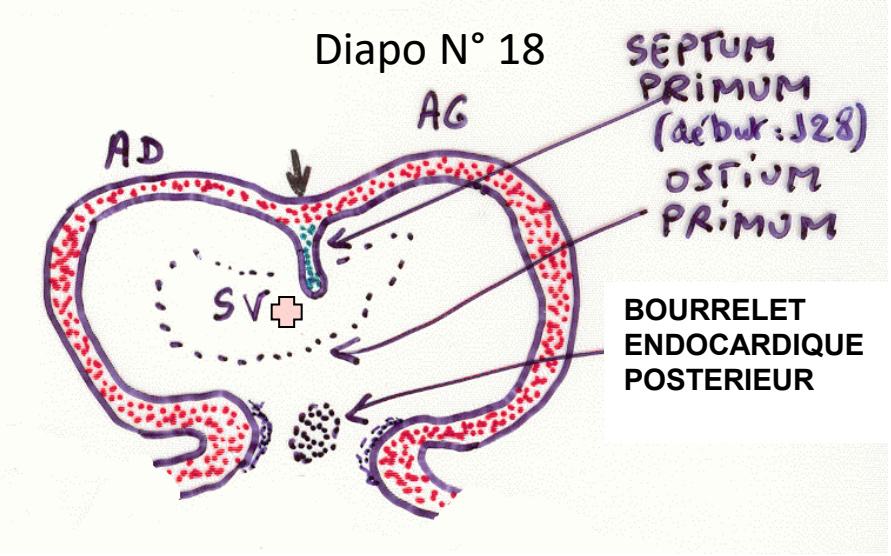
-> déplacement vers la droite du reste du ***sinus veineux***.

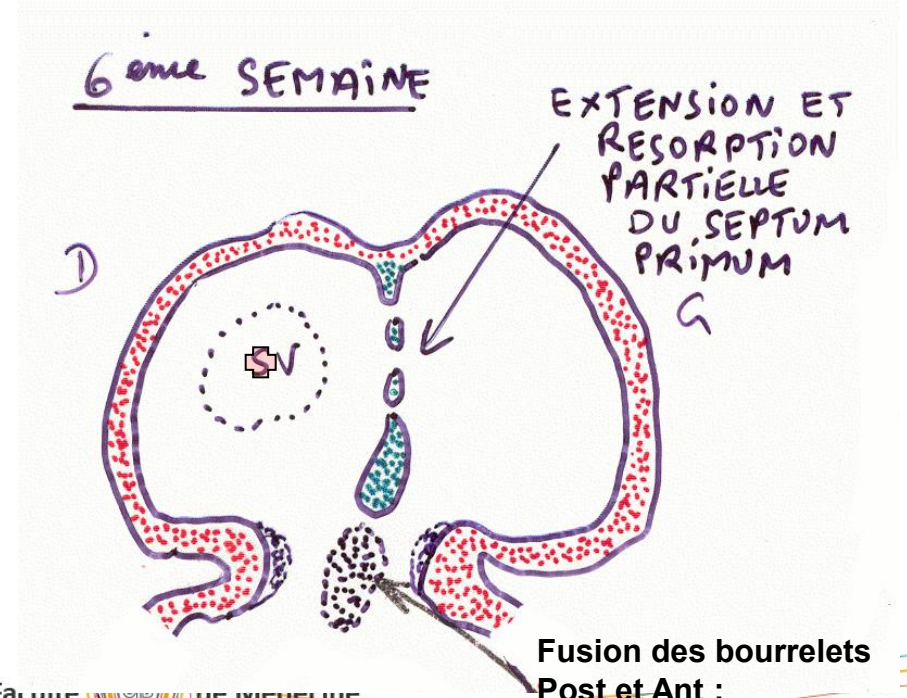
b. Les veines pulmonaires *(oreillette gauche)*

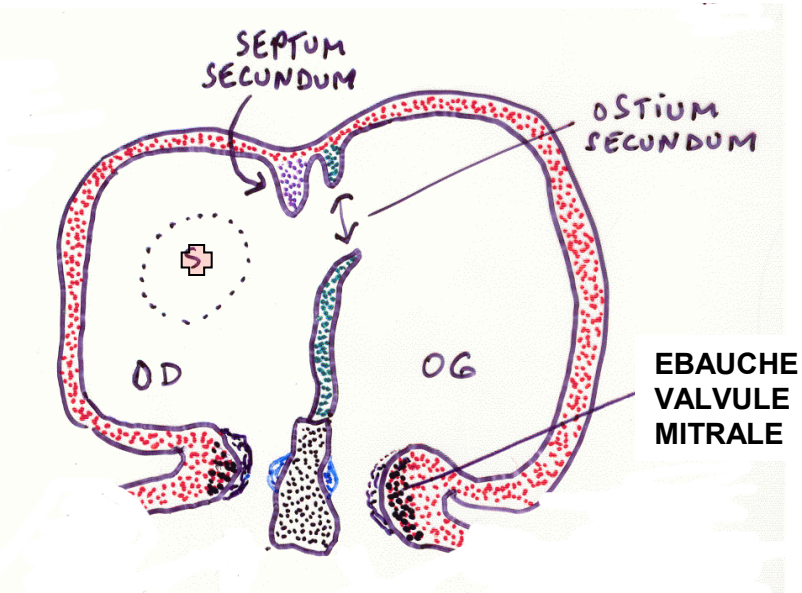
- fin de S4, évagination sur la partie gauche de la paroi postérieure de l'oreillette primitive -> quatre branches : les futurs **veines pulmonaires**.

Déplacement du sinus veineux







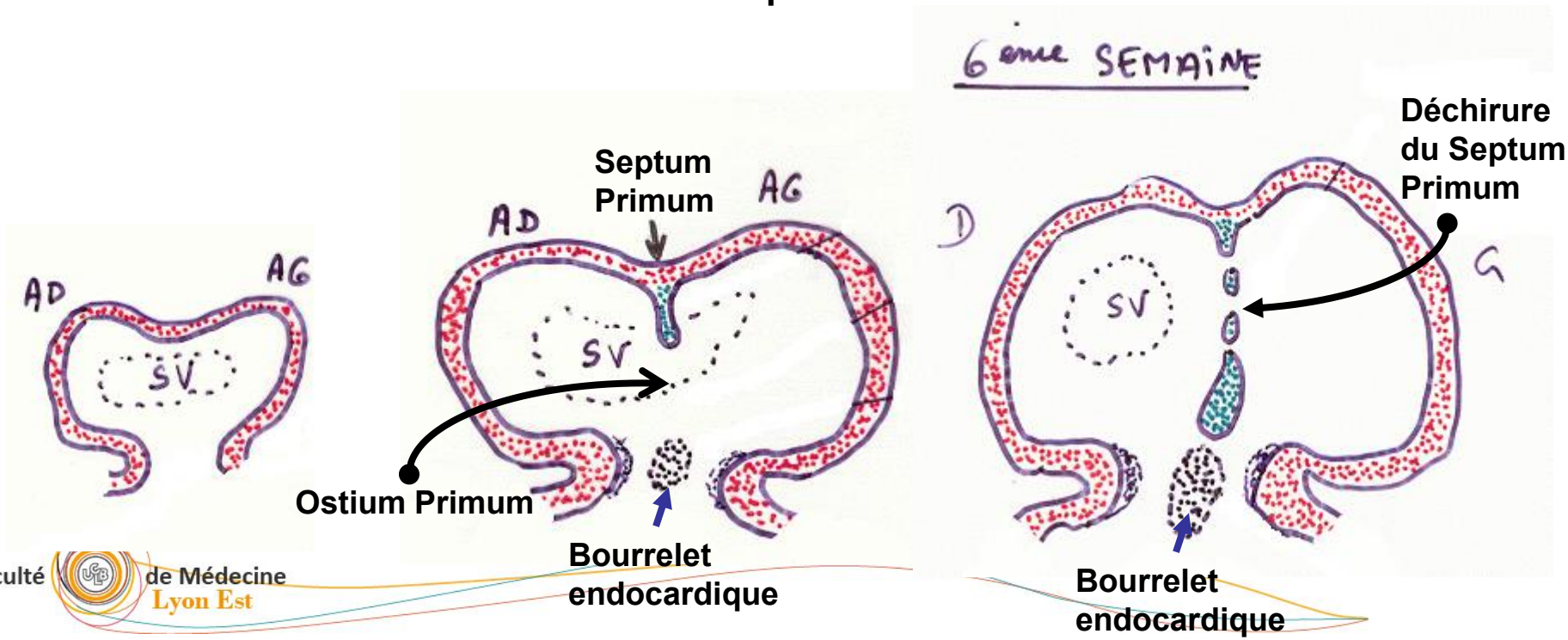


c. Le cloisonnement de l'oreillette primitive : deux phases

1. 5ème semaine : le ***septum primum*** *(*paroi postéro-supérieure de l'OP) s'accroît vers le bas : ***l'ostium primum*** (orifice) communication entre les deux parties de l'OP.
   Le ***septum primum*** se soudent aux **bourrelets endocardiques** (septum intermedium), l'OP est séparée en deux oreillettes droites et gauches.

Lors de la fermeture de ***l'ostium primum***, **le *septum primum*** se déchire, par apoptose, dans sa partie supérieure : ***l'ostium secundum*** *(*nouvel orifice).

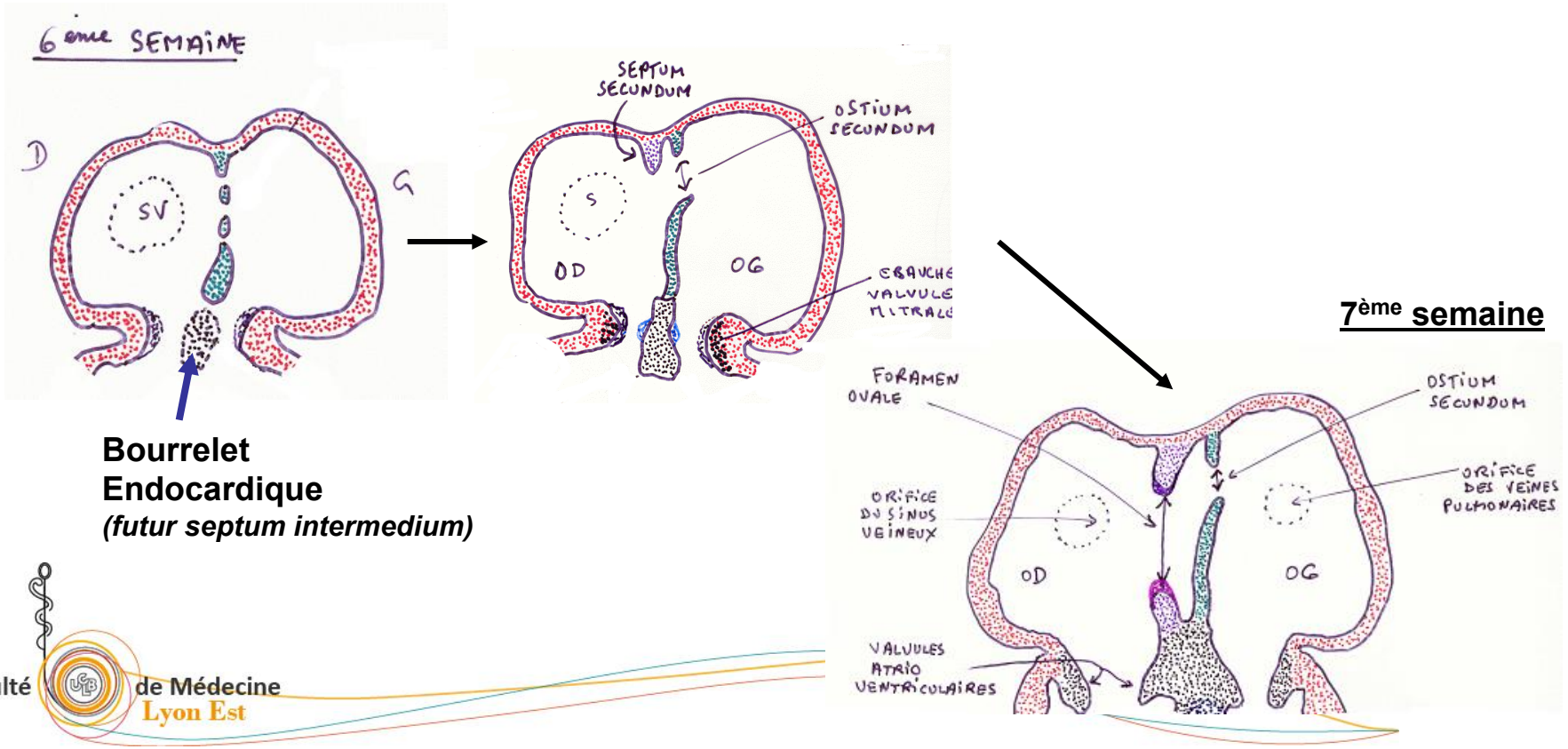
CLOISONNEMENT DES OREILLETTES : 1ère phase



