

plus grande que celle de la systole auriculaire. La brusquerie de la ligne d'ascension signifie que la pression sanguine atteint très vite son maximum au moment de la contraction ventriculaire, et l'horizontalité du plateau témoigne d'une énergie soutenue pendant toute la durée de la systole. On voit de plus que le plateau présente de petites ondulations 1, 2, 3; on ne s'accorde pas sur leur cause; elles sont dues, d'après MAREY, au retentissement intraventriculaire des changements de la pression artérielle après l'ouverture des sigmoïdes; pour d'autres, comme FRÉDÉRICQ, à des saccades de la contraction du muscle cardiaque. Ces secousses se transmettent au contenu de l'oreillette, car on reconnaît les mêmes ondulations 1, 2, 3 sur le tracé O. La ligne de descente du tracé de la systole ventriculaire présente encore à sa partie inférieure en C un petit soulèvement. CHAUVEAU et MAREY l'ont attribué à la secousse de fermeture des valvules sigmoïdes; mais FRÉDÉRICQ pense que les valvules sigmoïdes s'accroissent avant la production de ce soulèvement, et que ce dernier est dû au *flot de l'oreillette* qui arrive dans le ventricule au moment où se produit le vide postsystolique. Aussitôt après ce ressaut, la ligne du tracé s'élève lentement jusqu'à la systole suivante, indiquant ainsi la réplétion graduelle du ventricule pendant la diastole. Notre figure ne donne que le cardiogramme du ventricule droit; mais si on enregistre à la fois les tracés des deux ventricules, on constate qu'ils sont absolument synchrones et qu'ils présentent entre eux une grande similitude. Sur la troisième ligne P de la figure, la pulsation cardiaque s'affirme par une courbe dans laquelle on peut reconnaître facilement les principaux détails de la révolution cardiaque. Le point culminant de cette courbe correspond à la systole ventriculaire.

Les cardiogrammes dont nous venons de donner l'analyse se rapportent au cœur du cheval; mais peuvent-ils s'appliquer au cœur de l'homme? Il n'y a pas à en douter, d'après leur ressemblance avec les tracés que l'on a pris en appliquant des appareils inscripteurs à la surface de la saillie que le cœur formait à l'épigastre dans certains cas d'ectopie chez l'homme.

e. *Durée de la révolution cardiaque.* — Chez l'homme, le cœur battant 70 à 75 fois par minute, on voit de suite que chaque révolution a une durée de moins d'une seconde, soit huit dixièmes de seconde. On peut admettre, sans grande erreur, que sur ces 0",8 le cœur en emploie la moitié 0",4 pour sa systole et la moitié 0",4 pour sa diastole, et exprimer ce fait d'une façon paradoxale en disant, par exemple, que le cœur se repose douze heures sur vingt-quatre. Sur les 0",4 que dure la systole, l'oreillette emploie 0",1 pour sa contraction, et le ventricule 0",3 (chez le cheval, le cœur battant moins fréquemment que chez l'homme, chacun des actes de la révolution cardiaque a aussi une durée plus longue, comme il est facile de le voir dans le tracé cardiographique reproduit plus haut).

Nous pouvons maintenant consigner dans le tableau suivant les différentes phases d'une révolution cardiaque.

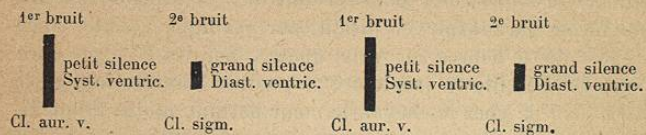
RÉVOLUTION CARDIAQUE (0,8 seconde.)

1 ^{er} TEMPS = 0",1	2 ^e TEMPS = 0",3	3 ^e TEMPS = 0",4
Systole auriculaire. Achèvement de la réplétion ventriculaire.	Systole ventriculaire. Fermeture des valvules auriculo-ventriculaires. Ouverture des sigmoïdes. Entrée du sang dans les artères.	Fermeture des sigmoïdes. Diastole générale. Arrivée du sang dans les oreillettes et les ventricules.

