

mutuellement au point de vue physiologique. Chez les organismes inférieurs, le sang se rapproche beaucoup plus de la lymphe des animaux supérieurs que de leur sang ; il est pauvre en globules, surtout en hématies.

Pour le chyle, voir ce qui a été dit au chapitre *Digestion*.

CIRCULATION

Le sang, intermédiaire physiologique entre les tissus et le monde extérieur, ne peut jouer bien son rôle chez les organismes supérieurs à vitalité considérable, et chez qui la consommation d'aliments et d'air est active, qu'à la condition de se renouveler fréquemment. Il est si vite dépouillé de ses matières utiles, et celles-ci sont si vite remplacées par des substances de désassimilation inutiles ou nuisibles qu'il est de toute nécessité que le sang se meuve rapidement et se renouvelle de même, de façon à apporter constamment de l'oxygène et des aliments, et à emporter constamment aussi l'acide carbonique et les déchets de la nutrition. Le sang ne peut rendre de services qu'à la condition de circuler, et ceci est d'autant plus vrai qu'il s'agit d'un animal plus élevé : le crabe vivra plusieurs jours sans cœur ; la grenouille, plusieurs heures ; le chien ou l'homme à qui l'on aura excisé, ou encore comprimé le cœur de façon à en empêcher les battements, mourra en quelques secondes. La circulation existe chez tous les organismes. Chez les animaux et plantes unicellulaires, elle est sans doute réduite au minimum, mais, dès que l'on considère des organismes animaux plus élevés, il en va autrement ; on voit certaines de leurs cellules se différencier en tubes contractiles qui promènent par le corps un fluide respiratoire et nourricier à la fois. Chez les plantes, il n'y a point de contractilité des vais-

seaux ; mais les fluides nourriciers sont mis en mouvement par des agents physiques : la sève circule en raison de la *vis à tergo* exercée par les racines où l'osmose détermine la pénétration des liquides du sol, et l'évaporation et la transpiration qui s'effectuent dans les parties hautes de la plante déterminent un appel des liquides contenus dans les parties inférieures : l'osmose, la capillarité, etc., remplacent l'organe moteur. Le système circulatoire ne se différencie toutefois nettement des systèmes respiratoire et digestif, — tout en conservant avec eux des liens étroits, d'ailleurs, — que chez les organismes supérieurs, chez les vertébrés en particulier. Parmi les mollusques encore, le système circulatoire est bien rudimentaire chez les formes inférieures : plus bas, chez beaucoup de vers, et surtout chez les cœlentérés, il est souvent difficile d'indiquer où cesse le système digestif et où commence l'appareil circulatoire. Arrivé à sa plus parfaite différenciation, ce dernier consiste, comme chacun sait, en deux parties essentielles : un *système de vaisseaux* ramifiés parcourant tout l'organisme, devenant très fins et très minces à mesure qu'ils pénètrent dans l'intimité des tissus, et contenant le sang qui peut en partie passer hors des vaisseaux, et aussi abandonner aux tissus une partie de son contenu à travers ces vaisseaux ; et un *organe moteur*, le cœur, qui, en comprimant à intervalles variables, généralement réguliers, le sang qu'il renferme, le chasse dans les vaisseaux, donnant ainsi une impulsion à tout le sang contenu dans l'ensemble de ces derniers, de telle sorte que, parti du cœur par exemple, le sang parcourt les vaisseaux et y revient : un jeu spécial de valvules dans le cœur et dans certains vaisseaux imprime au cours du sang une direction constante. Ce cœur est, chez l'homme et les mammifères, un organe fort perfectionné ; chez les animaux inférieurs, c'est le plus souvent un renflement d'un des gros vaisseaux, une sorte d'ampoule contractile, ou encore c'est une partie plus ou moins longue d'un de ces vaisseaux doués de contractilité, comme par

exemple le *vaisseau dorsal* des insectes et de plusieurs vers, comme les chétopodes, qui sont pourvus d'un vaisseau dorsal et d'un vaisseau ventral. Chez les crustacés il y a une grande variabilité, mais certaines formes possèdent un système circulatoire bien développé avec un cœur uniloculaire. C'est toutefois chez les céphalopodes, parmi les invertébrés, que l'on rencontre l'appareil circulatoire le plus parfait, bien qu'entre les artères et veines soit encore interposé un sinus représenté par la cavité viscérale : il y a un cœur artériel et deux cœurs branchiaux, alors que l'Amphioxus ne possède que des vaisseaux contractiles, et chez les poissons encore le cœur est bien différent de ce qu'il devient chez les mammifères ; chez les dipnoi pourtant, nous avons une oreillette où viennent à la fois le sang artérialisé par son passage dans les branchies et le sang veineux du corps ; un ventricule, qui fait immédiatement suite à l'oreillette, chasse le sang reçu de celle-ci dans les artères. Il en est de même chez la grenouille ; pourtant elle a deux oreillettes recevant l'une le sang artériel, l'autre le sang veineux, et le déversant toutes deux dans le ventricule unique qui dès lors envoie au corps un mélange de sang veineux et de sang artérialisé. Chez les reptiles, le cœur est mieux organisé ; il est quadriloculaire comme chez les mammifères, mais les deux ventricules communiquent, et le sang veineux se mélange au sang artériel, et il faut arriver aux oiseaux pour trouver un cœur parfait, identique dans le fond à celui de l'homme et des mammifères. C'est un organe essentiellement musculaire, un muscle creux, divisé en quatre loges communiquant deux à deux : une oreillette avec un ventricule. Il y a donc en réalité deux cœurs composés chacun d'une oreillette et d'un ventricule : un cœur droit, veineux, dont l'oreillette reçoit par les veines caves tout le sang veineux du corps, et qui le chasse dans le ventricule droit, le dit ventricule le chassant ensuite au poumon où il s'artérialise ; un cœur gauche, artériel, dont l'oreillette reçoit du poumon le sang artérialisé qu'elle chasse