2. A la sixième semaine, ***septum secundum*** (seconde cloison) à droite du ***septum primum***, se développe vers le bas mais ne se complète jamais. Le **septum secundum** recouvre ***l'ostium secundum*** : orifice en chicane entre les deux oreillettes : ***le foramen ovale*** *ou* ***trou de Botal***.

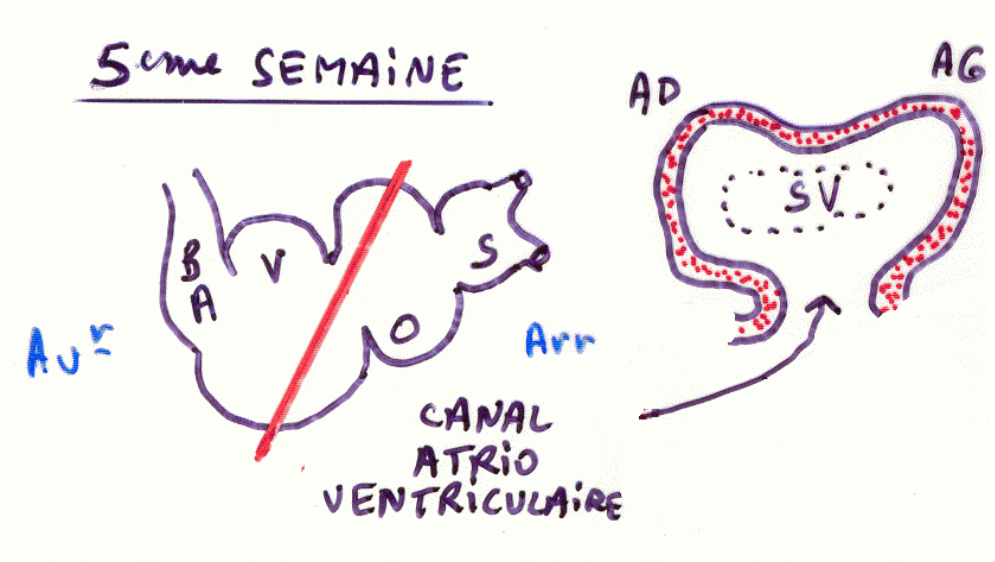
A la naissance l'augmentation de pression dans l'oreillette gauche détermine l'accolement des deux cloisons et la ***fermeture du trou de Botal***.

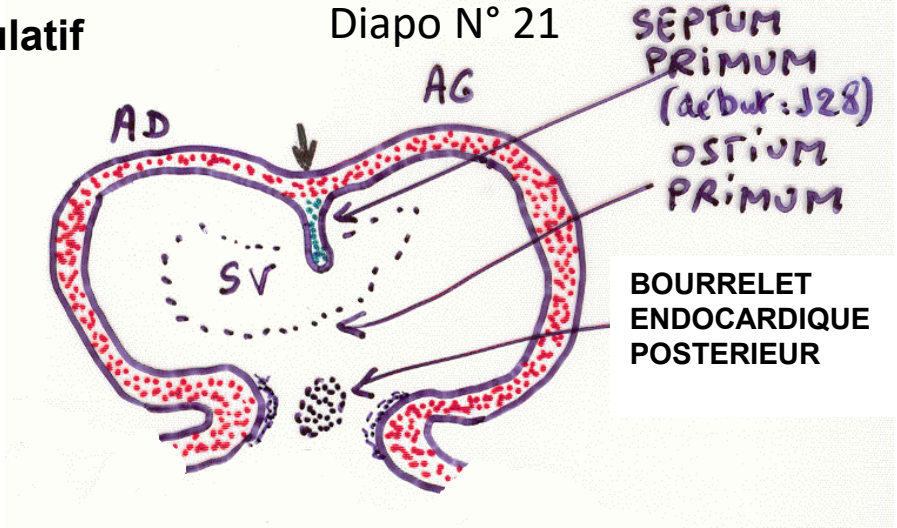
CLOISONNEMENT DES OREILLETTES : 2ème phase

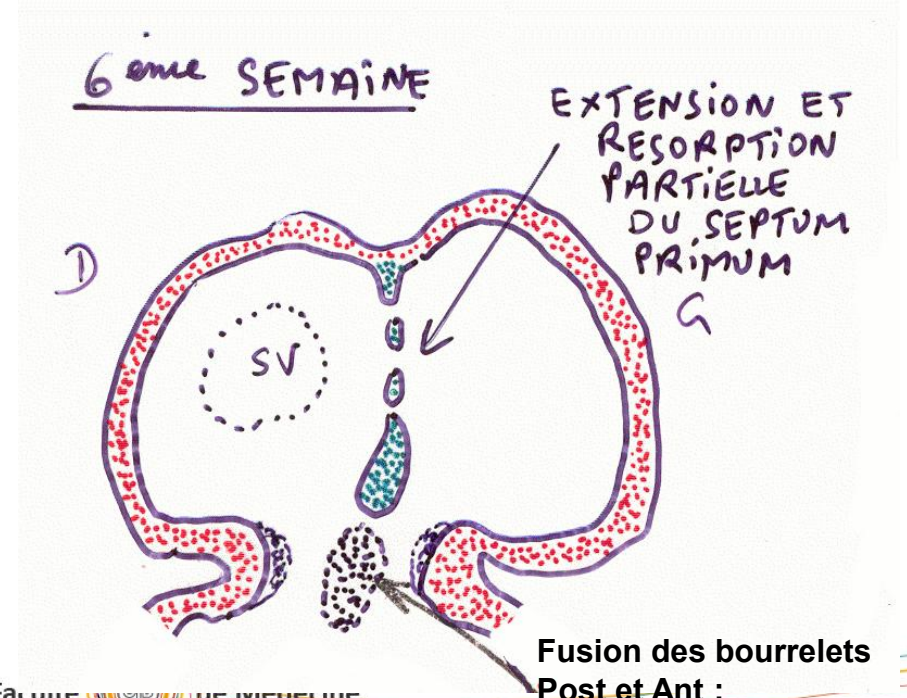


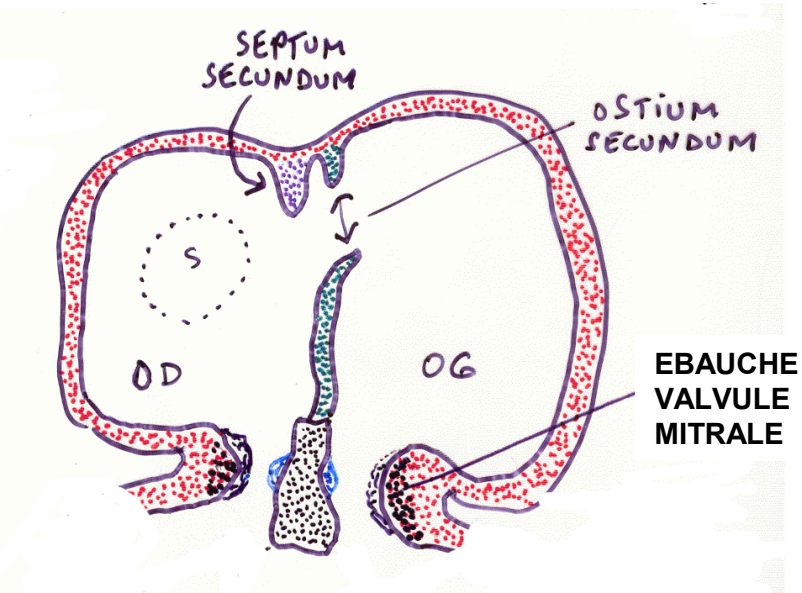
Bourrelet Endocardique
(futur septum intermedium)

CLOISONNEMENT DES OREILLETTES : récapitulatif









5. Formation du septum interventriculaire.

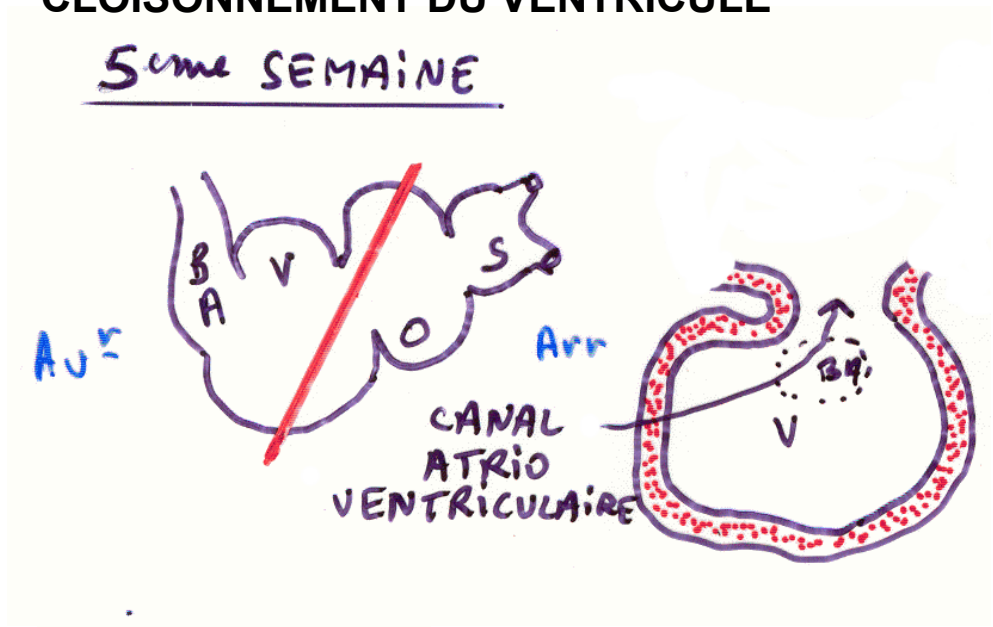
Fin de S4 : ***septum inferium*** (plancher de la région ventriculaire), crête musculaire qui se dirige vers les **bourrelets endocardiques atrio-ventriculaire**.

