

tion, de la respiration et de l'urination. Ainsi, si l'on coupe le pneumogastrique au-dessous du point où il se distribue au poumon, l'irritation du bout supérieur amènera un surcroît d'activité dans le foie; si l'on excite le bout supérieur du filet hépatique du pneumogastrique, l'excitation transmise à l'encéphale sera reportée par le grand sympathique sur le rein, ainsi de suite: de sorte que le poumon, le foie et le rein sont dans un rapport d'action tel que si l'un vient à modifier son action, l'autre le suit dans ses modifications. Si le poumon est plus actif, le pneumogastrique viendra par action réflexe, en agissant sur la protubérance, exciter le foie et ensuite le rein par l'intermédiaire du grand sympathique.

Quant à l'influence du système nerveux sur la respiration, nous en avons déjà traité (voyez t. I, p. 451, 463 et suiv.).

CHAPITRE IV.

DE LA CIRCULATION.

Définition. — On donne le nom de circulation à une fonction caractérisée par le transport dans l'appareil vasculaire, du sang et de la lymphe, quelle qu'en soit la direction, distribuant dans tous les organes les principes absorbés durant la digestion et l'inspiration, et se chargeant en même temps de ceux qui, devenus impropres à la nutrition, sont rejetés pendant l'expiration et dans l'urination.

La circulation, ainsi qu'on le voit, sert particulièrement d'intermédiaire entre les diverses fonctions de la vie organique, au nombre desquelles elle compte, les liant à leur tour à celles de la vie animale. C'est là un résultat fondamental de l'accomplissement de cette fonction, et, qu'il y ait ou non un ou plusieurs centres de circulation venant compliquer l'acte général, le résultat reste au fond le même. Il importe de signaler qu'on a généralement mal envisagé ce résultat, entraîné et trompé qu'on a été par la considération trop exclusive du jeu du cœur par rapport au poumon, ou du jeu des autres centres quand ils existent, sans prendre suffisamment en considération les relations de cette fonction avec les autres. En effet, l'appareil, et par suite la fonction, manquent où manquent les appareils de la vie animale, et l'animalité, comme chez les plantes, manque même où ces appareils et l'animalité sont peu prononcés, comme on le voit chez les embryons ou les larves de divers invertébrés, et aussi chez quelques rayonnés et infusoires.

La circulation a pour condition fondamentale d'existence, ainsi que le montrent la production et l'introduction des gaz dans les vaisseaux, la propriété physique d'incompressibilité des liquides, et elle satisfait à la condition de renouvellement des matériaux qui ont servi ou doivent servir indispensablement pour que la nutrition ait lieu. C'est la plus élevée en complication de toutes les fonctions de la vie organique chez les êtres qui la possèdent, et ceux-là seuls qui la possèdent ont une organisation complexe. Avec l'urination elle est la première qui disparaît, lorsqu'en partant de l'homme on descend aux êtres plus simples.

La circulation est un mouvement successif et pour ainsi dire circulaire du sang, qui est poussé par le cœur dans les artères et rapporté dans cet organe par les veines pour en repartir de nouveau. Projeté dans l'aorte par la contraction du ventricule gauche, le sang, d'un rouge éclatant et chargé de principes nutritifs, parcourt rapidement toutes les divisions et subdivisions du système artériel, et arrive ainsi dans le système capillaire général, où il fournit les matériaux de l'assimilation, et reçoit ceux de la désassimilation. Les vaisseaux capillaires, intermédiaires entre les dernières ramifications des artères et les radicules les plus ténues des veines, le transmettent, le sang rouge ainsi dépouillé de sa qualité vivifiante et converti en sang noir, au système veineux, dont les divisions diminuant successivement de nombre viennent toutes aboutir aux veines caves, et porter dans l'oreillette droite du cœur non-seulement le sang, mais encore la lymphe et le chyle réparateur versé par le canal thoracique dans la veine sous-clavière gauche, et dans la droite par la grande veine lymphatique. De l'oreillette droite, le sang passe dans le ventricule correspondant, dont la contraction le projette par l'artère pulmonaire dans le système capillaire du poumon, où il est revivifié par la fonction de respiration qui lui rend la couleur rouge caractéristique du sang artériel. Dans cet état, il est rapporté au cœur par les veines pulmonaires, l'oreillette gauche, qui le reçoit, le transmet à son ventricule, qui se contracte pour le chasser de nouveau par l'aorte, et lui fait ainsi recommencer sans cesse le trajet qu'il a déjà parcouru.

Si l'on jette un coup d'œil d'ensemble sur tout l'appareil qui sert à cette fonction, on ne tarde pas à voir qu'il représente une série de canaux alternativement larges et rétrécis qui forment un véritable cercle. En effet, séparons pour un moment le cœur droit du cœur gauche, ce que l'anatomie d'ailleurs peut réaliser assez facilement. Quand ces deux portions du cœur seront séparées, vous aurez un véritable circuit non interrompu; si l'on envisage ces conduits au point de vue de la couleur du sang, on aura deux arbres

dont les racines et les branches, c'est-à-dire les capillaires, établiront la communication. Aussi la dénomination d'arbre vasculaire à sang noir et d'arbre vasculaire à sang rouge est parfaitement exacte. D'après ces considérations, il faudrait bannir de la science, comme inutiles et même nuisibles, les expressions de *grande* et de *petite circulation*, dont la première comprendrait le cours du sang depuis le ventricule droit, par l'artère pulmonaire, les capillaires du poumon et les veines pulmonaires, jusqu'au ventricule gauche, et la seconde le cours du sang depuis le ventricule gauche jusqu'au ventricule droit, en passant par l'aorte et ses branches, les capillaires généraux, puis les veines générales et veines caves. (Hiffelsheim.)