2^o **Signes extérieurs de la révolution cardiaque.** — Les signes physiques extérieurs par lesquels se manifeste la révolution cardiaque, et que le médecin utilise en clinique, sont: les *bruits du cœur* et le *choc cardiaque*.

a. *Bruits du cœur.* — L'oreille appliquée sur la poitrine dans la région précordiale perçoit *deux bruits*, séparés par des intervalles ou *silences*. Le premier bruit est fort, grave et prolongé: le second bruit est clair, bref et nettement frappé. Ces deux

bruits sont séparés par un court intervalle appelé *petit silence*; un intervalle plus long, ou *grand silence*, sépare le second bruit du premier de la révolution suivante, de telle sorte que le rythme des bruits peut être représenté par la notation suivante :



Les caractères propres et différentiels de ces bruits se rapportent à leur *moment*, à leur *timbre*, à leur *siège*; ils sont résumés dans le tableau :

CARACTÈRES DES BRUITS DU CŒUR	
1 ^{er} BRUIT	2 ^e BRUIT
<p><i>Moment.</i> — Se produit après le grand silence, au début de la systole ventriculaire; est synchrone avec la pulsation cardiaque et presque synchrone avec le pouls carotidien.</p> <p><i>Timbre.</i> — Son timbre est sourd.</p> <p><i>Siège.</i> — Son maximum d'intensité se trouve à la pointe du cœur.</p>	<p><i>Moment.</i> — Se produit après le petit silence, à la fin de la systole ventriculaire ou au début de la diastole.</p> <p><i>Timbre.</i> — Son timbre est clair.</p> <p><i>Siège.</i> — Son maximum d'intensité se trouve à la base du cœur.</p>

Pour savoir à quel moment de la révolution cardiaque correspondent les bruits du cœur, on n'a qu'à ausculter la poitrine de l'animal chez lequel on prend un tracé cardiographique; on s'aperçoit facilement que le premier bruit coïncide avec l'élévation du levier qui trace la systole ventriculaire, et le second bruit avec l'abaissement de la plume. De plus, on sent

le choc cardiaque au moment précis où l'on entend le premier bruit, et si l'on place un doigt sur l'artère carotide on perçoit sensiblement au même instant le choc du pouls. Le petit silence répond d'après cela à une partie de la systole ventriculaire, le grand silence à la diastole, et la systole auriculaire se trouve comprise dans le grand silence.

La *cause* des bruits du cœur reçoit une interprétation satisfaisante dans la théorie de ROUANET ou théorie du *claquement valvulaire*. Il faut remarquer d'abord que le premier bruit est parfaitement synchrone à l'occlusion des valvules auriculo-ventriculaires, et que le second bruit coïncide avec la fermeture des sigmoïdes. Or ces valvules doivent vibrer en s'appliquant les unes contre les autres et, par conséquent, produire un son. Telle est la cause des bruits du cœur. Il est possible de le démontrer expérimentalement pour le second bruit. ROUANET, ayant détaché d'un cœur l'origine de l'aorte avec ses valvules, ainsi qu'une portion du ventricule attenant à l'orifice aortique, fixa dans l'aorte un tube vertical et ajusta, d'autre part, une vessie pleine d'eau au segment du ventricule. En comprimant cette vessie on projetait l'eau dans le tube, et quand on cessait la compression, la colonne liquide tendait à refluer et fermait les valvules sigmoïdes en produisant un claquement sonore identique au second bruit du cœur. D'autre part, si chez un animal dont le cœur a été mis à nu, on maintient les valvules sigmoïdes appliquées contre la paroi aortique, en les retenant par de petits crochets enfoncés dans l'artère, on constate que le second bruit disparaît. En appliquant ces données au premier bruit, on admet qu'il est dû au claquement des valvules auriculo-ventriculaires; mais son timbre sourd et grave a fait penser aussi que la vibration des parois ventriculaires elles-mêmes n'était pas étrangère à sa production. De fait, WINTRICH à l'aide de résonateurs a pu isoler dans le premier bruit deux sons dont l'un, grave et long, serait un son musculaire, et l'autre, aigu et bref, un son valvulaire.

b. *Choc du cœur.* — Le choc du cœur ou pulsation cardiaque est cet ébranlement de la paroi thoracique que l'on sent avec la main appliquée sur la région précordiale, plus particulière-

ment au niveau du cinquième espace intercostal, un peu en dedans et en bas du mamelon gauche. Le choc du cœur ne doit pas être rapporté à un mouvement de locomotion de la pointe du cœur qui, primitivement écartée de la paroi thoracique, viendrait frapper celle-ci au moment de la systole : il provient simplement du durcissement brusque des ventricules pendant