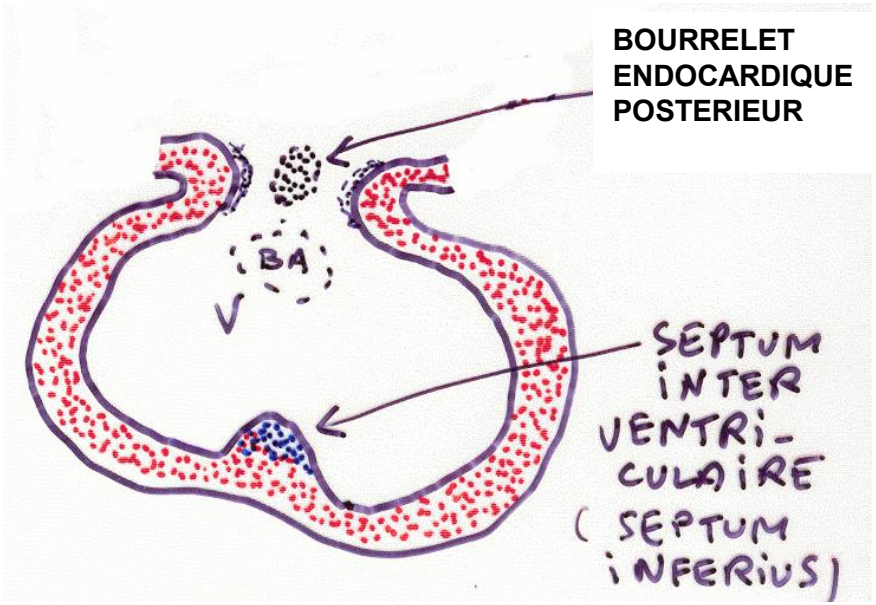
Le ***septum intermédium*** envoie une expansion membraneuse en direction du ***septum inferium*** *: partie membraneuse de la cloison inter-ventriculaire*.

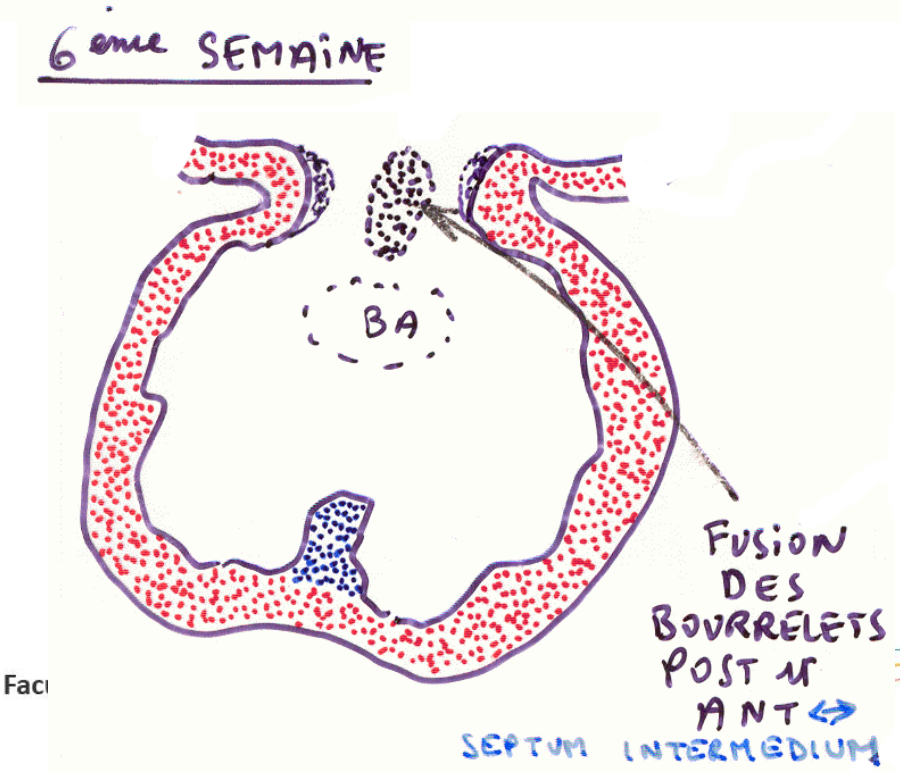
Cette cloison est incomplète (orifice) : ***foramen interventriculaire,*** communication entre les deux cavités. Les cellules qui ferment ce foramen proviennent des ***crêtes neurales*** (fermeture durant la 7ème semaine).

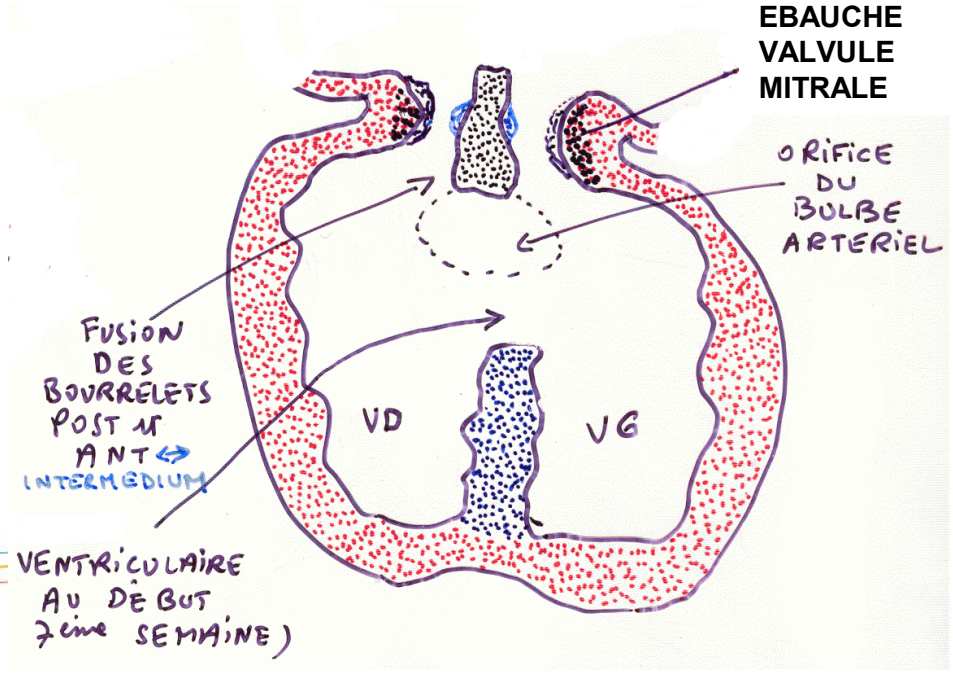
Les deux cavités ventriculaires augmentent de volume par amincissement de la paroi.

CLOISONNEMENT DU VENTRICULE









6. Evolution du Truncus Arteriosus et du Bulbe Artériel : cloisonnement aortico-pulmonaire.

a. Migration de l'ostium bulbaire

Au début de S5, migration à gauche de **l'ostium bulbaire** (orifice du bulbe artériel).

b. Cloisonnement du bulbe artériel.

J30, deux ***crêtes endocardiques*** (postérieure et ventrale) situées au niveau du **truncus arteriosus** et se prolongent vers le **bulbe artériel**.

Pendant que ces crêtes se développent,

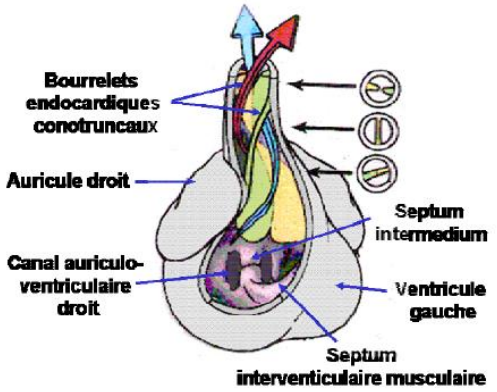
- Rotation dans le sens horaire, de l'orifice bulbo-ventriculaire,
- Rotation dans le sens anti-horaire de la partie distale du bulbe artériel.

Un ***trajet spiralé*** *du* ***septum conale*** *(fin de S5)* est mis en place. Le trajet hélicoïdal du **septum** détermine l'enroulement de l'aorte et de l'artère pulmonaire.

Deux ***chambres conales*** :

- une chambre pulmonaire : position antérieure.
- une chambre aortique : position postérieure

Au niveau des orifices bulbo-ventriculaires les **bourgeons endocardiques** déterminent la formation des orifices aortiques et pulmonaires fermés chacun par ***trois valvules sigmoïdes.***



Cloisonnement ventriculaire. D'après Larsen. Embryologie Humaine, 1996

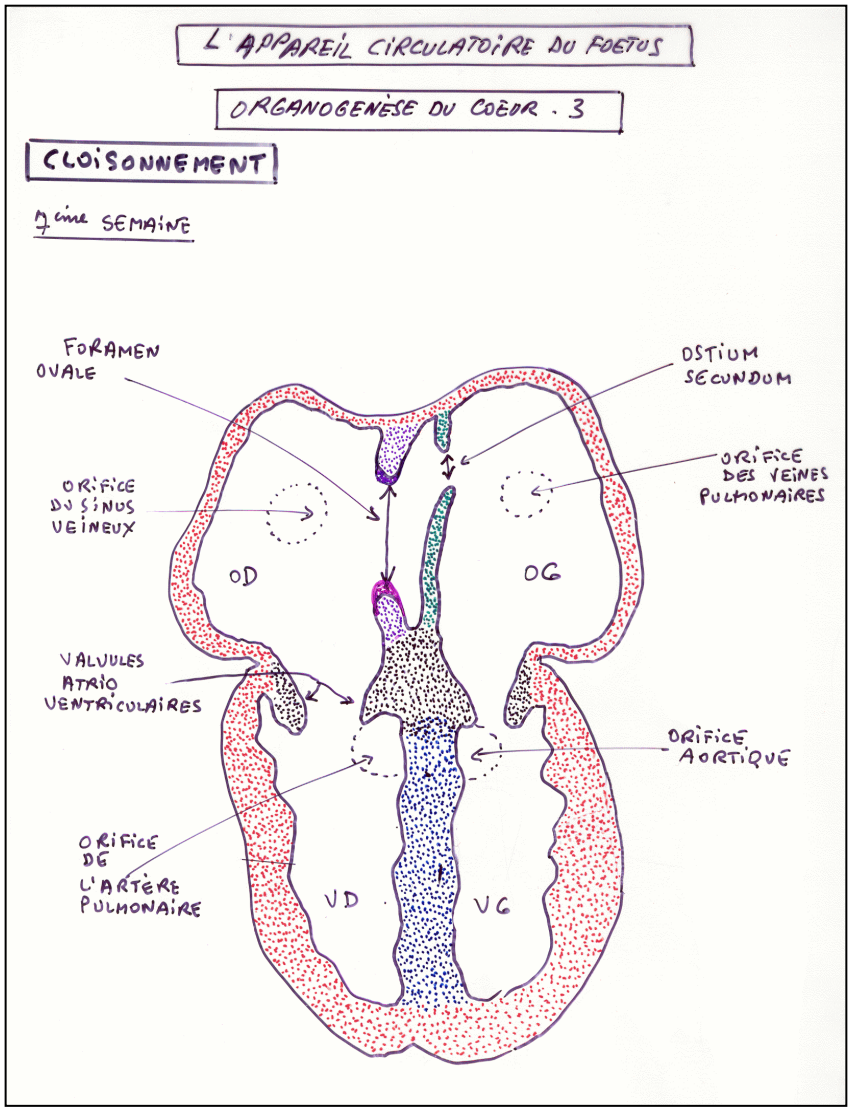
7. A la fin du cloisonnement (fin de S6)

Le tube cardiaque primitif à fait place au cœur à quatre cavités.
Les ventricules sont séparés par une cloison complète et ne communiquent plus directement.

