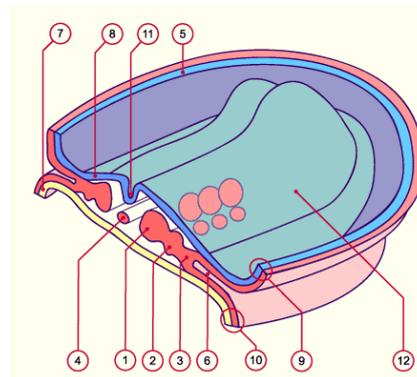
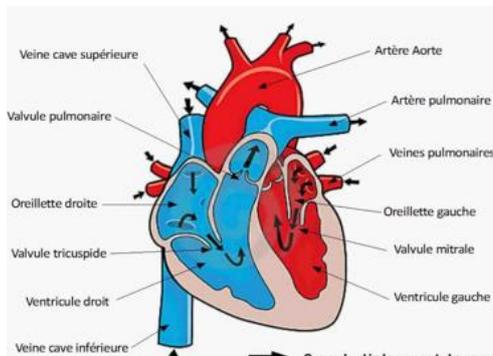


Embryologie Cardio-vasculaire :

I. Mise en place du mésoblaste cardiaque à la gastrulation :

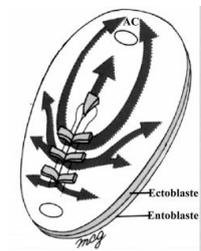


- 1 mésoblaste para-axial
- 2 mésoblaste intermédiaire
- 3 mésoblaste latéral
- 4 processus notochordal
- 5 amnios
- 6 coelome intraembryonnaire
- 7 entoblaste
- 8 ectoblaste
- 9 Somatopleure (mésoderme et ectoblaste)
- 10 Splanchnopleure (mésoderme et entoblaste)
- 11 gouttière neurale
- 12 plaque neurale

Les cellules épigastriques migrent à partir de la ligne primitive et se transforment en cellules mésoblastiques. Un groupe de cellules va alors migrer en avant de la membrane pharyngienne au niveau de l'Aire cardiaque.

A la fin de la 4^{ème} semaine on a une transformation des cellules mésenchymateuses en :

- Cellules myocardiques qui vont donner des myocytes
- Cellules endothéliales. Ces dernières sont entourées de cellules musculaires, les myocytes, et vont permettre la formation des Tubes Endocardiques Primitifs (TEP). Ce sont des cellules angioformatrices.



On observe également une différence anatomique entre les côtés droits et gauches (situs viscéral asymétrique). Ainsi, au niveau du nœud de Hensen des cellules vont diriger des flux morphogènes : à gauche on a une expression de *lefty*, *nodal*, *SHH* (influence le situs cardiaque) et à droite il y a expression de récepteurs à l'activine.

II. Les Tubes Endocardiques Primitifs :

- Formation : les TEP se forment à partir du splanchnopleure. Ainsi, lors de la 3^{ème} SD, on assiste à une délimitation de l'embryon. Cela permet aux 2 TEP de se rapprocher puis de fusionner. Ils sont entourés par le splanchnopleure (Sp). (Rq : le somatopleure (Sm) est en contact avec la cavité amniotique et le Sp avec la vésicule vitelline et l'intestin primitif)
- Délimitation : (passage d'un disque à un embryon en 3D). Au moment de la délimitation les régions en avant de la membrane pharyngienne basculent en position ventrale. Cette bascule va permettre à la cavité péricardique de passer sous le cœur. (Rq : le coelome intra-embryonnaire est délimité par le Sm et le Sp et va donner la cavité péricardique.)
- Fusion des TEP pour former un seul tube cardiaque (J21) : le cœur est connecté aux réseaux intra et extra emb. (vitellin et chorio-allantoïdien). Le sang fabriqué dans la VV se déverse dans le tube cardiaque (TC) et le cœur commence à battre.