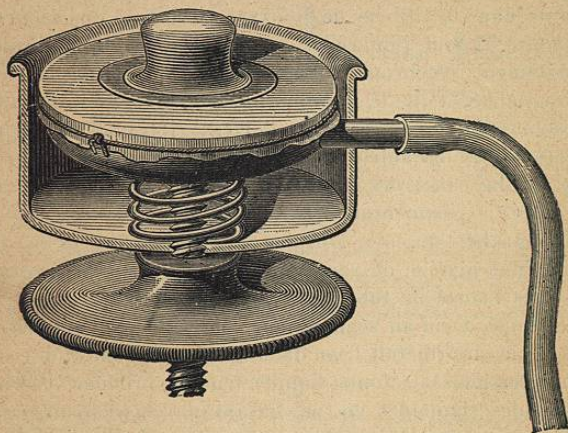
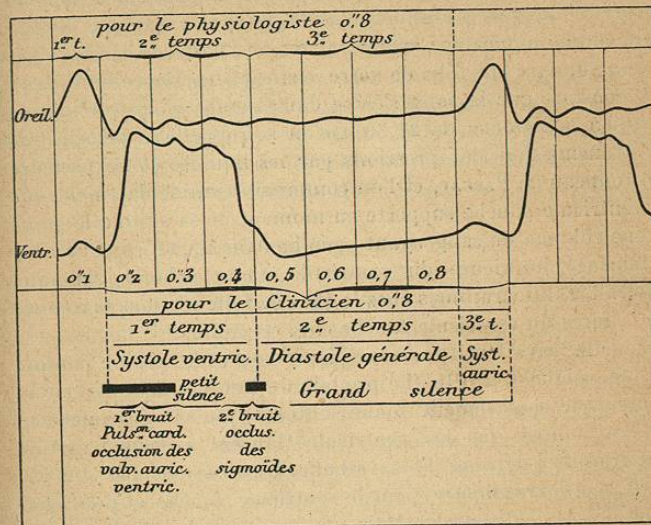


Fig. 47.

Cardiographe de MAREY pour enregistrer la pulsation cardiaque chez l'homme.

leur contraction. On peut recueillir le tracé de la pulsation cardiaque chez l'homme au moyen du *cardiographe* de MAREY (fig. 47). Cet instrument se compose essentiellement d'une capsule à air fermée sur une de ses faces par une membrane de caoutchouc; cette membrane élastique est munie d'un bouton dont la saillie doit être appliquée sur l'espace intercostal où bat la pointe du cœur; les changements de volume de l'air sont transmis par un tube à un tambour inscripteur. La capsule est, en outre, logée dans une coquille de bois, et une vis de réglage permet d'en faire saillir plus ou moins le bouton.

3° Révolution cardiaque pour le clinicien. — Il est facile de comprendre comment le clinicien interprète la révolution cardiaque, maintenant que nous connaissons les signes extérieurs par lesquels elle se manifeste. Tandis que le physiologiste fait commencer cette révolution à la systole auriculaire,



le clinicien la fait débiter au premier signe extérieur: au premier bruit où à la pulsation, c'est-à-dire à la systole ventriculaire; et le rythme cardiaque se décompose pour lui en deux phases: une phase systolique commençant au premier bruit et comprenant comme durée le petit silence, et une phase diastolique qui débute au deuxième bruit et dure pendant tout le grand silence. La contraction de l'oreillette ou *présystole* est silencieuse, et si quelquefois on la comprend dans une troisième phase, c'est que dans certains cas pathologiques elle peut se traduire par un bruit de souffle surajouté. Le tableau ci-dessus fera saisir mieux que toute description, les détails

de la révolution cardiaque pour le physiologiste et pour le clinicien.

4° Travail du cœur. — La force déployée par le ventricule gauche dans la systole peut être évaluée, en tenant compte de la surface intérieure du ventricule et de la hauteur à laquelle s'élève le sang sous l'influence de la pression cardiaque. Si l'on fait communiquer une artère voisine de l'aorte, la carotide par exemple, avec un tube de verre vertical (expérience de HALEs), on constate que le sang s'élève dans le tube à chaque systole jusqu'à la hauteur de 2^m,50. Qu'on se rappelle le principe de la transmission des pressions par les liquides et l'expérience du tonneau de PASCAL, et l'on comprendra immédiatement que le ventricule gauche supporte au moment de sa systole le poids d'une colonne de sang ayant pour hauteur 2^m,50, et pour base la surface intérieure du ventricule. Cette colonne sanguine pèserait 23 kilogrammes chez le cheval. Telle est donc la mesure de la force du ventricule gauche chez cet animal.

Pour le travail utile effectué par le cœur, on l'évalue comme en mécanique $T = PH$. (Le produit du poids d'un corps par la hauteur de soulèvement donne le travail en kilogrammètres.) Si l'on admet que les ventricules lancent à chaque systole 100 grammes de sang, le travail effectué sera donc $100 \times 2^m,50 = 0,25$ kilogrammètre pour le ventricule gauche et pour chacune de ses contractions. Mais ce n'est là qu'un calcul approximatif basé sur cette conception fictive que le cœur puise le sang dans un réservoir inférieur pour l'élever dans un réservoir supérieur. En réalité, dans une estimation rigoureuse du travail du cœur, il faudrait encore tenir compte de la vitesse qui est communiquée à la masse de sang mise en mouvement et des résistances vasculaires.

