

EMBRYOLOGIE DE L'APPAREIL CIRCULATOIRE

1-Introduction :

Le sang et le système cardio-vasculaire dérivent du mésoblaste, ils se développent en même temps, débutant vers le milieu de la 3eme semaine. Lorsque l'embryon ne peut plus satisfaire ses besoins nutritionnels par simple diffusion.

Les premiers éléments sanguins et vasculaires apparaissent à l'extérieur de l'embryon, cependant, très rapidement ces ébauches extra-embryonnaires se raccordent à la circulation intra embryonnaire qui se forme un peu plus tardivement au début de la 4eme semaine lorsque la vésicule vitelline régresse et avec ses îlots vasculo-sanguins primitifs.

On distingue 2 grandes périodes au cours du développement : l'embryogenèse et l'organogenèse.

2-L'embryogenèse : (vaisseaux sanguins extra-embryonnaire)

Correspond à la mise en place des ébauches fondamentales aboutissant à la formation du système vasculaire primitif de l'embryon.

Vers le 18eme et 19eme jours des amas de cellules mésenchymateuses se différencient dans le chorion, le pédicule et la paroi de la vésicule vitelline.

Ces amas cellulaires donneront les cellules souches des îlots sanguins et vasculaires = ce sont les îlots de **WOLFF et PANDER**.

Les cellules situées en périphérie d'un îlot s'aplatissent et forment les cellules endothéliales qui délimitent les vaisseaux.

Les cellules mésenchymateuses entourant les vaisseaux endothéliaux primitifs se différencient en éléments musculaires et conjonctifs.

Les cellules centrales se décollent et deviennent libres pour donner naissance aux cellules sanguines, ces cellules souches ou **hémocytoblastes** sont d'origine des 3 lignées sanguines mais donneront à ce stade essentiellement les cellules nucléées de la lignée rouge qu'on appelle : **mégacaryoblastes**. ou *mégalo blaste*

Les capillaires de la vésicule vitelline constituent un réseau plexiforme drainé par les veines vitellines ; celles-ci vont se jeter directement dans le sinus veineux du cœur.

La vésicule vitelline régresse à la fin 2eme mois et avec elle les îlots sanguins. La fonction hématopoïétique sera alors reprise par le foie puis ~~le~~ dans la rate et la moelle osseuse.

L'appareil circulatoire subit de nombreux remaniements au cours de son développement :

*On peut distinguer 3 stades essentiels :

A-**le stade vitellin** : ou l'embryon vit sur ses réserves (3eme semaine au début du 2eme mois)

B-**le stade placentaire** : la circulation allantoïdienne devient placentaire et prédomine dès le 30eme jour ; elle est assurée par les vaisseaux ombilicaux, elle accomplit à la foie l'oxygénation ; la nutrition et l'épuration.

C-**le stade néonatal** : ou l'organisme assure sa survie de façon autonome.

3-Organogénèse :(vaisseaux sanguins intra embryonnaires)

C'est la formation du système vasculaire définitif avec circulation générale et circulation pulmonaire séparées.

A- Développement du cœur :

Le développement du cœur va emporter :

- d'une part la formation du tube cardiaque primitif et
- d'autre part, des modifications de ce tube dont certaines sont visibles extérieurement ; d'autres sont des modifications internes.

1-formation du tube cardiaque :

Les vaisseaux sanguins intra embryonnaires se développent indépendamment à partir des cellules angioformatrices qui apparaissent dans les couches mésodermiques splanchniques, les cellules observés sur les bords latéraux de l'embryon, puis elles se répandent vers la région céphalique en avant de la membrane pharyngienne. Ces cellules migrent, se réunissent et forment un plexus de petits vaisseaux sanguins qui progressivement prennent une forme en fer à cheval. De plus, d'autres cellules angioformatrices apparaissent de chaque côté de la ligne médiane et forment une paire de vaisseaux sanguins : **les aortes dorsales** qui s'anastomosent plus tard au plexus en fer à cheval qui deviendra le **tube cardiaque primitif**, la **cavité coelomique intra embryonnaire** située au dessus de la portion central du plexus se transforme plus tard en **cavité péricardique**.

a- différents stades de la gastrulation :

Une partie du mésoblaste migre depuis la ligne primitive vers l'extrémité céphalique jusqu'en avant de la membrane pharyngienne, cette partie du mésoblaste s'unit avec son homologue opposé pour former : l'ébauche cardiaque.

*a partie du 20ème jours : apparaissent dans le splanchnopleure d'abord des îlots puis par confluence 02 tubes endothéliaux appelés : **tubes endocardiques**.

*vers le 22ème jours : lorsque l'embryon entre prend sa plicature céphalo-caudale les 02 tubes endocardiques se rapprochent ; s'accolent puis fusionnent entre eux.

*le 23ème jours : le tube cardiaque impair et médians commence à abaisser ~~au~~ même temps il s'accroît considérablement dans une cavité péricardique, qui ne subit pas les mêmes extensives ; de ce fait il ne subit des déformations complexes

Entre le 27ème et le 29ème jours : s'établit la véritable circulation embryonnaire

-le tube endocardique interne deviendra l'**endocarde**.

-la gaine myoépicaire donne naissance au **myocarde** (muscle cardiaque) et à l'**épicaire** (ou péricarde viscéral)

Un embryon de 23 jours a 07 somites ; il est de 2,2mm de longueur.

2-Les modifications du tube cardiaque :

a- Les modifications visibles extérieurement :

Le cœur tubulaire et impair s'allonge et donne naissance à des dilatations et constriction.

-La portion intra péricardique est composée de la future portion bulbo ventriculaire alors que la portion auriculaire et le sinus veineux sont situés en dehors de la cavité péricardique, ils se trouvent dans le mésenchyme du septum transversum.

-Le tronc artériel se continue au bulbe en arrière et au sac aortique et arcs aortiques en avant.

-Le sinus veineux reçoit les veines ombilicales, les veines vitellines et les 2 canaux de CUVIER (veine cardinale antérieure et postérieure) provenant du placenta primitif et du lécithocèle.

-Durant le développement, la partie bulbo ventriculaire s'accroît plus rapidement que la cavité péricardique comme ses 2 extrémités sont fixées au tissu voisin à l'extérieur de la cavité péricardique,

l'allongement ne peut se faire dans une direction longitudinale, alors l'extrémité céphalique s'infléchit en direction ventrale et légèrement vers la droite.

-Le sillon bulbo ventriculaire devient visible extérieurement, le tube cardiaque s'infléchit sur lui-même et prend la forme d'une anse bulbo ventriculaire en U.

-Lors de l'inflexion du cœur, l'oreillette et le sinus veineux viennent se placer en arrière du bulbe, du truncus artériel et du ventricule. Comme conséquence secondaire à cette inflexion, la jonction auriculo-ventriculaire vient se placer à gauche de la cavité péricardique.

-Le bulbe dans sa partie proximale donne les racines et les segments proximaux de l'aorte et l'artère pulmonaire.

-La partie auriculaire a une structure paire située en dehors de la cavité péricardique forme un atrium unique par fusion des cavités droites et gauches. Pendant cette fusion l'oreillette est incorporée dans la cavité péricardique et se déplace dans une direction dorso-craniale, la séparation entre oreillette et ventricule s'accroît rétrécissant ainsi le canal atrio-ventriculaire. Dans la lumière de ce canal apparaît sur la paroi ventrale et dorsale 02 bourrelets endocardiques qui finissent par se souder entre le 35ème et 40ème jours pour former le **septum inter médium** ; au 40ème jours le canal atrio-ventriculaire est divisé en 02 orifices auriculo-ventriculaires droits et gauches, le mésenchyme entourant chaque orifice forme les **valvules mitrales et tricuspides**.

b- Les modifications internes ou cloisonnement :

Dans les cloisons appelées septas s'établit à partir de la paroi du tube cardiaque, ces cloisons divisent chaque cavité primitive en une moitié droite et gauche.

1- Au niveau de l'oreillette primitive : il y a 02 cloisons juxtaposées : le septum Primum et le septum secundum.

2- Au niveau du canal auriculo-ventriculaire s'établit une cloison : le septum inter médium.

3- Au niveau du ventricule primitif il y a 02 cloisons :

-le septum inter ventriculaire ou inféris et

-le septum bulbaire.

• Cloisonnement de l'oreillette primitive :

Commence au cours de la 5ème semaine, l'oreillette est unique puis apparaît d'abord une cloison sagittale qui part de la voûte c'est le **septum primum**.