dans le ventricule, lequel à son tour le chasse dans l'aorte et les artères. Cela fait bien deux cœurs, bien que les quatre loges soient juxtaposées et intimement unies. On remarquera que cela fait aussi deux cycles circulatoires. L'un commence au ventricule droit et finit à l'oreillette gauche : c'est la *petite circulation* ou circulation pulmonaire qui n'a d'autre but que d'envoyer le sang veineux au poumon pour s'y oxygéner et perdre son acide carbonique, sans servir à la nutrition des tissus ; l'autre commence au ventricule gauche et finit à l'oreillette droite : c'est la *grande circulation* où circulation générale qui subvient à la nutrition et à la respiration des tissus du corps, y compris le poumon. Ces deux cycles jouent donc un rôle tout à fait différent.

Telle est la disposition fondamentale de l'organe moteur central de la circulation chez l'oiseau et le mammifère. On remarquera toutefois en passant que cette disposition est celle de l'adulte : chez le fœtus du mammifère qui ne respire point par ses poumons, il y a bien deux oreillettes, mais physiologiquement elles n'en font qu'une, puisqu'elles communiquent par une ouverture, dite trou de Botal : le cœur du fœtus est donc pratiquement un cœur triloculaire : il devient réellement quadriloculaire, après la naissance, par l'oblitération du trou de Botal. Du reste, nous reviendrons plus loin sur ce point.

En résumé, l'appareil circulatoire consiste en un système de vaisseaux qui parcourent l'organisme tout entier et dans lequel le sang est renfermé, et la circulation de ce liquide est déterminée par les contractions d'un organe central, musculaire, qui est le cœur ; enfin cette circulation a pour but d'envoyer aux tissus un sang propre à entretenir leur vie ; d'envoyer au poumon le sang devenu impropre à cette fonction pour que son hémoglobine plus ou moins réduite par le passage à travers les tissus s'y retransforme en oxyhémoglobine ; et encore d'envoyer le sang au poumon et à d'autres organes, comme le rein, le foie, le poumon, etc.,

contraction de la circulation
après du ventriculo
après du corazon

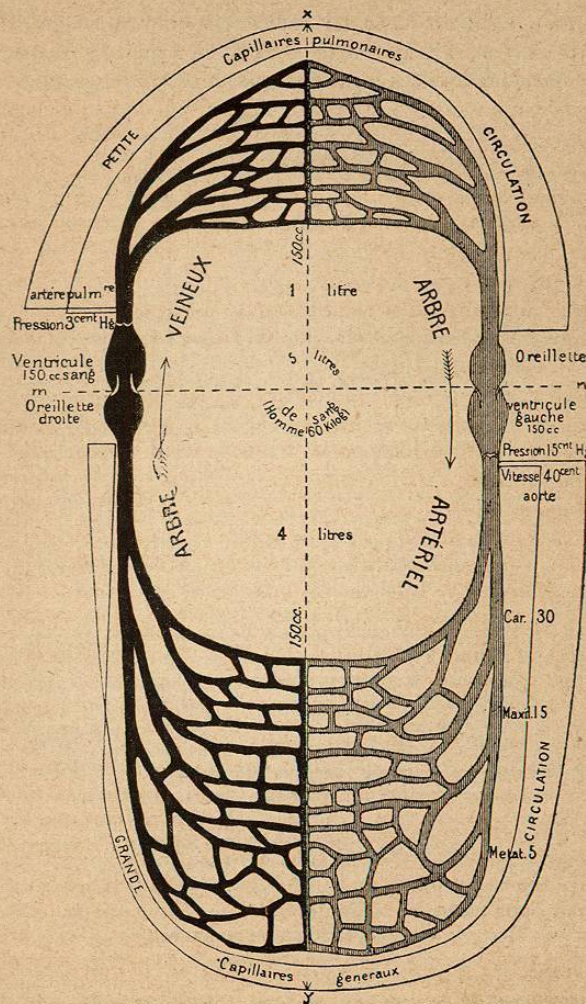


Fig. 11. — Schéma de la circulation.

afin qu'il s'y débarrasse de différentes substances inutiles ou nuisibles à l'organisme, et pour qu'il y acquière encore, dans quelques cas, des éléments nouveaux et nécessaires.