Historique de la découverte de la circulation. — Comme le fait observer Gerdy, la découverte de la circulation du sang n'appartient pas et ne pouvait guère appartenir en effet, à un seul homme, ni même à une seule époque. Il a fallu détruire d'abord plusieurs erreurs, à chacune de ces erreurs il a fallu substituer une vérité. Or, tout cela s'est fait successivement, lentement, peu à peu. Galien a ouvert la route vers la vérité et il a été suivi par Vésale, par Servet, par Colombo, par Ruini, par Césalpin, par Fabrice d'Aquapendente.

Érasistrate pensait que les artères étaient les canaux de l'air; Galien combattait cette erreur par de nombreuses expériences, mais il crut que la cloison inter-ventriculaire était percée, et c'est là une des causes qui ont peut-être le plus retardé la découverte de la circulation. Il faut arriver jusqu'à Bérenger de Carpi et jusqu'à Vésale surtout, le père de l'anatomie moderne, pour trouver la démonstration de la non-existence d'orifices sur la cloison qui sépare les ventricules.

Galien avait trouvé que les artères contiennent du sang comme les veines, et c'était un premier pas; il avait indiqué la distinction de deux sangs, l'*artériel* et le *veineux*, et c'était un second pas; Vésale venait de montrer que la cloison des deux ventricules n'était pas percée, c'était le troisième pas; un pas de plus et la circulation pulmonaire était trouvée. Ce nouveau pas fut dû à Servet (1553).

La communication, dit Servet (c'est-à-dire le passage du sang du ventricule droit dans le ventricule gauche), ne se fait pas à travers la cloison mitoyenne des ventricules, comme on se l'imagine communément, mais, par un long et merveilleux détour, le sang est conduit à travers le poumon, où il est agité, préparé, où il devient rouge et passe de la veine artérielle dans l'artère veineuse.

Realdo Colombo (1562) et Césalpin découvrirent aussi de leur

côté la circulation pulmonaire. Césalpin eut le mérite d'entrevoir (1593) la circulation de tout le corps, celle que l'on désigne quelquefois sous le nom de grande circulation. Il a été le premier qui ait fait attention au gonflement des veines au-dessous de la ligature et jamais au-dessus. Fabrice d'Aquapendente a eu deux gloires: il a découvert les valvules des veines en 1574, et il a été le maître d'Harvey.

C'est en réalité Ruini, anatomiste de Bologne (Carolus Ruinus, *Anatomia del cavallo, infermità e suoi rimedii, opera nuova degna di qual si voglia principe e cavaliere e molto necessaria a' filosofi, medici, etc.* Bologna, 1590, in-4°, livre II, chap. XIV), qui décrit le premier le cours du sang dans le cœur, le poumon et les vaisseaux généraux, c'est-à-dire l'ensemble de la circulation, la grande et la petite circulation. Il dit, en effet (voyez aussi *Document pour servir à l'histoire de la découverte de la circulation du sang*, par L. Prangé, *Moniteur des hôpitaux*, 1855, p. 1117-1118): De la veine cave par laquelle le sang revient du corps, ce liquide entre dans l'oreillette et dans le ventricule droit; trois membranes (valvules) leissent passer de ce ventricule dans la veine artérielle (artère pulmonaire) qui le conduit aux poumons, et elles empêchent que de cette veine artérielle le sang ne retourne dans le ventricule droit; de l'*artère veinale* (veine pulmonaire) le sang et les esprits arrivent dans le ventricule gauche. Lorsque le cœur se contracte, trois membranes s'ouvrent et laissent sortir le sang qui passe avec impétuosité dans la grande artère, et elles se ferment ensuite pour empêcher qu'il ne revienne dans ce ventricule, etc.

Mais la circulation ne fut véritablement mise en évidence que vers 1630, par l'immortel Harvey, qui fit des expériences très nettes, très convaincantes, et qui néanmoins eut à lutter contre la jalousie de ses contemporains.

Mais il était réservé à Malpighi de voir le premier au microscope le mouvement du sang dans les capillaires. Combien Harvey n'aurait-il pas donné pour avoir vu ce phénomène qui aurait suffi pour calmer toutes les haines que sa découverte lui avait fait subir! Il serait aujourd'hui inutile et presque ridicule de vouloir s'attacher à démontrer la réalité de cette circulation. Tout le monde est d'accord là-dessus, et l'exposé que nous allons faire de cette fonction en sera une preuve continuelle.

La découverte de la circulation eut des résultats immenses dans la pratique médicale. C'est à dater de cette époque que l'on appliqua la saignée avec plus de méthode, que l'on parla de la transfusion du sang, de l'infusion des venins, etc.

Division de la circulation. — Dans le cercle où il est contenu, le

sang ne coule point d'un mouvement uniforme et continu comme le cours régulier d'un fleuve; au contraire, sa marche est entrecoupée, interrompue dans plusieurs points par des repos et par des reflux; les uns et les autres partagent la circulation, pour ainsi dire, en plusieurs pas qu'il fait successivement, pour parcourir tout l'appareil circulatoire. (Gerdy.)

Ainsi, par un premier mouvement, le sang passe en masse des vaisseaux capillaires de tous les organes dans les veines générales, et s'approche de plus en plus de l'oreillette droite du cœur; par un deuxième mouvement de masse semblable au premier, il parcourt les veines comme il a déjà parcouru les capillaires, et il passe des veines voisines du cœur dans l'oreillette droite; par un troisième, de cette oreillette dans le ventricule correspondant; par un quatrième, du ventricule droit dans l'artère pulmonaire; par un cinquième, de l'artère pulmonaire dans les capillaires du poumon; par un sixième, de ceux-ci dans les veines pulmonaires; par un septième, de celles-ci dans l'oreillette gauche; par un huitième, de l'oreillette gauche dans le ventricule du même côté; par un neuvième, du ventricule gauche dans l'artère aorte; et enfin, par un dixième pas, il parcourt l'aorte et ses ramifications pour arriver aux capillaires généraux, d'où nous l'avons fait partir.