Le septum se creuse secondairement d'un orifice temporaire qu'on appelle : **ostium primum** dont le diamètre diminue très vite. Pendant cette fermeture apparaissent des orifices à la partie supérieure du septum primum, ces orifices se rejoignent pour former l'**ostium secundum**. Lorsque l'ostium primum est fermé, l'ostium secundum est largement ouvert, ce qui laisse un passage libre entre les oreillettes. À droite du septum primum apparaît le septum secundum qui recouvre l'ostium secundum mais il reste lui-même incomplet ; son orifice est la **fosse ovale** entre les 02 orifices s'établit le **canal de botal**.

• Cloisonnement du canal auriculo-ventriculaire :

Le septum inter médium constitue une cloison large épaisse, il est formé par 02 bourrelets antérieurs et postérieurs qui se soudent et donnent les valvules mitrales et tricuspides.

• Cloisonnement inter ventriculaire :

Dès la 5ème semaine en même temps que se forme le septum inter médium apparaît sur la paroi ventriculaire antérieure une crête située dans le plan médian, c'est le début de la cloison inter ventriculaire appelé aussi le septum inféris, incomplet, laisse persister en regard du bulbe antérieur une communication inter ventriculaire.

Au cours de la 5ème semaine le 6ème arc aortique est apparu et a contribué à la formation des artères pulmonaires juste en amont de ce 6ème arc, le bulbe artériel s'épaissit en 2

bourrelets aortico- pulmonaires qui descendent en spirale sur les parois du bulbe en direction de la communications inter ventriculaire qui finissent par s'unir par leur bord axial pour former le septum aortico- pulmonaire séparant définitivement aorte et artère pulmonaire qui sont aussi enroulées l'une autour de l'autre .

Le cloisonnement sera achevé par la fermeture de la communication inter ventriculaire par :

- Un bourgeon issu du bourrelet aortico pulmonaire droit.
- Un bourgeon issu du bourrelet aortico pulmonaire gauche.
- Un bourgeon né du bourrelet auriculo-ventriculaire postérieur.

La coalescence ou raccordement de ces 03 bourgeons forme la partie membraneuse de la cloison inter ventriculaire qui sera achevée vers la fin du 2eme mois.

c-Les modifications circulatoire pré et post natales :

Théoriquement ; il se forme 06 paires arcs aortiques. Le 6eme arc apparaît au milieu de la 5eme semaine et formè les artères pulmonaires droite et gauche.

-à droite, la branche droite disparaît.

-à gauche, la branche gauche persiste jusqu'a la naissance : c'est le canal artériel qui dérive le sang artériel pulmonaire dans l'aorte.

A la naissance la circulation placentaire est interrompue .La brusque dépression intra thoracique engendrée par la première inspiration contribue a mettre en route la circulation pulmonaire.

La pression sanguine diminue dans l'artère pulmonaire ; de ce fait ; le courant sanguin tend a s'accumuler dans le canal artériel, sa paroi musculaire se contracte et réalise en quelques jours une obstruction complète .De même, l'afflux sanguin pulmonaire dans l'oreillette gauche augmente la pression ce qui entraîne l'accolement du septum primum sur le septum secundum et la fermeture du canal de botal.

EVOLUTION DU SYSTEME ARTERIEL.

Le système artériel ainsi formé subit plusieurs modifications :

- Minimes dans la région postérieure.
- Fondamentale dans la partie moyenne avec soudure dans 02 aortes dorsales en une aorte unique.
- Complexes et étagées dans la région antérieure : arcs aortiques.

1-Dans la région postérieure :

Les artères ombilicales, paires naissent chacune d'une aorte dorsale. Ces artères restent paires, leur point d'origine glisse en direction caudale, une petite branche externe vers les membres inférieurs.

A la naissance, la circulation placentaire est interrompue, les artères ombilicales deviennent fibreuses, leur portion proximale donnera : **les artères iliaques primitives, l'hypogastrique et la vésicale supérieure.** La branche destinée au membre inférieur deviendra : **l'artère iliaque externe.**

2-Dans la région moyenne :

Vers le milieu de la 4eme semaine ; les 02 aortes dorsales se rapprochent et fusionnent d'abord à la partie moyenne ; elle donne :

A-les artères segmentaires ventrales : qui forment 03 systèmes artériels viscéraux :

- *le tronc coeliaque.
- *artère mésentérique supérieure.
- *artère mésentérique inférieure.

B-les artères segmentaires dorsales : paires destinées uniquement au tube neural, certaines donnent les artères intercostales.

C-les artères segmentaires latérales : fournissent une riche vascularisation au mésonéphros et à la gonade.

3-Dans la région antérieure : les arcs aortiques.

Théoriquement il se forme 06 paires d'arcs aortiques, en fait la 5eme paire ne constitue qu'un dédoublement transitoire de la 4eme paire.

- *1^{ier} arc : → donne l'artère maxillaire interne.
- *2eme arc : → donne l'artère de la caisse du tympan et l'artère hyoïdienne.
- *3eme arc : → il formera la partie proximale de la carotide interne d'emblée associée au développement du cerveau.
- *4eme arc : → à gauche forme la crosse aortique définitive.
→ à droite il forme la partie proximale de la sub clavière droite.
- *6eme arc : → forme les artères pulmonaires droite et gauche, la branche droite disparaît totalement ; à gauche la communication persiste jusqu'à la naissance : c'est le **canal artériel.**

EVOLUTION DU SYSTEME PORTE

1-Les veines vitellines :

Les veines vitellines annexées au tube digestif constituent un réseau autour du duodénum. La prolifération de l'ébauche hépatique les fragmente en un véritable labyrinthe vasculaire → **les sinusoides hépatique.**

Lorsque la vésicule ombilicale disparaît, les veines vitellines régressent presque totalement et seules persistent leurs branches mésentériques.

***au dessous du foie :** les veines vitellines fusionnent en un tronc unique, la résultante est le **tronc porte définitif.**

***au dessus du foie :** les veines vitellines se jettent dans le sinus veineux. Lorsque la corne gauche du sinus veineux disparaît ; le tronc droit reçoit la veine cave inférieure.

2-les veines ombilico allantoïdiennes :

Plus latéralement sont à leur tour fragmentées par le développement du foie. Seules la veine ombilicale gauche continue a drainer vers le foie le sang venu du placenta.

Temporairement ; un court circuit s'établit entre la veine ombilicale gauche et la veine cave inférieure : c'est le **canal veineux d'ARANTIUS.**

Le canal veineux d'ARANTIUS et la veine ombilicale gauche s'oblitérent a la naissance.

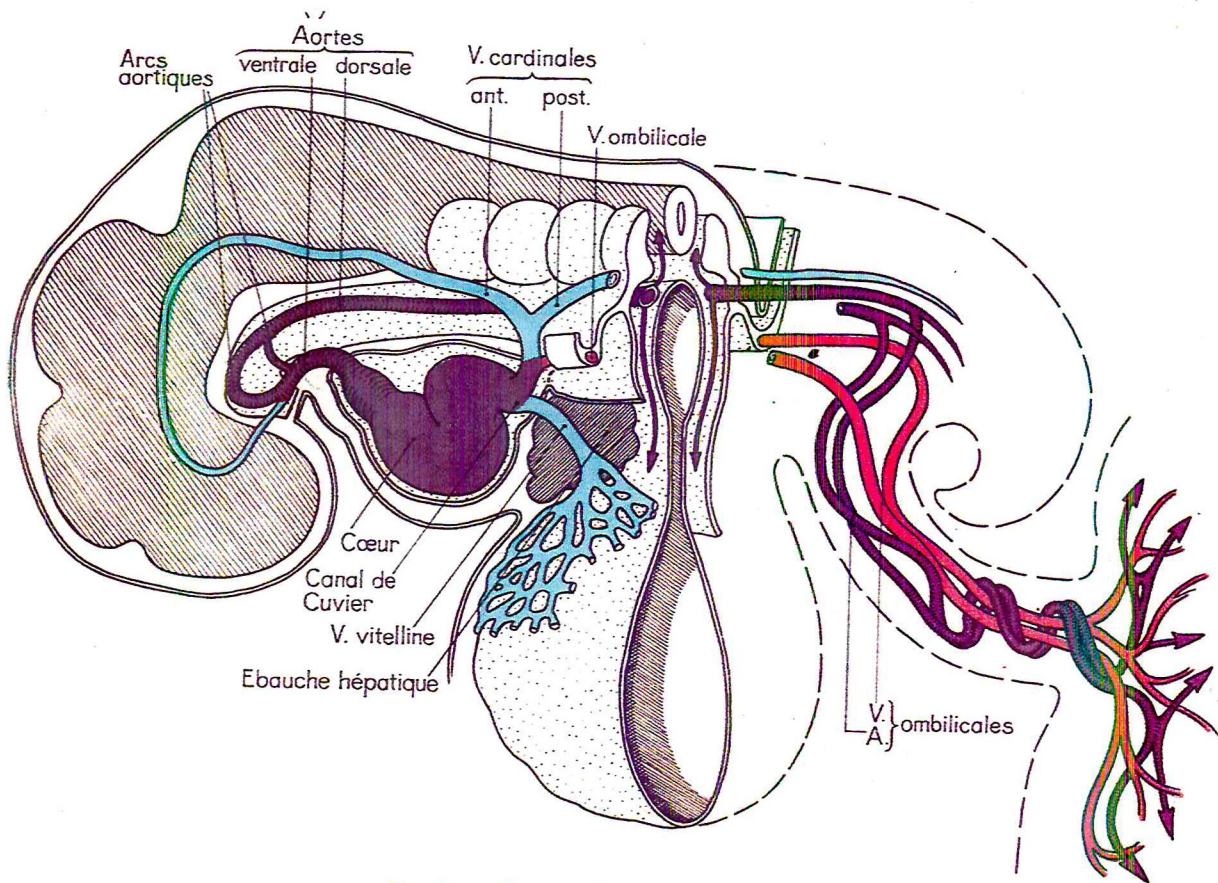


Fig. 1. — Aspect général des réseaux primitifs.
Embryon humain de 25 jours.