* Le VD communique avec
  - l'OD par l'orifice auriculo-ventriculaire droit (fermé par la tricuspide)
  - l'artère pulmonaire.
* Le VG communique avec
  - l'OG par l'orifice auriculo-ventriculaire gauche (fermé par la mitrale)
  - l'aorte.
* Les oreillettes sont séparées par la cloison inter-auriculaire mais il persiste une communication entre elles : ***le trou de Botal***.

* L'oreillette droite reçoit les veines de la **circulation systémique**.

* L'oreillette gauche reçoit les **veines pulmonaires**.



8. Anomalies cardiaques

La fréquence des anomalies cardiaques est de 7 à 8 pour milles naissances.
Les principales origines :

- les facteurs génétiques : trisomie 18,21, syndrome de Turner ;
- les causes infectieuses : rubéole ;
- les médicaments : antibiotiques, cytostatiques, anticonvulsivants et les tranquillisants.

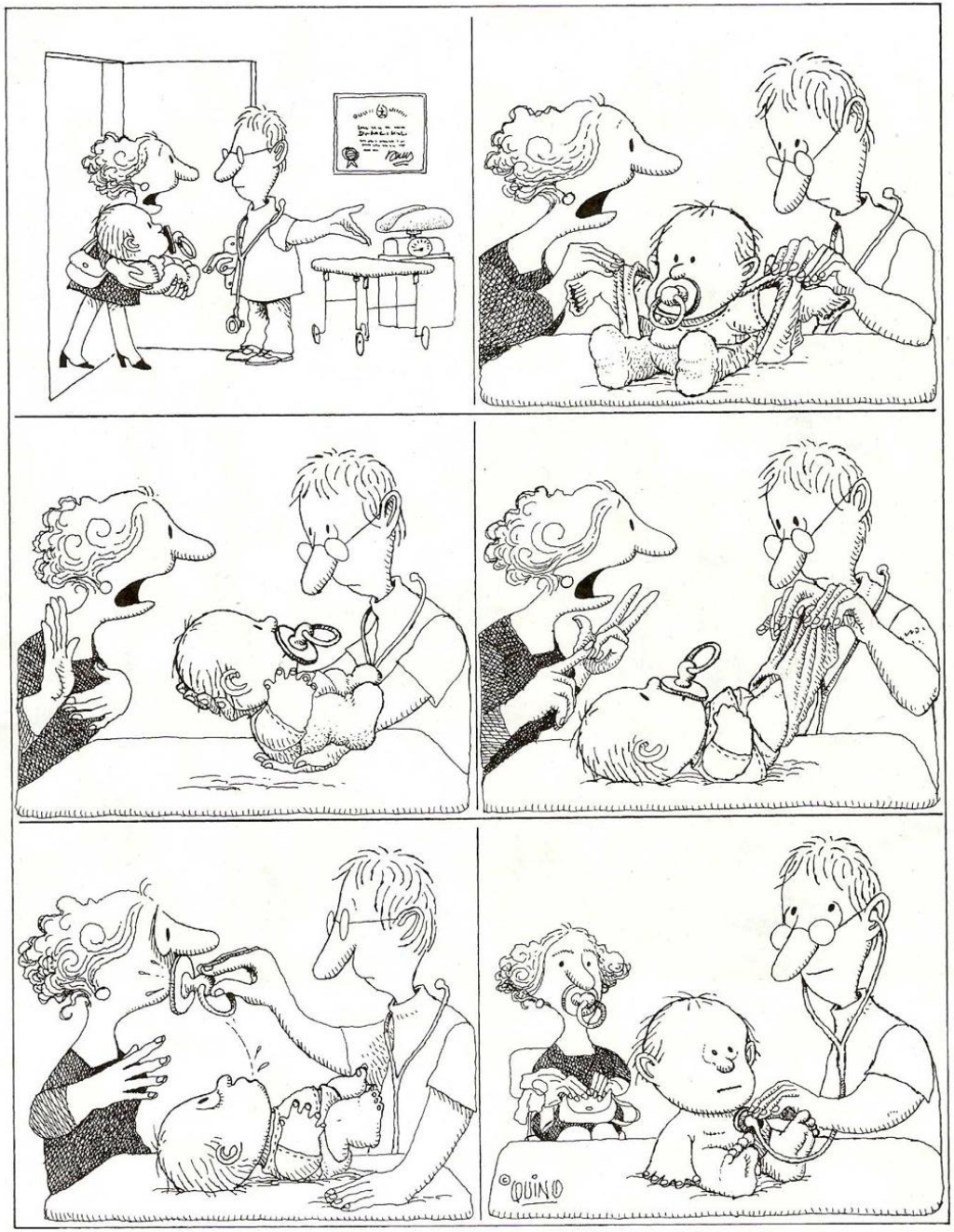
a. Cardiopathie avec shunt gauche-droite: hypervascularisation pulmonaire. **Cardiopathie non cyanogène.**

- Communication inter-ventriculaire
- Communication inter-auriculaire.
- Canal atrio-ventriculaire

b. Cardiopathie avec shunt droite-gauche: communication anormale + obstacle à l'éjection du ventricule droit. **Cardiopathie cyanogène** : sang veineux contamine le sang artériel : coloration violacée des téguments.

- **Transposition des gros vaisseaux** : aorte naît du ventricule droit et artère pulmonaire du ventricule gauche. Cyanose intense à la naissance.

- **Tétralogie de Fallot** : 1) communication interventriculaire, 2) sténose de l'artère pulmonaire, 3) hypertrophie ventriculaire droite, 4) dextroposition de l'aorte.


©QUINO

C. MODIFICATIONS DU SYSTEME ARTERIEL.

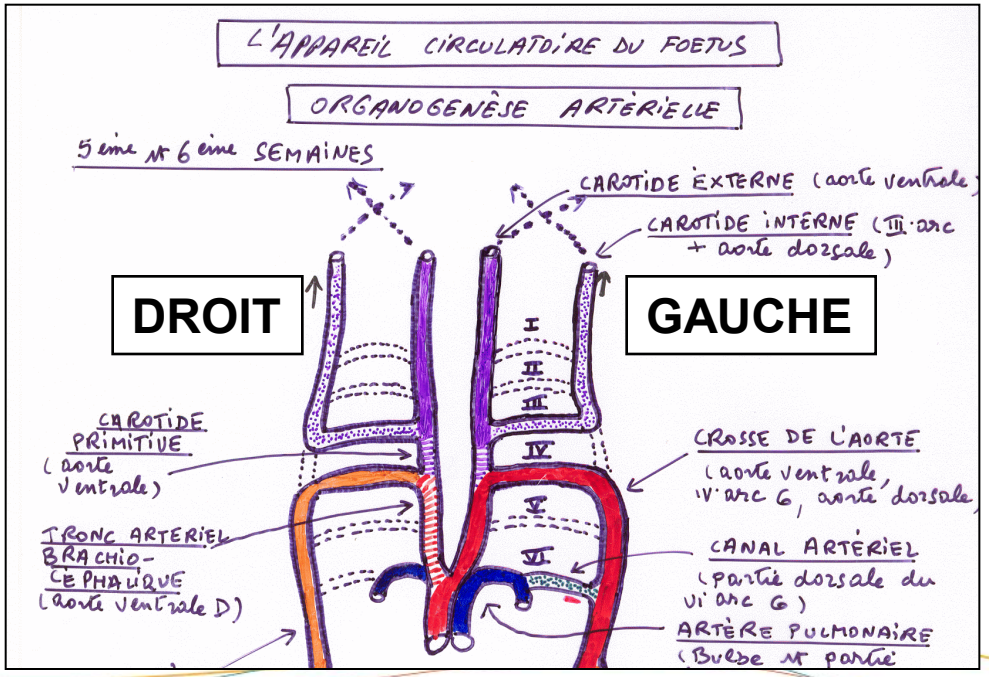
I. Les arcs aortiques

1. Au stade embryonnaire

Les arcs sont au nombre de six et constituent des anastomoses entre les aortes dorsales et ventrales de chaque coté.

2. Au stade fœtal (6eme à la 8eme semaine)

Arc I, II et V disparaissent.



