

Institut royal des Sciences
naturelles de Belgique

BULLETIN

Tome XXXI, n° 75
Bruxelles, décembre 1955.

Koninklijk Belgisch Instituut
voor Natuurwetenschappen

MEDEDELINGEN

Deel XXXI, n° 75
Brussel, December 1955.

LE PRINCIPE STRUCTURAL DU CŒUR DE L'HOMME
ET D'AUTRES MAMMIFÈRES,

par Serge FRECHKOP (Bruxelles).

A la recherche d'une explication de la transformation supposée du cercle simple que présente la circulation sanguine des Poissons (autres que les Dipneustes), en un cercle double qu'on trouve chez les Vertébrés pourvus de poumons, nous avons examiné le système vasculaire des Batraciens, des Anoures notamment. Notre étude (1) nous avait amené à la conclusion que le cœur de la Grenouille ne peut pas être considéré, morphologiquement parlant, comme le point de départ de la formation d'un cœur à ventricules dont les cavités sont parfaitement isolées l'une de l'autre. Ce dernier modèle nous apparut comme étant en principe plus primitif que celui à ventricules communicants ou réunis en une seule cavité.

Comme nous le disions dans le travail mentionné, un « cercle double » ne pouvait pas se former par simple rapprochement de deux parties d'un cercle l'une vers l'autre et par placement de ces parties dans un organe compresseur commun, propulseur du sang. Pour qu'un réseau vasculaire à double cercle soit réalisé, il fallait que deux segments d'un cercle unique s'entrecroisent à l'intérieur du compresseur qu'est le cœur. Le schéma que nous avons donné et qui, légèrement modifié,

(1) Voir ce Bulletin, tome XXXI, n° 53, 1955.

est reproduit ci-après, exprime cette première condition (fig. 1). Chez les Amniotes à ventricule cardiaque parfaitement subdivisé en partie artérielle et en partie veineuse, ce croisement initial est maintenu dans la position, l'une par rapport à l'autre, de l'aorte et de l'artère pulmonaire.

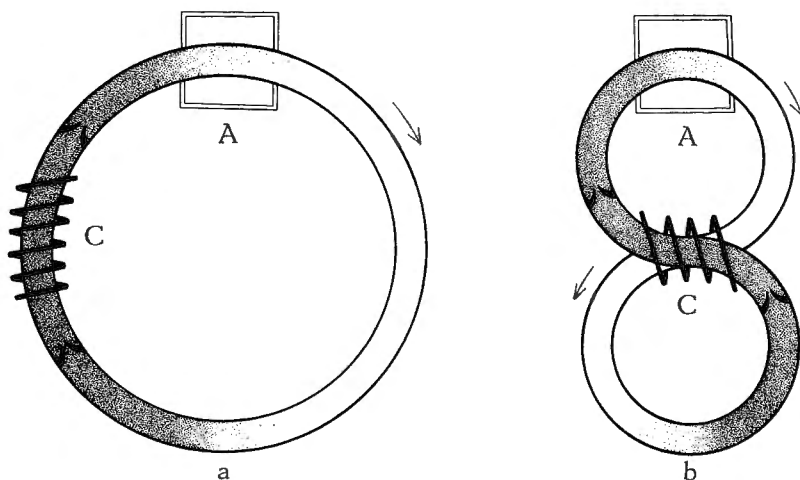


Fig. 1. — Schémas de circulation sanguine : a, à cercle simple; b, à cercle double. A, chambre d'aération (branchies, poumons); C, compresseur (cœur) ayant au devant et à l'arrière des valves ne permettant la circulation que dans un sens; les parois du tube laissées en blanc correspondent à l'ensemble des vaisseaux conduisant du sang artériel, les parties pointillées, aux vaisseaux à sang veineux. Les flèches indiquent la direction du flux sanguin.

Parmi les Amniotes mentionnés, les Mammifères ont un réseau vasculaire moins compliqué, à certains égards, que le Crocodile et les Oiseaux; aussi nous sembla-t-il indiqué de commencer l'étude de l'évolution du système sanguin des Vertébrés pulmonés par celui des premiers cités.