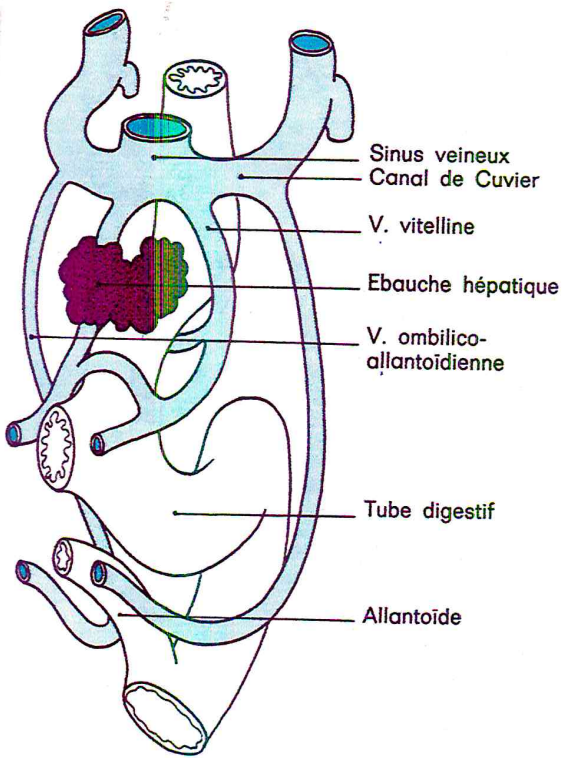


Fig. 1. — Disposition initiale (voir p. 106).

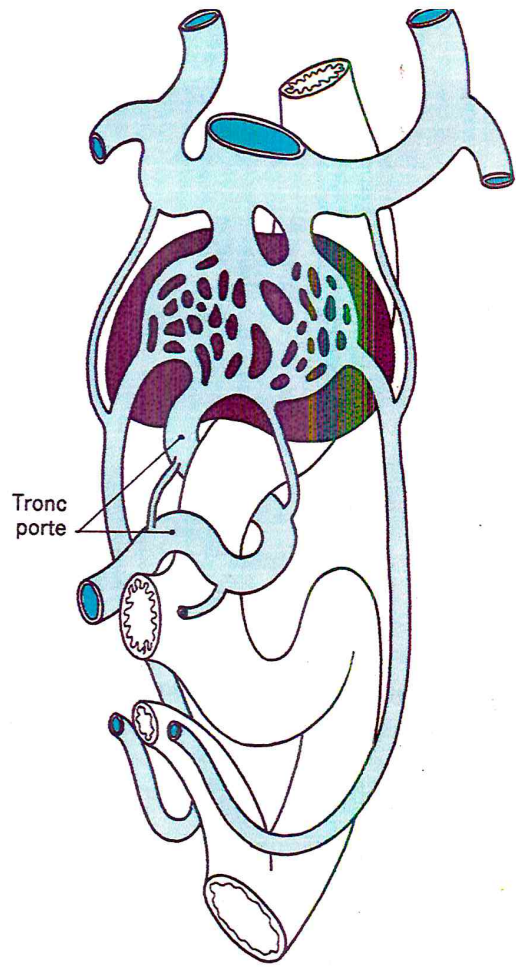


Fig. 2. — Fragmentation des veines vitellines par l'ébauche hépatique.

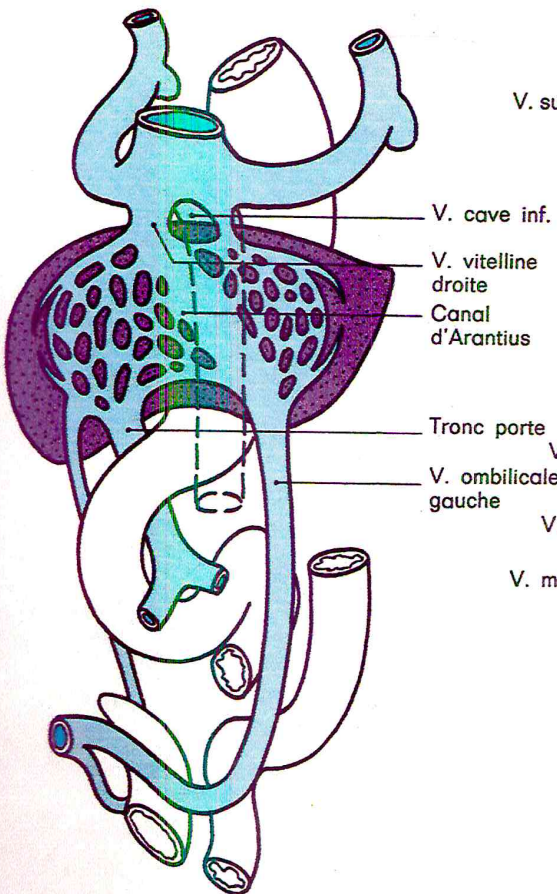


Fig. 3. — Fragmentation des veines ombilicales par l'ébauche hépatique.

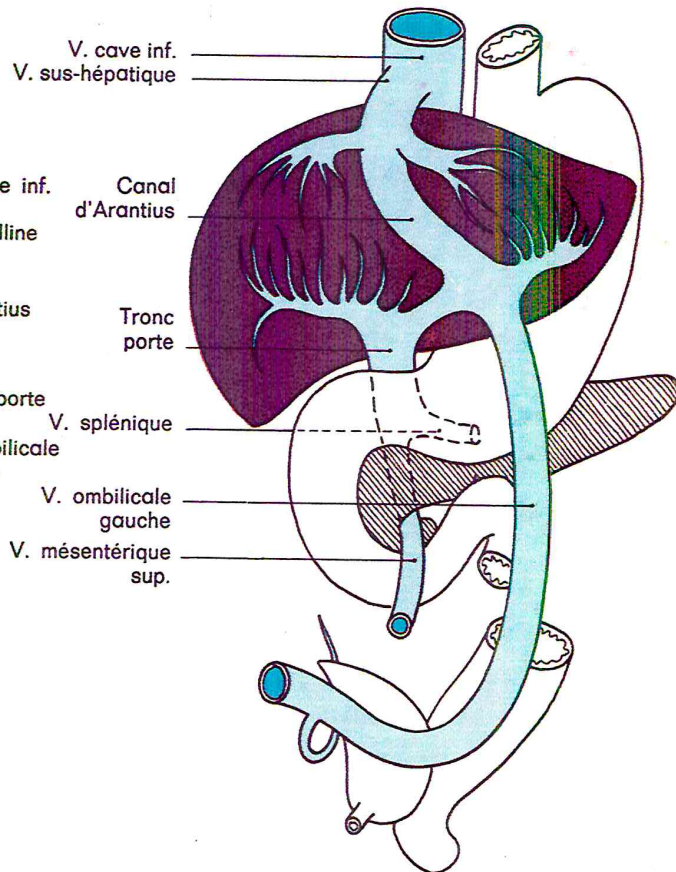


Fig. 4. — Disposition avant la naissance.