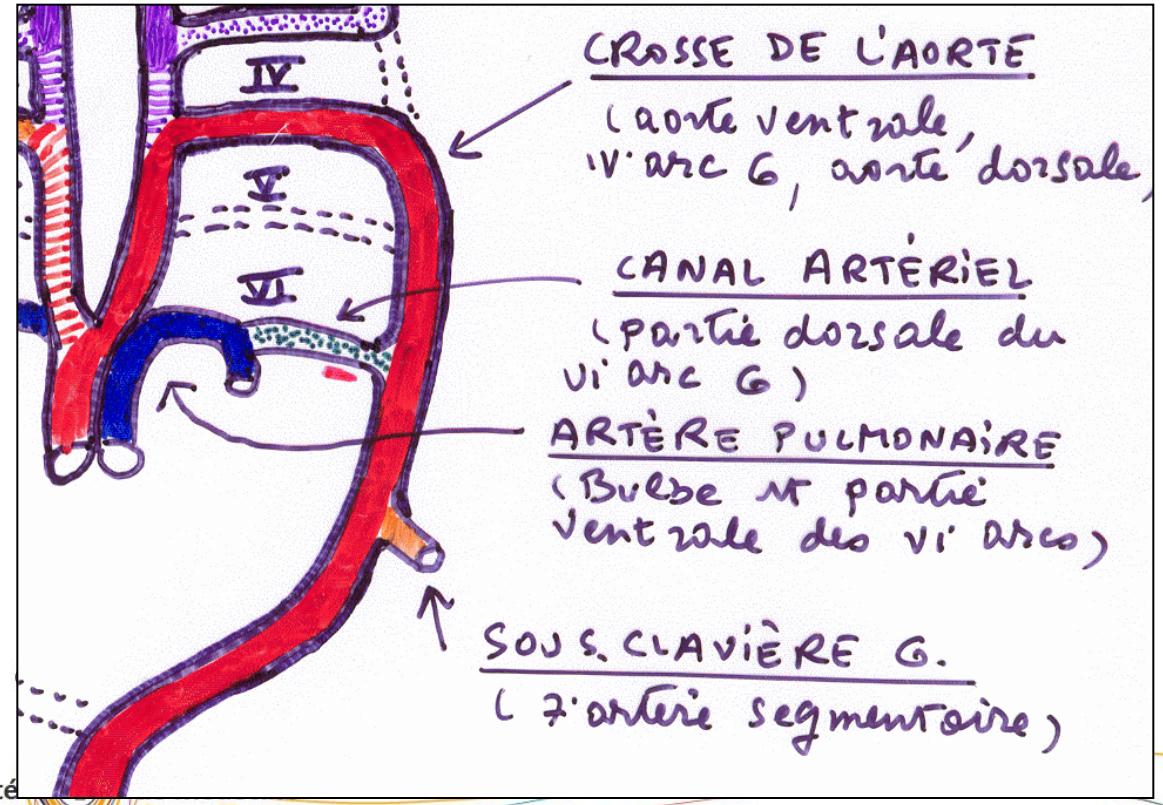
Du coté gauche

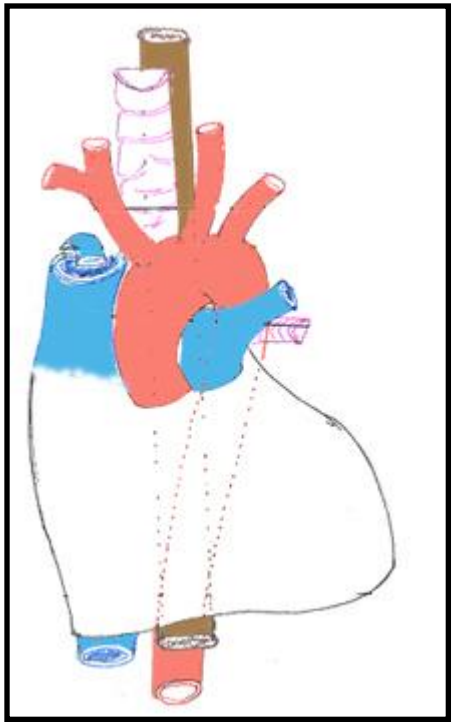
Mise en place de La crosse de l'aorte et de l'aorte :

**** Crosse de l'aorte***

- **segmentation du bulbe artériel**,
- **aorte ventrale gauche** jusqu'au **quatrième arc gauche**
- **totalité du quatrième arc gauche**
- **l'aorte dorsale** jusqu'à la **septième artère segmentaire** :

-> constitution de la **crosse de l'aorte**.





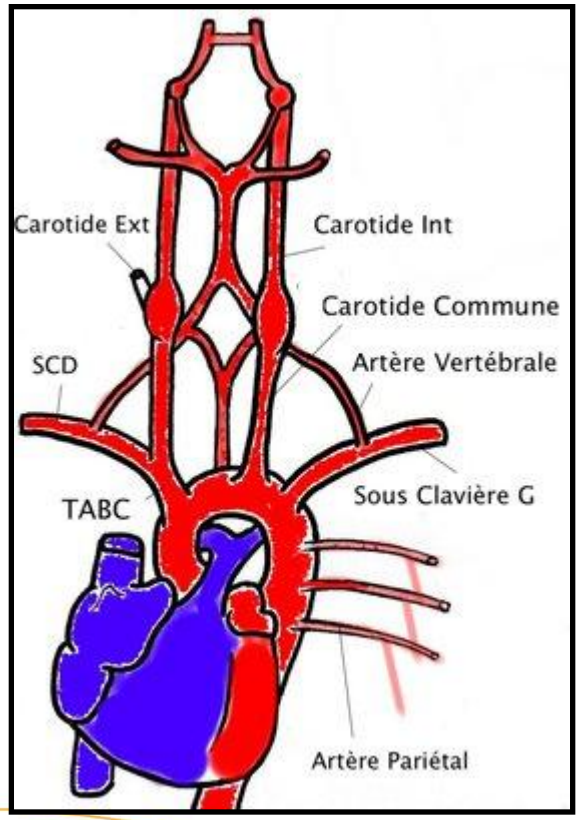
crosse de l'aorte

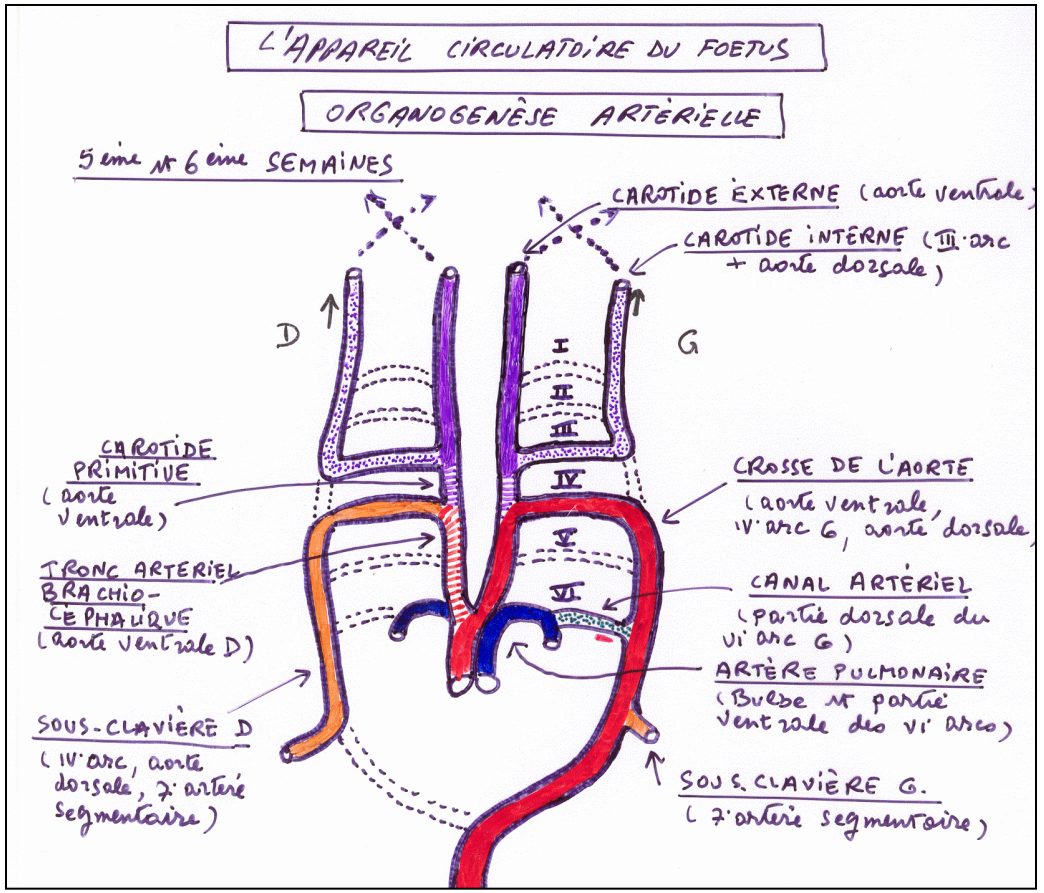
• ***L'aorte***

Le dernier segment de l'aorte : **l'aorte commune** jusqu'à son extrémité.

La partie distale de l'aorte régresse et l'aorte définitive se terminera à la naissance au niveau des **artères iliaques**.

- La **septième artère segmentaire gauche** donne **l'artère sous Clavière gauche**





Du coté droit.

-La partie **ventrale de l'aorte jusqu'au quatrième arc** donne le **tronc artériel brachio-céphalique**.

- Le **quatrième arc** jusqu'à la **septième artère segmentaire** donne **l'artère sous clavière droite.**

A droite et à gauche.

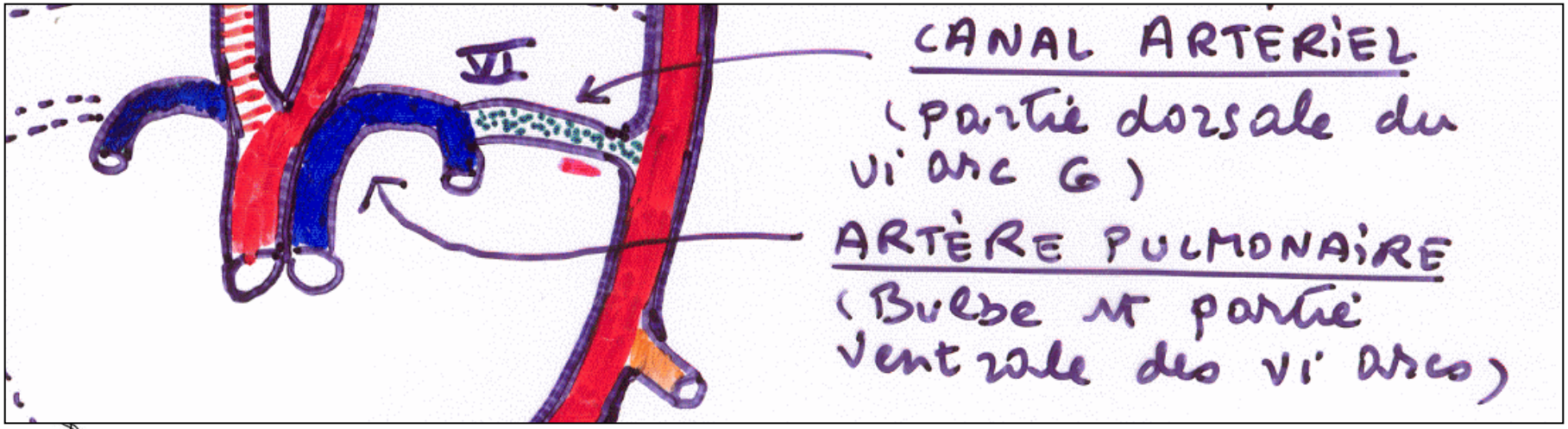
- Les **deux aortes ventrales** entre le **4ème et le 3ème arc** constituent les **carotides primitives droites et gauches**.
- Les **parties antérieures des aortes ventrales** et bien au-delà du 1er arc constituent les **artères carotides externes**.
- Le **3ème arc** et la **partie antérieure des aortes dorsales** constituent les **artères carotides internes**.

ARTERE PULMONAIRE

L'artère pulmonaire rejoint le **6eme arc aortique** de chaque coté pour constituer **l'artère pulmonaire** droite et **l'artère pulmonaire** gauche et ceci jusqu'à la moitié ventrale du 6ème arc et ensuite néoformation au niveau du poumon.

La partie dorsale du 6ème arc droite disparaît complètement,

La partie dorsale du 6ème arc gauche persiste sous la forme d'un vaisseau qui met en communication l'APG et la crosse de l'aorte : **le canal artériel.**



Les artères vitellines :

Artères vitellines gauches disparaissent totalement.

