

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.

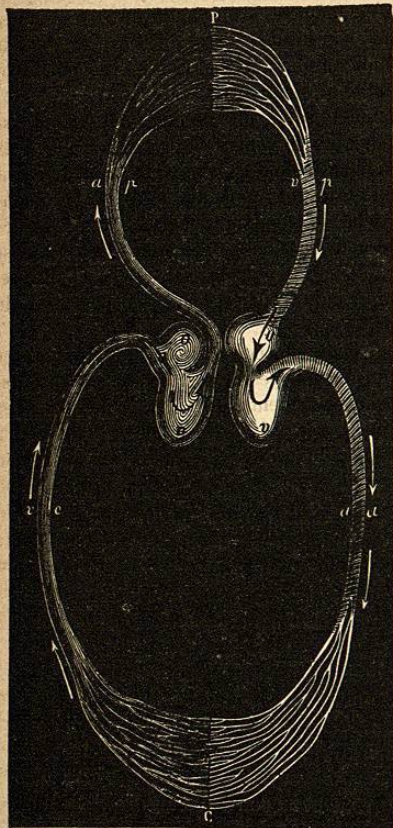


FIG. 61 — Appareil de la grande (générale) et de la petite (pulmonaire) circulation *.

* o, o, Oreillettes; — v, v, ventricules; — a, a, système aortique; — C, capillaires généraux; — ve, veines à sang noir (de la grande circulation); ap, artère pulmonaire; — vp, veines à sang rouge (pulmonaires).

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 (V. p. 129).

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 près des 8/10 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 (V. *Respiration*). Elle est, pour ainsi dire, 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 1/5 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 de seconde (0,857) qui se partage de la manière suivante : 2/10 pour la systole des oreillettes, 5/10 pour la systole des ventricules et 3/10 pour le repos total du cœur. (V. le tableau, p. 216).

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 (V. *Physiologie du muscle*, p. 131) 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 (les 5/10

de la durée totale de la révolution cardiaque. V. p. 216), parce que ce réservoir est obligé de lancer son contenu dans une cavité déjà pleine de sang, et 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 des *valvules auriculo-ventriculaires*. Mais ici nous nous trouvons en présence de deux théories :

Première théorie. — Tous les auteurs classiques admettent que les orifices auriculo-ventriculaires sont fermés par un jeu de soupape. Sous l'influence de l'augmentation de pression produite par la contraction du ventricule, les bords flottants des valvules auriculo-ventriculaires sont projetés les uns contre les autres et ces valvules sont soulevées de manière à oblitérer l'orifice sur les bords duquel elles s'insèrent par leurs bases. La traction exercée par les cordes tendineuses et la contraction des muscles papillaires maintiennent en place les bords de ces valvules, c'est-à-dire les empêchent d'être renversées du côté de l'oreillette. Cette théorie peut être nommée théorie de Chauveau et Faivre, car ces auteurs se sont attachés à la démontrer par les expériences qu'ils ont faites, notamment chez des chevaux auxquels ils avaient pratiqué la section du bulbe, et chez lesquels ils entretenaient la respiration artificielle. Si dans ces circonstances, disent-ils, on introduit le doigt dans l'oreillette et explore l'orifice auriculo-ventriculaire, on sentira, au moment où les ventricules entrent en contraction, les valvules auriculo-ventriculaires se redresser, s'affronter par leurs bords et se tendre de manière à devenir convexes par en haut et à former un *dôme multi-concave* au-dessus de la cavité ventriculaire.