Nous ne suivrons pas cette marche qui paraît si naturelle, parce qu'elle nous exposerait à des répétitions fréquentes. Aussi nous divisons l'étude de la circulation en six parties :

- 1° De la circulation dans le cœur.
- 2° De la circulation dans les artères.
- 3° De la circulation dans les capillaires.
- 4° De la circulation dans les veines générales.

5° De la circulation dans les veines *portées* ou *appareils portés*, ou du cours du sang des capillaires vers d'autres capillaires, et non vers un centre circulatoire. Limité au foie chez l'homme, ce mode de circulation s'observe en même temps dans le rein chez beaucoup de vertébrés, et dans les branchies chez les crustacés, beaucoup de mollusques, etc. La circulation artérielle, chez les poissons, appartient même à cet ordre de cours du sang. Ce qui nécessite encore l'étude de ce phénomène circulatoire d'une manière distincte du cours sanguin veineux ordinaire, c'est que le foie, par exemple, indépendamment de cette circulation, possède, en outre, la circulation artérielle et les veines générales (sus-hépatiques). Chez les poissons, les branchies et les reins sont aussi dans ce dernier cas.

6° De la circulation dans les vaisseaux lymphatiques ou de la lymphe et du chyle.

Mais avant d'aborder les détails de ces différents sujets, une première section doit être consacrée à l'examen de l'ensemble des conditions de ces phénomènes, en ce qui concerne le sang lui-même envisagé par rapport aux organes qui le renferment.

SECTION I.

Des relations du cours du sang avec sa composition intime.

Nous avons examiné le jeu ou les usages des organes vasculaires (t. I, p. 364); il nous reste à étudier le résultat de ce jeu, qui est le cours du sang et de la lymphe ou circulation.

Il faut, dans le cours du sang, examiner deux ordres de phénomènes qui se rapportent à ce liquide : 1° les uns sont des phénomènes de translation du liquide, d'une portion dans l'autre, de l'appareil circulatoire, ou phénomènes mécaniques ; 2° les autres sont des modifications de composition intime, de couleur, de température, etc., ou phénomènes moléculaires qui reconnaissent pour condition première d'accomplissement le transport du sang des artères dans les capillaires, puis dans les veines de tel ou tel organe. Ces changements intimes et extérieurs d'un liquide pendant son parcours, et dus à une influence de leurs parois, parce que les tissus qui les entourent leur cèdent ou leur empruntent incessamment, sont des phénomènes qui ne s'observent que chez les êtres organisés. Mais, indépendamment de ces phénomènes de nutrition, par ce fait même que les parois vasculaires agissent sur un liquide incompressible et le meuvent, celui-ci réagit sur elles et les meut également, réaction qui se manifeste par le recul du cœur et le pouls des artères et quelquefois des veines. C'est là un troisième ordre de phénomènes qui est d'ordre mécanique comme le premier dont il est une résultante nécessaire; car le sang étant pesant et incompressible, son mouvement dans des parois mobiles et extensibles ne peut se faire sans mouvoir celles-ci. L'étude de la circulation suppose connues, comme on le voit, aussi bien les propriétés physiques des liquides et les lois mécaniques de leur cours dans des conduits que les qualités de ceux-ci. Ces données méthodiques sont importantes, parce que leur oubli habituel nous rend compte de la multiplicité des interprétations émises sur les mêmes faits, car la plupart l'ont été à peu près au hasard, et même il en fut souvent ainsi de l'exécution des expériences. Aussi ne faut-il pas croire qu'il y ait à se précipiter de toutes celles qui ont été publiées. La plupart appartiennent à l'histoire de la science et non au domaine de la réalité. On

peut arriver à posséder parfaitement celle-ci, sans connaître les hypothèses par lesquelles on cherchait à suppléer aux observations qui manquaient ou à lier des faits incomplètement vus. Il faut surtout bien savoir que connaître la fonction de circulation n'est point posséder le souvenir de cette succession d'hypothèses et d'interprétations. Enfin quiconque connaît suffisamment la constitution anatomique du cœur et des vaisseaux, ainsi que la contractilité et autres propriétés de ceux-ci, reconnaîtra facilement que, dans aucune des solutions de problèmes sur la circulation, qu'on a tenté d'obtenir à l'aide du calcul mathématique, on n'a tenu compte des conditions réelles nécessaires à la solution de la question. Partout l'auteur en réduit le nombre à celles qui rendent le calcul possible, lorsque même elles ne sont pas supposées. Aussi, pour qui a étudié expérimentalement la circulation, ces travaux ne comptent que comme exercices mathématiques de l'esprit, à propos de cette fonction, mais non comme fournissant à la physiologie des données scientifiques, c'est-à-dire réelles.

Il y a, comme nous l'avons dit, une relation entre le cours du sang et sa composition. Il se peut faire que la circulation continue bien que cette composition soit changée, de telle sorte que du sang noir circule dans des vaisseaux qui habituellement portent du sang rouge; mais le phénomène n'est pas normal, ni de longue durée, et le fait est que normalement tel ordre de vaisseaux porte constamment telle sorte de sang. Il y a donc nécessité d'envisager la circulation telle qu'elle est à cet égard, et de le faire avant d'entrer dans les détails des autres sections, afin de savoir, en étudiant la translation, quelle est la nature du liquide qui est transporté.