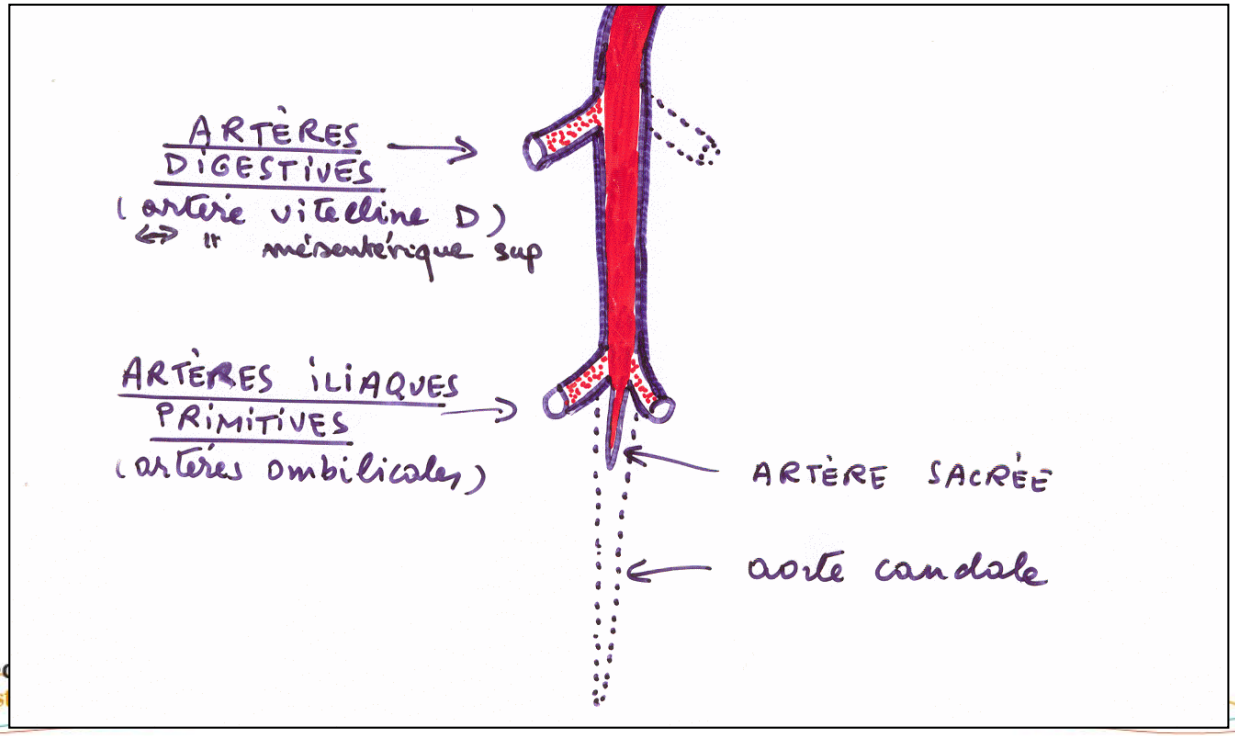
Artères vitellines droites donnent :

- **le tronc cœliaque** : intestin primitif antérieur.
- **l'artère mésentérique supérieure** : intestin primitif moyen.
- **l'artère mésentérique inférieure** : intestin primitif postérieur.

Les artères ombilicales :

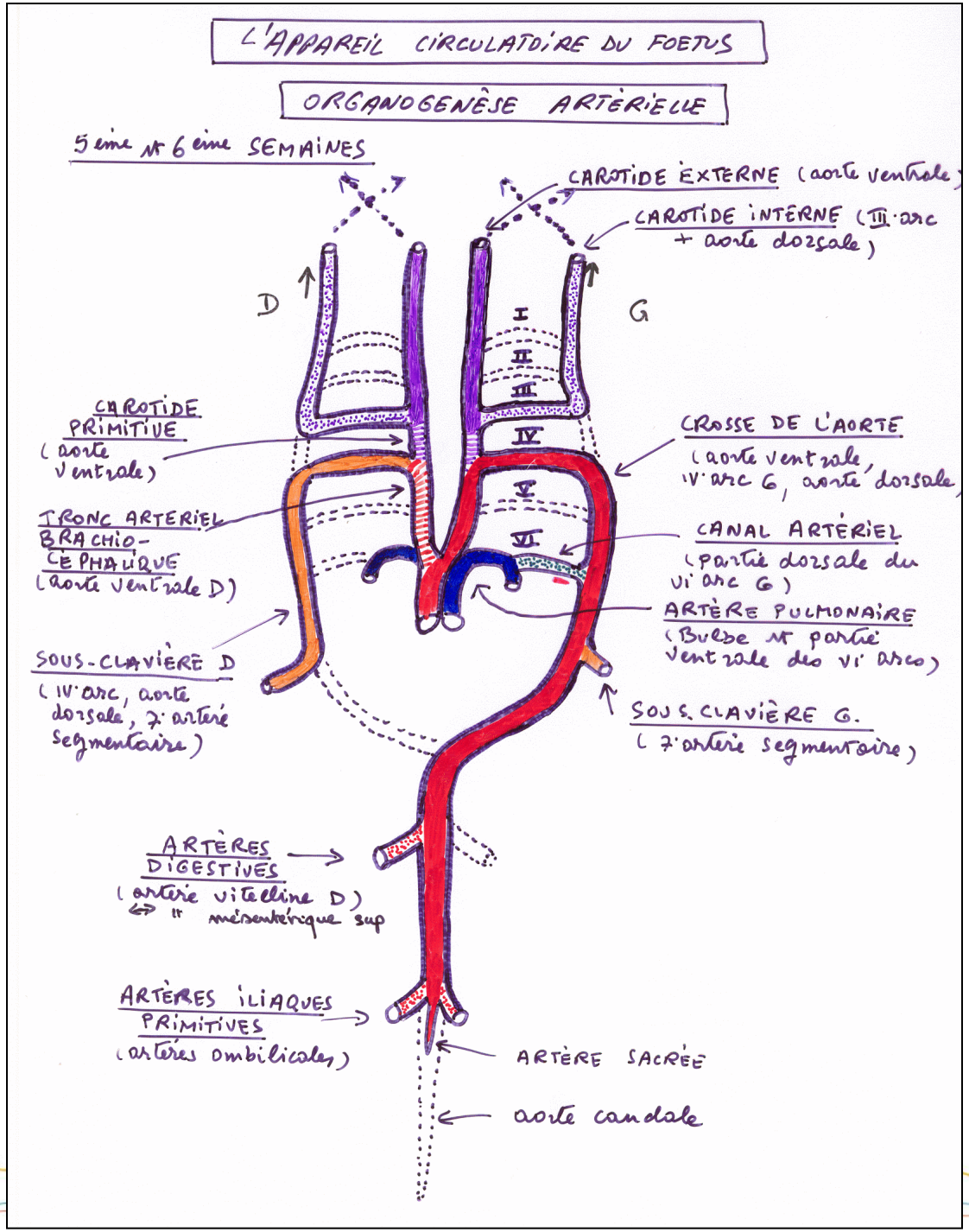
Persistent jusqu'à la naissance,

A la naissance, la partie intra-embryonnaire constituera les **artères iliaques** droite et gauche.



L'APPAREIL CIRCULATOIRE DU FOETUS

ORGANOGENÈSE ARTÉRIELLE



L'EVOLUTION DU SYSTEME VEINEUX

La transformation est complexe. Elle se caractérise par :

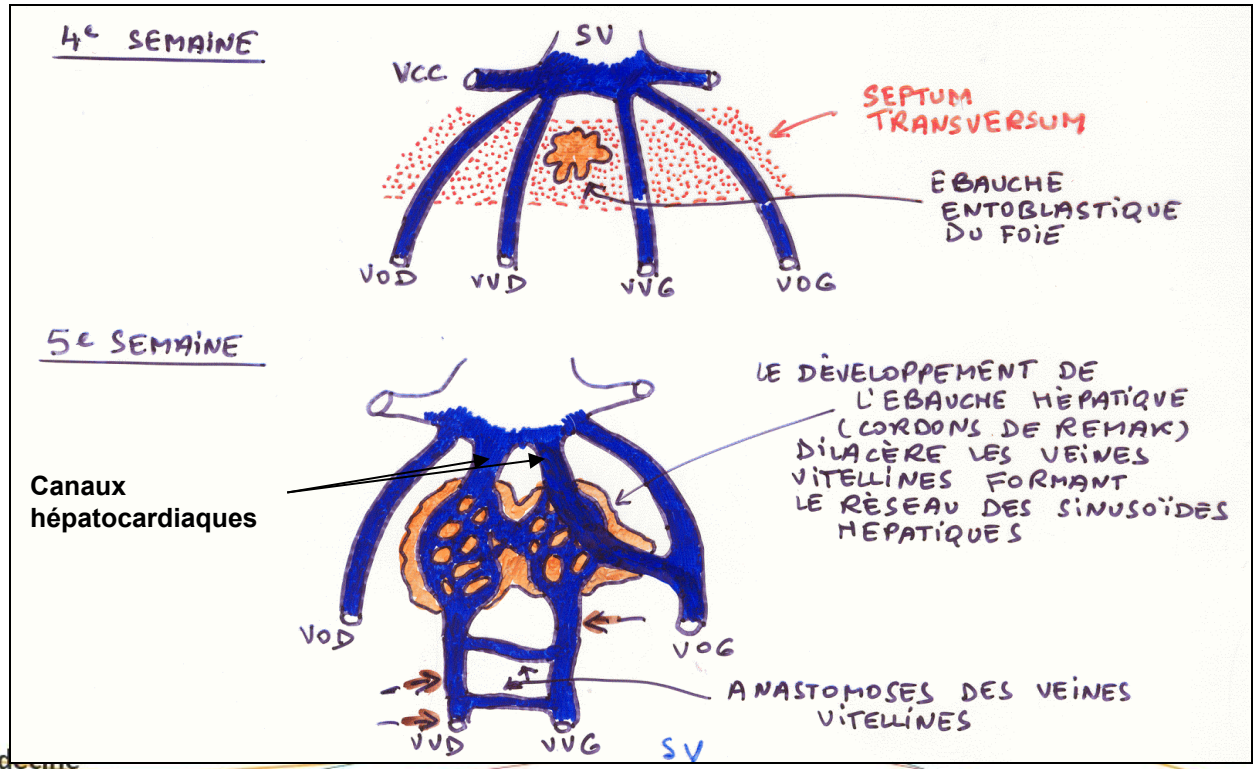
- L'apparition et la régression de segments vasculaires entiers, comme au niveau des artères.
- La présence d'anastomoses entre les éléments homologues des 2 côtés.
- La perte de la symétrie qui favorise le développement des vaisseaux du côté droit, du fait des anastomoses.
- Le développement des gros vaisseaux abdominaux en liaison avec le développement du foie.