* * *

Pour comprendre la structure de l'appareil circulatoire des Mammifères où le cœur se présente comme un nœud de Gordios, il paraissait nécessaire d'essayer de dénouer celui-ci; la série

des schémas de la figure 3 montre la façon dont il est possible de le faire.

Le schéma 3^a représente sommairement le système vasculaire humain, le côté gauche du dessin correspondant à peu près au côté ventral du corps et le côté droit du dessin correspondant au côté dorsal; dans ces conditions, le cercle pulmonaire devrait se trouver dans un plan perpendiculaire à celui du dessin, ce qui est irréalisable dans un schéma à deux dimensions; la position réciproque des vaisseaux contribue cependant à ce que le dessin donne une impression de perspective et remédie ainsi à l'absence de la troisième dimension dans le schéma.

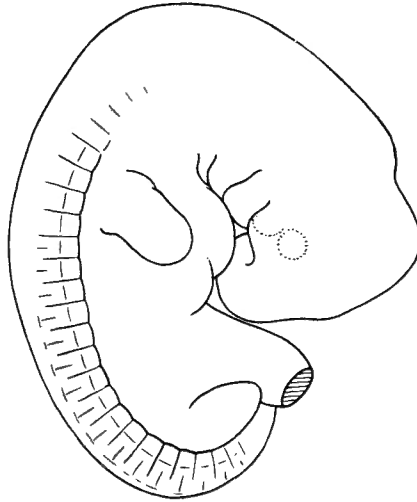
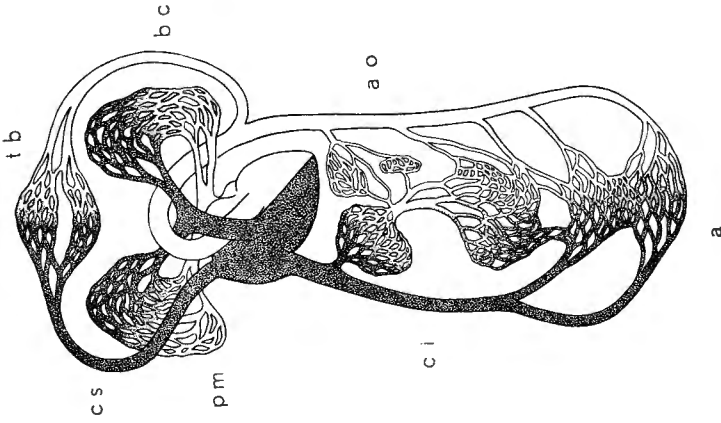
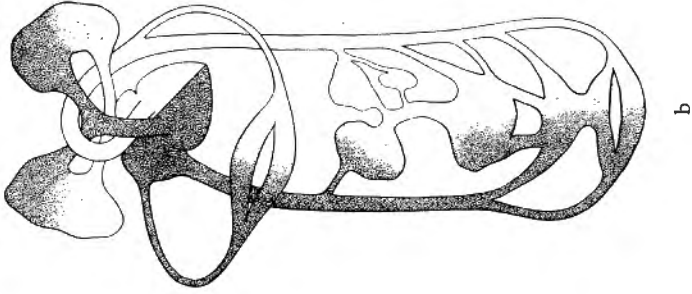
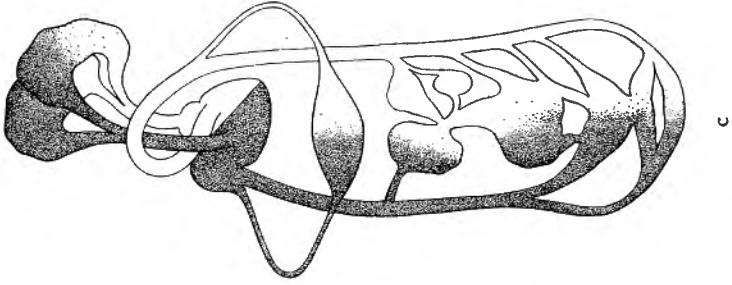


Fig. 2. — Position de la tête par rapport au corps chez un embryon humain (long de 8,5 mm).