Chez les mammifères, le sang qui circule des capillaires vers d'autres capillaires est celui de la veine porte. Ce sang est noir; c'est celui qui se charge par absorption, dans l'intestin, des principes généralement assimilables empruntés aux aliments. Ce sont : 1° des principes de la première classe (voyez t. I, p. 8); 2° des gommes et des sucres chez les herbivores et omnivores, des principes azotés coagulables divers chez tous, mais surtout chez les carnivores : c'est la circulation alimentaire; 3° il y a de plus le chyle qui se charge des graisses et aussi de sucre, d'alcool et de principes analogues s'il en entre dans les aliments; il marche aussi des capillaires vers le centre circulatoire, mais sans traverser de nouveau les capillaires. Des fibres élastiques et des fibres musculaires de la vie organique existent en quantité considérable dans ces vaisseaux.

Durant sa circulation dans les capillaires du foie, ce sang aban-

donne certains principes à la bile (t. I, p. 321-323), on ne sait encore exactement lesquels; mais il s'y charge de sucre et de graisse (t. I, p. 330 et 339), et progresse alors dans les veines sus-hépatiques, des capillaires vers la veine cave, où il se mêle au sang veineux général, et il présente là le degré le plus élevé de sa température, qui est aussi le plus élevé de toute l'économie. Là se passent les phénomènes les plus considérables, quant à sa composition intime, qu'il présente dans tout son parcours. Or, arrivé là : 1° ou bien il entre en totalité au ventricule droit; 2° ou bien, selon certaines conditions de quantité et de composition, il reflue vers le rein où il concourt à la sécrétion de l'urine pour arriver au cœur débarrassé de certains principes, qui sont surtout des sels et de l'eau qu'il avait empruntés aux aliments (t. II, p. 151-152).

Ce mélange de sang des veines générales, rénales et sus-hépatiques, est celui qui suit la première moitié du cercle appelé *petite circulation*, c'est-à-dire qui va du cœur droit aux capillaires du poumon, sans manifester d'autres phénomènes que ceux de transport mécanique étudiés plus loin. Durant son cours dans les capillaires du poumon (cours que la disposition de ces capillaires rend certainement différent sous plusieurs rapports de celui de tous les autres capillaires), le sang complète le premier degré d'assimilation des principes dont s'est chargée la veine porte; il le fait en prenant de l'oxygène qui chasse et remplace l'acide carbonique dans les globules (pages 232-247). De rouge foncé, le sang devient rouge vif, de veineux il devient artériel; là se passent ses changements les plus considérables de couleur (qualités physiques), mais non dans sa composition intime; car c'est en traversant le rein et le foie que se passent ces changements-ci les plus notables. Dans le poumon, sa température s'abaisse (page 235).

Des capillaires du poumon au cœur, c'est-à-dire dans les veines pulmonaires, le sang complète le parcours dit *petite circulation*; il n'y présente que des phénomènes mécaniques de transport (voy. pourtant pages 243-244); mais ces phénomènes ne sont certainement pas les mêmes que ceux qui ont lieu dans les veines générales. Le mode d'origine des veines pulmonaires, puis leur structure élastique principalement et musculaire, sont là pour le prouver. Du cœur gauche aux terminaisons des artères (circulation artérielle ou première moitié de la *grande circulation*), le sang rouge n'offre aussi que des phénomènes mécaniques de transport, qui sont simultanés à ceux de la première moitié de la *petite circulation*.

Dans les capillaires généraux le sang circule d'une manière qui est en rapport avec leur disposition spéciale au sein de chaque

tissu musculaire, nerveux, fibreux, glandulaire, rénal, etc. Là il cède des matériaux pour l'assimilation réparatrice des tissus d'une part, pour les sécrétions d'autre part (voyez t. I, p. 53-54). Pour l'assimilation, ces principes appartiennent à la première classe et à la troisième (voy. t. I, p. 51); ce sont aussi des traces de corps gras (2^e classe). Sauf le cas des sels, ces principes sont assimilés par chaque tissu, c'est-à-dire sont changés en des principes identiques avec ceux de la substance de chacun de leurs éléments (assimilation) ou en des principes spéciaux différents qui sont rejetés, ce qui caractérise les sécrétions proprement dites (t. I, p. 401 à 403). Dans le rein le sang ne fait que céder certains principes qui normalement sont de la deuxième classe surtout et aussi de la première, de sorte qu'il n'y a qu'élimination (t. I, p. 357 et t. II, p. 161 et suiv.). Dans les capillaires des tissus non glandulaires et des glandes vasculaires surtout (t. I, p. 351 et suiv.), le sang, en même temps qu'il cède les principes ci-dessus, reçoit par échange endosmotique divers principes. Ils sont peu connus pour le cas des glandes vasculaires, mais pour les autres tissus ce sont les principes de la deuxième classe surtout, rejetés par les urines (t. II, p. 162) ou principes produits par désassimilation. En même temps que le sang se charge de ces principes désassimilés, sa couleur rouge vif repasse au rouge foncé; mais dans le rein, où le sang artériel les abandonne sans en reprendre d'analogues, le sang de la veine rénale devient moins violet que celui des tissus proprement dits. De même qu'en passant des artères dans les capillaires, les phénomènes du cours du sang avaient changé en même temps que survenaient les changements de composition intime que nous venons de signaler, de même en passant des capillaires dans les veines, ces changements moléculaires cessant, d'autres phénomènes de transport du sang se manifestent. Le sang progresse des capillaires vers le cœur par un mode particulier dit cours du sang veineux, différent en plus d'un point de celui de la veine porte. Le cours du sang veineux se modifie graduellement à mesure que les veines deviennent plus larges, leurs parois plus épaissies, etc., et à mesure aussi le sang qui les parcourt devient de plus en plus différent de ce que, pour chaque veine, il était à la sortie de ses capillaires; parce que chemin faisant il se mêle à celui des veines d'autres organes: à celui de la thyroïde pour les jugulaires; à celui du rein, des capsules surrénales, des sus-hépatiques, etc., pour le cas de la veine cave inférieure.