La connaissance exacte de la fonction circulatoire est de date récente. Les anciens n'en avaient aucune idée. Aristote pourtant comprenait que les vaisseaux nés du cœur renferment du sang, mais il crut que ce sang, « préparé » par le cœur, s'écoule dans le corps et n'y revient jamais. Peu de temps après lui, Hérophile et Erasistrate émirent l'opinion que les vaisseaux ne renferment que de l'air (d'où le nom d'*artères*) : les artères ne sont-elles pas en effet vides après la mort ? Mais cette erreur fut redressée par Galien, qui constata que toute blessure d'une artère est suivie d'une émission non d'air, mais de sang, et que tout segment d'artère sur lequel on a, *in vivo*, posé deux ligatures, renferme toujours du sang et rien que du sang. Galien toutefois ignora complètement la vraie nature du cycle circulatoire : pour lui, le sang du ventricule droit se rend en partie au poumon et s'y perd ; l'autre traverse la cloison qui sépare le ventricule droit du gauche, par une quantité de petits orifices — qui d'ailleurs n'existent point — pour se combiner dans le ventricule gauche avec de l'air venu des poumons, et de là passer dans l'aorte et dans le corps. D'autre part, la circulation hépatique avait attiré l'attention de Galien, et il soutint que les aliments vont de l'intestin au foie pour aller de là aux tissus. En somme, il n'eut qu'une idée très fautive et très incomplète de la circulation. Ses idées régnèrent néanmoins pendant près de quatorze siècles, jusqu'à l'époque de Michel Servet et Vésale. Ce dernier prouva qu'il n'y a pas communication entre les deux ventricules à travers leur paroi commune, et Michel Servet découvrit la circulation pulmonaire, déclarant que du ventricule droit une *veine artérielle* porte le sang au poumon, non pour le nourrir, mais pour s'y purifier en exhalant des matières fuligineuses, et que le sang ainsi purifié revient du poumon au cœur gauche par une *artère veineuse*. C'était là une découverte de haute importance : elle n'empêcha toutefois pas Servet d'être brûlé en 1553 à Genève, à l'instigation de Calvin. R. Colombo et Césalpin confirmèrent la découverte de Servet, et Césalpin, déjà éminent comme botaniste, y joignit même une idée de la circulation générale, sans toutefois en fournir la démonstration, tandis qu'Estienne et Fabrice d'Acquapendente reconnurent l'existence des valvules des veines. C'est sur ces données, et sur celles, surtout, qu'il tira de ses observations et de ses expériences, que Guillaume Harvey, dans son *Exercitatio de motu cordis et sanguinis in*

animalibus (1628) formula sa théorie de la circulation, celle qui est universellement acceptée de nos jours. Ce fut un des triomphes de la méthode expérimentale. Par ses expériences il constata le synchronisme du jet du sang hors des artères avec la dilatation de celles-ci, et avec la contraction du cœur ; il constata encore le cours centripète, qui avait jusque-là été méconnu, du sang contenu dans les veines ; il démontra la communication existant entre les veines et les artères, et la circulation des unes aux autres par le simple fait que l'ouverture de l'une ou de l'autre de ces sortes de vaisseaux détermine un écoulement de sang continu jusqu'à la mort, moment où le système des vaisseaux est vide de sang. Le livre de Harvey déclama une polémique furieuse ; mais la vérité triompha en fin de compte, et avant la fin du xvii^e siècle la théorie du grand savant était généralement admise. Sans doute il y demeurait quelques lacunes, mais elles se comblèrent peu à peu, en particulier grâce à un autre botaniste et anatomiste, Malpighi, qui découvrit les capillaires et les montra en vie, pleins de sang et de globules courant les uns après les autres, au moyen du microscope encore dans son enfance. La découverte de la circulation une fois faite, beaucoup de phénomènes de détail furent étudiés et utilisés pour la physiologie et la pathologie, mais les progrès les plus importants, à coup sûr, furent ceux qui, dans le siècle actuel, ont été réalisés grâce à l'emploi d'une méthode toute nouvelle : il s'agit de la *Méthode graphique* inaugurée par Ludwig, Marey, Chauveau, Vierordt, Helmholtz, et qui va chaque jour se perfectionnant. Elle consiste essentiellement en ceci : obliger un phénomène à s'enregistrer et à s'inscrire, de telle façon que l'intensité et la durée puissent en être facilement reconnaissables. Pour enregistrer et transmettre à distance, on emploie particulièrement les tambours à air — dont il existe beaucoup de modèles — et qui consistent essentiellement en ceci : deux ampoules élastiques, pleines d'air, mais non trop distendues, reliées entre elles par un tube élastique également plein d'air : le tout bien clos. Si l'on soumet l'une de ces ampoules à une légère compression, directe ou indirecte, l'air tend à distendre proportionnellement l'autre ampoule, et si sur cette seconde ampoule repose un brin léger et long, de paille, ou de verre étiré, fixé par une extrémité, mais pouvant pivoter autour d'elle, l'autre extrémité étant libre, le brin s'élèvera à chaque compression d'une quantité qui varie selon sa longueur et selon la distance qui sépare le point de contact avec l'ampoule d'avec l'extrémité fixe — il sert de *levier* en réalité ; — il s'abaissera et reviendra à son point de départ dès que cessera la compression, et, selon l'intensité de celle-ci, il prendra des positions très variées. Pour inscrire ces mouvements du levier, il suffit que son extrémité libre vienne