La position de la tête chez les embryons (fig. 2) autorise à rabattre sur l'abdomen la partie qui, dans le schéma 3^a, représente le réseau sanguin de la tête et des membres supérieurs; on obtient ainsi le schéma 3^b, à partir duquel la représentation des réseaux capillaires devient susceptible d'être progressivement simplifiée. Les vaisseaux qui amènent le sang veineux dans les poumons et ceux qui ramènent au cœur le sang artériel, proviennent respectivement de la ramification de l'artère



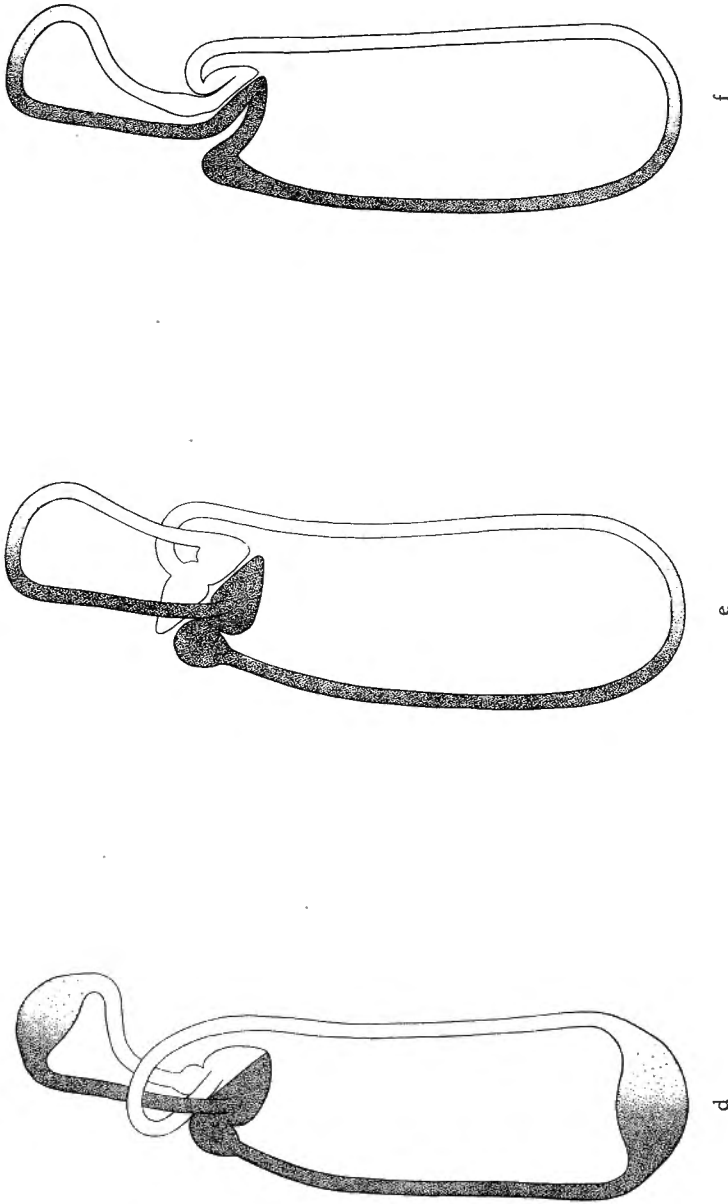


Fig. 3. — Schémas montrant comment il serait possible de dénouer un réseau pareil au système vasculaire de l'Homme; en blanc : parties du réseau conduisant le sang artériel, en pointillé : parties à sang veineux; les lettres sous les dessins indiquent la suite des étapes (de a à f) du procédé supposé; ao : aorte; bc : tronc artériel brachio-céphalique; ci : veine cave inférieure; cs : veine cave supérieure; pm : réseau sanguin des poumons; tb : réseaux capillaires de la tête et des bras; entre ao et ci : réseaux capillaires des organes abdominaux et des extrémités inférieures.