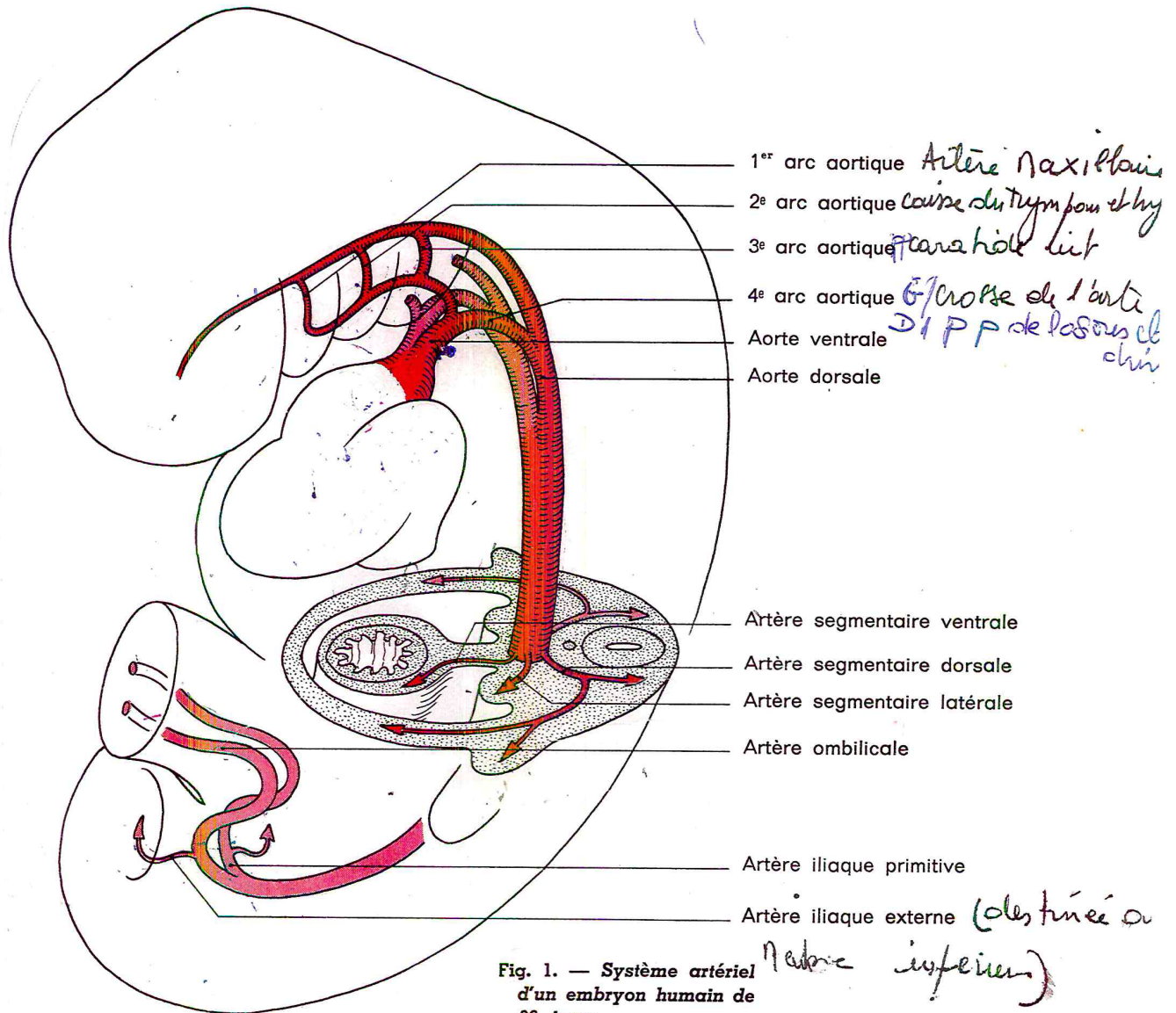


Fig. 1. — Système artériel d'un embryon humain de 30 jours.

MODIFICATIONS CIRCULATOIRES

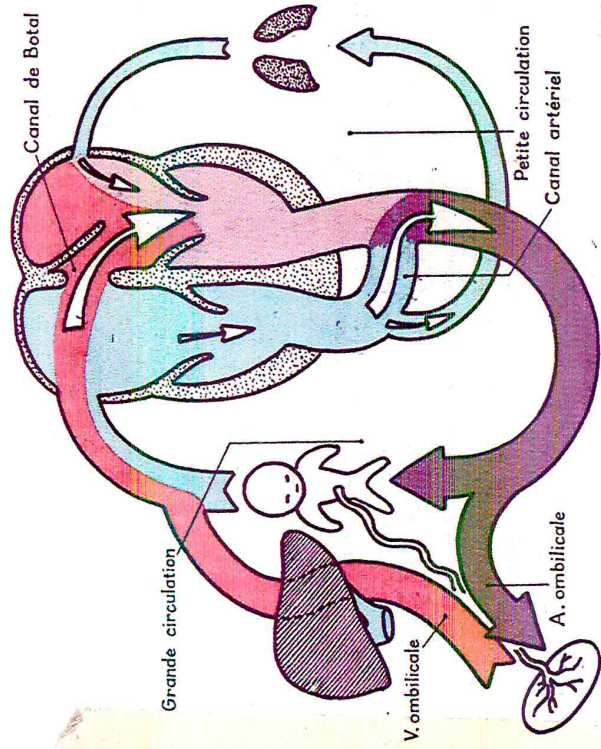


Fig. 1. — Circulation du fœtus.

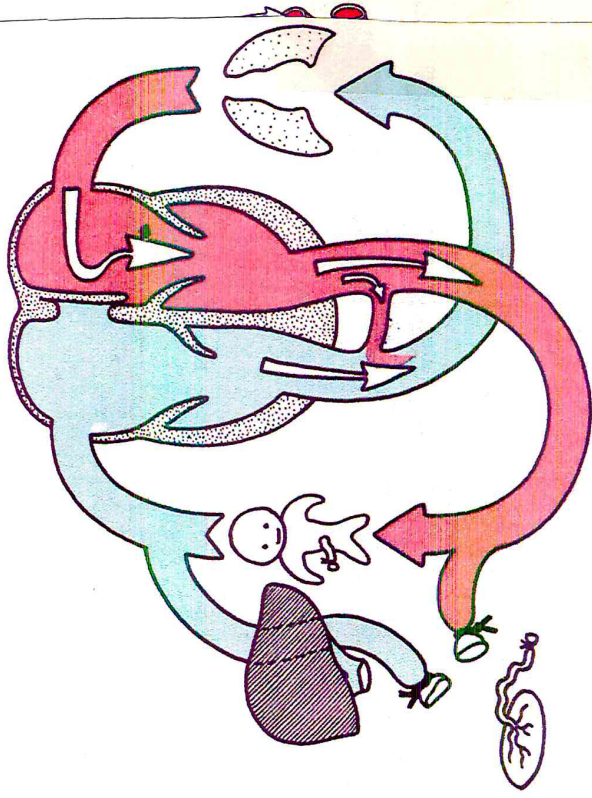


Fig. 2. — Séparation physiologique des circulations.

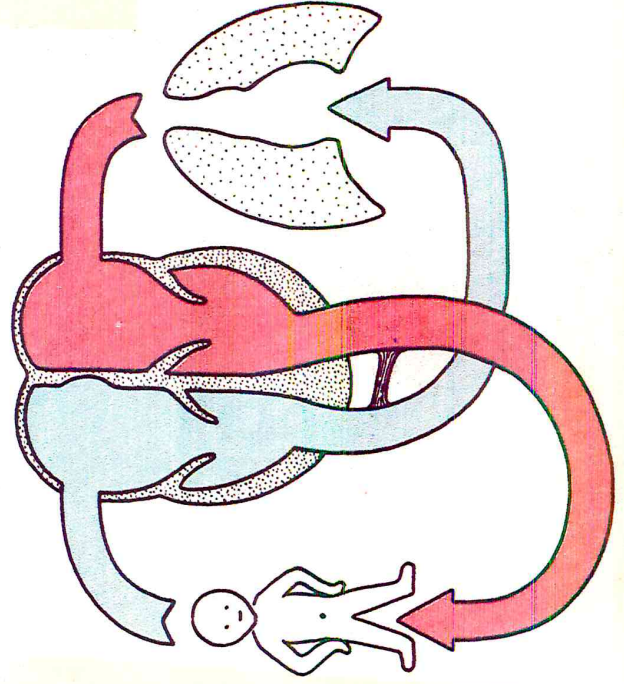
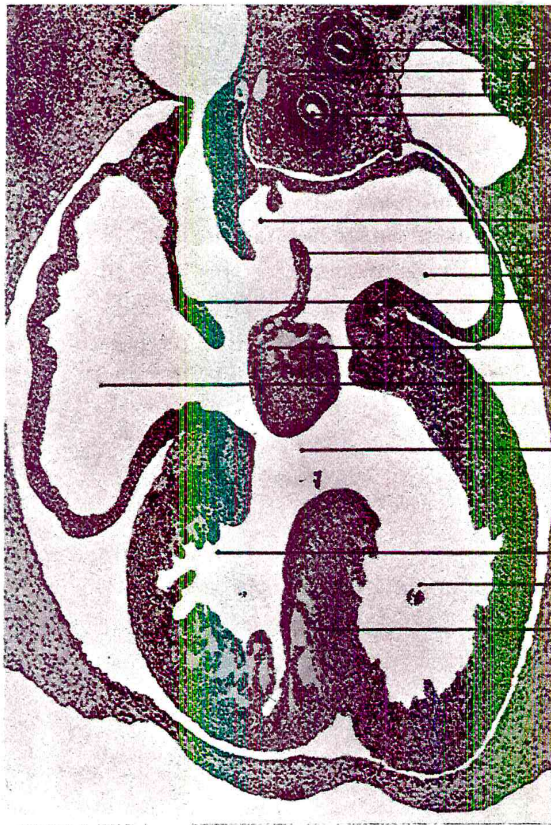


Fig. 3. — Séparation anatomique des circulations.