frotter très légèrement contre une surface animée d'un mouvement uniforme : elle y fait un trait, et de la forme du trait on peut déduire mainte conclusion importante au sujet du phénomène ainsi traduit et enregistré ; on peut aussi obtenir des mesures de durée très précises, connaissant la longueur totale de la surface enregistrante et la vitesse de son mouvement, comme nous le verrons par les exemples nombreux qui se présenteront successivement à nous dans l'étude de la circulation.

Ayant déjà étudié le sang, nous avons à considérer dans la circulation l'organe moteur, une véritable pompe foulante qui est le cœur, et les vaisseaux où cet organe chasse le sang : les artères, capillaires et veines.

Le cœur, considéré chez un oiseau, ou un mammifère, le chien par exemple, dont la cage thoracique aura été ouverte à la face ventrale, se présente sous forme d'un organe rougeâtre, très mobile, alternativement distendu et contracté. Le premier phénomène qui nous frappe entre tous ceux que l'observation nous signale successivement est le rythme du cœur. Cet organe est alternativement en mouvement et en repos, et on constate aisément que ses battements ont une réelle régularité, pour peu que l'animal demeure immobile et que rien ne vienne le distraire : le cœur a un mouvement rythmique. On donne le nom de *systole* à la période de contraction, et le nom de *diastole* à la période de relâchement. Mais, en examinant de plus près la systole du cœur, on voit qu'elle se décompose en deux mouvements. L'un est localisé à la partie supérieure de l'organe, aux oreillettes, l'autre à la partie inférieure, pointue, aux ventricules, et le mouvement auriculaire précède le mouvement ventriculaire. De la sorte le rythme cardiaque comprend trois éléments : la systole auriculaire, la systole ventriculaire, et enfin la diastole générale du cœur. Il s'agit maintenant de s'expliquer ces mouvements et leur usage. Pour simplifier la question, laissons là le chien pour un moment, et adressons-nous à la grenouille dont la structure est plus simple et chez qui le cœur facilement mis à nu se prête, à certains égards, mieux

à l'observation. Nous enlevons le sternum et le péricarde, et voici le cœur à nu. En haut les deux oreillettes, en bas le ventricule unique. Les deux oreillettes ouvrent dans le ventricule, et de celui-ci part l'aorte bientôt divisée en deux branches ; à chacune des oreillettes arrive un tronc vasculaire, l'oreillette droite recevant le sinus veineux par où arrive tout le sang veineux du corps ; l'oreillette gauche recevant le tronc commun des deux veines pulmonaires qui renferment le sang artérialisé revenant des poumons. Il est facile de voir sur ce cœur que, après la période de repos, les deux oreillettes sont rouges et distendues, tandis que le ventricule est mou et affaissé. Tout à coup les oreillettes se contractent, simultanément, et deviennent plus petites, tandis que le ventricule, rempli par le sang des oreillettes, se gonfle et rougit. Puis, les oreillettes reprennent lentement leur volume, en raison de l'apport constant de sang effectué par les vaisseaux qui y aboutissent, pendant que le ventricule, en se contractant à son tour, devient plus petit, plus pâle (rose au lieu d'être rouge) et chasse le sang dont il était empli dans l'aorte qui se dilate visiblement : après quoi il reste affaissé : ventricule et oreillettes se reposent, c'est la période de *repos* du cœur, ou *diastole*, durant laquelle le sang vient graduellement distendre les oreillettes. Les phases de repos et d'activité se succèdent ainsi, à intervalles réguliers. Il en est exactement de même chez l'homme et les autres mammifères : la systole du cœur se fait en deux temps successifs, les oreillettes se contractant d'abord, puis les ventricules, et le repos survient après la systole ventriculaire. Durant la systole auriculaire, le sang passe des oreillettes dans les ventricules : durant la systole ventriculaire il passe du ventricule, à droite, dans l'artère pulmonaire (artère qui contient du sang veineux pourtant), à gauche, dans l'aorte. La simple inspection à laquelle nous venons de nous livrer nous fournit bien quelques indications utiles ; mais si nous voulons en savoir plus long sur l'intensité des contractions, sur

leur durée, sur le temps qui les sépare, il faut avoir recours à la méthode graphique, et obtenir des *cardiogrammes*.