Seconde théorie. — Malgré l'élément de démonstration que l'expérience directe semble fournir à la théorie précédente, nous ne saurions passer sous silence une théorie qui se recommande par la manière dont elle interprète les dispositions anatomiques si particulières des valvules auriculo-ventriculaires. A l'état de repos, c'est-à-dire pendant la diastole ventriculaire, l'ensemble des valves de chaque valvule forme comme une sorte de manchon, de boyau qui pend des bords de l'orifice dans le ventricule, et représente un *ajutage mobile* continuant l'oreillette (fig. 62). Or, sur les bords et la face externe de cet appareil si particulier viennent s'insérer un grand nombre de *muscles papillaires* (colonnes charnues du cœur), et, quand le ventricule se contracte, les muscles papillaires entrent aussi en contraction. Ne font-ils qu'empêcher les valvules de se retourner vers l'oreillette? Leur fonctionnement pourrait être tout autre, car d'après quelques expérimentateurs, en

introduisant le doigt dans l'oreillette au moment de la systole ventriculaire, on sentirait que l'espèce d'entonnoir qui pend, à l'état de repos, de l'oreillette dans le ventricule, continue à exister pendant la systole, ou au moins au début de la systole ventriculaire. C'est qu'en effet, la contraction des muscles papillaires maintiendrait en place le cône infundibuliforme formé par des valvules et même l'attirerait vers le ventricule. En même temps que ce cône creux descend dans le ventricule, les parois de celui-ci se contractent, se rapprochent de lui, de sorte que l'appareil auriculo-ventriculaire agit comme une sorte 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. 63) arrive à se vider complètement, le contact devenant parfait entre ses parois et le prolongement auriculaire.

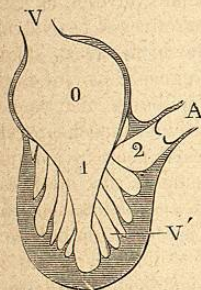


FIG. 62. — Schéma de l'appareil auriculo-ventriculaire pendant le repos du ventricule *.

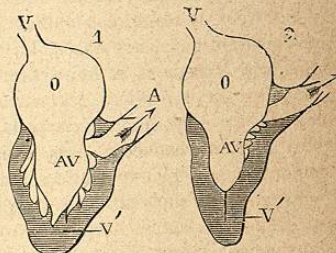


FIG. 63. — Schéma de l'appareil auriculo-ventriculaire pendant la contraction du ventricule **.

Il résulterait de ce mécanisme 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 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'oreille, 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.

* 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.

Indiquée d'abord par Parchappe (1848) cette théorie a été surtout développée par Burdach, puis par Purkinje et Nega (1852), et plus récemment par Malherbe (de Nantes) et Fossion; elle a été admise par J. Béclard (*Physiologie*, 7^e édition, 1880, page 230)¹. Aujourd'hui il nous paraît 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 1/4 d'atmosphère (V. 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 appréciable*; 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. C'est à ce moment que le cœur se repose.

¹ Telle est aussi la théorie à laquelle est arrivé, en en précisant mieux le mécanisme, Marc Sée, dans sa monographie sur les valvules 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 contre 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.)

D'une manière générale le cœur présente donc trois temps dans sa révolution: 1^o systole auriculaire; 2^o systole ventriculaire; 3^o repos général. La durée typique que nous avons assignée à ces trois temps (V. le tableau p. 216) peut beaucoup varier selon les circonstances, selon les individus et encore selon les animaux examinés: ainsi le troisième 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.

L'ordre de succession et la valeur relative (durée) de chacune des phases de la révolution cardiaque, ont été établis par Marey d'une manière irréfutable au moyen de la *méthode graphique*. Cette méthode, dont nous avons déjà indiqué le principe à propos de l'analyse de la contraction musculaire (*myographie*), a été appliquée de la manière suivante (*cardiographie*) à l'étude des mouvements du cœur¹. Des ampoules élastiques, pleines d'air, étaient introduites, pas les vaisseaux du cou, dans les cavités du cœur (chez le cheval), et se trouvaient par suite comprimées lors de la contraction de la cavité correspondante. Chaque ampoule était conjuguée, par l'intermédiaire d'un long tube en caoutchouc, avec une autre ampoule extérieure sur laquelle reposait un levier ou pointe écrivante; l'ampoule extérieure recevait les impulsions de l'ampoule cardiaque et soulevait le levier à chaque compression de cette dernière, c'est-à-dire à chaque contraction. En employant trois ampoules cardiaques