- Œsophage
- { Pneumogastriques
- Trachée
- Ostium secundum
- Septum primum
- Oreillette gauche
- Valvule veineuse
- Septum intermedium
- Oreillette droite
- Communication interventriculaire
(fermée secondairement
par le septum membraneux)
- Ventricule droit
- Ventricule gauche
- Septum inferius

Fig. 1. — Coupe horizontale intéressant les 4 cavités cardiaques. Embryon humain de 34 jours (× 43).



- Oreillette droite
- Valvules veineuses
- Septum secundum
- Trou de Botal
- Septum primum
- Valvule tricuspide
- Ventricule droit
- Cloison interventriculaire
- Oreillette gauche
- Valvule mitrale
- Auricule gauche
- Ventricule gauche

Fig. 2. — Coupe longitudinale. Cœur de fœtus de Rat à terme (× 20).

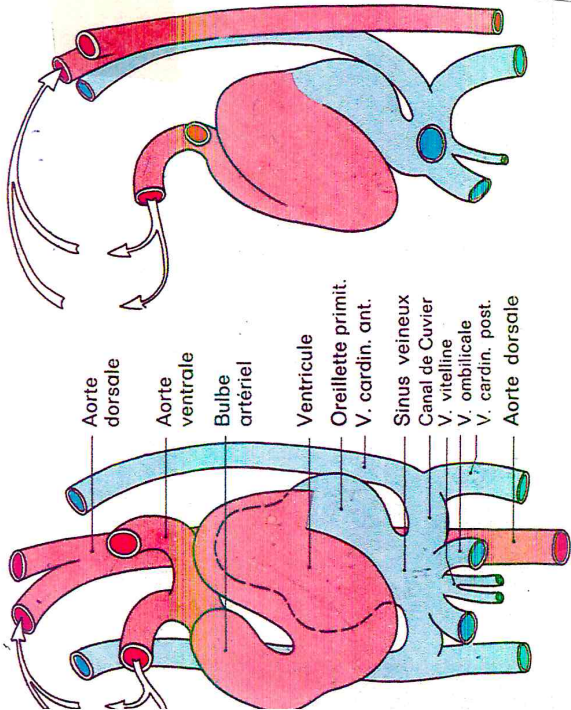


Fig. 1. — Tube cardiaque au 25^e jour.

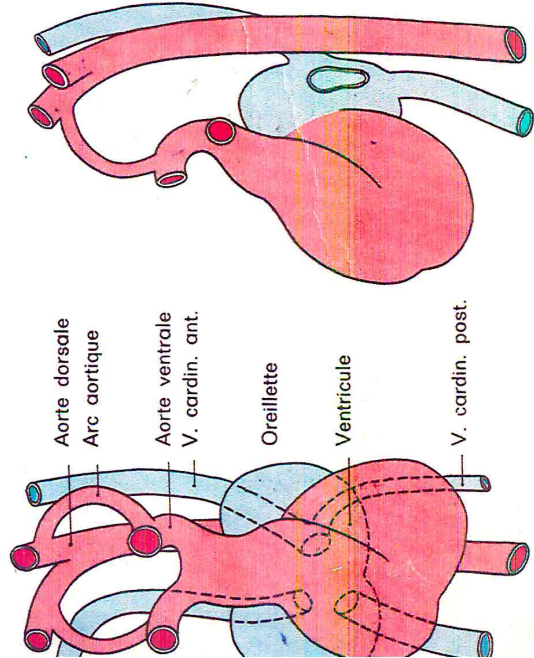


Fig. 2. — Tube cardiaque au 28^e jour.

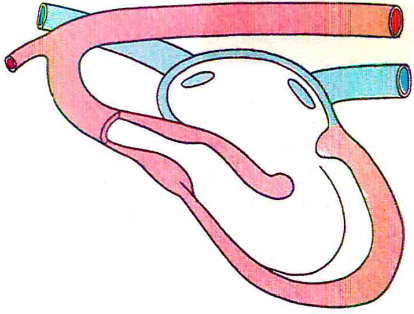


Fig. 3. — Tube cardiaque au 35^e jour.

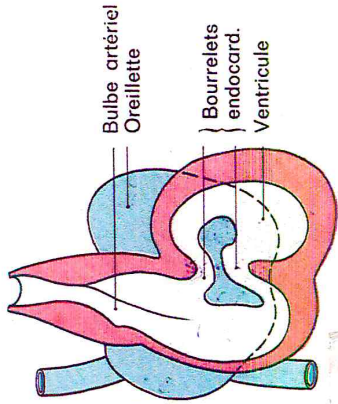


Fig. 4. — Tube cardiaque au 40^e jour.

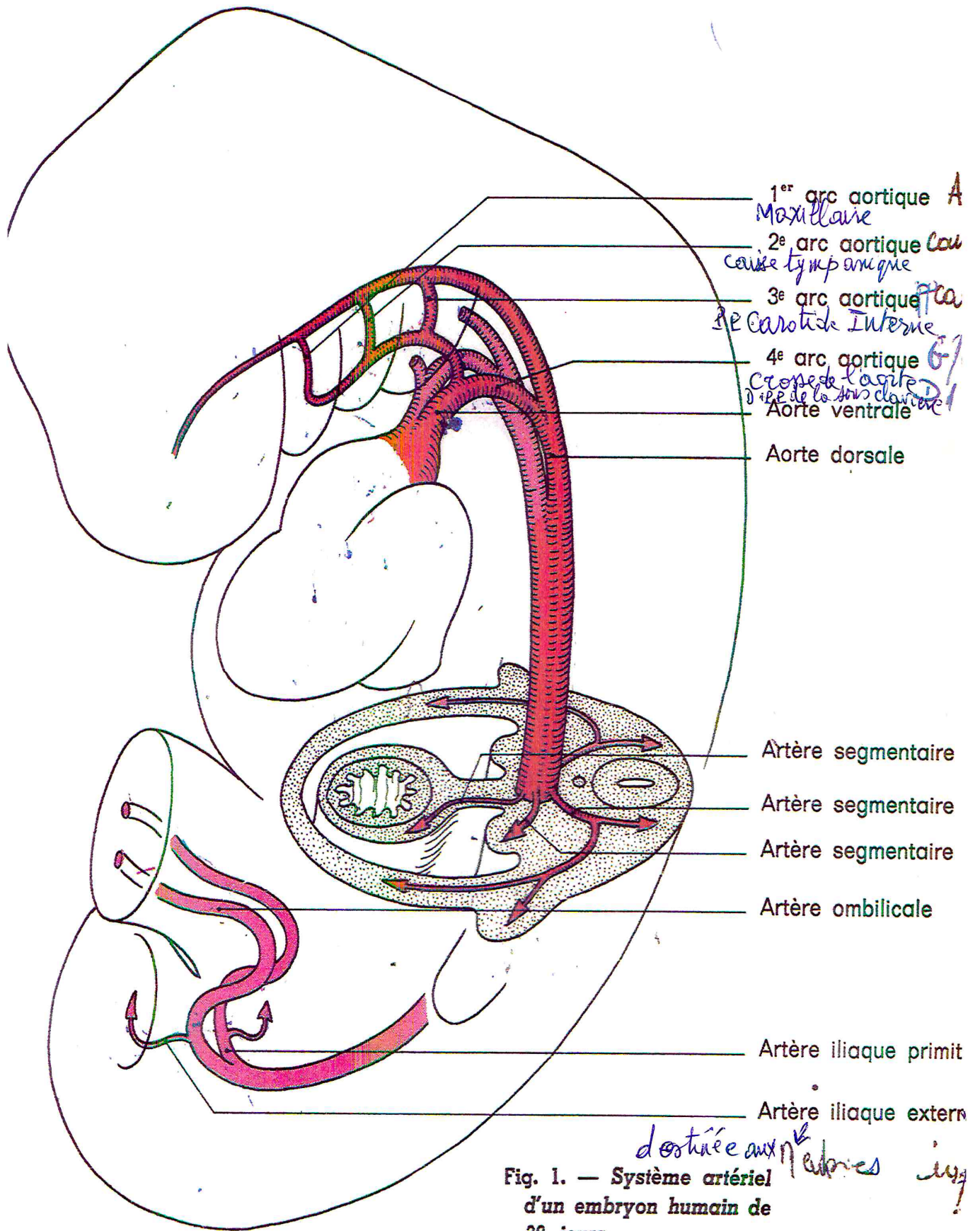


Fig. 1. — Système artériel
d'un embryon humain de
30 jours.