Pour la grenouille, nous emploierons un cardiographe très simple, consistant en deux leviers légers reposant l'un sur les oreillettes, l'autre sur le ventricule. Tant que le cœur est en repos, les leviers restent abaissés, mais dès que les oreillettes se remplissent, le levier correspondant se relève légèrement pour s'élever brusquement et fortement quand se produit leur systole : il en est de même pour le ventricule. Si ces deux leviers, de même longueur, viennent se terminer par une pointe au contact d'un cylindre recouvert de papier enfumé, de façon à se trouver dans le même alignement, la pointe, en enlevant le noir de fumée, trace en blanc un dessin qui fournit tous les renseignements désirables sur l'intensité des contractions — l'élévation du levier étant proportionnelle à celle-ci — sur la succession des contractions, et, du moment où l'on connaît la vitesse de rotation du cylindre, et où chaque centimètre de longueur du papier total représente telle fraction de minute ou de seconde, sur la durée de chaque contraction et l'espace de temps qui la sépare de telle autre.

Pour les animaux plus élevés comme le chien ou le lapin, l'étude graphique du rythme du cœur est moins aisée ; mais cela n'a point d'importance en présence des beaux résultats obtenus par Chauveau et Marey sur des animaux voisins — au point de vue physiologique — comme le cheval. Au lieu d'enregistrer les variations extérieures de volume des oreillettes et des ventricules, pour connaître le rythme cardiaque, Chauveau et Marey ont enregistré ce dernier au moyen des variations de pression intra-cardiaque, ce qui revient exactement au même. Ces variations sont révélées par les *sondes cardiographiques*. Soit une ampoule allongée en forme de doigt de gant soutenue par une légère carcasse métallique à l'intérieur, et pleine d'air, portée au bout d'un tube flexible, mais non compressible, relié lui-même par un tube de caoutchouc à une autre ampoule formant tambour à levier, une ampoule mi-élastique, mi-rigide (caoutchouc fin et métal) pouvant actionner un levier très léger en contact avec une surface enregistreuse, plane ou circulaire. On introduit une ampoule dans le ventricule droit du cheval (par la veine jugulaire), une autre par la même voie dans l'oreillette droite, et on relie chacune de ces ampoules à un tambour enregistreur de Marey (fig. 12). N'est-il pas évident qu'à chaque contraction de l'oreillette droite, par exemple, le sang qu'elle renferme est comprimé, et n'est-il pas évident que l'ampoule contenue dans cette oreillette sera également comprimée et

que sa compression se traduira par un mouvement de levier du tambour ? C'est en effet ce qui arrive, et en s'assurant bien de l'alignement des leviers inscripteurs des tambours, on obtient une représentation graphique des variations de la pression intra-cardiaque qui sont des plus intéressantes, et qui nous fournissent des données très exactes, non seulement sur le cœur droit, mais aussi sur le cœur gauche, dont les mouvements sont identiques à ceux du cœur droit et synchrones avec lui. On peut même introduire une troisième ampoule dans le cœur gauche (ventricule) par la carotide, et obtenir un tracé des pressions des deux ventricules.

La figure 13 représente un cardiogramme du cheval renfermant les éléments suivants : pression du sang dans l'oreillette droite (O), dans le ventricule droit (V), et choc du cœur (P). Nous dirons plus loin comment s'obtient l'inscription du choc du cœur : pour le moment, ne considérons que les graphiques de l'oreillette et du ventricule. N'oublions pas que les pointes des leviers étant rigoureusement de même longueur et bien alignées, il y a synchronisme absolu des phénomènes inscrits selon la même verticale, et pour faciliter l'étude de ce synchronisme, on a tracé une série de verticales régulièrement espacées : et l'espace entre chaque verticale correspond à un dixième de seconde. Il est très clair, tout d'abord, que la systole de l'oreillette, marquée par l'élévation du tracé correspondant (de O à l'intersection avec la ligne A), ne coïncide nullement avec celle du ventricule, mais la précède, et est sensiblement plus courte que cette dernière : entre le début de l'une et celui de l'autre, il s'écoule deux dixièmes de seconde environ, et la systole auriculaire dure à peu près un dixième de seconde. Une fois la systole produite, l'oreillette se relâche, et la pression diminue, ainsi que l'indique la ligne descendante : elle est même inférieure à ce qu'elle était au moment où a débuté la systole. Pourquoi ? Parce qu'avant la systole l'oreillette était remplie de sang sous une certaine pression venant des veines caves, tandis qu'après, elle ne renferme presque plus de sang ; mais celui-ci recommence à arriver dès que l'oreillette se relâche, et la courbe

s'élève un peu. Mais cette courbe nous offre un certain nombre d'oscillations : à quoi tiennent-elles ? Elles s'expliquent par l'étude de ce qui se passe du côté du ventricule. Celui-ci en se contractant comprime un peu l'oreillette et y augmente