¹ A. Chauveau et Marey, *Appareils et expériences cardiographiques. Démonstration nouvelle du mécanisme des mouvements du cœur par l'emploi des instruments enregistreurs* (*Mémoires de l'Académie de médecine*, 1863, t. XXVI, p. 210).

introduites l'une dans l'oreillette droite, l'autre dans le ventricule droit et la troisième dans le ventricule gauche, et en conjuguant ces trois ampoules cardiaques avec trois ampoules extérieures et par suite trois leviers, on obtient simultanément sur le cylindre enregistreur trois lignes ondulées, c'est-à-dire trois tracés, comme

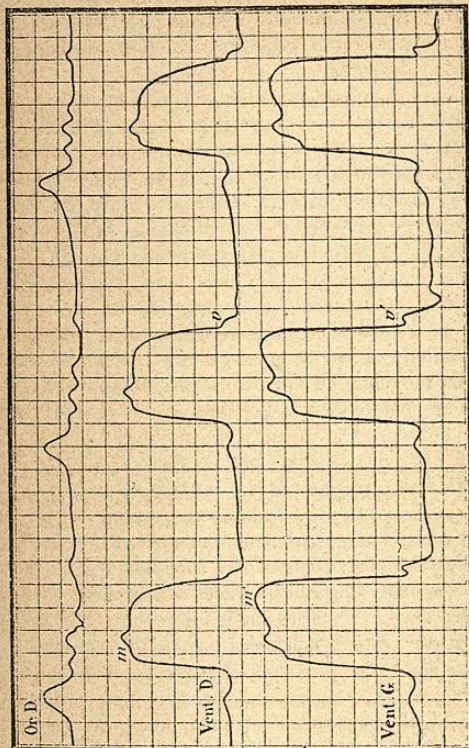


Fig. 64. — Rapports des mouvements intrinsèques du cœur entre eux. — Or. D., tracé de la contraction de l'oreillette droite; — Vent. D., tracé du ventricule droit (soulèvement en *m*); — Vent. G., tracé du ventricule gauche.

le montre la figure 64. Le tracé supérieur (Or. D) est celui des contractions de l'oreillette droite; le tracé moyen représente celles du ventricule droit (V. le soulèvement de la ligne en *m*). Enfin le tracé inférieur donne les contractions du ventricule gauche (soulèvement en *m'*).

On voit, en lisant ces tracés de gauche à droite, que l'ordre de

succession des systoles auriculaire et ventriculaire est bien tel que nous l'avons indiqué, et qu'il en est de même de leur durée relative. Si, en effet, on compte cette durée en ayant égard au nombre de divisions transversales qu'occupe la base de chaque soulèvement, on voit que le soulèvement de la systole auriculaire correspond à 2 divisions, le soulèvement de la systole ventriculaire à 5 divisions, et le repos total à 3 divisions : le tout représente 10 divisions, correspondant à toute la révolution cardiaque (V. le tableau, p. 221).

On aurait pu se demander si ces tracés recueillis sur le cheval étaient applicables à la physiologie du cœur humain. Parmi les nombreuses observations qui légitiment cette application, nous citerons seulement, d'après F. Franck, un cas exceptionnellement favorable pour l'étude de la physiologie du cœur chez l'homme, car la région ventriculaire du cœur faisait tout entière saillie à l'épigastre et permettait, outre les constatations faites par la palpation et l'auscultation, l'application simultanée de plusieurs appareils explorateurs. Nous ne nous arrêtons ici que sur les résultats fournis par ce dernier mode d'investigation.