5° Troubles de la révolution cardiaque. — Ces troubles fort nombreux ne peuvent évidemment pas faire l'objet d'une étude détaillée dans ce livre. Nous nous bornerons à indiquer les modifications de la circulation intracardiaque dans les cas de rétrécissement ou d'insuffisance des orifices auriculo-ven-

triculaires et artériels. Il y a *rétrécissement* lorsque l'orifice est diminué dans ses diamètres, et *insuffisance* lorsque les valvules s'adaptent mal et permettent le reflux du sang en sens inverse de son cours normal. L'un et l'autre troubles sont principalement caractérisés par l'altération des bruits normaux du cœur et la production d'un bruit de *souffle*, dont l'intensité, le timbre, le siège, le moment varient suivant l'orifice lésé et la nature de la lésion. Le bruit de souffle, analogue à celui qu'on produit en soufflant dans un tube, est dû aux vibrations des molécules liquides passant d'une partie étroite dans une partie large. Il est facile de s'en rendre compte en auscultant un tube de caoutchouc dans lequel on fait couler de l'eau; si on vient à presser le tube avec le stéthoscope, on entend un bruit de souffle.

Cela étant, supposons qu'il existe un rétrécissement de l'orifice aortique: le passage du sang du ventricule dans l'aorte s'accompagnera d'un bruit de souffle, et ce bruit s'entendra précisément au moment de la révolution cardiaque où est lancée l'onde artérielle, c'est-à-dire pendant la systole ventriculaire, le premier bruit et le petit silence (*souffle systolique*). Soit au contraire une insuffisance du même orifice, par suite de la destruction des valvules sigmoïdes: l'onde artérielle refluera dans le ventricule quand celui-ci se relâchera, en produisant un bruit de souffle pendant la diastole ou le grand silence (*souffle diastolique*). Supposons maintenant une insuffisance de l'orifice mitral; la valvule mitrale ne fermant plus exactement l'orifice, le sang refluera dans l'oreillette à chaque contraction du ventricule, ce qui se traduira par un souffle systolique. S'il y a au contraire rétrécissement de l'orifice mitral, c'est au moment où le sang est chassé avec force de l'oreillette dans le ventricule, c'est-à-dire dans la contraction de l'oreillette ou présystole, que se produira le souffle (*souffle présystolique*). Ces données s'appliquent évidemment au cœur droit comme au cœur gauche. Tout bruit de souffle présente du commencement à la fin une décroissance graduelle d'intensité; pour le timbre, on peut dire d'une manière générale que les souffles systoliques sont rudes et les diastoliques doux;

quant au siège du maximum d'intensité à l'auscultation, il est à la base du cœur pour les souffles qui proviennent des lésions des orifices artériels, et à la pointe pour ceux qui sont dus aux lésions des orifices auriculo-ventriculaires.

Il est une autre modification des bruits normaux qu'on entend fréquemment à l'auscultation : c'est le dédoublement du second bruit : il prend naissance quand la fermeture des sigmoïdes n'est pas absolument synchrone pour l'orifice aortique et pour l'orifice pulmonaire. Dans ce cas, le rythme du cœur peut être schématiquement figuré par le signe de prosodie appelé dactyle — ∪∪. D'après POTAIN le dédoublement du second bruit s'entend chez un cinquième des sujets normaux.

§ 3. — CIRCULATION DANS LES VAISSEAUX

Cette étude doit être naturellement divisée en circulation dans les artères, dans les capillaires, dans les veines et dans les lymphatiques. Il faut y ajouter des considérations spéciales pour la circulation pulmonaire.

A) CIRCULATION DANS LES ARTÈRES

Les propriétés des artères dont le jeu intervient dans la circulation, la pression et la vitesse du sang dans le système artériel et les signes extérieurs par lesquels se manifestent leurs variations, tels sont les points fondamentaux autour desquels nous allons grouper les notions qui se rapportent à la circulation artérielle.

1° Propriétés des artères. — Les artères sont élastiques et contractiles, car leur tunique moyenne contient des fibres élastiques et des fibres musculaires lisses. Ces deux sortes d'éléments ne sont pas répartis uniformément dans le système artériel ; le tissu élastique est plus développé dans les grosses artères, et l'aorte en est presque exclusivement composée ; les fibres musculaires au contraire abondent dans les artères de moyen et petit calibre, et la tunique moyenne des artérioles est formée par une couche de fibres musculaires lisses circu-

lares. *Élasticité et contractilité*, telles sont donc les deux propriétés fondamentales des artères. L'étude de la contractilité artérielle sera faite à propos des vaso-moteurs ; l'élasticité seule nous importe pour l'instant.

Lorsqu'on ouvre un gros tronc artériel, le jet de sang qui s'en échappe est saccadé, et chaque renforcement du jet répond à une systole ventriculaire ; par la section d'une artériole, le sang jaillit au contraire sans saccades et sans intermittences. Pourquoi cette différence ? Elle est due à l'élasticité artérielle. Si les artères étaient des tubes rigides, l'ondée ventriculaire ne pourrait se loger dans les vaisseaux qu'en poussant devant elle une colonne de sang précisément égale ; comme les liquides sont incompressibles, cette poussée se ferait sentir dans tout l'arbre artériel, capillaire et veineux, et la progression du sang se ferait par saccades. Or, s'il n'en est pas ainsi, c'est que les artères, en raison de leur élasticité, se laissent distendre par l'ondée ventriculaire, emmagasinant ainsi une partie de la force déployée par le ventricule dans sa contraction, puis reviennent sur elles-mêmes pendant la diastole, en pressant sur leur contenu et restituant par là l'énergie empruntée au muscle cardiaque. De la sorte, l'élasticité artérielle fusionne les secousses et transforme le jet intermittent du cœur en jet continu ; et cet effet est naturellement de plus en plus accentué au fur et à mesure que le sang progresse dans les vaisseaux et s'éloigne du cœur. Il est facile de donner la démonstration physique de ce phénomène au moyen de l'expérience suivante de MAREY (fig. 48). Si deux tubes d'égal diamètre, mais dont l'un est rigide (tube de verre), et l'autre élastique (tube de caoutchouc), sont reliés au moyen d'un branchement en Y à un vase de Mariotte contenant de l'eau, on constate que l'écoulement se fait d'une façon uniforme pour chacun d'eux ; mais que l'on rende l'écoulement du vase intermittent, en comprimant rythmiquement le tuyau qui relie le vase aux tubes, on voit immédiatement que le jet donné par le tube rigide devient saccadé, tandis que celui qui est fourni par le tube élastique ne présente pas ces intermittences. Si de plus on recueille le liquide qui s'écoule des deux tubes dans ces

dernières conditions pendant un temps donné, on s'aperçoit que le débit du tube élastique est plus considérable que celui du tube rigide. Il résulte de ce dernier fait que l'élasticité artérielle favorise aussi le travail du cœur, puisqu'elle accroît le débit. C'est pourquoi les lésions athéromateuses, qui dimi-

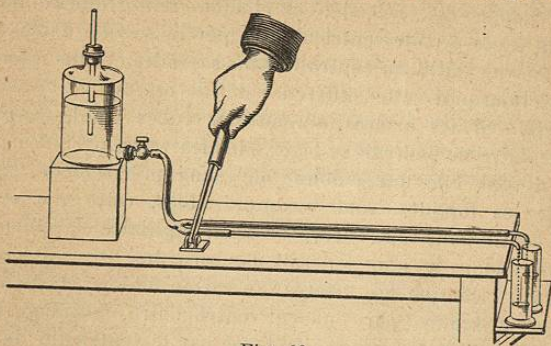


Fig. 48.

Écoulement comparé dans un tube de verre et un tube de caoutchouc. (Expérience de MAREY.)

nuent l'élasticité des artères, sont accompagnées d'une hypertrophie du ventricule gauche; car pour produire le même effet utile avec des artères rigides, le cœur est astreint à un plus grand effort, et c'est pour ce motif que sa musculature se développe, de même que tout muscle soumis à un travail exagéré s'hypertrophie.

2° Pression du sang dans les artères. — La *pression* ou *tension sanguine* résulte de la réaction des vaisseaux sur leur contenu; cette pression est très forte dans les artères, en raison de la résistance qu'apportent les capillaires au passage du sang; les systoles ventriculaires accumulent le sang dans les artères jusqu'à ce que sa pression ait acquis une valeur suffisante pour vaincre cette résistance à l'écoulement. Comment mesure-t-on cette pression et qu'elle en est la valeur?

a. *Mesure de la pression sanguine.* — Pour mesurer la pres-

sion sanguine, on se sert des manomètres des physiciens. Soit un tube en U à moitié rempli de mercure; si l'on fait communiquer une de ses branches avec la cavité d'une artère, le mercure s'abaissera dans cette branche, s'élèvera dans l'autre, et la dénivellation représentera en colonne de mercure la pression artérielle. Tel est le manomètre en U qu'employa POISEUILLE. Pour empêcher le sang d'arriver dans le manomètre et de s'y coaguler, on remplit le tube qui communique avec l'artère d'une solution anticoagulante (carbonate ou oxalate de soude). Pour recueillir un tracé de la pression sanguine, on fait reposer à la surface du mercure dans la branche libre du manomètre un petit flotteur qui supporte une tige légère terminée par un style inscripteur. Ce flotteur suit de la sorte toutes les oscillations du mercure et marque sur un cylindre enregistreur la courbe de la pression sanguine. Ainsi se trouve réalisé l'appareil de Ludwig appelé *kymographion* (fig. 49).

On peut encore inscrire la courbe de la pression avec les manomètres élastiques. Le plus simple de ces appareils est le *sphygmoscope* de CHAUVEAU et MAREY (fig. 50); il consiste en une ampoule de caoutchouc (2) remplie de la solution anticoagulante et reliée par un tube à l'artère (1); cette ampoule est logée dans un manchon de verre (3) dont la cavité bien close est remplie d'air et mise en communication (4) avec un tambour inscripteur; les mouvements d'expansion et de retrait de l'ampoule produisent ainsi des déplacements d'air que l'on peut enregistrer. Le *manomètre métallique inscripteur* de MAREY n'est pas autre chose qu'un sphygmoscope dans lequel l'ampoule de caoutchouc est remplacée par une capsule de baromètre anéroïde. Cette capsule est contenue dans un récipient à parois inextensibles rempli d'eau et relié à un tambour inscripteur (fig. 51).

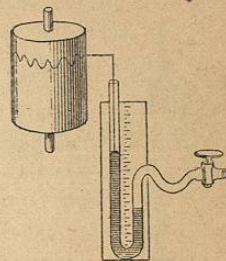


Fig. 49.

Schéma du kymographe de Ludwig.

b. *Analyse de la courbe de la tension artérielle.* — La pression dans les gros troncs artériels, comme la carotide, est de 15 à 16 centimètres de Hg chez le chien ; de 5 à 9 chez le lapin, de 28 chez le cheval ; chez l'homme on peut l'évaluer à environ 16 centimètres. Ce chiffre représente la *pression moyenne* entre les maxima et les minima, car le tracé de la tension sanguine



Fig. 50.
Sphygmoscope.

n'est pas une ligne droite, mais une ligne ondulée ; ce qui signifie que la valeur de la pression n'est pas uniforme, mais varie constamment. Les ondulations de la ligne sont de plusieurs ordres (voy. fig. 69. p. 222) ; les plus petites de faible amplitude sont synchrones avec les pulsations du cœur ; on comprend facilement que pendant la diastole cardiaque, les artères revenant sur elles-mêmes en chassant leur contenu à travers les capillaires, la tension sanguine doit baisser ; puis la systole survenant, le sang qui est lancé dans l'aorte fait hausser la pression. Il se produit ainsi une série d'oscillations qui indiquent les maxima et les minima de la pression, et qui donnent à la ligne du tracé un aspect dentelé. Les minima constituent la *pression constante*, les maxima la *pression variable* ; si, par exemple, le mercure du manomètre oscille entre 16 et 17 centimètres de Hg, c'est 16 qui est la pression constante et 17 la pression variable. La ligne de la pression présente encore de grandes oscillations isochrones aux mouvements respiratoires et qui proviennent des changements de tension auxquels sont soumis les vaisseaux dans le thorax et l'abdomen pendant l'inspiration et l'expiration ; enfin on y distingue encore des ondulations plus lentes que l'on peut rapporter à des contractions et relâchements rythmiques des petits vaisseaux (voy. *Vaso-moteurs*).

c. *Causes qui font varier la valeur de la pression.* — La pression sanguine n'a pas une valeur égale dans toute l'étendue de l'arbre artériel, et de même que dans l'écoulement d'un liquide par un tuyau de conduite la pression va en dimi-

nuant à mesure qu'on s'éloigne du point de pénétration du liquide dans le tuyau (expérience de BERNOULLI), de même dans le système artériel la pression s'abaisse progressivement des

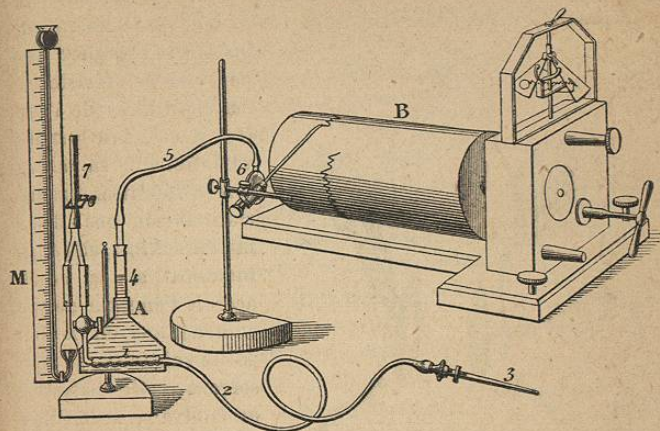


Fig. 51.

Dispositif expérimental pour enregistrer la courbe de la pression sanguine à l'aide du manomètre métallique de MAREY.

Dans le récipient A rempli d'eau se trouve en 1 une capsule de baromètre anéroïde dont la cavité est en rapport d'une part avec le tube 2 terminé par la canule 3 que l'on fixe dans une artère, et d'autre part avec le manomètre à mercure M. Le tube 7 sert à introduire dans l'appareil la solution anticoagulante. Au-dessus du niveau de l'eau 4 dans le récipient A se trouve un petit espace plein d'air qui est mis en communication par le tube 5 avec le tambour 6 dont le levier inscrit la courbe de la pression sur le cylindre enregistreur B, animé d'un mouvement de rotation uniforme par un mécanisme d'horlogerie. De la sorte, les variations de volume de la capsule 1 dues à la pression artérielle, se traduisent à la fois et par des changements de volume de l'air du tambour inscripteur et par des oscillations du niveau du mercure dans le manomètre.

grosses aux petites artères. On peut le démontrer facilement à l'aide du manomètre différentiel de CL. BERNARD, qui n'est pas autre chose qu'un manomètre en U dont les deux branches peuvent être mises simultanément en communication avec deux artères. Si on relie les deux carotides aux branches du manomètre, le niveau du mercure ne bouge pas ; mais si

le calibre des artères est différent (crurale et tibiale par exemple) le mercure s'abaisse dans la branche qui communique avec l'artère dont la pression est plus forte (crurale dans l'exemple choisi) et s'élève dans l'autre.

La pression artérielle étant soumise à deux facteurs : l'impulsion cardiaque d'une part et la résistance des capillaires de l'autre, il est clair que les variations de sa valeur seront soumises aux variations de ces deux facteurs. Ainsi, elle augmentera si le cœur accroît l'énergie de ses contractions ou si les petits vaisseaux se resserrent ; elle baissera au contraire si le cœur faiblit ou si les capillaires se dilatent. Ces actions, cardiaque et vasculaire, sont régulées par le système nerveux de façon que la pression n'oscille que

Fig. 32.
Évaluation de la durée de la circulation par la méthode d'HERING.

dans certaines limites : ainsi le cœur atténue la force de ses contractions et bat moins vite, lorsque la contraction des petits vaisseaux élève la pression ; la tension sanguine vient-elle au contraire à diminuer, le cœur accélère ses battements. En somme, le cœur règle ses mouvements d'après la résistance à vaincre, comme l'a démontré MAREY. Il est évident encore que la valeur de la pression varie suivant la quantité de sang contenue dans les vaisseaux ; tout ce qui augmente cette quantité (absorption des boissons par exemple) élève la pression ; tout ce qui diminue la masse sanguine (hémorragie) l'abaisse.

3° Vitesse du sang dans les artères. — Le temps que met le sang à parcourir complètement le circuit vasculaire, ou la durée de la circulation, est essentiellement variable suivant la distance des capillaires au cœur ; un globule sanguin doit évidemment mettre moins de temps pour parcourir le cycle des coronaires que pour revenir au cœur après avoir passé par les capillaires du pied. La vitesse moyenne de la circulation pour un circuit de longueur moyenne a cependant pu être évaluée assez exactement par le procédé d'HERING (fig. 32). Dans un tronçon de veine compris entre deux ligatures volantes (pinces hémostatiques) on injecte au moyen d'une canule effilée une solution de prussiate de potasse. La veine similaire du côté opposé est préparée pour recueillir le sang qui s'en écoule. Cela fait, on lève les ligatures et on recueille une série d'échantillons de sang de seconde en seconde. Dès que la réaction du prussiate apparaît dans un des échantillons (coloration bleu de prusse avec perchlorure de fer), c'est que le sang a parcouru un cycle circulatoire complet. En effet le prussiate a été conduit au cœur par le courant sanguin de la veine, et, après avoir parcouru le circuit pulmonaire, a été lancé dans les artères, puis a traversé les capillaires généraux pour revenir à la veine, c'est-à-dire à son point de départ.

On admet d'après les résultats de cette expérience faite sur la veine jugulaire ou la veine crurale du chien, que la durée de la circulation est approximativement de vingt-trois secondes chez l'homme.

Mais pour mesurer la vitesse du sang en un point donné du système vasculaire, il faut avoir recours à des appareils spéciaux que l'on interpose sur le trajet d'un vaisseau (*hémodynamomètres* ou *hémotachomètres*).

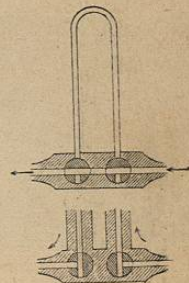


Fig. 53.
Schéma de l'hémodynamomètre de Volkmann.