pulmonaire et de la veine pulmonaire; il est donc permis, pour schématiser, de réunir les flux sanguins bifurqués (schéma 3°). Les vaisseaux sanguins de la tête apparaissent dans les schémas b et c comme des branches issues de la veine cave inférieure et de l'aorte; ils constituent donc avec ces vaisseaux abdominaux des flux communs et peuvent, par conséquent, ne pas être représentés sur les dessins qui suivent (fig. 3^d, etc.). Amenant toutes les ramifications des vaisseaux thoraciques et des vaisseaux abdominaux à la plus simple expression, à celle des flux venant du cœur et des flux allant à celui-ci, on obtient le schéma de deux cercles ou de deux grandes mailles, composées chacune d'une partie artérielle et d'une partie veineuse. Faisant passer, dans le schéma 3°, la maille pulmonaire devant l'aorte, admettons que simultanément la moitié artérielle du cœur exécute, par rapport à la moitié veineuse, une rotation de 180°, sur un axe perçant le cœur de gauche à droite et à peu près au niveau des orifices auriculo-ventriculaires. Supposons ensuite une deuxième rotation de la moitié artérielle du cœur, également de 180° et dans le même sens, et nous obtenons le schéma 3^t qui est celui d'un cercle simple de circulation sanguine et qui présente le cœur comme composé de deux anses juxtaposées : l'une artérielle, l'autre veineuse.

Il ne suffirait pas, évidemment, pour représenter l'évolution du système vasculaire des Mammifères, de revoir les schémas de la fig. 3 en sens contraire à la suite qui leur y est donnée; cependant, cette série de dessins met en évidence :

- 1) que ce système est, au fond, un cercle simple dont les parties artérielle et veineuse s'entrecroisent;
- 2) que le cœur mammalien est, en principe, composé de deux parties adjacentes l'une à l'autre (2);
- 3) que les relations entre diverses parties du réseau vasculaire doivent être la conséquence de mouvements hélicoïdaux (ou de torsions), qui se seraient effectués dans ce réseau au cours de son développement.

* * *

Les parties du système vasculaire éloignées du cœur se trouvant, déjà très tôt dans le développement embryonnaire,

(2) Les anatomistes et les physiologistes parlent d'ailleurs couramment du « cœur gauche » et du « cœur droit » (voir, p. ex., TESTUT et LATARJET, 1948; BOURDELLE et BRESSON, 1937-38; FREDERICQ, 1944, p. 10; nos schémas s'accordent d'ailleurs avec celui de la fig. 1 de ce dernier).

dans des zones déterminées du corps, le croisement des conduits initiaux artériel et veineux ne pourrait pas se produire, dans l'organisme qui se développe, par des déplacements de ces parties. C'est donc le cœur lui-même qui doit exécuter, au cours du développement embryonnaire, des mouvements qui auront pour résultat la disposition définitive de ses éléments structuraux (oreillettes et ventricules) ou bien ce sont les déplacements successifs de l'un par rapport à l'autre de ces éléments qui seront responsables de la structure définitive du cœur; ou bien encore, les différentes positions successives du cœur et les déplacements de ses diverses parties détermineront ensemble sa constitution parachevée.

L'interprétation du cœur comme présentant un récipient formé, à l'origine, par deux tubes coudés, concorde avec l'anatomie descriptive. Celle-ci distingue, en effet, dans chacun des ventricules du cœur, une « chambre veineuse », recevant le sang arrivant de l'oreillette respective, et une « chambre artérielle » d'où le sang part dans l'aorte ou dans l'artère pulmonaire. L. TESTUT et A. LATARJET (1948, II, p. 61) disent, à propos du ventricule gauche, que « les deux chambres dessinent ici une sorte d'U tendant à s'ouvrir à la partie supérieure ». Dans le ventricule droit cet U est moins profond, mais plus ouvert dans le haut (voir les figures 33 et 41 du volume cité).

Deux anses rapprochées l'une de l'autre peuvent, à la suite de mouvements de torsion autour de leurs axes longs, pénétrer l'une dans l'autre, par exemple, de la manière exprimée par le schéma de la figure 4. On peut donc supposer, au début du développement du système circulatoire des Mammifères, une pénétration de deux anses — l'une artérielle, l'autre veineuse — l'une dans l'autre et leur enroulement parallèle dans un même sens (comme deux bobines placées parallèlement).