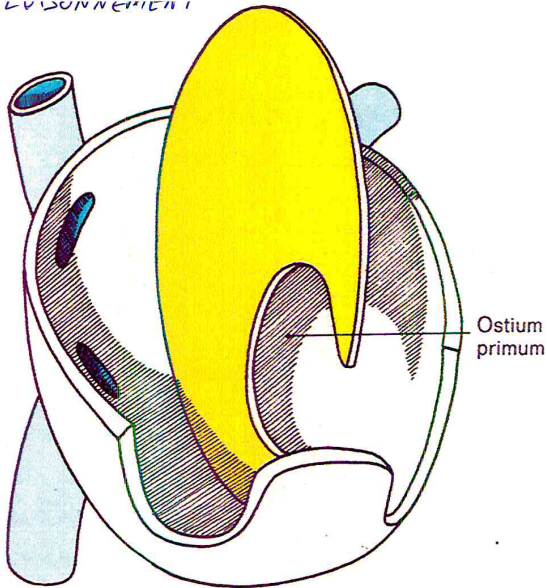


Fig. 3. — Le septum primum délimite, avec le septum intermedium, un orifice temporaire, l'ostium primum, dont le diamètre diminue rapidement.

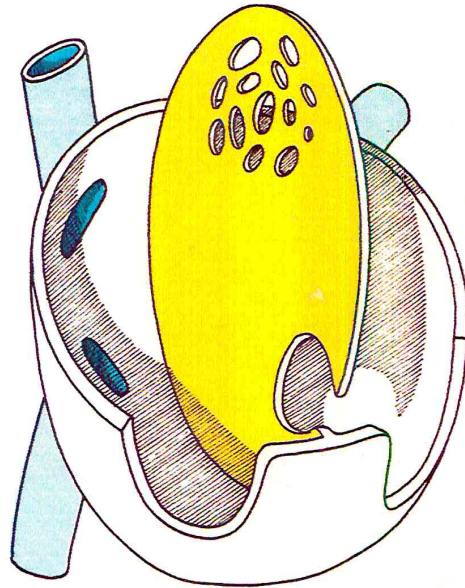


Fig. 4. — Pendant la fermeture de l'ostium primum apparaissent des déhiscences à la partie supérieure du septum primum. Ces orifices vont confluer pour former l'ostium secundum.

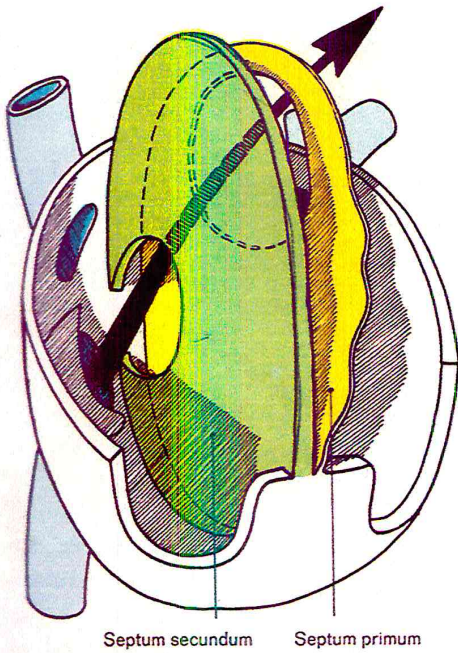


Fig. 7. — Le septum secundum recouvre l'ostium secundum mais il reste lui-même incomplet : il ménage dans la cloison interauriculaire un passage en chicane qui se trouve juste dans l'axe du courant sanguin venu de la veine cave inférieure (flèche noire) : c'est le canal de Botal.

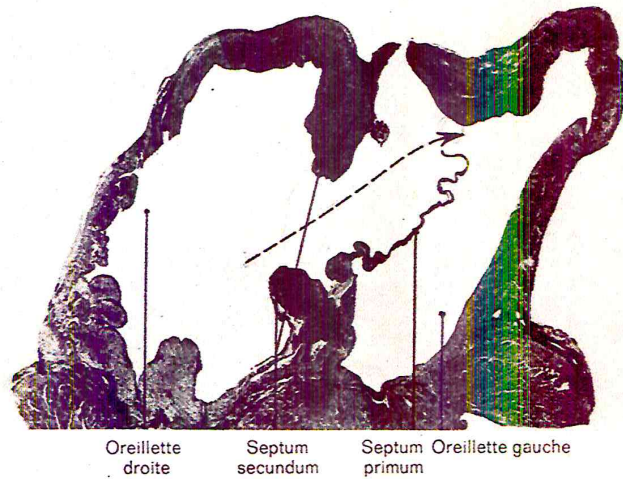


Fig. 8. — Coupe très oblique de la cloison interauriculaire dans l'axe du canal de Botal (Fœtus de 5 mois).

Le cloisonnement auriculaire commence au cours de la 5^e semaine.

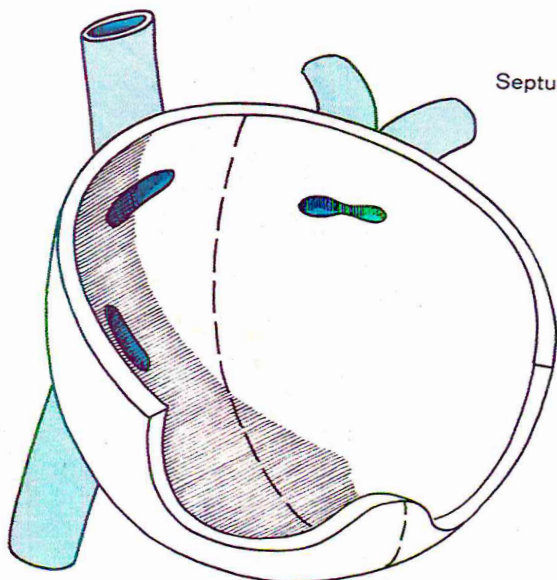


Fig. 1. — L'oreillette unique : stade initial. Le schéma montre un système veineux volontairement représenté à son état définitif pour un meilleur repérage. Dans la réalité, à ce stade on ne devrait voir que les canaux de Cuvier et les veines vitellines et ombilicales.

Septum primum

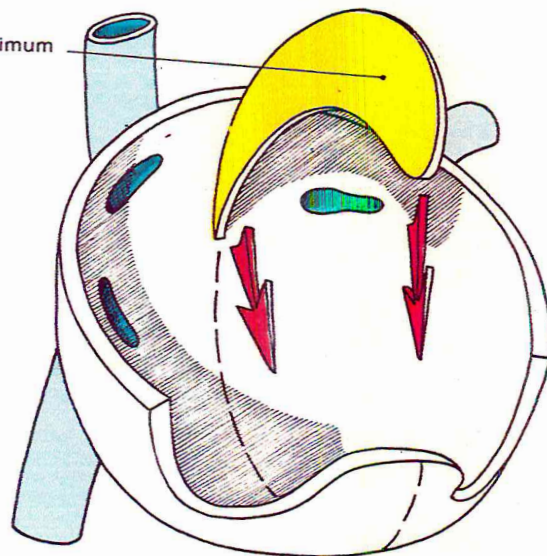
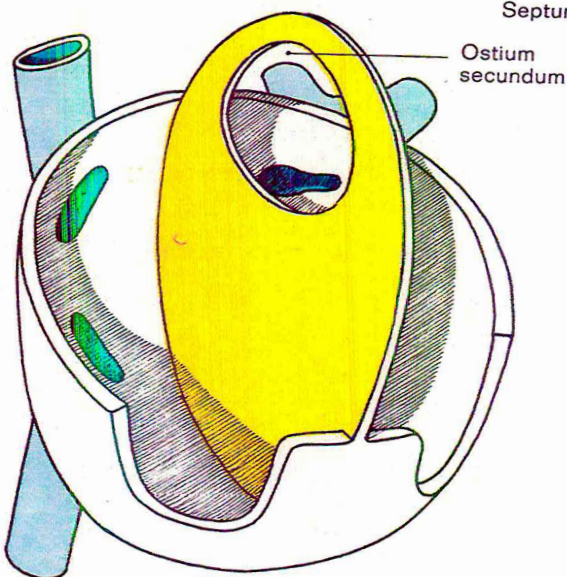


Fig. 2. — Apparition sur la paroi postéro-supérieure d'une cloison falciforme mince dont les pointes convergent, en avant et en bas, vers le septum intermedium : c'est le septum primum.