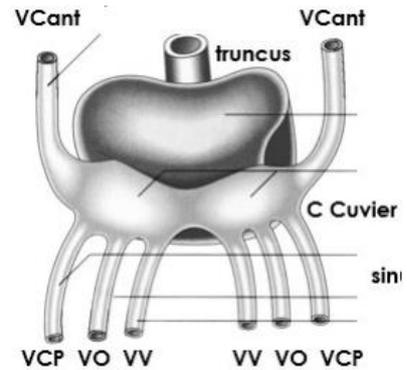
III. Mise en place des réseaux vasculaires :

A J21 le cœur bat, tous les réseaux IE et EE sont donc formés.

Il existe deux réseaux EE : le réseau vitellin constitué de deux veines et deux artères vitellines. Et le réseau chorio-allantoidien ou ombilical. Les veines du réseau EE s'abouchent dans le sinus veineux, au niveau du tube cardiaque tandis que les artères se connectent au niveau des aortes dorsales.

Le réseau vasculaire IE correspond aux TEP auxquels font suite les aortes dorsales puis ventrales. Il comprend : 2 Veines cardinales antérieures 2 veines cardinales postérieures.

Le TC est donc composé d'un pôle veineux et d'un pôle artériel (conus +truncus).



IV. Structure du TC :

Au départ, le TC est constitué d'une partie intérieure endothéliale qui est recouverte d'une substance, la gelée cardiaque, contenant des cardiomyocytes et des cellules de l'épicarde.

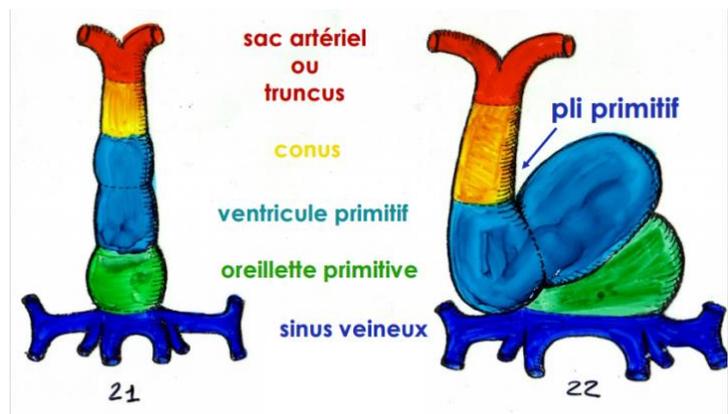
V. Evolution du TC :

Cloisonnement (4SD) : on observe la formation d'une boucle droite faisant passer l'oreillette primitive d'une position caudale à une position craniale. On a alors une modification du flux sanguin ce qui va provoquer une modification de l'agencement interne du TC :

- Apparition de bourgeons endocardiques créant ainsi des septa qui vont croître, migrer et cloisonner définitivement le TC
- Apparition de 2 circulations parallèles dans les cavités G et D. Ces flux vont ressortir soit par l'aorte (VG) soit par l'A.pulmonaire (VD).

Les modifications du cœur et son cloisonnement dépendent donc des flux. Ce cloisonnement se fait en 3 étapes : la boucle (ou loop), la convergence et le wedging.

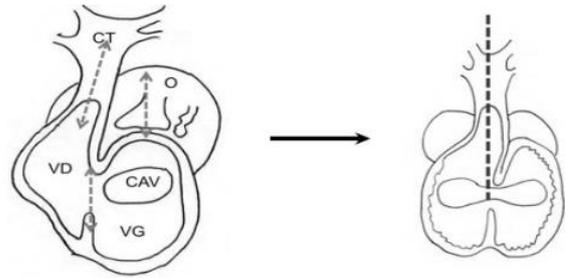
➤ La boucle droite : initialement le TC est droit. On a alors un allongement du tube et une plicature créant une boucle sur la droite. Parallèlement l'oreillette et le bulbe commencent à se dilater en raison d'un flux vasculaire plus important.