D. MODIFICATION DU SYSTEME VEINEUX

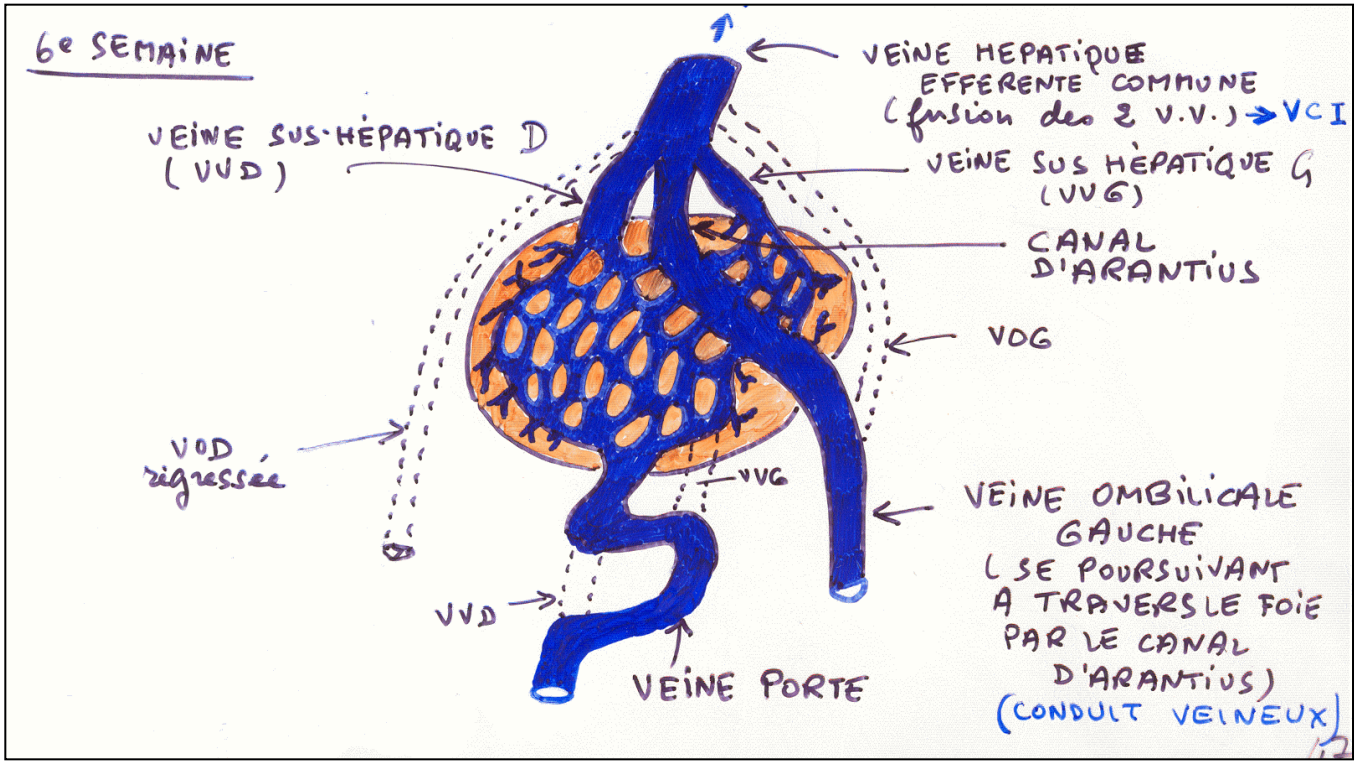
1. Les veines Vitellines

a- ébauche hépatique modifie le trajet des veines vitellines : **réseau des sinusoïdes hépatiques**.

Réseau drainé par **les canaux hépatocardiaques** dans le sinus veineux.

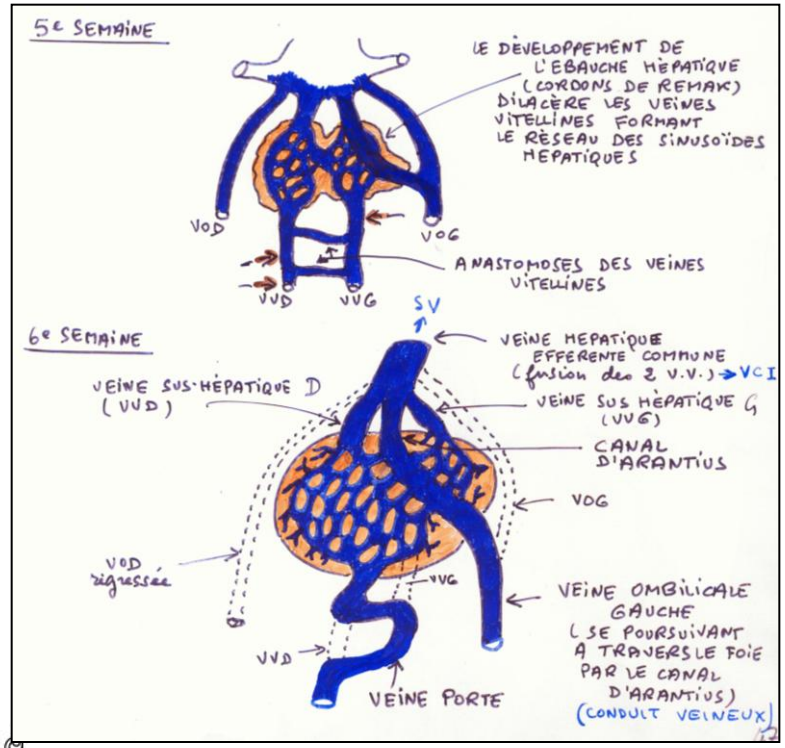


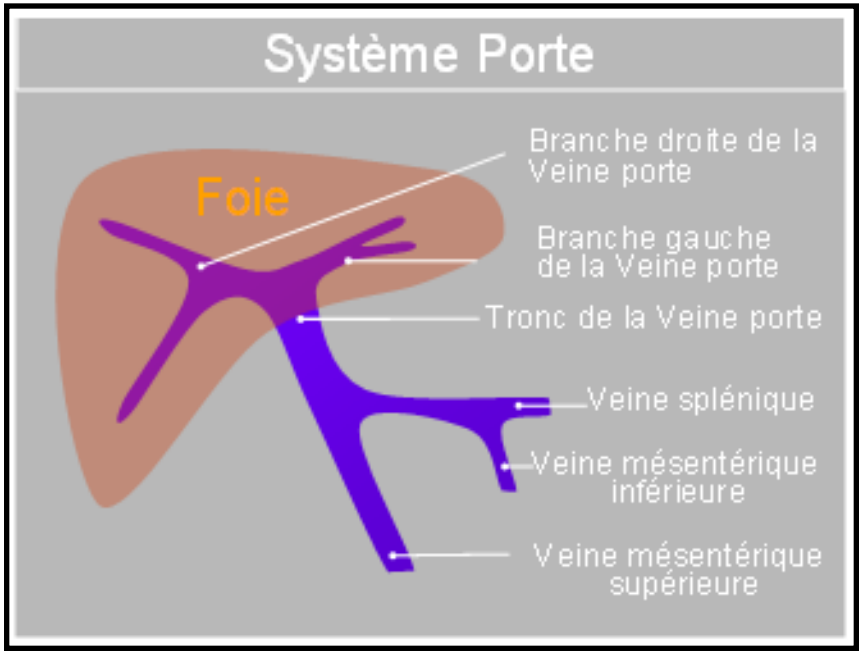
La circulation est déportée vers la droite disparition ***d'une partie*** de la corne gauche et fusion des Veines Vitellines dans leur partie supérieure (= canaux hépato-cardiaques) : **Veine Hépatique Efférente Commune** qui participera à la **Veine Cave Inférieure** (VCI).



b- Avant de pénétrer dans le sinus veineux, les **veines vitellines** forment un **plexus** autours du duodénum.

Le réseau anastomotique entourant le duodénum se résout en un vaisseau unique : **la veine porte.**





Source : Centre de Référence des Maladies Vasculaires du Foie

2. Les veines ombilicales

La **veine ombilicale gauche** entre en connexion avec les **sinusoïdes hépatiques**.

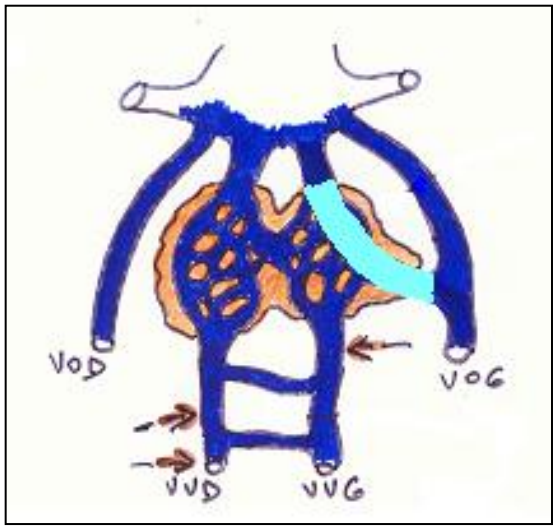
La partie proximale de la veine ombilical gauche disparaît.

La veine ombilicale droite disparaît en totalité.

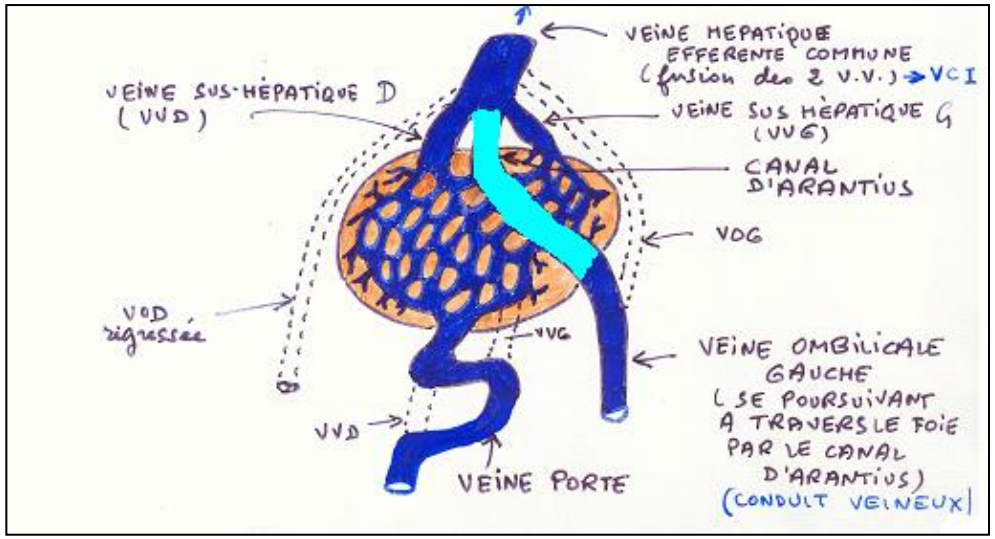
La veine ombilicale gauche continue à drainer le sang du placenta vers le foie.

Une communication directe s'établie entre la **veine ombilicale gauche** et la **veine cave inférieure** : canal veineux d'Arantius (court-circuite les sinusoïdes hépatiques).