Septum secundum

Ostium secundum

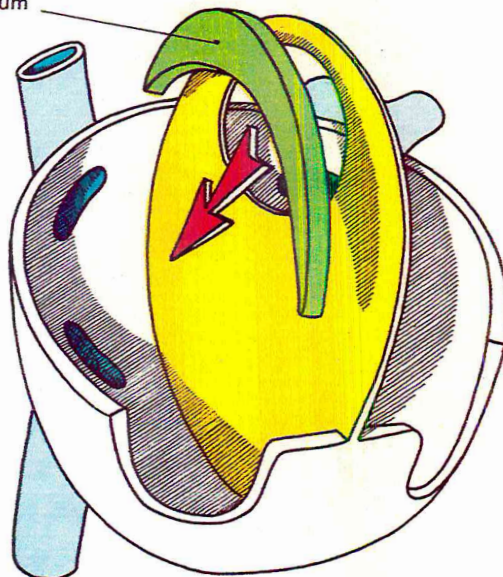


Fig. 5. — Lorsque l'ostium primum est fermé, l'ostium secundum, largement ouvert, maintient un passage libre entre les deux oreillettes.

Fig. 6. — A droite du frêle septum primum apparaît sur la paroi antéro-supérieure une épaisse cloison dont les pointes convergent, en bas et en arrière, vers l'orifice de la veine cave inférieure : c'est le septum secundum (courant de la 7^e semaine).

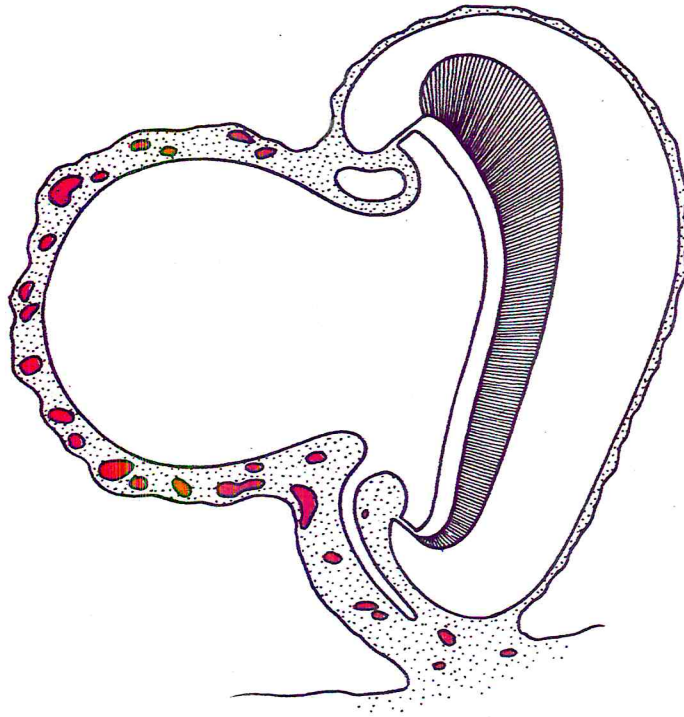


Fig. 1. — Schéma d'un embryon humain de 3 semaines. Apparition des îlots de Wolff et Pander (en rouge) dans le mésenchyme doublant la vésicule ombilicale et l'allantoïde.

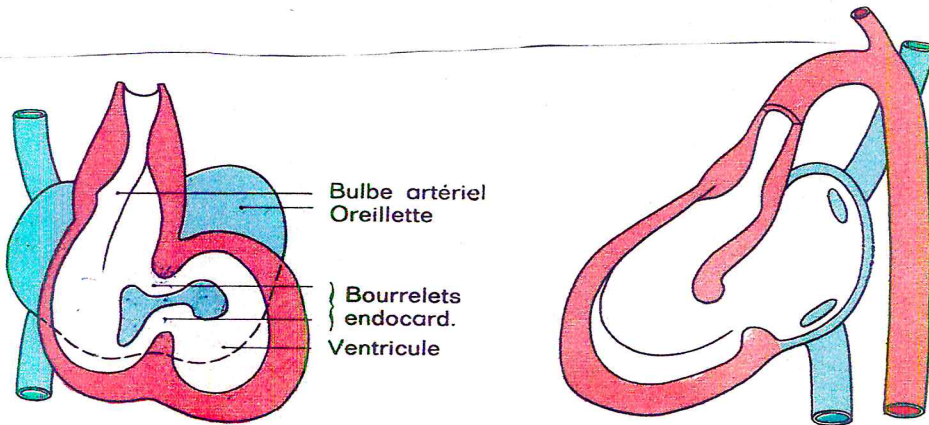


Fig. 3. — Tube cardiaque au 35° jour.

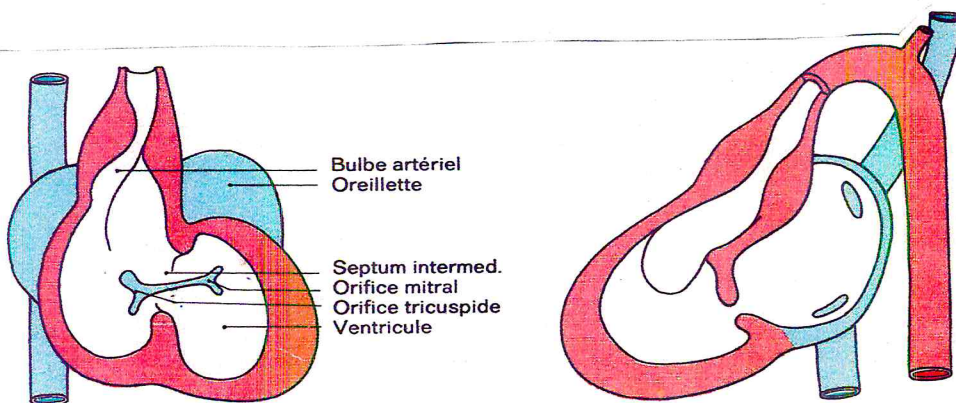


Fig. 4. — Tube cardiaque au 40° jour.

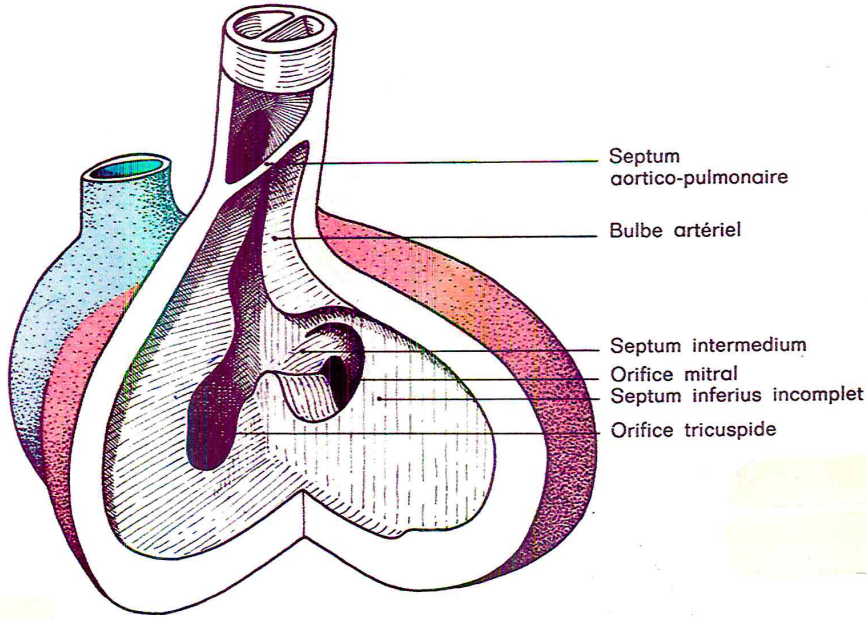


Fig. 1. — Le septum inferius.