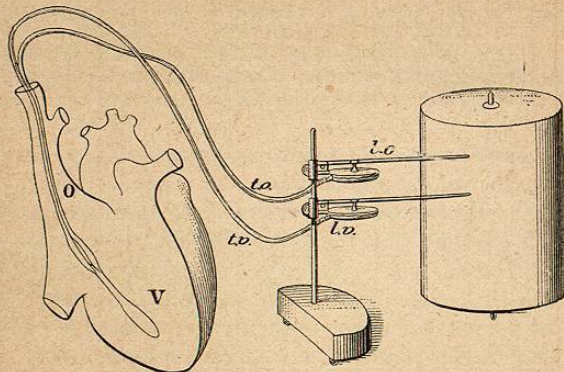


Fig. 12. — Schéma représentant la sonde cardiaque droite de Chauveau et Marey introduite dans le cœur. L'ampoule du ventricule V transmet les variations de pression par l'intermédiaire du tube *tv*, au tambour à levier *lv*; l'ampoule de l'oreillette O agit pareillement sur un tambour à levier *lo*. (D'après Frédéricq.)

la pression : de là un petit ressaut dans la courbe correspondant à l'ascension rapide de la courbe ventriculaire à la contraction du ventricule (V, ligne B); les autres ressauts sont le résultat du contre-coup des oscillations observées dans la suite de la courbe ventriculaire (clôture des valvules auriculo-ventriculaires). Puis la courbe cesse de présenter des ressauts, elle s'élève lentement, indiquant une augmentation graduelle de pression due à l'afflux du sang déversé par les veines caves jusqu'au moment où la systole auriculaire se reproduit. Du côté du ventricule (V), nous remarquons d'abord une légère élévation de pression au moment de la systole auriculaire. Elle tient au déversement du sang de l'oreillette dans le ventricule ; mais elle cesse bientôt, le

ventricule se laissant distendre. Puis vient la contraction brusque et rapide du ventricule : la ligne est presque verti-

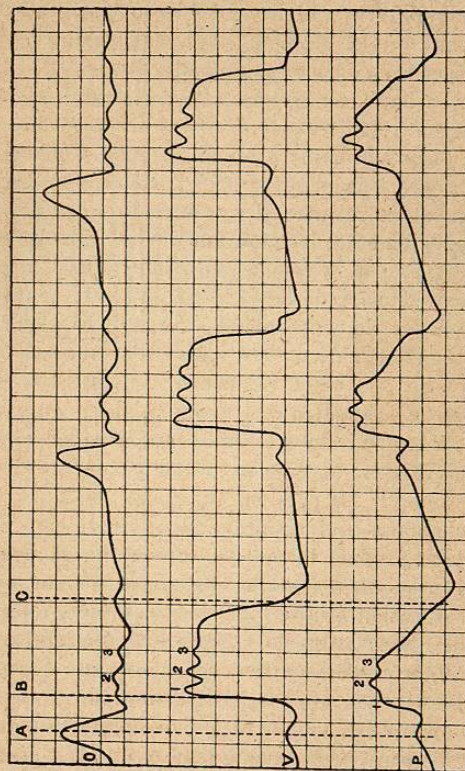


Fig. 13. — Tracés des mouvements de l'oreillette O, du ventricule V, et du choc du cœur P. (D'après Marey.)

cale dans son ascension, et indique un mouvement rapide ; mais au lieu de s'abaisser aussitôt comme la courbe auriculaire, elle forme un plateau légèrement descendant, coupé par deux ressauts. Pour s'expliquer ces ressauts, il faut savoir

que l'artère pulmonaire est pourvue de valvules semi-lunaires qui, après le relâchement des ventricules, viennent fermer le retour du sang vers ceux-ci, et restent abaissées jusqu'à la prochaine systole ventriculaire. Elles restent abaissées jusqu'au moment où la pression intra-ventriculaire devient *supérieure* à celle de l'artère pulmonaire, et soulève celles-ci pressées par en haut par le sang et sa pression du moment. Les valvules sont refoulées le long des parois de l'artère et le sang passe jusqu'au moment où la pression ventriculaire devient inférieure à la pression dans l'artère pulmonaire et où celle-ci rabat les valvules. Il y a, selon toute probabilité, quelque connexion entre les mouvements des valvules et les ressauts indiqués par la couche auriculaire, mais ce point n'est pas encore élucidé de façon satisfaisante. Le graphique montre que la systole ventriculaire se maintient plus longtemps que la systole auriculaire ; mais elle cesse à son tour : la pression s'abaisse assez rapidement, pour commencer presque aussitôt à augmenter lentement. Cette augmentation est due à ce que le sang arrivant sans cesse à l'oreillette par les veines caves se déverse en grande partie dans le ventricule et le remplit : la pression augmente peu à peu dans ces deux chambres qui communiquent librement, et au moment où se produit la systole auriculaire, la pression augmente brusquement dans le ventricule, d'où le ressaut précédant l'ascension brusque due à la contraction du ventricule même. Nous avons de la sorte interprété la totalité d'une *révolution cardiaque* (activité et repos du ventricule et de l'oreillette). Le temps qu'elle occupe dans le cas qui vient d'être exposé est, comme on le voit, à la lecture directe du tracé où l'espace entre chaque ligne verticale équivaut à un dixième de seconde, d'un peu moins de 12 dixièmes de seconde : le cœur qui l'a fourni battait donc moins de soixante fois par minute.