5ème semaine



6ème semaine

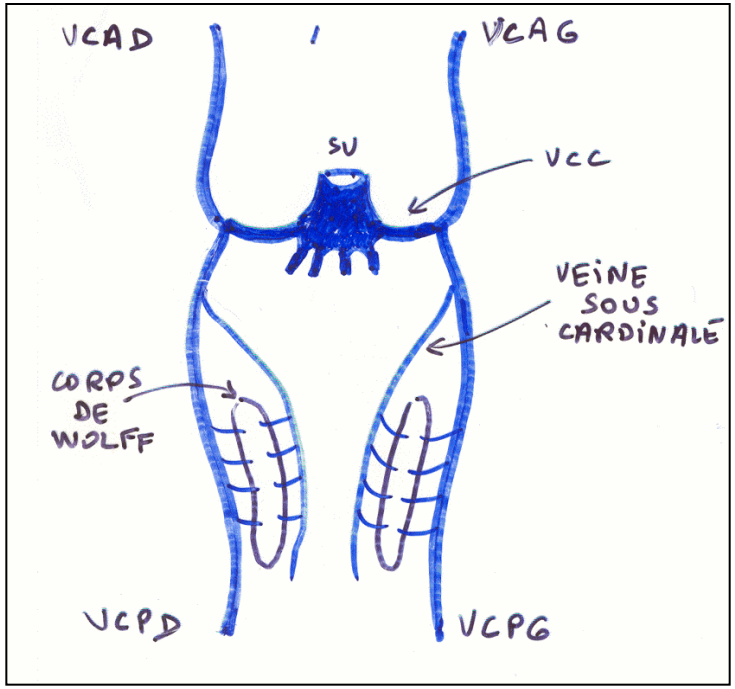


A la naissance la **veine ombilicale gauche** et le **canal d'Arantius** s'oblitèrent et constituent respectivement le **ligament rond** (du hile à l'ombilic) et le **ligament veineux du foie** (du hile à la veine cave inférieure).

3. Les Veines Cardinales

La transformation est asymétrique, la circulation veineuse est déportée vers la droite.

Entre la 5ème et le 7éme semaine apparaissent un certain nombre de veines additionnelles :



- les **veines sous-cardinales** qui drainent principalement les reins.

- les **veines sacro-cardinales** qui drainent les membres inférieurs.

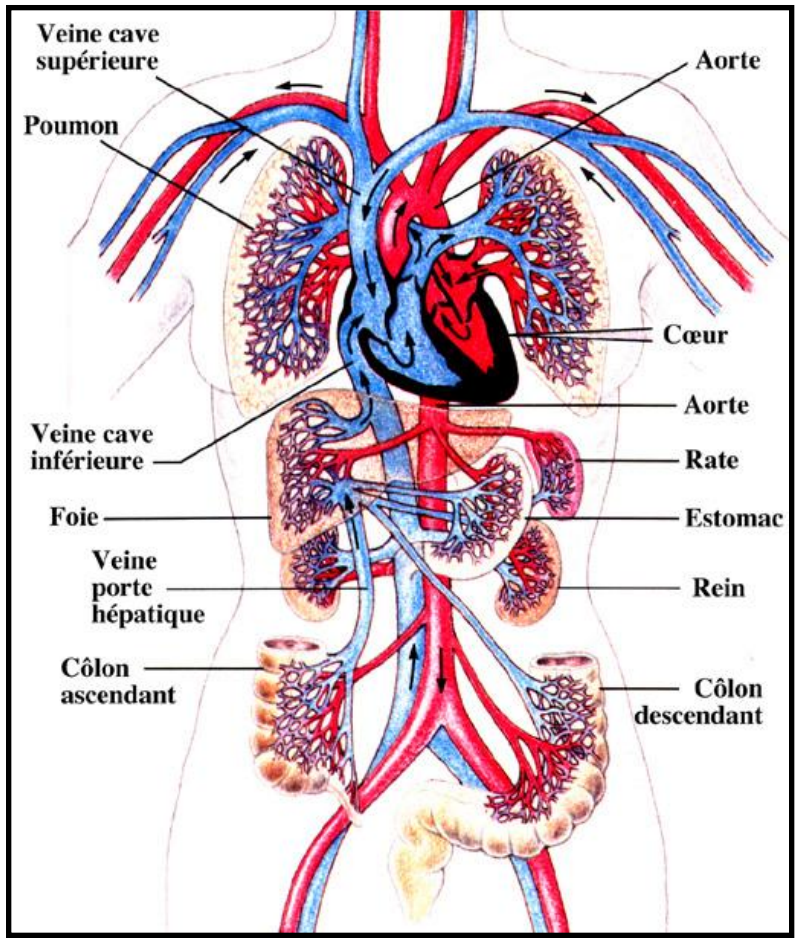
- les **veines supra-cardinales** qui drainent la paroi du corps par l'intermédiaires des veines intercostales (reprennent le rôle des Veines Cardinales Postérieurs).

a- La formation de la Veine Cave Inférieure

- ***La partie initiale,*** de la fusion des veines iliaques primitives à l'abouchement des veines rénales, dérive de la **partie distale de la veine supra-cardinale droite**.

- ***La partie moyenne,*** de l'abouchement des veines rénales à l'abouchement des veines sus-hépatiques, dérive de la **veine sous-cardinale droite**.

- ***La partie terminale*** dérive de la **veine hépatique commune** (anastomose hépato-sous cardinale) avec la participation, dans le tout dernier segment, de la **partie terminale de la veine vitelline droite**.

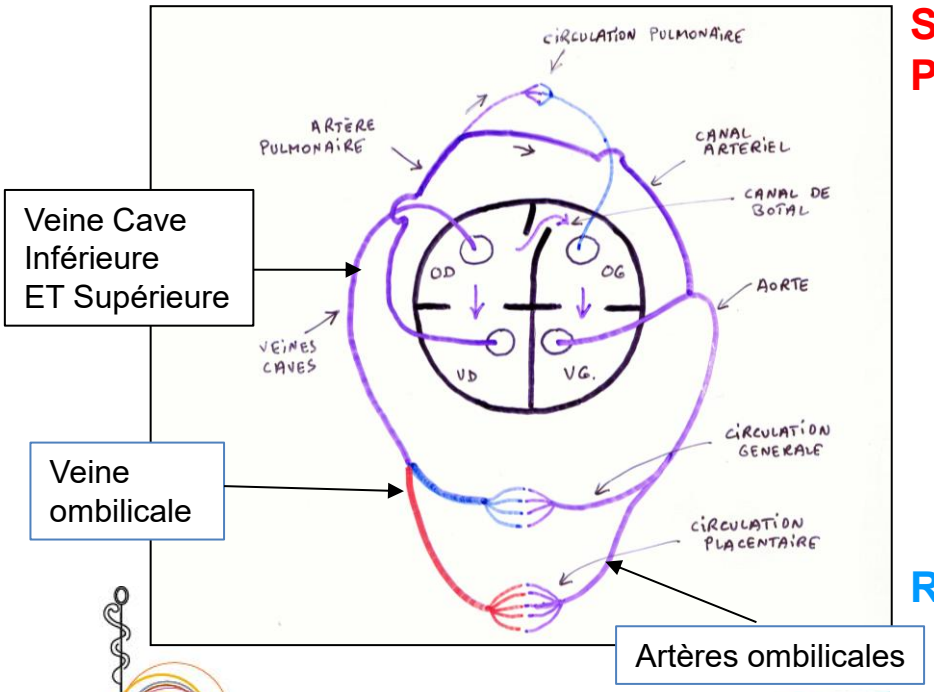


D. Les aspects fonctionnels de la circulation fœtale

* La circulation pulmonaire n'est pas fonctionnelle. Le sang arrivant au coeur est dérivé vers le **coeur gauche** et l'**aorte**.

* Le débit sanguin intra-hépatique est faible, le sang étant dérivé vers la veine cave par le **canal d'Arantius**.

* L'extrémité céphalique (et le cerveau) est privilégiée et reçoit un sang plus oxygéné que le reste des tissus de l'organisme.



Sang artériel

Placenta -> Veine ombilicale -> Foie -> Canal D'ARANTIUS & Sinusoïde Hépatique -> Veine Cave Inférieure -> Oreillette droite (rejoint par le sang veineux du fœtus) 1-> Ventricule droit -> artère pulmonaire –> canal artériel -> Aorte

2 -> passage dans la grande circulation grâce au Foramen Ovale (OD -> OG) –> VG –> aorte.

Retours veineux

- par les **artères ombilicales** -> le placenta (réoxygénation)

E. Les transformation à la naissance

Rupture du cordon ombilical-> spasme immédiat de

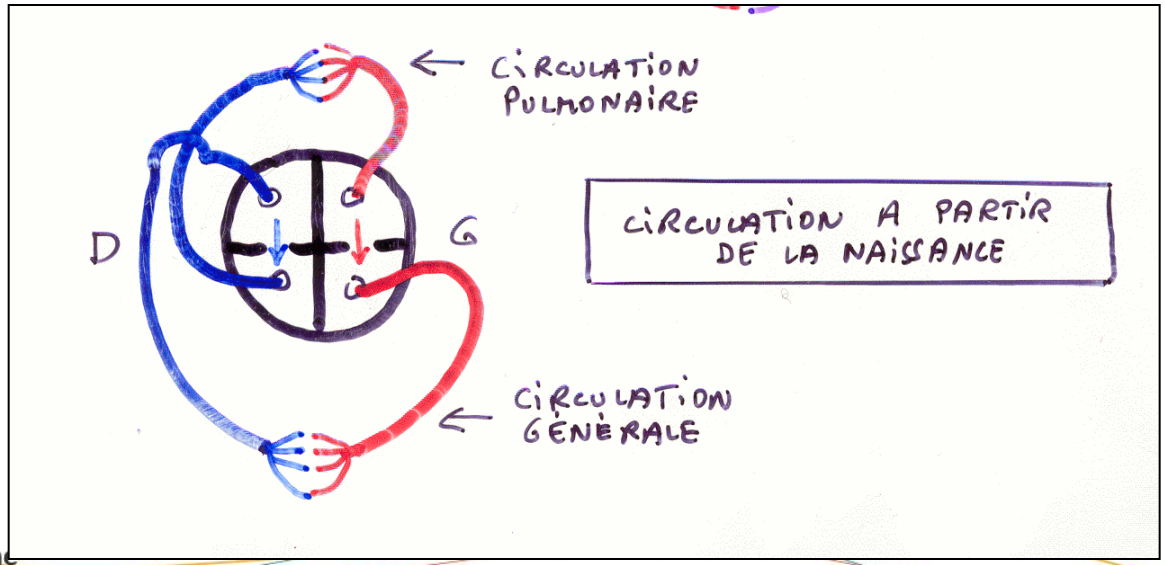
- la **veine ombilicale gauche** > **ligament rond**.
- du **canal artériel** (interruption communication entre l'artère pulmonaire et l'aorte)

Modification des pressions des oreillettes.

Pression (OG) > Pression (OD) : fermeture du canal de Botal.

Il y a donc :

- disparition de la circulation placentaire
- disparition du canal artériel
- fermeture du canal de Botal



F. Les malformation.

Anomalie du système artériel
- coarctation de l'aorte (sténose en aval ou en amont de l'abouchement du canal artériel)
- persistance du canal artériel
- anomalie du trajet de l'aorte et des sous-clavière

Anomalie du Retours veineux
- veine cave supérieure gauche
- connexions anormales des veines pulmonaires.

Les conséquences sont plus ou moins grave et nécessite alors une chirurgie réparatrice.

Dr Mehdi Benchaib
mehdi.benchaib@chu-lyon.fr



FIN