Rq : bulbe+conus+truncus= voie d'éjection. Le truncus et le conus sont deux aortes ventrales qui vont donner naissance au tronc artériel pulmonaire et à l'aorte.

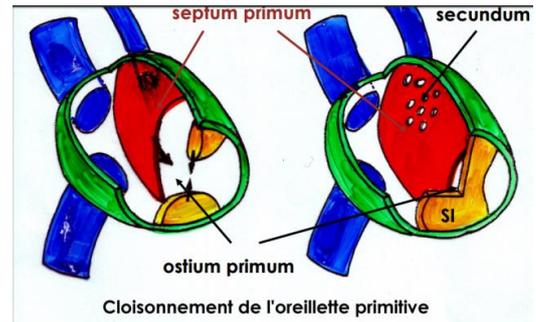
- **La convergence :** elle a pour but d'aligner les cavités cardiaques (donc que les oreillettes soient alignés par rapport aux ventricules), et les septas (auriculaire, ventriculaire et auriculo-ventriculaires).

Le canal atrio-ventriculaire (CAV) est l'orifice de communication entre l'oreillette primitive et les ventricules. Plus tard, lorsque le septum interventriculaire sera formé il partagera le CAV en valve tricuspidale et mitrale.



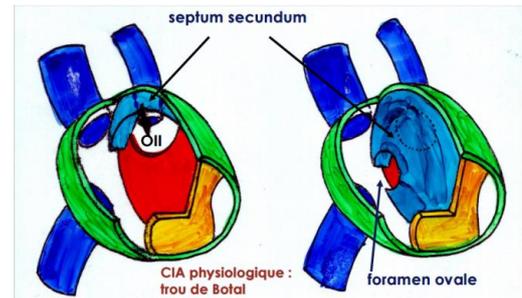
- Cloisonnement de l'oreillette primitive :

Au niveau de l'oreillette on observe l'apparition de bourgeons endocardiques qui vont former le septum primum en laissant un orifice : l'ostium primum. Le septum primum va alors fusionner avec le septum intermedium. Le septum auriculo-ventriculaire ou intermedium se met en place pour séparer ultérieurement et définitivement les oreillettes du ventricule. L'orifice du septum primum disparaît alors qu'un autre apparaît : l'ostium secundum.



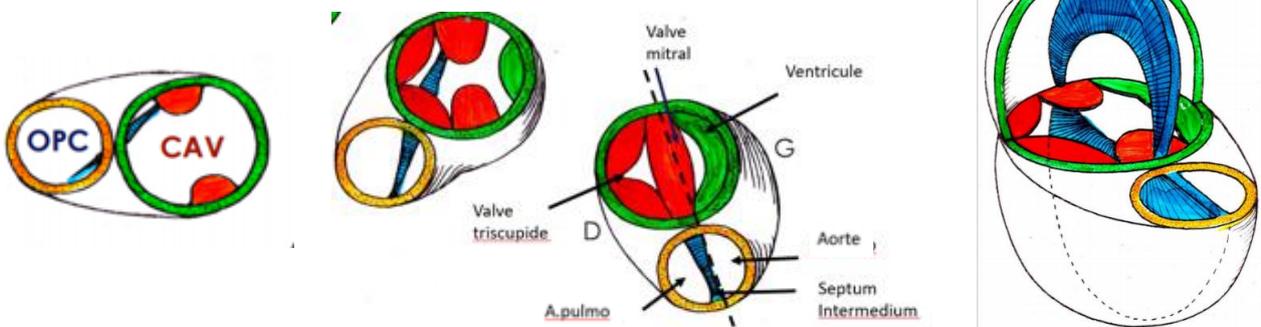
Par-dessus le 1^{er} septum un septum secundum se met en place. Il laisse également un orifice : le foramen ovale. Le septum secundum fusionne également avec le septum intermedium.

A cet instant le sang peut passer de l'OD à l'OG car les 2 septums ne sont pas fusionnés : cette communication inter-auriculaire s'appelle le trou de Botal.



- Cloisonnement du ventricule primitif :

Le cloisonnement commence avec la formation du septum inter-ventriculaire. Lorsque le septum commence à apparaître, le cloisonnement n'est pas du tout équilibré mais grâce à un phénomène de rotation il va progressivement s'aligner avec le septum inter-auriculaire. On parvient alors à équilibrer les deux ventricules et les deux voies d'éjection. En parallèle, on a un cloisonnement des canaux atrio-ventriculaires. On obtient alors un cœur avec 4 cavités. (Rq : Il existe 2 valve atrio-ventriculaire : la valve tricuspidale (3 valves à droite) et la valve mitrale (2 valves à gauche).)



Le Wedging : formation et septation de la voie d'éjection des ventricules :

- **Cloisonnement du conus** : On observe la formation d'un septum qui va tapisser le conus. Ce septum subit alors une torsion hélicoïdale : cela va permettre à l'aorte de passer devant le tronc pulmonaire.

Après cette torsion, le conus est composé de 2 conus : le conus droit correspond à l'A.pulmonaire et le conus gauche à l'aorte.

On a alors l'incorporation du conus droit au VD pour former l'infundibulum au niveau de la voie d'éjection du ventricule.

Le conus gauche lui va régresser pour créer une continuité mitro-sigmoïdienne. Ainsi :

- A gauche on a une continuation de la valve mitral avec le départ de l'aorte
 - A droite il n'y a aucune communication entre la valve triscupide et l'A. pulmonaire car on a présence d'un septum coral.
- **Cloisonnement du troncus** : Mise en place d'un septum qui suit le mouvement hélicoïdal crée par le septum du conus et participant ainsi au passage de l'aorte en avant de l'A. pulmonaire.

VI. Evolution du sinus veineux :

Le sinus veineux va persister du côté droit et régresser du côté gauche. En effet, à gauche il ne restera que le sinus coronaire tandis que les veines ombilicales et vitellines régressent.

La veine cardinale antérieur va donner la V. cave sup et la V. cardinale post va donner le V. cave inférieure.

VII. Histogenèse cardiaque :

- **Système de conduction** : une fois le cœur cloisonné, des cellules myocardiques vont se différencier permettant la mise en place de 3 nœuds. Il y a le nœud sino-atrial (OD sup), le nœud atrio-ventriculaire (base du septum secundum) et le faisceau de His (septum interventriculaire)
Cette différenciation des cellules se fait sous dépendance de l'endothéline ECE-1. Ce sont les cardiomyocytes qui impriment un rythme pacemaker et permettant les battements du cœur.
- **Compaction** : Elle a lieu uniquement au niveau des ventricules. La paroi ventriculaire est faite de trabéculations (replis de la paroi musculaire) qui rendent les battements cardiaques anarchiques. La compaction permet de synchroniser les battements des cardiomyocytes entre eux. Elle a lieu uniquement au niveau des 2 tiers externes du myocarde : il y a donc persistance des trabéculations sur le tiers interne du myocarde.

VIII. Les arcs aortiques :

- Ils apparaissent suite à la fusion d'une aorte ventrale et dorsale. Ils commencent à se développer à S4 et sont au nombre de 6. Cette persistance donnera la vascularisation du cœur définitive. Le tronc de l'aorte naît du 4ème arc aortique, celui de l'artère pulmonaire naît du 6ème arc aortique et le tronc brachio-céphalique droit, la carotide et la sous-clavière gauche naissent du 3ème arc aortique. Les autres arcs vont régresser. Des anomalies de la régression peuvent être à l'origine d'une artère sous-clavière droite rétro-œsophagienne.