A, disposition des robinets de l'appareil dans laquelle le sang ne passe pas dans le tube en U.
— B, disposition des robinets permettant le passage.

a. *Appareils mesureurs de vitesse.* — L'hémodynamomètre de VOLKMANN (fig. 53) est un long tube en U dont on adapte chaque branche aux bouts du vaisseau sectionné; le temps que met le sang à en parcourir la longueur indique la vitesse. Le compteur ou *stromuhr* de LUDWIG repose sur le même principe,

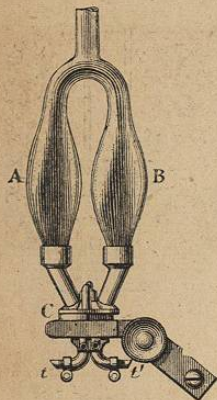


Fig. 54.
Stromuhr ou rhéomètre
de Ludwig.

mais le tube en U est beaucoup plus court et ses branches sont en forme de boules dont la capacité est connue (fig. 54). On remplit une des boules avec de l'huile, l'autre avec du sérum; la première A est mise en rapport avec le bout central de l'artère, la seconde B avec son bout périphérique au moyen des tubes *tt'*; de la sorte, lorsque le sang entre dans l'appareil, il vient prendre dans la boule A la place de l'huile qui passe dans la boule B, en chassant le sérum dans l'artère. Quand la boule A est pleine de sang, on renverse l'ordre des boules, de façon que B vienne prendre la place de A (cette transposition est rendue possible par la situation des boules sur une plateforme mobile C). Il en résulte que le sang venant du bout central de l'artère chasse de nouveau l'huile devant lui et que celle-ci repousse dans le bout périphérique de l'artère le sang déjà contenu dans la boule A. On renouvelle cette manœuvre à plusieurs reprises. D'après la quantité du sang qui passe dans l'appareil dans un temps donné on déduit la vitesse. Tout autre est le principe de l'hémotachomètre de VIERORDT; la vitesse du sang est calculée d'après l'inclinaison que le courant sanguin fait subir à un pendule suspendu dans une petite caisse que l'on interpose sur le trajet d'un vaisseau (fig. 55). L'hémodynamomètre de CHAUVÉAU est un appareil du même genre basé sur ce fait: si on enfonce une aiguille dans une artère, bien perpendiculairement à ses parois, la pointe de cette aiguille frappée par le courant sanguin

s'inclinera, et la partie extérieure au vaisseau formera un levier propre à accentuer la déviation; l'intensité de cette déviation donnera la mesure de la vitesse. L'appareil de CHAUVÉAU est un tube de laiton (ES. fig. 56) qu'on interpose sur le trajet d'un vaisseau et qui porte en un point de sa surface un orifice fermé par une membrane de caoutchouc.

Une aiguille (CC') traverse cette membrane; elle se termine en palette dans l'intérieur du tube et se meut à l'extérieur sur un cadran divisé: on peut la convertir en style inscripteur, et l'appareil devient un *hémodynamographe* ou enregistreur de vitesse.

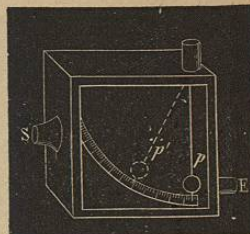


Fig. 55.
Hémostachomètre de Vierordt.

b. *Résultats.* — Les résultats obtenus avec ces appareils montrent que la vitesse du sang, de même que sa pression, diminue dans les artères de l'aorte aux capillaires; ainsi, tandis qu'elle est chez le cheval de 200 millimètres par seconde dans la carotide, elle n'est plus que de 165 millimètres dans la maxillaire

et de 56 millimètres dans la métatarsienne. Nous en avons déjà donné la raison en comparant l'évasement du cône artériel à l'élargissement du lit d'une rivière; lorsque le lit d'une rivière s'étale en surface, le courant en devient moins rapide. La vitesse est donc en raison inverse du calibre total des vaisseaux. Elle dépend des différences de pression que subissent les molécules liquides en amont et en aval du point exploré, et se trouve d'autant plus rapide que cette différence est plus grande, de même que la vitesse d'écoulement d'une rivière devient d'autant plus grande que la pente est plus forte. La vitesse du sang n'est uniforme que dans les petites artères; dans les grosses elle présente, comme la pression, des oscillations et des renforcements synchrones avec la systole cardiaque; on obtient avec l'hémodynamographe de CHAUVÉAU une

E, S, tubes qui doivent être mis en communication avec les deux bouts du vaisseau sectionné. — p, pendule. — p', position que prend le pendule sous l'impulsion du jet sanguin arrivant par E.