* * *

Les schémas de la figure 3 et de la figure 4 peuvent paraître comme de la pure spéculation. La réalité du processus de la pénétration d'une partie du cœur dans l'autre est cependant clairement attestée par la structure des parois ventriculaires. En examinant les cœurs de divers Mammifères, on voit, en effet :

1) que le ventricule droit (veineux) enveloppe partiellement le ventricule gauche;

2) que les parois du ventricule gauche sont, comme l'on sait, environ trois fois plus épaisses que celles du ventricule droit (fig. 5);

3) que les fibres musculaires superficielles du ventricule gauche ont une position hélicoïdale qui est la trace du mouvement de sa rotation sur son axe allant de l'orifice auriculo-ventriculaire à la pointe du cœur; ce mouvement rotatoire a permis au ventricule gauche de se « visser » dans la partie droite (veineuse) du cœur; le ventricule droit, exécutant lui aussi un mouvement rotatoire sur son axe propre, a également communiqué aux fibres musculaires formant sa surface, une orientation hélicoïdale; la rotation parallèle et dans un même sens de deux ventricules est attestée par la présence, p. ex.,

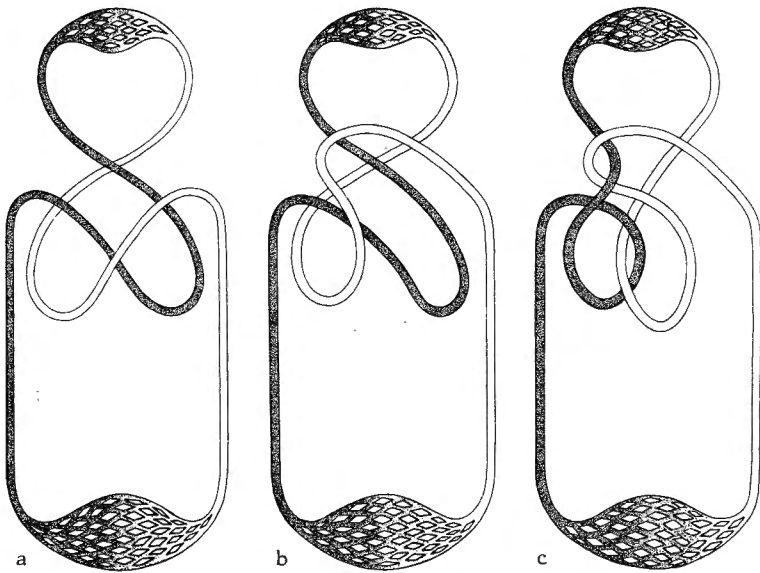


Fig. 4. — Schémas des étapes successives possibles (a, b, c) d'un entrelacement supposé de deux anses provenant, l'une, de la partie artérielle (en blanc), l'autre, de la partie veineuse (en pointillé) du circuit sanguin d'un Mammifère; le dessus et le bas des dessins représentent respectivement les réseaux capillaires des poumons et du reste du corps.