Tel est le cours du sang mis en regard de sa composition qui nous ramène à l'abouchement des veines sus-hépatiques dans la veine cave, en nous montrant partout des différences dans les

phénomènes d'ordre mécanique; différences en rapport avec les changements incessants de constitution qu'il présente.

SECTION II.

Circulation dans le cœur.

Chez l'homme et chez les mammifères à l'état adulte, le cœur représente une poche contractile divisée en quatre compartiments. À la limite des diverses cavités dont se compose le cœur, on trouve les valvules dont la disposition anatomique indique suffisamment quelle doit être la marche du sang. Ce liquide arrive de la périphérie de l'arbre circulatoire, pénètre dans les oreillettes, de là il est lancé dans les ventricules, qui à leur tour le chassent dans les artères.

Nature des phénomènes de la circulation du cœur. — Ouvrez un animal, mettez à nu l'appareil central de la circulation, et ce qui vous frappera dans le jeu de cet appareil ce seront des mouvements alternatifs toujours les mêmes, à savoir: 1^o *contraction auriculaire* qui chasse le sang dans les ventricules; 2^o *contraction ventriculaire* qui pousse le liquide dans les arbres artériels, pendant que les oreillettes se relâchent et reçoivent en même temps d'autre sang; 3^o *relâchement général de l'organe, avec dilatation* de ses cavités par le sang, qui continue d'y affluer. (Chauveau, *Gazette médicale*, juillet 1836.)

a. — Ces phénomènes se voient, frappent l'œil de l'observateur, parce qu'ils se manifestent par des mouvements successifs, résultats d'un phénomène d'ordre vital, la contraction des parois. Ces mouvements s'observent: 1^o sur les oreillettes, qui se resserrent, puis sont dilatées; 2^o sur les ventricules, qui sont distendus, puis se contractent; 3^o dans tout l'organe sur lequel la dilatation des oreillettes et des ventricules coexistent pendant un court instant dit de repos.

Ces mouvements successifs, dont l'ensemble constitue une révolution complète du cœur, sont les phénomènes fondamentaux de l'étude de la circulation du cœur. C'est autour d'eux que nous grouperons les phénomènes concomitants dont ils peuvent être considérés comme la cause déterminante. Ces contractions et dilatation du tissu musculaire du cœur, peuvent être irrégulières ou convulsives, déterminées expérimentalement d'une manière directe à un moment quelconque sous l'influence de quelque agent physique ou chimique, comme on le fait pour les muscles quelconques. Mais dans les conditions naturelles, les mouvements comme le

repos sont sous la dépendance de la *motricité* automatique, phénomène d'innervation ou vital qui détermine la durée de la contraction et du repos, l'ordre de leur retour, de leur succession, c'est-à-dire leur rythme (voyez t. I, p. 162, 163, 165 et 167).

b. — Mais en même temps a lieu un phénomène qui ne se voit pas bien, à cause de l'opacité des parois du cœur, et dont on ne juge que d'après les précédents : c'est le *mouvement du sang* dans les oreillettes et les ventricules. Sauf les causes d'afflux du sang dans les oreillettes, la cause de ce phénomène est la *contraction* des oreillettes et celle des ventricules avec leur relâchement nécessaire ; mais le mouvement est un fait d'ordre mécanique.

c. — La contraction, fait d'ordre vital, se manifeste pour nous par des mouvements qui sont les *mouvements partiels ou relatifs du cœur* ; ils seront étudiés avec cette contraction. Mais toutes les fois qu'un liquide sort par l'orifice d'un vase placé sur un axe mobile, le vase subit un mouvement de recul. Le principe est démontré pour les vases à parois fixes. M. Hiffelsheim a prouvé le fait, pour les vases à parois contractiles et rétractiles, à l'aide d'une poche en caoutchouc disposée physiquement comme le cœur. Or le cœur subit un *recul* suivant la diagonale des deux forces composées qui poussent le liquide hors de l'aorte et de l'artère pulmonaire. La base étant fixe, et supportant les orifices, c'est un peu au-dessus et en avant de la pointe que le mouvement de recul se manifeste. Ce mouvement est le résultat de l'expulsion du liquide, et celui-ci étant chassé par la systole, c'est au début de cette dernière, et après le maximum de diastole, que le phénomène a lieu. Ce *mouvement absolu de projection* est le fait fondamental du phénomène. Les *mouvements relatifs* de changement de volume et de forme, dus à la contraction, sont cependant le fait initial. Les auteurs ont, en général, envisagé le mouvement absolu comme immédiatement engendré par ce mouvement relatif. Le mode de contraction et de dilatation devrait alors expliquer la direction, l'étendue et les limites de la projection. De là une doctrine qui fait coïncider le mouvement absolu avec la systole, une autre qui le fait coïncider avec la diastole. M. Beau, qui est le fauteur de cette opinion, attribue la locomotion à la distension du ventricule par le sang qu'y projettent les oreillettes. Or, on a omis généralement un point capital, savoir que le mouvement de totalité est la *conséquence immédiate* du phénomène physique d'hydrodynamique ou de *mouvement du liquide*, et non du phénomène vital de contraction qui chasse le sang. Ainsi, dans ce qu'on appelle *locomotion du cœur*, le cœur est projeté en masse en arrière par un déplacement de son centre de gravité. Ce mouvement se manifeste surtout à la

pointe, qui étant libre, mais appuyée contre la paroi thoracique, soulève celle-ci. Pendant que le cœur exécute ce *mouvement général*, phénomène d'ordre mécanique, les ventricules continuent à se contracter, les oreillettes à se dilater, ce qui amène la torsion des premiers, et à cause de sa forme un second déplacement léger du centre de gravité. C'est ainsi que M. Hiffelsheim a conçu, posé et résolu le problème.

