

plètes sur la circulation : Galien faisait du foie l'organe formateur du sang; parti du foie, le sang se répandait dans la partie inférieure du corps par la veine cave inférieure, dans la partie supérieure par la veine cave supérieure : une portion de ce dernier sang arrivait au cœur, et, filtrant à travers la cloison interventriculaire, y acquérait des propriétés nouvelles pour circuler dans les artères sous le nom d'*esprits vitaux*. Galien ne soupçonnait donc pas la *circulation pulmonaire* (voy. plus loin, p. 175).

Michel Servet, en 1553, indiqua pour la première fois la *circulation pulmonaire*. — Fabricé d'Acquapendente montra la disposition des valvules veineuses, qui s'opposent à la circulation telle que la concevait Galien. Enfin Harvey (1615-1628) démontra la circulation telle que nous la connaissons aujourd'hui.

#### I. — DE L'ORGANE CENTRAL DE LA CIRCULATION; DU CŒUR.

Pour comprendre les fonctions du cœur, il ne faut pas se représenter cet organe tel qu'on le trouve sur le cadavre, car là rien ne rappelle l'une des principales propriétés du muscle, l'*élasticité*, propriété aussi importante que la *contractilité* et qui est spécialement utilisée dans l'une des cavités du cœur, dans l'oreillette.

Les éléments musculaires du cœur sont des fibres striées, comme les muscles de la vie de relation, mais ces fibres s'anastomosent, présentent des stries plus fines, et sont dépourvues de myolemme. (Voy. p. 112.)

*Oreillette.* La principale fonction de l'oreillette est de se prêter, par sa facile dilatabilité, à un facile écoulement du sang veineux, et l'on peut dire qu'elle agit comme une *saignée à l'extrémité centrale de l'arbre veineux*, dans lequel elle diminue par conséquent la pression du liquide. Pendant les  $\frac{4}{6}$  du temps que dure une révolution cardiaque, l'oreillette est à l'état de repos, et elle se remplit de sang, ou plutôt elle se laisse remplir, car elle n'exerce

que peu ou pas d'aspiration active sur le sang veineux (voy. Respiration). Elle est comparable en ce moment à une bulle de savon qui se laisse distendre par l'air qu'on y insuffle : c'est ainsi qu'elle devient le réceptacle du sang, l'antichambre du ventricule, réceptacle où s'accumule une grande quantité de sang.

Quand l'oreillette est pleine de sang, elle se contracte très-brusquement et chasse ce liquide vers le ventricule, pour ainsi dire en un clin d'œil. Sa contraction dure à peine  $\frac{1}{3}$  ou  $\frac{1}{4}$  du cycle total. Lorsque le cœur bat 70 fois par minute (pouls normal), entre le commencement d'une pulsation et celui de la suivante (cycle d'une contraction cardiaque), il s'écoule une fraction des econdes (0,857) qui se partage de la manière suivante :  $\frac{2}{6}$  pour la systole des oreillettes,  $\frac{3}{6}$  pour la systole des ventricules,  $\frac{1}{6}$  pour le repos (voyez plus loin).

Quand cette cavité se contracte, son contenu tend à se précipiter vers le ventricule, ou à retourner dans les veines : du côté des veines il n'y a pas de valvules, ou seulement des valvules insuffisantes (valvule d'Eustachi), ou placées très-loin, et peu aptes à empêcher le reflux; mais les veines sont pleines de sang, sang qui est à une faible pression il est vrai, mais qui cependant offre une certaine résistance au retour du contenu auriculaire. — L'état du ventricule est à ce moment tout différent : il est vide, dans un état de relâchement complet, et par suite n'oppose aucune résistance : il joue en ce moment, vis-à-vis de l'oreillette, le rôle que celle-ci jouait précédemment vis-à-vis des veines, et c'est toujours l'*élasticité du muscle à l'état de repos* qui lui permet de se laisser distendre (voyez : Physiologie du muscle, p. 82) avec aussi peu de résistance qu'en opposerait une bulle de savon. Ainsi le sang de l'oreillette contractée, éprouvant du côté des veines une faible résistance et du côté du ventricule une résistance nulle, se précipite dans celui-ci et le remplit.

Cependant l'oreillette ne se vide pas complètement et ses parois opposées n'arrivent pas au contact. Sa rapide contraction terminée, l'oreillette reprend son rôle d'organe

passif et laisse librement couler dans sa cavité le sang qui gorge le système veineux.

*Ventricule.* A peine le ventricule est-il plein, que la présence du sang, par son contact avec les parois, en excite la contraction. La systole ventriculaire succède donc immédiatement à la systole auriculaire; mais *la systole ventriculaire dure longtemps*, parce que ce réservoir est obligé de lancer son contenu dans une cavité déjà pleine de sang, et où il éprouve une certaine résistance à le faire pénétrer. Sous l'influence de cette contraction, de cet effort prolongé, le contenu du ventricule passe dans l'artère correspondante, *sans refluer vers l'oreillette.*

Comment est empêché ce reflux vers l'oreillette? Par le jeu d'un appareil tout particulier, appelé *valvules auriculo-ventriculaires*, mais qui constitue en réalité une espèce de manchon, de boyau, qui pend des bords de l'oreillette dans le ventricule, et qui tantôt se rapproche, tantôt s'éloigne des parois de celui-ci. La dénomination de *valvule* fait voir qu'on n'a pas d'abord compris le rôle de cet organe (1). Il est démontré aujourd'hui que *la valvule TRICUSPIDE* (ou la MITRALE) *est loin d'agir comme une soupape*, mais que ce n'est qu'un ajustage mobile continuant l'oreillette et sur lequel agissent certaines puissances musculaires. En effet, sur les bords et la face externe de cet appareil auriculo-ventriculaire (fig. 40) viennent s'insérer un grand nombre de *muscles papillaires*, qui présentent jusqu'à 100 tendons dans le cœur droit et 120 dans le gauche. Quand le ventricule se contracte, ces muscles papillaires entrent aussi en action : on avait admis autrefois que ces muscles et leurs tendons serviraient à empêcher la prétendue valvule de trop se redresser sous l'effort rétrograde du sang, et de se retourner à l'envers dans la cavité de l'oreillette. Mais le fonctionnement est tout autre, car en introduisant le doigt vers la région auriculo-ventriculaire au moment de la sys-

(1) Voyez V. L. Kohl, *Étude critique sur la physiologie de l'appareil auriculo-ventriculaire*. Thèse de Strasbourg, 1869.

tole du ventricule, on voit que l'espèce d'entonnoir qui pend de l'oreillette dans le ventricule continue à exister : il paraît même s'allonger, et le doigt est comme attiré dans l'intérieur du ventricule. C'est qu'en effet, de la contraction des muscles papillaires il résulte d'abord l'allongement du cône auriculaire, dont ensuite les bords libres se rapprochent. En même temps que ce cône creux descend dans le ventricule, les parois de celui-ci se contractent, se rap-

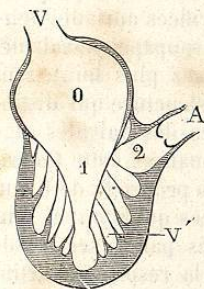


FIG. 40. — Schéma de l'appareil auriculo-ventriculaire pendant le repos du ventricule\*.

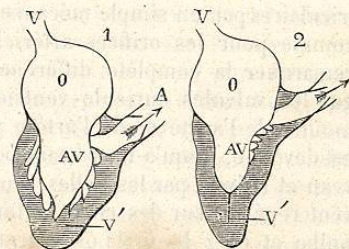


FIG. 41. — Schéma de l'appareil auriculo-ventriculaire pendant la contraction du ventricule\*\*.

prochent de lui, de sorte que l'appareil auriculo-ventriculaire agit comme une espèce de piston creux qui pénètre dans le ventricule, se rapproche de ses parois, en même temps que ces parois se rapprochent de lui, et c'est ainsi que le ventricule (fig. 41) arrive à se vider complètement, le contact devenant parfait entre ses parois et le prolongement auriculaire.

Il résulte de ce mécanisme si simple, et cependant si longtemps méconnu, qu'il ne peut se produire aucun reflux de sang vers l'oreillette : bien plus il y a une sorte d'aspiration que l'oreillette, grâce au mécanisme que nous

\* V, veine; — O, oreillette; — V', parois du ventricule avec les muscles papillaires et leurs tendons; — A, artère; — 1, cavité de l'appareil auriculo-ventriculaire flottant dans l'intérieur du ventricule; — 2, infundibulum.

\*\* 1), pendant la première moitié de la systole ventriculaire; — 2), à la fin de cette systole; — AV, le piston creux qui forme l'appareil auriculo-ventriculaire; — O, oreillette; — V, parois du ventricule; — A, artère aorte ou pulmonaire.

venons d'étudier, exerce sur le sang veineux, puisque sa cavité se prolonge de plus en plus dans le ventricule. On voit en même temps que, dès la fin de la systole ventriculaire, le canal allongé, le cône plus ou moins creux qui fait communiquer le ventricule avec l'oreillette, est déjà plein de sang, et qu'il suffira de la faible et rapide contraction de l'oreillette pour chasser ce sang dans le ventricule et en amener la réplétion.

Presque tous les ouvrages classiques admettent, sans discussion, la théorie de l'occlusion des orifices auriculo-ventriculaires par un simple mécanisme de soupape, de valvule, comme pour les orifices artériels (voyez plus loin), sans remarquer la complète différence de structure qui distingue les valvules auriculo-ventriculaires des valvules sigmoïdes de l'aorte et de l'artère pulmonaire : cette théorie est devenue, jusqu'à un certain point, la propriété de Chauveau et Faivre, par les belles expériences qu'ils ont si souvent répétées sur des chevaux foudroyés par la section du bulbe et chez lesquels on entretenait la respiration artificielle : « Si dans ces circonstances on introduit le doigt dans une oreillette et si l'on explore l'orifice auriculo-ventriculaire, on sentir a, au moment où les ventricules entrent en contraction, les valvules triglochines ou tricuspides se redresser, s'affronter par leurs bords et se tendre de manière à devenir convexes par en haut et à former un *dôme multiconcave* au-dessus de la cavité ventriculaire (1). » Cette constatation ne fournit pas toujours des résultats aussi nets, et le doigt ainsi introduit a donné des sensations tout autres à un grand nombre d'observateurs.

La théorie que nous avons adoptée est la seule qui tienne compte de la présence et de la disposition des muscles papillaires : indiquée d'abord par Parchappe (1848), cette théorie a été surtout développée par Burdach, puis par Purkinjé et Nega (1852), et plus récemment par Malherbe (de Nantes) et Fossion : elle a été admise par J. Béclard (*Physiologie*, 6<sup>e</sup> Édit. 1870) (2). Aujourd'hui il nous paraît

(1) Chauveau et Faivre, *Gazette médicale de Paris*, 1856.

(2) Telle est la théorie à laquelle est arrivé, en en précisant mieux le mécanisme, Marc Sée, dans une belle monographie sur les valvules

donc incontestable que la contraction des muscles papillaires transforme le cône auriculo-ventriculaire, c'est-à-dire l'infundibulum laissé entre les parois opposées des valvules, en un véritable cordon tendineux, à travers les interstices duquel le sang ne saurait se frayer un passage pour refluer vers l'oreillette.

Que devient le sang ainsi pressé entre les parois du ventricule? Le sang ne pouvant retourner vers l'oreillette, doit s'échapper par l'orifice artériel de cette cavité (artère pulmonaire ou artère aorte). Mais il faut remarquer que les artères aorte ou pulmonaire sont déjà, par la contraction précédente, pleines de sang soumis à une pression considérable et que l'on peut évaluer à  $\frac{1}{4}$  d'atmosphère (voir plus loin). On conçoit que pour surmonter cette pression il faut une grande énergie de la part du ventricule : aussi sa contraction se fait-elle lentement et avec force. A l'inverse de ce que nous avons vu pour l'oreillette, la *systole ventriculaire présente une durée très-appreciable* : c'est pour cela aussi que les parois des ventricules sont beaucoup plus épaisses que celles des oreillettes, et d'autant plus épaisses que la résistance à vaincre est plus considérable, celles du ventricule gauche plus épaisses que celles du droit.

Ainsi l'artère pulmonaire (ou l'aorte, ventricule gauche) se trouve forcée d'admettre le sang que le ventricule lance dans son intérieur. *Le ventricule se vide complètement* : dès lors rien ne sollicite plus sa contraction et il se relâche.

auriculo-ventriculaires : « Les muscles papillaires des valvules, dit-il, se contractent en même temps que l'ensemble des parois ventriculaires; la contraction des muscles papillaires a pour effet la tension des cordages tendineux et l'abaissement des valvules. Cet effet se produit malgré le raccourcissement systolique du diamètre longitudinal des ventricules admis par la plupart des auteurs. — Les muscles papillaires du ventricule gauche sont disposés de façon à s'emboîter l'un dans l'autre et à combler la portion gauche de la cavité ventriculaire. En se contractant, ils attirent à gauche les deux valves de la mitrale, qu'ils appliquent l'une sur l'autre et contre la paroi ventriculaire. Dans le ventricule droit, les muscles papillaires appliquent les valvules de la tricuspide à la surface de la cloison. (Marc Sée, *Recherches sur l'anatomie et la physiologie du cœur, spécialement au point de vue du fonctionnement des valvules auriculo-ventriculaires*. Paris, 1875.)

C'est à ce moment que le cœur se repose. D'une manière générale le cœur présente trois temps dans sa révolution : 1° systole auriculaire ; 2° systole ventriculaire ; 3° repos général. La durée typique que nous avons assignée à ces trois temps peut beaucoup varier selon les circonstances, selon les individus et encore selon les animaux examinés : ainsi le 3° temps, celui du repos, est celui qui présente le plus de variété : chez les animaux à sang froid, particulièrement chez les batraciens, le repos constitue un long intervalle entre chaque contraction du cœur.

Mais pourquoi, lorsque le cœur se repose, le sang qui vient d'être chassé dans l'artère ne revient-il pas dans la cavité ventriculaire ? C'est que l'orifice artériel (pulmonaire ou aortique) est garni de trois valvules semi-lunaires ou sigmoïdes, qui se redressent alors sous la pression rétrograde du sang, et ferment complètement l'orifice correspondant ; l'explication de ce mécanisme, évident à la seule inspection d'une pièce anatomique, n'a pas besoin d'amples développements : vu leur forme en *gousset*, dont l'orifice est tourné vers la cavité artérielle, au moment où le sang tendrait à refluer, la colonne liquide en retour s'engage dans leur intérieur, les refoule et se ferme ainsi elle-même le passage. Le *nodule d'Arentius*, placé à la partie moyenne du bord libre de chacune des valvules, a sans doute pour effet de rendre l'occlusion plus parfaite.

Les battements du cœur se révèlent à l'extérieur par des signes que nous allons analyser et qui permettent de compter combien de fois le cœur se contracte par minute : ce nombre, qui est de 70 à 75 en moyenne chez l'adulte, varie selon les conditions d'âge, et quelques autres conditions que nous indiquerons à propos du *pouls* (voyez plus loin).

*Bruits et choc du cœur.* Dans l'étude qui précède nous avons employé indifféremment les mots de cœur droit ou gauche, d'artère aorte ou pulmonaire ; c'est qu'en effet tout ce que l'on dit du cœur droit peut s'appliquer au cœur gauche, et il n'y a pas plus de valvules aux veines pulmonaires qu'aux veines caves.

Les phénomènes que nous venons d'étudier dans les deux

cœurs se révèlent à l'extérieur par des *bruits particuliers* (1<sup>er</sup> et 2<sup>e</sup> bruit du cœur) et par le *choc du cœur* : il y a donc un choc et deux bruits pour chaque révolution cardiaque.

Le *choc du cœur* consiste en un ébranlement que l'on sent contre la paroi thoracique : en appliquant la main vers la 6<sup>e</sup> côte, en dedans du mamelon, il semble que le cœur est lancé à chaque contraction contre cette paroi, comme un marteau sur une enclume. Mais en réalité il n'y a pas de choc dans le sens propre du mot, puisque la pointe du cœur touche en permanence la paroi thoracique, et qu'il n'y a jamais séparation entre ces deux parties ; du reste on ne saurait concevoir une semblable séparation, car pour remplir le vide qu'elle produirait, pour venir s'interposer entre le cœur et la cage thoracique, il n'y a rien, pas même le poumon, puisqu'en général il y a 4 pulsations du cœur pour un seul mouvement d'expansion du poumon. Il n'y a donc, à chaque prétendu choc, qu'un contact plus prononcé entre le cœur et le point correspondant de la paroi. Pour expliquer ce phénomène, on a invoqué un grand nombre de théories, dont la plus généralement admise est celle de Hiffelsheim, *théorie du recul*, ou *choc en retour*. On compare le choc du cœur, au moment où le ventricule expulse son contenu, au recul d'un fusil au moment où le coup part. Mais de quelque côté qu'on touche le cœur, on sent ce choc, même quand on touche sa partie inférieure, à travers le diaphragme. Cette simple expérience réfute la théorie du recul qui ne peut s'exercer dans tous les sens. Elle renverse aussi l'explication basée sur un mouvement de redressement de la crosse de l'aorte sous l'influence de l'ondée sanguine, d'autant plus que le choc du cœur existe même chez les animaux qui n'ont pas de crosse de l'aorte.

On se rend compte du *choc du cœur* en se rappelant les changements de forme et de consistance que le ventricule subit au moment de la systole : de l'état de relâchement il passe à celui de contraction : il presse avec force sur son contenu pour le faire pénétrer dans l'arbre artériel qui renferme déjà du sang sous une tension assez forte. Même

lorsque la poitrine d'un animal est ouverte, et qu'on saisit son cœur à pleine main, on sent sur toute sa surface se produire ce changement de consistance qui coïncide avec la systole ventriculaire : on sent alors le *choc du cœur*, comme lorsque la main, placée vers la région cardiaque, ne le perçoit qu'à travers la paroi thoracique. Le *déplacement*, le *recul*, et même la *torsion* du cœur n'entrent donc que pour peu de chose dans la production du choc : celui-ci est dû essentiellement au changement d'état du ventricule, qui, de flasque et mou, se roidit dans sa totalité pour expulser son contenu.

En auscultant le cœur on entend pendant une de ses contractions deux bruits qui se succèdent à de courts intervalles : il est démontré par toute une série de vivisections que le *premier bruit* se produit pendant la systole du ventricule, et le *second* immédiatement après cette systole, quand le cœur entre dans son repos complet. — On est d'accord sur l'explication du *second bruit* : comme il se produit pendant le repos du cœur, il est évident qu'il ne tient pas aux mouvements de cet organe. Aussi l'attribue-t-on généralement et avec raison, aux mouvements des valvules sigmoïdes aortiques et pulmonaires, qui se redressent brusquement sous l'influence de l'ondée de reflux qu'elles arrêtent. Aussi ce bruit est-il court et sec. (Théorie de Rouanet.)

Quant au *premier bruit*, on est plus embarrassé pour l'expliquer. On admet généralement qu'il est dû au jeu des valvules auriculo-ventriculaires ; mais si ces replis membraneux fonctionnent en vraies valvules, ils doivent se redresser brusquement, et comme, d'autre part, le premier bruit présente une certaine durée, à peu près égale à celle de la contraction du ventricule, on ne peut expliquer son intensité et sa durée qu'en invoquant encore comme source de ce bruit un bruit de contraction musculaire produit par les parois du ventricule. — Si au contraire nous nous rappelons la manière dont nous avons conçu le fonctionnement des appareils auriculo-ventriculaires, l'explication de ce bruit devient toute simple. Il est une manifestation sonore du fonc-

tionnement des voiles membraneuses auriculo-ventriculaires, tendues et tirillées par les muscles papillaires et leurs tendons aussi longtemps que dure la systole ventriculaire : en effet nous trouvons là toutes les conditions de tensions saccadées, longues et énergiques, capables de faire naître ce bruit.

Pour résumer en un tableau la durée relative des systoles et diastoles auriculaires et ventriculaires, nous pouvons, étant donnée une ligne divisée en 6 parties égales, qui représentera la durée d'une révolution cardiaque, inscrire ainsi qu'il suit le temps de chacun de ces mouvements et des bruits correspondants :

	1	2	3	4	5	6
— OREILLETTE.	Systole.		Diastole ou repos.			
— VENTRICULE.	Repos.		Systole.			Repos.
— BRUIT.	Silence.		1 <sup>er</sup> Bruit.		2 <sup>e</sup> Bruit.	
— CHOC.			Choc.			

## II. — DES ORGANES PÉRIPHÉRIQUES DE LA CIRCULATION.

### A. Dispositions mécaniques de ces organes.

Nous avons vu que du ventricule partait une artère qui allait se ramifiant de plus en plus (A). Au point de vue mécanique ou hydrostatique on peut faire abstraction de la forme ramifiée de l'arbre artériel (fig. 42), c'est-à-dire que juxtaposant tous les troncs artériels (B), on peut faire abstraction de toutes les cloisons résultant de l'accroissement des vaisseaux (C). Or, comme il est prouvé que quand un tronc vasculaire se divise, la somme des lumières des deux branches est toujours plus forte que la lumière du tronc primitif, en sorte que la capacité du système augmente à mesure qu'on s'éloigne du tronc aortique, en faisant l'opération schématique précédente, on obtiendra en somme une *figure conique pour le système artériel* (fig. 43, C). Ce cône sera évasé en pavillon, et cet évasement sera assez considérable vers les extrémités artérielles (base du cône), car