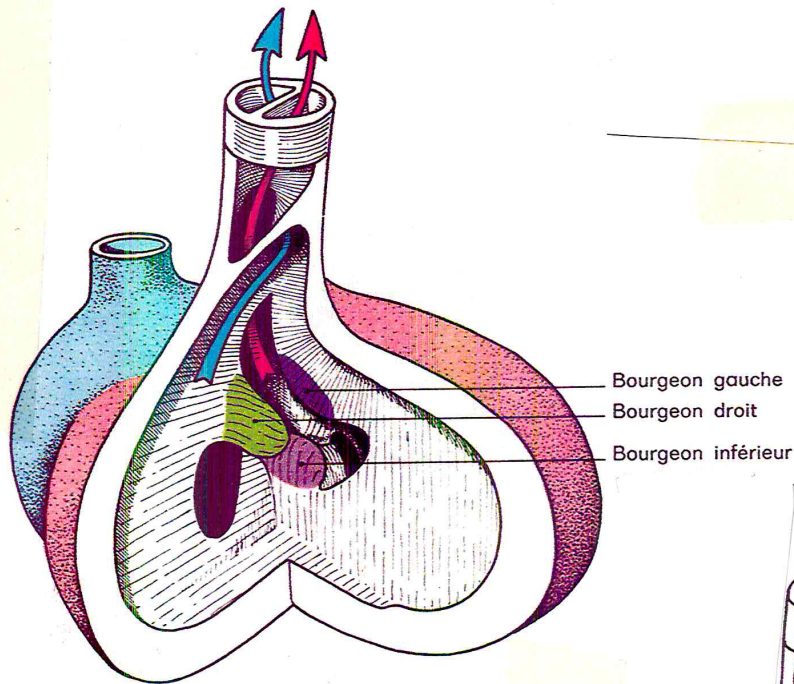
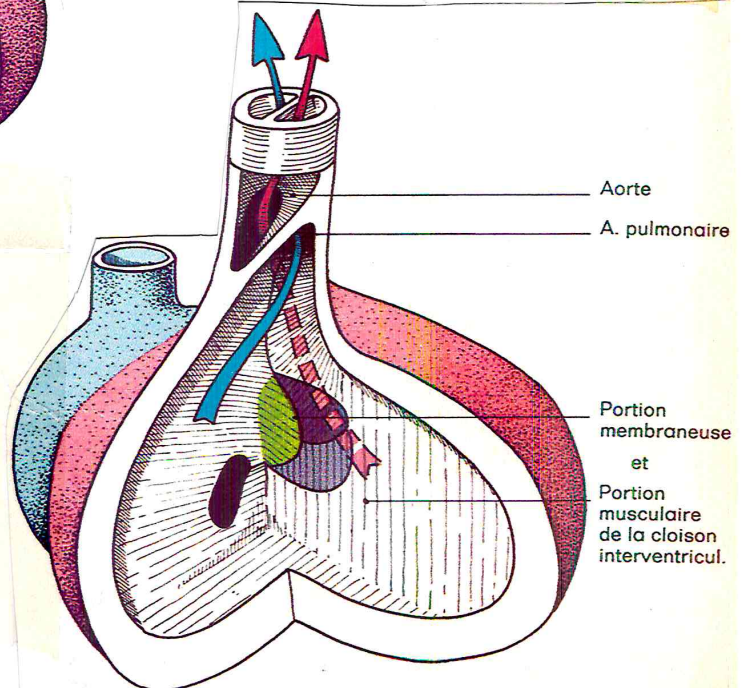


Fig. 2. — Le septum aortico-pulmonaire.



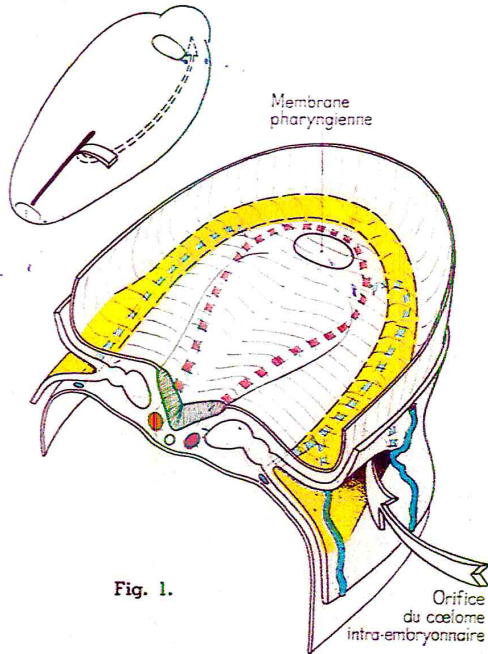


Fig. 1.

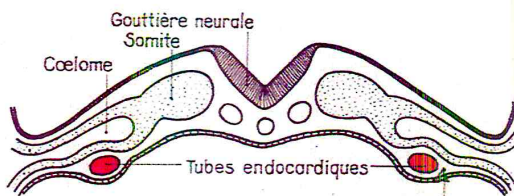


Fig. 2. — Les tubes endocardiques dans la splanchnopleure.

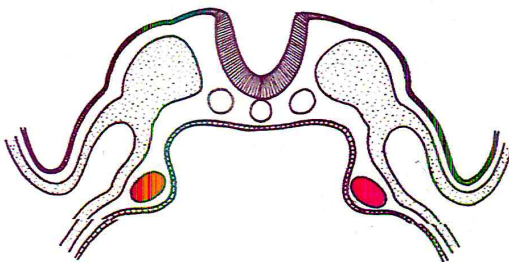


Fig. 3. — Délimitation embryonnaire.

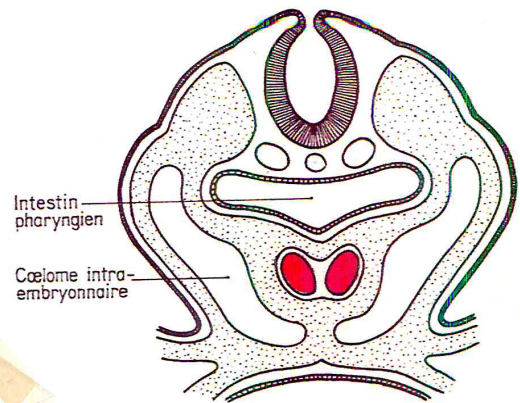


Fig. 4. — Accolement des tubes.

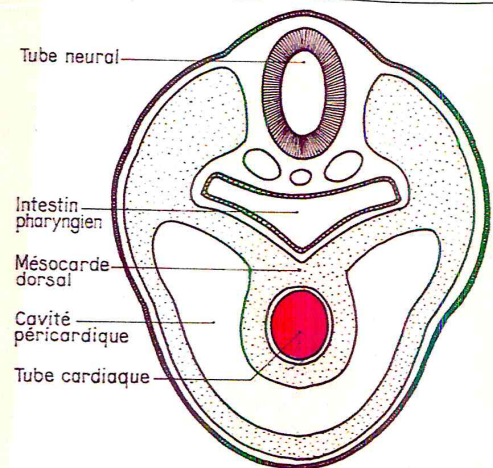


Fig. 5. — Fusion en un tube médian.

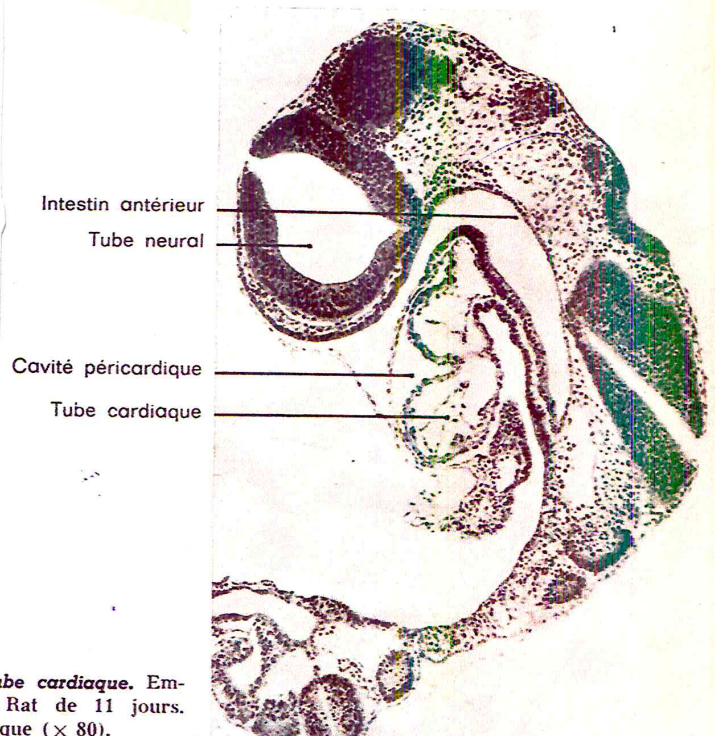


Fig. 6. — Tube cardiaque. Embryon de Rat de 11 jours. Coupe oblique ($\times 80$).