d. — Mais nous avons vu (p. 268) que le cours du sang n'est point continu, qu'il est interrompu par des valvules, offre des temps d'arrêt et des reflux. Des bruits particuliers sont le résultat des interruptions du cours du liquide. Toutes les fois, en effet, qu'un liquide est en mouvement dans un conduit, si par un robinet on interrompt brusquement le courant, il y a production d'un bruit proportionné à la rapidité de celui-là. Pourquoi cela ? Parce que par son courant le liquide a été doué d'une force, d'une puissance d'action, celle de la pesanteur, dont les effets se doivent manifester ; force qui doit s'épuiser sur les solides dès l'instant où elle cesse de s'exercer sur le liquide par arrêt de ce dernier. Dès lors les solides sont mis en vibration par le liquide dont le cours est brusquement arrêté, et réagissent sur le liquide lui-même, dont on voit le reflux dans le bassin qui en est la source. Ces vibrations, suite de pression brusque sur les parois et sur le robinet obturateur (puisqu'il n'y a pas de choc possible ici), peuvent aller jusqu'à causer la rupture de celles-là, mais habituellement elles ne font que les mettre en vibration, d'où un bruit brusque comme l'arrêt du liquide, comme la pression, et alors semblable à un choc également brusque. Voilà donc encore d'autres phénomènes physiques, intermédiaires, en quelque sorte, puisqu'ils sont le résultat de la transformation du mouvement du sang en repos momentané de celui-ci, de l'état dynamique en état statique ; d'où la production des bruits, autres phénomènes dynamiques qui n'existent que pour celui qui ausculte.

Telle est la nature des divers phénomènes de la circulation du cœur, telle est la manière dont ils se classent naturellement. tel est l'ordre dans lequel ils doivent être étudiés, puisqu'ils ne peuvent être décrits comme ils se passent, c'est-à-dire la plupart simultanément, les derniers (*b, c, d*) en même temps que les premiers (*a, 1°, 2° et 3°*). Pour bien voir les choses complexes, il faut tout voir : le phénomène, sa nature mécanique, physique, moléculaire ou organique, et les conditions de son accomplissement. Le peu de soin qu'ont mis beaucoup d'auteurs à se soumettre aux indications de la méthode en ces questions, nous exemptera de nous

arrêter à ce qu'ont d'inexact leurs interprétations, en même temps qu'il nous explique leur diversité.

A. — *De la contraction et du relâchement du cœur. — Des phénomènes par lesquels ils se manifestent.*

Il est facile de reconnaître un mouvement du cœur dans lequel ses cavités se resserrent, diminuent, s'effacent même : c'est la *systole*. Bientôt apparaît un autre mouvement qui consiste dans un relâchement, puis dans une dilatation des cavités du cœur : c'est la *diastole*. De plus le cœur se raccourcit, s'allonge alternativement, sa pointe se redresse un peu en avant, et se rétablit en arrière. La masse ventriculaire subit un mouvement spiroïde, elle se tord et elle se détord. Enfin, il s'accomplit dans l'intérieur du cœur des mouvements des valvules et des anneaux des orifices. Quand ces derniers se sont accomplis, le cœur se repose. De là trois ordres de faits à examiner.

a. — *De la systole des oreillettes et des ventricules.*

Définition. — Le mot *systole* désigne l'état du cœur dans lequel les fibres musculaires de cet organe sont en contraction.

Quand cet état existe dans les fibres musculaires de l'oreillette, on dit qu'il y a *systole de l'oreillette* ou *systole auriculaire*. Il en est de même pour les ventricules, de là le nom de *systole des ventricules* ou *systole ventriculaire*.

Prenons, avant tout, une idée aussi exacte que possible de l'état dans lequel le cœur se présente à la fin d'une révolution, c'est-à-dire pendant la période de diastole générale, qui tient en relâchement toutes les fibres musculaires des oreillettes et des ventricules ; on comprendra mieux les modifications que subissent ces deux systèmes de cavités, par la systole, pendant une nouvelle révolution. (Chauveau.)

Ce qui caractérise le cœur, au moment du repos complet dont nous parlons, c'est la mollesse et la flaccidité qui s'emparent de son tissu, non-seulement dans les oreillettes, mais encore dans les ventricules. Aussi voit-on la masse totale du cœur s'affaisser sous son propre poids et celui du sang renfermé dans ses cavités intérieures. Si l'animal que l'on observe est couché sur le côté, l'affaissement, se faisant suivant la verticale, aplatira le cœur d'un côté à l'autre ; s'il est placé sur le ventre, il y aura dépression de la pointe et de la face antérieure. On pourrait croire que cet affaissement est le résultat de la pression atmosphérique qui

s'exerce directement sur le cœur mis à nu, mais on le sent encore quand la poitrine reste intacte et que la main pénètre dans cette cavité par l'abdomen, au moyen d'une incision qui intéresse le muscle diaphragme.

C'est après cette période que survient la systole, non pas simultanément dans tous les points du cœur, mais en deux temps distincts : le premier pour les oreillettes, le second pour les ventricules. (Chauveau.)

Systole auriculaire. — Quand les oreillettes entrent en contraction, ce qui les distingue surtout, c'est la rigidité qu'elles acquièrent brusquement et que l'on perçoit de la manière la plus ostensible en serrant un appendice entre les doigts. On constate de plus un rétrécissement peu marqué de la masse auriculaire, et un raccourcissement des plus sensibles pendant lequel on voit manifestement l'extrémité libre des oreillettes se rapprocher de leur partie moyenne, en même temps que des rides transversales et onduleuses apparaissent à leur surface. Les anses musculaires qui, aux orifices des veines dans les oreillettes et aux orifices des oreillettes dans les ventricules, se contractent et rapprochent les uns des autres ces divers orifices ; en même temps, la courbe de ces anses s'efface et les parois se rapprochent de l'axe de la cavité auriculaire (voy. t. I, p. 364 et 369).