Tout ce qui précède s'applique au cœur droit du cheval, et la question qui se pose est de savoir si les phénomènes

sont les mêmes dans le cœur gauche. Cela est très vraisemblable ; mais il n'était pas mauvais de démontrer la chose, et c'est ce qu'ont fait Chauveau et Marey, en comparant le

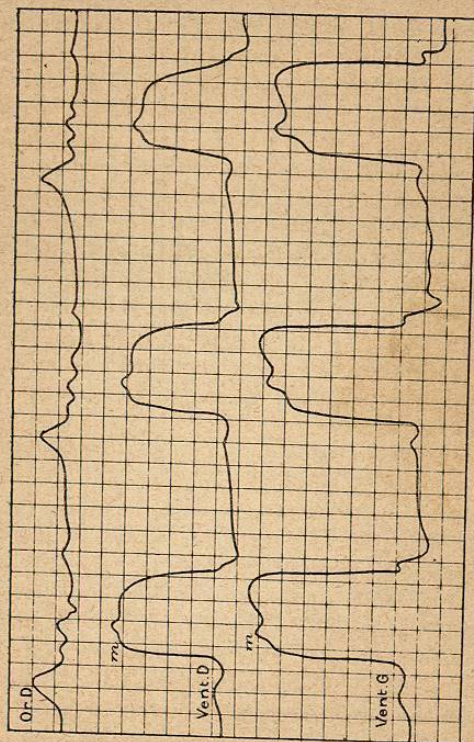


Fig. 14. — Tracés simultanés de l'oreillette droite. (Or. d.) du ventricule droit (Vent. d.) et du ventricule gauche (Vent. g.) recueillis sur le cheval. (D'après Marey.)

tracé du ventricule droit avec celui du ventricule gauche, en introduisant une sonde dans ce dernier, chez le cheval toujours, par la carotide et l'aorte. On le voit par la figure 14, les caractères des deux tracés sont les mêmes, le synchro-

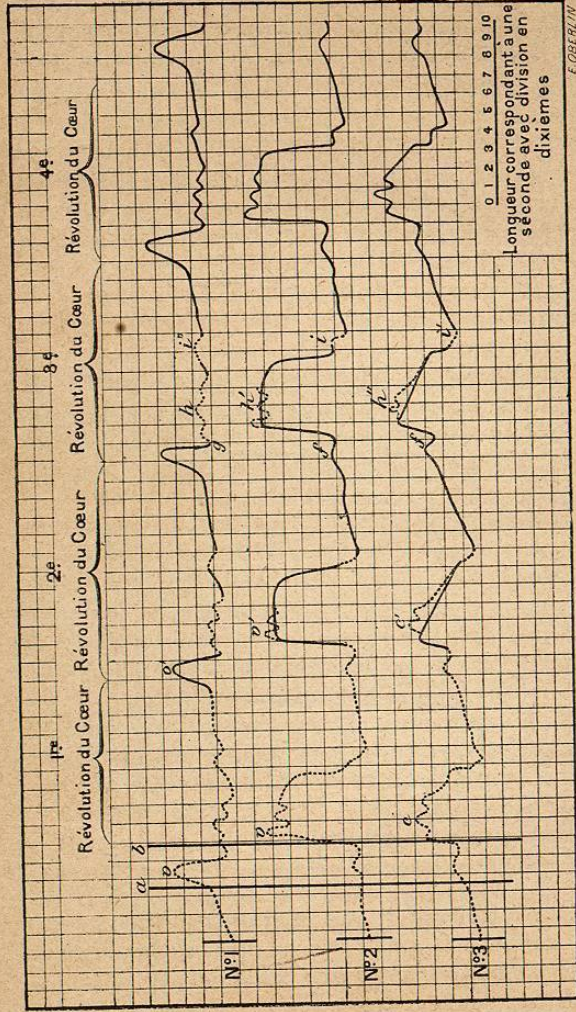


Fig. 15. — Graphiques : 1, de l'oreillette droite; 2, du ventricule droit; 3, du choc du cœur, d'après Chauveau et Marey. Figure à lire en suivant et en analysant pour soi-même chaque trait successivement.

nisme est parfait à quelques petites différences de détail près. Ce que nous avons dit du cœur droit s'applique donc aussi au cœur gauche, *mutatis mutandis*, en substituant aorte à artère pulmonaire, et veine pulmonaire à veine cave.

Mais pouvons-nous conclure du cheval à l'homme, et tenir pour démontrés à l'égard du dernier les faits démontrés à l'égard du premier? On ne peut évidemment pas introduire de sondes cardiographiques chez l'homme : il faut donc recourir à d'autres méthodes. L'une d'elles consiste à prendre le tracé cardiographique du choc du cœur chez le cheval, et à le comparer avec le tracé de l'oreillette et de l'aorte chez le même animal, et s'il y a quelque concordance entre eux, on prendra le même tracé chez l'homme pour y chercher les mêmes concordances. Nous expliquerons plus loin ce que c'est que le choc du cœur : disons simplement ici que c'est le soulèvement léger qui à chaque battement cardiaque se produit en dedans et au-dessous du mamelon gauche chez l'homme, et que chacun peut sentir sur soi-même. Ce soulèvement existe chez le cheval et les autres mammifères, et il est assez aisé de l'enregistrer au moyen du cardiographe de Marey qui est essentiellement un tambour mi-partie métallique, mi-partie élastique, maintenu distendu par un fort ressort métallique et qui se termine au dehors par un bouton qu'on applique au point où se fait sentir le plus fortement le choc : à chaque choc il y a une légère compression de l'air du tambour, et en reliant ce dernier à un tambour enregistreur, on peut obtenir l'inscription de ce choc et de ses détails. C'est ce qu'ont fait Chauveau et Marey encore, et le tracé du choc précardial est figuré dans la figure 15 au-dessous de ceux de l'oreillette et du ventricule. Or, que voyons-nous dans ce tracé? Nous remarquons d'abord un léger ressaut qui, cela est clair, correspond à la systole auriculaire; puis une ascension brusque correspondant à la systole ventriculaire sans en excepter les ressauts — de cause encore indéterminée — du plateau systolique ventriculaire; et enfin la chute de la

courbe, correspondant au relâchement rapide du ventricule. En un mot, il y a concordance parfaite dans les grandes lignes, en ce sens qu'on peut lire sur le tracé du choc précordial les grandes lignes des phénomènes dont l'oreillette et le ventricule sont tour à tour le siège. En recueillant un tracé du choc chez l'homme, on voit que la concordance avec le tracé du cheval est amplement suffisante pour justifier l'idée que dans les deux cas les phénomènes sont les mêmes. Une autre méthode consiste à recueillir le tracé de la pression intra-aortique chez l'animal, au moyen d'une sonde, et à le comparer avec le tracé de la pression extérieure de l'aorte, pour comparer enfin ce dernier avec le même tracé chez l'homme. Mais comment obtenir ce tracé chez l'homme ? Il y faut des circonstances bien particulières, et qui ne se rencontrent qu'occasionnellement : il y faut des cas pathologiques ou tératologiques. Les cas d'*ectopie* du cœur, où cet organe n'occupe pas sa situation accoutumée, et descend à travers le diaphragme dans la cavité abdominale, de telle sorte que le cœur bat sous la peau de l'épigastre, sont particulièrement favorables. Galien et Harvey en avaient rencontré et en ont tiré des indications utiles : mais avec la moderne méthode graphique il est possible d'obtenir beaucoup mieux et d'avoir des graphiques précieux. Un de ceux-ci a été obtenu il y a quelques années par François Franck ; il montre bien la similitude fondamentale entre le fonctionnement du cœur du cheval et celui du cœur de l'homme, ce qui est le point essentiel à mettre en lumière.

Il résulte donc des études faites tant sur les variations extérieures de volume des chambres cardiaques, que sur les variations intérieures de pression du sang contenu dans celles-ci, que le cycle cardiaque commence par la contraction des oreillettes, laquelle est rapidement suivie de la contraction des ventricules, après quoi survient une courte période de repos du cœur tout entier, et que le sang passe successivement des veines caves et pulmonaires dans les

oreillettes, pour de là être chassé dans les ventricules qui le poussent dans l'aorte et l'artère pulmonaire, dans la grande et la petite circulation.

Sens de la circulation et valvules du cœur. — Mais une question se pose, à laquelle il faut répondre. Les vaisseaux afférents communiquent largement avec les oreillettes, et celles-ci avec les ventricules, puisque le sang passe de l'un à l'autre, comme il vient d'être dit ; mais comment se fait-il que, lors de la contraction de l'oreillette, le sang ne reflue pas vers les vaisseaux afférents, et que lors de la systole ventriculaire il ne revienne pas en arrière, et ne s'écoule autant dans l'oreillette que dans les vaisseaux efférents ? En un mot, pourquoi le *sens* de la circulation demeure-t-il invariable dans le cœur, et pourquoi le sang marche-t-il régulièrement de l'oreillette dans les ventricules, et de ceux-ci dans les vaisseaux efférents ? Ce résultat s'obtient d'une manière assez simple. Considérons d'abord les oreillettes. Le sang leur est apporté par les deux veines caves pour l'oreillette droite, par les quatre veines pulmonaires pour l'oreillette gauche, (veines qui, on le remarquera en passant, sont plutôt des *artères* au point de vue physiologique, puisqu'elles contiennent le sang le plus artériel de tout le corps, celui qui vient de se purifier dans le poumon) : comment pénètre-t-il dans l'oreillette que nous supposerons vide et venant de se contracter et en état de relâchement. On a parlé d'une aspiration du sang par les oreillettes (Chassaignac, Fink, Longuet, etc.) ; on a dit que l'oreillette doit être considérée comme une ampoule en caoutchouc légèrement durci, qui peut bien être quelque peu distendue, qui peut bien aussi être comprimée au point de se vider totalement, mais qui, si elle pouvait prendre la position qui lui est naturelle, resterait sans cesse dans un état intermédiaire entre la distension et la compression, tout comme une balle de caoutchouc, fût-elle criblée de trous, demeure sphérique. Or, s'il en est ainsi,