En explorant les deux pulsations des ventricules à l'aide de deux explorateurs à tambour, placés l'un à droite et en avant, l'autre à gauche et en arrière de la tumeur ventriculaire, on obtient un double tracé qui montre à la fois le synchronisme des deux ventricules et l'impulsion plus énergique du ventricule gauche. La pulsation de l'oreillette précède immédiatement la pulsation ventriculaire. Si l'on compare ces tracés recueillis sur l'homme à celui recueilli par Chauveau et Marey sur le cheval, en explorant les pressions intracardiaques, on constate entre eux une parfaite identité. Au moment de la systole ventriculaire, le tracé de l'oreillette présente des soulèvements secondaires qui ont été attribués par Marey aux vibrations des valvules auriculo-ventriculaires. Dans le nouveau tracé obtenu chez l'homme, ces oscillations paraissent très atténuées, sans doute parce qu'on n'a pu explorer que l'extrémité de l'auricule droite ¹.

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* (V. plus loin).

Bruits et choc du cœur. — Dans l'étude qui précède nous avons

¹ François Frank, *Ectopie congénitale du cœur : comparaison de l'examen graphique des mouvements du cœur et de la cardiographie chez les animaux* (Compt. rend. Acad. des sciences, 15 et 30 juillet 1877).

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 (*premier et deuxième bruit du cœur*) et par le *choc du cœur*; il y a donc un choc et deux bruits pour chaque révolution cardiaque.

Choc du cœur. — Le *choc du cœur* consiste en un ébranlement que l'on sent contre la paroi thoracique : en appliquant la main vers la sixième 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, puisque, en général, il y a quatre 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 raidit dans sa totalité pour expulser son contenu.

Le *cardiographe* de Marey est destiné à transmettre à un levier enregistreur le *choc du cœur*. Cet appareil se compose d'une capsule en bois (fig. 65) dont les bords s'appliquent hermétiquement à la peau

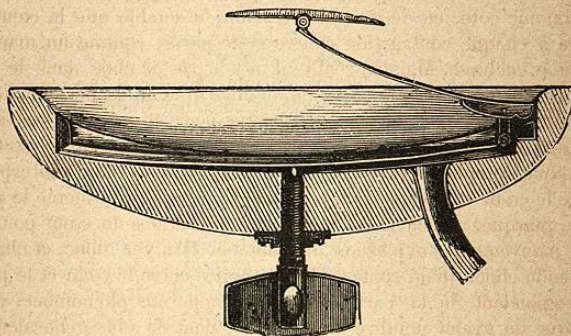


FIG. 65. — Cardiographe de Marey.

de la région précordiale (du fond de la capsule, s'élève un ressort muni à son extrémité libre d'une plaque d'ivoire qui déprime la région où se produit le choc du cœur); les mouvements communiqués à l'air de la



FIG. 66. — Graphique des mouvements du cœur chez l'homme (Marey).

capsule par les pulsations de la région précordiale se transmettent par un tube à un levier inscripteur. On obtient ainsi des tracés analogues à celui de la figure 66 et dont il sera facile de reconnaître les divers éléments en les comparant à ceux de la figure 64.

Les expériences sur les animaux montrent que les variations de pression pendant la systole présentent un type différent dans le ventricule droit qui donne, dès le début de la systole, le maximum de son effort, et dans le ventricule gauche, où la pression continue à s'élever jusqu'à la fin de la phase systolique. Ces mêmes différences se retrouvent chez l'homme quand on explore la pulsation du cœur, car, en appliquant l'appareil explorateur dans le quatrième espace intercostal et au-dessous du mamelon, on a un tracé qui offre les caractères de la pression du cœur droit, tandis qu'en plaçant l'explorateur plus en dehors et en faisant coucher le sujet sur le côté gauche, on a le tracé du ventricule gauche. On constate alors, ce qui devient un précieux moyen de contrôle pour bien distinguer la place où bat l'un ou l'autre ventricule, on constate que le cœur droit et le cœur gauche ne se comportent pas de la même manière pendant un arrêt de la respiration. Pendant cet arrêt, une stase se produisant dans le poumon et le cœur droit se vidant moins facilement, on voit sa pulsation diminuer d'amplitude, et présenter de moins en moins ces chutes de pression qui traduisent sa vacuité. Au contraire, le cœur gauche, pendant l'arrêt respiratoire, donne des pulsations dont l'amplitude présente un léger accroissement ¹.

Bruits du cœur. — 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 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 muscu-

¹ Caractères distinctifs de la pulsation du cœur, suivant qu'on explore le ventricule droit ou le ventricule gauche. Note de M. Marey (Compt. rend. Acad. des sciences, 23 août 1880).

laire 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 fonctionnement des voiles membraneuses auriculo-ventriculaires, tendues et tiraillées 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 donné une ligne divisée en dix 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	7	8	9	10
— OREILLETTE.	Systole			Diastole ou repos						
— VENTRICULE.	Repos			Systole			Repos			
— BRUITS.	Silence			1 ^{er} Bruit			2 ^e Bruit			
— CHOC.				Choc						

On voit que ce tableau, pour ce qui est de la succession et de la durée relative de chaque période de la révolution cardiaque, exprime les mêmes résultats que les tracés de la figure 64 (p. 216); par une comparaison attentive, ce tableau et cette figure se servent naturellement d'explication.

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. Au point de vue mécanique ou hydrostatique, on peut faire abstraction de la forme ramifiée de l'arbre artériel (fig. 67, A), c'est-à-dire que, juxtaposant tous les troncs artériels (B), on peut faire abstraction de toutes les cloisons résultant de l'accolement des vaisseaux (C). Or, comme il est prouvé, tout au moins pour les branches périphériques, terminales, des artères, 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. 67. C). Ce cône sera évasé en pavillon, et cet évasement sera assez considérable vers les extrémités artérielles (base du cône), car l'élargissement du lit dans lequel circule le sang est très rapide à mesure

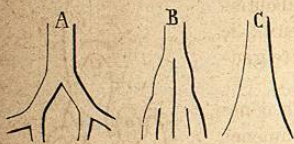


Fig. 67. — Schéma d'un cône vasculaire *.

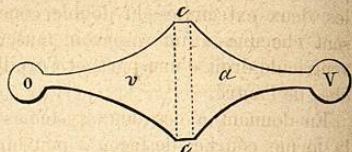


Fig. 68. — Schéma de l'évasement du cône artériel et du cône veineux, avec interposition des capillaires **.

qu'on approche des capillaires (fig. 68). Les mêmes principes étant appliqués au système veineux, *celui-ci pourra être figuré théoriquement par un cône opposé par sa base au cône aortique*; la base commune représentera le système capillaire : ce sera un très court cylindre compris entre deux cônes (fig. 68)¹.

¹ Berryer-Fontaine (thèse de Paris, 1835) a fait observer que dans la comparaison du calibre d'une artère et du calibre total de ses branches de division, les physiologistes, comparant entre eux les diamètres et non les carrés des diamètres, avaient été induits en erreur et avaient à tort posé comme règle générale que la somme des lumières des deux branches est supérieure à la lumière du tronc primitif. Aussi pour Berryer-Fontaine, le système artériel resterait sensiblement cylindrique dans toute son étendue. Cette remarque est juste pour l'aorte et les grosses artères des membres; mais vers leurs divisions terminales les artères et artérioles représentent, selon le schéma classique, un cône dont le sommet est vers le cœur et la base vers les capillaires : les cônes schématiques que nous figurons ici sont sans doute trop courts; leur sommet devrait se prolonger en cylindre comme le représenteraient plus exactement les figures 60 et 61 (p. 203 et 210).

* Construction d'un cône vasculaire, d'un cône artériel, par exemple: A, artère se bifurquant successivement; — en B on suppose les branches de bifurcation rapprochées et juxtaposées; il en résulte une seule cavité cloisonnée; — en C, par la suppression de ces cloisons, on voit que l'ensemble du tronc primitif et de ses branches de division constitue un cône.

** V, Ventricule; — O, oreillette; — a, cône artériel; — v, cône veineux; — c, capillaires.

Pour ce qui est de leurs rapports avec le cœur, nous savons déjà qu'au sommet du cône artériel se trouve un réservoir musculueux, le ventricule gauche, au sommet du cône veineux un réservoir analogue, l'oreillette droite. Cet ensemble constitue le système de la circulation générale, la *grande circulation*. A côté de ce double cône représentant la circulation générale, s'en place un autre représentant la circulation pulmonaire; comme pour le premier système, les deux extrémités du double cône aboutissent chacune à un réservoir musculueux : le ventricule droit d'une part, et l'oreillette gauche, de l'autre.

En donnant à ces deux systèmes de cônes la forme courbe, de façon à pouvoir ramener leurs différents sommets au même point central, au cœur, tel qu'il est en réalité disposé, on pourra représenter graphiquement l'ensemble du système circulatoire sous la figure de deux cercles incomplets, se touchant par les deux extrémités où chacun d'eux est ouvert, de façon à former par leur opposition une sorte de 8 de chiffre (fig. 69).

La figure 69 montre nettement que les quatre réservoirs musculueux, dont l'ensemble constitue le cœur, sont disposés de manière que le double cône pulmonaire soit en communication avec le double cône de la circulation générale. A cet effet, dans le ventricule gauche, commencement du système de la circulation générale, s'ouvre l'oreillette gauche, aboutissant du système veineux pulmonaire : tel est le cœur gauche. D'autre part, dans le ventricule droit, point de départ du cône artériel pulmonaire, s'ouvre l'oreillette droite, aboutissant du système veineux général : tel est le cœur droit.

Connaissant le mécanisme du cœur, nous pouvons, avec ce simple schéma des organes périphériques, nous rendre un compte exact de la *circulation* et apprécier les deux conditions essentielles du sang



Fig. 69. — Schéma de la grande et de la petite circulation *.

* A, GRANDE CIRCULATION. — V', Ventricule gauche; — a, aorte et son cône artériel; — cc, capillaires généraux du corps; — v, veines allant former les veines caves cône veineux; — O, oreillette droite.

B, PETITE CIRCULATION. — V, Ventricule droit; — v', artère pulmonaire et ses divisions (cône artériel de la petite circulation); — c', c', capillaires pulmonaires; — a', veines pulmonaires (cône veineux de la petite circulation); — O', oreillette gauche; — toute la partie ombrée de la figure représente la partie du système vasculaire remplie par du sang veineux, du sang noir.

en mouvement, c'est-à-dire sa *pression* et sa *vitesse* dans les divers points de l'appareil circulatoire.

Pressions. — Le ventricule lance à chaque contraction 175 à 180 grammes de sang dans le système du cône artériel, ce qui a pour effet d'y maintenir une pression qui s'élève à $1/4$ ou $1/5$ d'atmosphère (environ 180 millimètres de mercure). Au contraire, l'oreillette, placée au sommet du cône veineux, a pour effet, par son relâchement, de diminuer la pression, de la rendre nulle à l'extrémité de ce cône, puisque nous avons déjà comparé son action à celle d'une saignée. Il en résulte donc une diminution graduelle de pression dans l'intérieur de l'appareil hydrostatique formé par les deux cônes, diminution de pression qui fait circuler le sang depuis le ventricule gauche jusque dans l'oreillette droite; en d'autres termes, le défaut d'équilibre fait naître un courant du côté de la pression la plus faible.

La *pression* du sang dans un point quelconque de l'appareil circulatoire est donc en raison de la distance (mesurée sur le trajet vasculaire) à laquelle ce point est placé du sommet ventriculaire et du sommet auriculaire du double cône circulatoire. Au niveau du sommet ventriculaire, c'est-à-dire dans l'aorte, la pression est à son maximum ($1/4$ ou $25/100$ d'atmosphère; soit 180 millimètres de mercure); au sommet auriculaire, c'est-à-dire dans les veines caves, elle peut être regardée comme à peu près égale à 0 (ou $1/100$ d'atmosphère). Dans les capillaires placés à une distance moyenne de ces deux extrémités, elle sera donc de $12/100$ (soit 60 millimètres de mercure). Dans un point quelconque des artères elle sera représentée par un nombre intermédiaire entre $25/100$ et $12/100$, selon la position du point considéré; de même dans un point du cône veineux, par un nombre semblablement intermédiaire entre $12/100$ et $1/100$. Aussi quand on ouvre un point quelconque du système artériel, et surtout près de son origine, on a un jet de sang qui s'élève très haut (jusqu'à 2 mètres), tandis que d'une ouverture faite sur les veines, le sang sort en avant, à moins qu'on ne change artificiellement les conditions de pression, comme, par exemple, en plaçant une ligature sur les veines (comme lorsqu'on comprime les veines pour pratiquer la saignée du bras).

Ces différences dans la pression latérale qu'exerce le sang contre les parois le long desquelles il passe peuvent encore mieux s'apprécier en faisant communiquer différents points du système circulatoire avec des appareils manométriques, qui pour ce cas spécial prennent le nom d'*hémodynamomètres*. Le premier hémodynamo-

mètre, employé par Hales, consistait en un long tube, que ce physiologiste introduisait dans un vaisseau et où le sang s'élevait à une hauteur proportionnelle à sa pression (en général $2^m,50$). Aujourd'hui cet appareil a été perfectionné et on se sert d'un manomètre à mercure dans lequel, pour éviter la coagulation du sang, on sépare ce liquide du mercure par une couche d'eau alcaline (solution de carbonate de soude) capable de retarder la solidification de la fibrine (fig. 70).

C'est ainsi qu'on a trouvé pour les grosses artères une pression de $1/4$ d'atmosphère (180 millimètres de mercure dans la carotide du chien); pour les artères plus éloignées du cœur, comme l'humérale, $1/6$ (110 à 120 millimètres de mercure dans la brachiale de l'homme), et ainsi de suite. Dans les veines, on trouve, au contraire, des pressions très faibles, comme le font prévoir nos considérations schématiques. Ces vaisseaux, artères et veines, ont des parois assez résistantes pour supporter des pressions bien supérieures à celles qu'elles supportent normalement. Ainsi, d'après les expériences de Gréhan et Quinquaud¹, il faut, pour rompre la carotide du chien, des pressions de 35 à

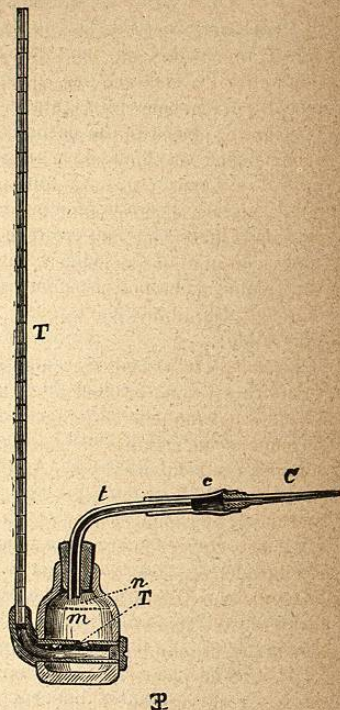


Fig. 70. — Hémodynamomètre (ou cardiomètre)*.

¹ Gréhan et Quinquaud, *Mesure de la pression nécessaire pour déterminer la rupture des vaisseaux sanguins*; Acad. des sc., 2 mars 1885.

* Cet instrument se compose d'un flacon en verre épais et solide. En T, se trouve un tube avec une ouverture; l'autre extrémité du tube sort du flacon et se courbe en haut de manière à recevoir en n un tube en verre (T) gradué; le fond du flacon et le commencement du tube gradué sont remplis de mercure.

Par sa partie supérieure le flacon est fermé par un bouchon contenant un tube t, qui