La systole auriculaire, quoique brusque et rapide, a cependant une durée très appréciable qui sera déterminée plus loin. Elle commence évidemment dans les auricules pour se propager au corps des oreillettes, par une sorte de mouvement péristaltique. (Chauveau.)

Systole ventriculaire. — Pendant la systole des ventricules, le cœur se durcit ; des rides se dessinent à sa surface. Les fibres charnues sont le siège d'une espèce de tremblement (Haller). Le sommet des ventricules se rapproche de la base et du sommet, il suit de là que le cœur se raccourcit. Le diamètre transversal se rétrécit aussi, notamment à la base, et la cavité ventriculaire se trouve réduite dans tous ses diamètres. Si l'on ouvre le cœur avant que la systole ait cessé, on voit la cloison interventriculaire et les colonnes charnues se raccourcir. La face antérieure du cœur devient un peu moins convexe. Si l'on touche le cœur, le doigt est fortement repoussé, et si l'on saisit le cœur entre deux doigts, ceux-ci sont brusquement écartés. Tous ces phénomènes ont pour cause la contraction des parois musculaires des ventricules (voy. t. I, p. 364 et 369).

Mouvements partiels ou relatifs des ventricules et des oreillettes. — Nous arrivons maintenant au *raccourcissement* que la masse ventriculaire éprouve sous l'influence de la systole, mouvement qui

se combine de la manière la plus intime avec ce qu'on a appelé la torsion ou le mouvement spiroïde du cœur. Ces deux phénomènes doivent être étudiés sur un cœur arraché de la poitrine et tenu en suspension, au moyen des doigts, par les troncs des gros vaisseaux; expérience qui sera faite, autant que possible, avec le cœur de jeunes chiens, parce qu'il est moins embarrassant et bat plus longtemps après son excision que celui du cheval adulte. Cette expérience étant convenablement exécutée, on verra, pendant tout le temps que durera la contraction des ventricules, le cœur se raccourcir en effectuant son mouvement spiroïde. Qu'on mette la pointe de l'organe en contact avec un plan horizontal, elle s'en éloignera à chaque systole d'une manière très manifeste, on se tordant de gauche à droite et d'avant en arrière. (Chauveau.)

Cette torsion, se propageant de la pointe au corps des ventricules, tourne légèrement à droite la face antérieure du cœur, et la face postérieure à gauche; mais ce dernier déplacement est beaucoup moins prononcé que le premier.

Suivant M. Chauveau, la pointe du cœur ne va pas vers la base, et les ventricules se raccourcissant, il faut nécessairement que la base aille vers la pointe, et c'est effectivement ce qui a lieu. A chaque systole ventriculaire, la scissure coronaire qui sépare les oreillettes des ventricules s'abaisse vers l'extrémité du cœur, tantôt plus, tantôt moins, suivant les sujets, mais toujours d'une manière très manifeste, pendant que les troncs artériels s'allongent en se courbant davantage. Cet abaissement n'a pas lieu d'une manière égale dans tous les points de la circonférence du cœur; il est beaucoup plus prononcé en avant et à gauche qu'en arrière et à droite, et il imprime ainsi à la base de l'organe un balancement souvent très étendu qui en ramène la partie antérieure et gauche vers la pointe des ventricules. Ce balancement reconnaît deux causes qu'il suffit de signaler pour comprendre leur mode d'action: 1° la position des orifices artériels, en avant et à gauche de la base des ventricules, position dont l'influence se comprend sans aucune explication; 2° l'arrangement des fibres unitives qui enveloppent en avant le ventricule droit. Comme M. Verneuil l'a démontré, ces fibres étant plus longues que les faisceaux postérieurs du cœur, elles doivent produire un plus grand raccourcissement de la paroi antérieure de l'organe; il est vrai que M. Verneuil concluait de cette proposition rigoureusement démontrée (anatomiquement parlant) que la pointe du cœur est déviée en haut et en avant pendant la systole ventriculaire, tandis que nous savons maintenant que c'est plutôt la base du viscère, malgré sa fixité relative, qui va au devant de la pointe. (Chauveau.)

On admet encore généralement que la pointe du cœur est déviée en avant pendant son mouvement spiroïde. Nous reconnaissons la possibilité de cette déviation sur un cœur excisé, dont les cavités sont encore distendues par la présence du sang, mais nous osons affirmer qu'elle ne s'observe jamais sur le cœur qui bat en place dans sa cavité péricardique. Cette prétendue déviation de la pointe du cœur a fait l'objet d'un grand nombre de recherches, parce qu'on la croyait indispensable à la production du choc précordial. (Chauveau.)

Voir plus bas page 287, la description des mouvements partiels intérieurs ou valvulaires.

b. — De la diastole des oreillettes et des ventricules.

Définition. — Il faut entendre par *diastole* l'état dans lequel se trouve le cœur après la contraction. Cet état consiste dans le relâchement des fibres musculaires, et il permet l'arrivée des liquides dans les diverses cavités du cœur et la dilatation de celles-ci.

Phénomènes de la diastole. — Les phénomènes sont inverses de ceux de la systole. Les ventricules se distendent, ils semblent remonter sur les oreillettes dont le diamètre vertical diminue en ce moment. La pointe du cœur revient en arrière, le cœur s'allonge, son tissu perd sa dureté, et ne conserve de tension que celle qu'il reçoit du sang. Celui-ci, poussé par l'oreillette, peut encore, sous cette influence, écarter les doigts qui le pressent; mais, chez les animaux qui vont mourir, il se laisse comprimer entre les doigts. Les rides de sa surface disparaissent; il décrit un mouvement spiroïde en sens inverse de celui qu'il accomplit pendant la systole.