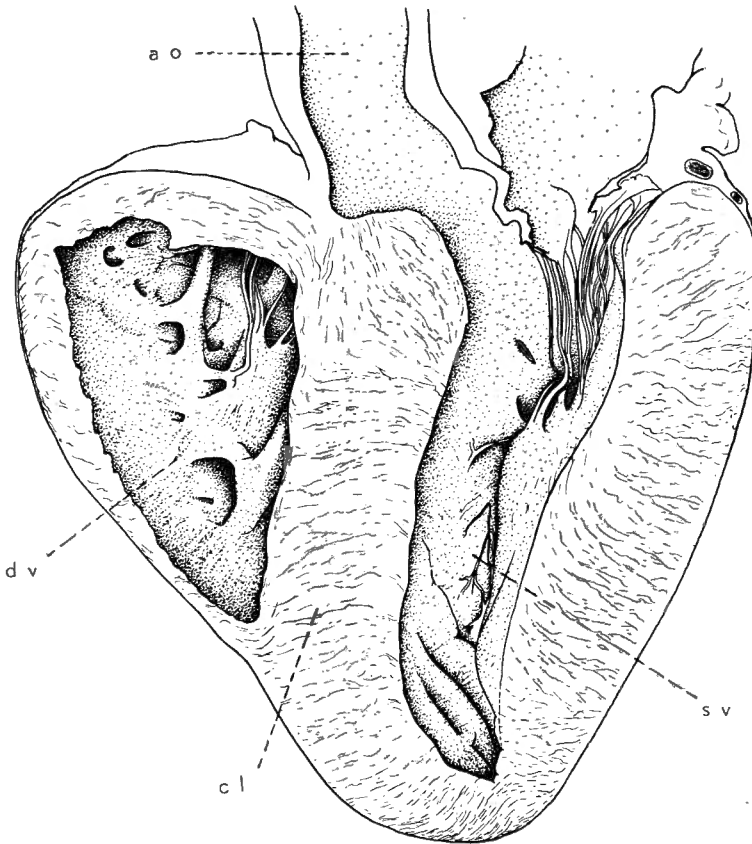


Fig. 5. — Coupe du cœur d'un Ruminant, *Okapia johnstoni* (SCLATER) ♂. On voit que la cloison interventriculaire (cl) est constituée essentiellement par la paroi du ventricule gauche et qu'elle égale en épaisseur la paroi latérale de celui-ci; ao : aorte; dv : creux du ventricule droit; sv : creux du ventricule gauche; les oreillettes ne sont pas représentées (2/3 de la grandeur nature).

sur le cœur du Gorille (fig. 6), de deux épis ou « tourbillons », comme appellent ces formations les auteurs traitant l'anatomie de l'Homme, chez lequel on ne connaît qu'un tourbillon, au ventricule gauche (pointe du cœur) (3);

4) que dans le cœur, par exemple, de l'Okapi (fig. 5), une aiguille piquée dans le fond de la cavité du ventricule gauche, sort par le centre de l'épi (4);

5) que la pénétration partielle d'un ventricule dans l'autre entraîne aussi l'enveloppement des parties auriculaires du cœur l'une par l'autre (5);

6) que la cloison interventriculaire est formée presque uniquement par la paroi du ventricule gauche; le ventricule droit paraît ne participer à la constitution de la cloison interventriculaire que par son endocarde, tandis que les fibres musculaires de ses parois externes vont s'attacher au ventricule gauche ou s'entrecroiser avec les fibres superficielles de celui-ci (fig. 7) (6).

Les fibres musculaires du cœur sont liées les unes aux autres par des anastomoses, ce qui constitue, comme l'on sait, la particularité du muscle cardiaque; ce réseau musculaire inextricable est l'expression même de la pénétration partielle des ventricules l'un dans l'autre à la manière de deux cristaux, constituant une macle (7).

(3) Les deux épis du cœur du Gorille nous font douter de l'exactitude du schéma donné par H. ROUVIÈRE (1932, I, p. 644, fig. 393) concernant l'orientation des fibres musculaires du cœur humain.

(4) Ce cœur d'Okapi avait fait l'objet d'une étude de J. LAURENT-COMBAZ (1944).

(5) Voir, par exemple, la figure 49 du volume II de l'ouvrage cité de TESTUT et LATARJET.

(6) La formule de WINSLOW, citée par ROUVIÈRE (1939, p. 644), — « le cœur ventriculaire est composé de deux sacs musculeux renfermés dans un troisième sac musculeux » — nous paraît donc pas tout à fait exacte.

(7) Dans le cas des macles, la nature fait, pour ainsi dire, abstraction de la masse pour réaliser une structure complexe; ceci est une preuve de la primauté de la forme par rapport à la matière ou de principe par rapport à l'œuvre. Il en est souvent de même dans les cas des « monstres doubles » (« frères siamois »), lorsque deux individus ont des parties de corps communes.

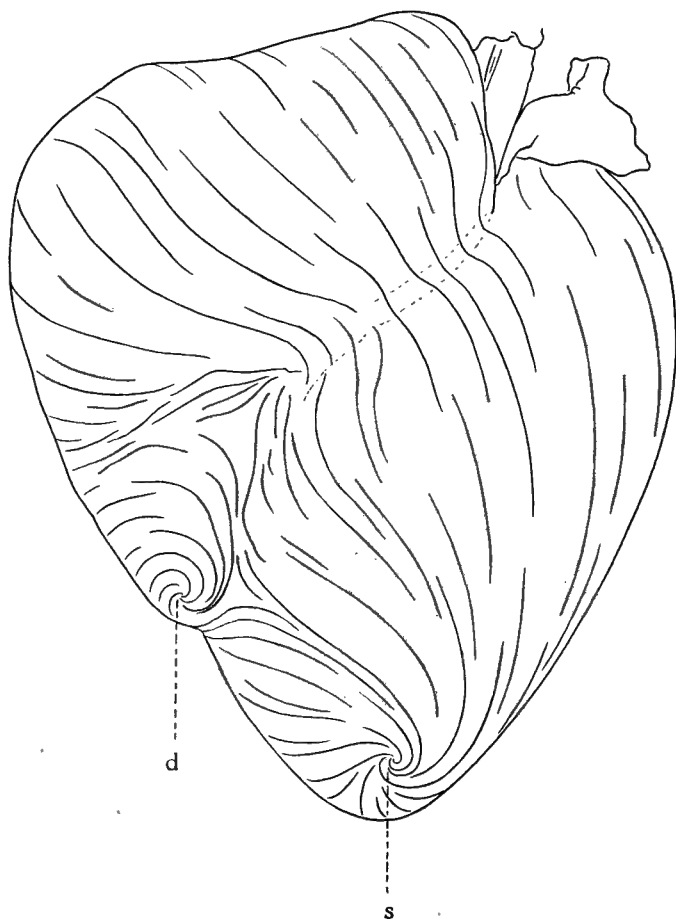


Fig. 6. — Cœur d'un Gorille des montagnes, *Gorilla gorilla beringei* MATSCHIE, ♂. — Schéma montrant la direction des fibres musculaires du côté ventral de ce cœur et les épis qu'elles forment à la pointe de chacun des ventricules : d : épi (tourbillon) droit, s : épi gauche. Les oreillettes ont été détruites par la balle de fusil (3/4 de la grandeur nature).



Fig. 7. — Le même cœur de Gorille que sur la figure précédente, mais en vue dorsale. La pointe du ventricule gauche, vs, passe parmi les fibres superficielles qui se prolongent sur le ventricule droit, vd (3/4 de la grandeur nature).

La suppression ou réduction de la paroi du ventricule droit adjacente au ventricule gauche, est une des manifestations de cette règle que nous avons formulée dans notre travail précédent, déjà cité : les parois des vaisseaux sanguins étant élastiques, le contact de deux vaisseaux annule l'élasticité des parois accolées et les rend moins résistantes (8); il est logique d'admettre que dans le cas de deux ventricules cardiaques adjacents, c'est la paroi plus mince du ventricule droit qui devait disparaître ou s'amoinrir au bénéfice de sa voisine (fig. 5) qui, de ce fait, pouvait garder toute son élasticité.

Grâce à la formation du cœur par deux anses, d'abord rapprochées l'une de l'autre, puis pénétrant l'une dans l'autre, il s'est produit une synchronisation (9) des contractions de deux ventricules et une économie en quantité de moteurs, — question sur laquelle nous n'allons pas nous arrêter pour l'instant.

* * *

On pourrait nous objecter que les mouvements que nous supposons pour expliquer la structure du cœur, n'ont pas été observés dans le développement embryonnaire des Vertébrés pourvus de poumons. Cette question dépasse le but que nous nous étions assigné dans la présente étude et nous espérons pouvoir lui consacrer un travail ultérieur. Disons cependant déjà maintenant que quelques observations embryologiques nous amènent à mettre en doute l'exactitude des schémas généralement acceptés pour la description du développement ontogénique du cœur.

INSTITUT ROYAL DES SCIENCES NATURELLES DE BELGIQUE.

(8) Nous expliquons ainsi la formation des pertuis entre les vaisseaux en contact chez les Batraciens et les Reptiles.

(9) Celle-ci n'est pas absolue, la systole du cœur se propageant des oreillettes aux ventricules un peu en biais, de droite à gauche, à la manière d'une vague atteignant obliquement le rivage.

INDEX BIBLIOGRAPHIQUE.

- BENNINGHOFF, A., 1933, *Herz*. (Dans : BOLK, GÖPPERT, KALLIUS & LUBOSCH, *Handbuch der vergl. Anatomie der Wirbeltiere*. (Berlin & Wien, vol. VI, pp. 467-556.)
- BOURDELLE, E., 1920, *Anatomie régionale des animaux domestiques. III. Porc*. (Paris, Baillièrè et Fils.)
- BOURDELLE, E., et BRESSON, C., 1937-38, *Anatomie régionale des animaux domestiques. I. Equidés*. (2^me éd.; Paris, Baillièrè et Fils.)
- BRÜCKE, E. Th. VON, 1925, *Die Bewegung der Körpersäfte*. (Dans : WINTERSTEIN, H., *Handbuch der vergl. Physiologie*, vol. I, pp. 827-1110; Jena, G. Fischer.)
- EWER, R. F., 1950, *Hæmodynamic factors in the evolution of the double circulation in the vertebrates*. (The American Naturalist, Pennsylvania, vol. 84, pp. 215-220.)
- FOXON, G. E. H., 1947, *The mode of action of the heart in the frog*. (Proc. Zool. Soc. London, vol. 116, pp. 565-579.)
- FREDERICQ, H., 1944, *Traité élémentaire de physiologie humaine*. (2^me éd., Paris, Masson et C^{ie}.)
- GELDEREN, Chr. VAN, 1933, *Venensystem, mit einem Anhang über den Dotter- und Plazentarkreislauf*. (Dans l'ouvrage déjà cité de BOLK, GÖPPERT, etc., vol. VI, pp. 685-744.)
- GREIL, A., 1903, *Beiträge zur vergleichenden Anatomie und Entwicklungsgeschichte des Herzens und des Truncus arteriosus der Wirbeltiere*. (Gegenbaurs Morpholog. Jahrbuch, vol. 31, pp. 123-310, 6 planches.)
- HÉDON, E., 1950, *Précis de physiologie*. (14^me éd., Paris, G. Doin et C^{ie}.)
- LAURENT-COMBAZ, J., 1944, *Étude comparative du cœur de l'Okapi et d'autres Ruminants*. (Bull. Mus. roy. d'Hist. natur. de Belg., t. XX, N° 15)
- MONTANÉ, L., et BOURDELLE, E., 1917, *Anatomie régionale des animaux domestiques. II. Ruminants*. (Paris, Baillièrè et Fils.)
- MOSSMAN, H. W., 1948, *Circulatory cycles in the vertebrates*. (Biological Reviews of the Cambridge Philosoph. Soc., tome 23, pp. 237-255.)
- PARKER, T. J., and HASWELL, W. A., 1943, *A Text-book of Zoology*. (6th éd., vols I & II, Macmillan & C^o, London.)
- ROUVIÈRE, H., 1932, *Anatomie humaine descriptive et topographique*. (3^me éd., tome I; Paris, Masson et Cie.)
- SABATIER, A., 1873, *Études sur le cœur et la circulation centrale dans la série des Vertébrés*. (Montpellier et Paris.)
- SOULA, L.-C., 1947, *Précis de physiologie*. (Paris, Masson et C^{ie}.)
- STÉPHAN, F., 1954, *Morphologie générale du système circulatoire*. (Traité de Zoologie, publié sous la direction de M. PIERRE-P. GRASSÉ; tome XII, pp. 854-973; Paris, Masson et C^{ie}.)
- TANDLER, J., 1933, *Gefäße des Kiemenkreislaufes und ihre Umbildung*. (Dans l'ouvrage cité plus haut de BOLK, GÖPPERT, KALLIUS et LUBOSCH, vol. VI, pp. 557-562.)
- TESTUT, L., et LATAJET, A., 1948, *Traité d'Anatomie humaine*. (9^e éd., tome II; Paris, G. DOIN et Cie.)
- VANDERVAEL, F., 1933, *Recherches sur le mécanisme de la circulation du sang dans le cœur des Amphibiens anoures*. (Archives de Biologie, Liège-Paris, tome 44, pp. 577-606.)

- VIALLETON, L., 1911, *Eléments de Morphologie des Vertébrés*. (Paris, O. Doin et Fils.)
- WEBER, M. et DE BURLET, H. M., 1927, *Die Säugetiere. Einführung in die Anatomie und Systematik, etc.*; 2^{te} Aufl., Bd. I. *Anatomischer Teil*. (Jena, G. Fischer.)