Le cœur est-il actif, à la fois, pendant la systole et la diastole? — Une pareille doctrine a déjà été réfutée par Haller; M. le professeur Bérard la rejette, et pour lui la diastole est purement passive. Si le cœur fait effort pendant la diastole contre la main qui le presse, cet effort est dû à la distension des ventricules par l'ondée de sang poussée par les oreillettes. Vaust a constaté que dans le moment où le cœur repousse la main qui le presse, il serre le doigt introduit dans la cavité de l'un des ventricules. Aesterreicher a fait une expérience très concluante à cet égard. Après avoir excisé le cœur d'une grenouille, il pose sur cet organe un corps assez pesant pour l'aplatir et qui ne soit pas assez volumineux pour le cacher: or, ce corps n'est soulevé que pendant la systole, le cœur reste plat pendant la diastole.

M. Bérard explique ainsi le mécanisme de la diastole. D'abord, il suffit que pendant la systole le tissu des ventricules ait été vio-

lente pour que la contraction cessant, le cœur revienne à l'état d'où cette contraction l'avait tiré. Mais une autre cause intervient pour opérer la dilatation. Imaginez un tube élastique distendu par un liquide; pressez un des points du tube de manière à mettre les parois en contact; cessez ensuite d'exercer la compression; le retour brusque du liquide, dans le point dont la cavité avait été effacée, en déterminera tout de suite la dilatation. C'est évidemment ainsi que s'opère la dilatation du cœur, en y ajoutant la contraction des fibres musculaires situées au-dessus de la partie qui se dilate et dont l'effet est de pousser le sang dans cette même partie.

M. Bérard fait encore intervenir, comme agent de la dilatation du cœur, une cause qu'il a signalée depuis longtemps, c'est l'élasticité du poumon. C'est, en effet, une puissance permanente qui tend sans cesse à produire la diduction des deux lames du médiastin, et par conséquent, l'ampliation du cœur et de son enveloppe. (Pour la cause de la diastole et la réplétion des oreillettes, voyez à la fin de la section V de ce chapitre.)

c. — *Troisième temps de la révolution du cœur, temps de repos ou pause.*

Nous en sommes venus enfin à exposer ce qui arrive pendant la *troisième période* d'une révolution du cœur, c'est-à-dire pendant la diastole générale ou la *pause*. Le cœur tombe alors dans un état purement passif qui permet aux troncs artériels, grâce à leur élasticité, de ramener la base de l'organe par en haut, en détruisant ainsi l'effet du recul, ce qui produit, à chaque nouvelle révolution du cœur, un mouvement de va-et-vient d'autant plus étendu que l'hématose se fait avec plus de régularité, et que les cavités droites se vident plus complètement pendant la systole ventriculaire. Au moment où cette systole va finir, les ventricules contiennent encore une petite quantité de sang (Hiffelsheim) accumulée à leur partie supérieure, sous les valvules mitrale et tricuspide. Or il est clair que la diastole survenant alors, le sang se répandra uniformément dans toute l'étendue des cavités ventriculaires; il est clair également que celui qui a été versé dans les oreillettes dès l'instant où elles ont cessé leur systole, c'est-à-dire pendant le deuxième temps, coulera de lui-même dans les ventricules après l'abaissement des valvules auriculo-ventriculaires; il est clair enfin que les veines continuant à écouler leur contenu dans les oreillettes pendant toute la durée des deux derniers temps, le trop plein se déversera dans ces mêmes cavités ventriculaires par les ouvertures largement béantes qui se trouvent devant lui.

Toutes ces propositions, dont l'exactitude est facile à vérifier sur l'animal, sont si bien en harmonie avec les lois de l'hydrostatique, que nous sommes étonnés qu'elles aient pu rencontrer des contradicteurs. (Chauveau).

Du rythme des battements du cœur.

Définition. — Le rythme des battements du cœur est l'ordre déterminé de succession, d'après lequel se produisent la systole, la diastole et la pause dans chaque révolution du cœur, et le retour de chaque révolution.

Sous le point de vue de la fréquence et de la durée de chaque phénomène, le rythme varie d'un animal à l'autre, et chez chaque animal même, selon l'âge ou mille circonstances diverses, morbides ou normales, telles que des sensations, des pensées, etc. C'est qu'en effet le rythme est sous la dépendance du système nerveux, et son étude se rattache, sous ce point de vue, à celle de l'influence de l'encéphale sur le cœur. Mais sous le point de vue de l'ordre dans lequel se succèdent la systole et la diastole, le rythme reste partout le même et se trouve subordonné au cours même du sang dans chaque cavité (t. I, p. 162 à 167.)

Nous avons vu en commençant qu'une révolution du cœur se divise, sous le rapport des mouvements essentiels qui la constituent, en trois périodes bien distinctes: la première caractérisée surtout par la systole des oreillettes, la seconde par la systole des ventricules, la troisième par une diastole commune aux deux systèmes des cavités du cœur; c'est-à-dire qu'une révolution commence pour nous avec la période de systole auriculaire, et se termine avec la période de diastole générale. (Chauveau.)

Ordinairement la durée des deux systoles est égale à la moitié de la durée totale de chaque révolution. Mais la contraction auriculaire n'occupe point tout le premier temps de chaque mesure; elle cesse avant le commencement du deuxième temps; et les ventricules, de leur côté, n'attendent même pas la fin de la systole des oreillettes pour commencer leur contraction. En sorte que si nous voulions représenter le rythme des mouvements du cœur pendant une révolution avec les signes de la durée musicale, nous n'emploierions point la notation suivante:

