

terminés tous deux par un ajutage étroit. Le tube bifurqué

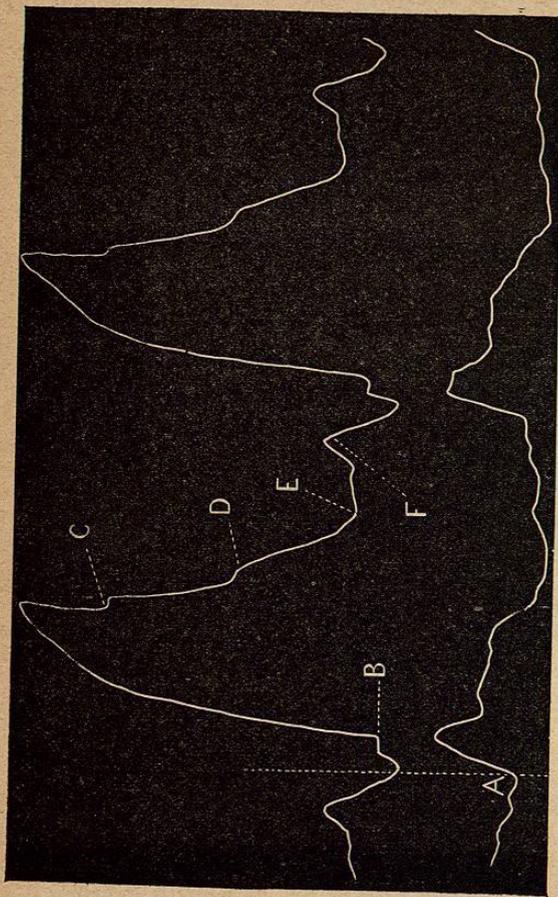


Fig. 27. — Graphique de la pulsation aortique et du battement de la pointe du cœur (ligne inférieure) recueilli sur le sujet P. atteint d'une carie du sternum, au laboratoire de C. Richet, par J. Héricourt et H. de Varigny (*Soc. Biol.*, 1888, p. 381). (La verticale A est poussée un peu trop sur la droite.) La pression aortique s'élève d'abord faiblement lors de la systole ventriculaire, puis, à partir de B, fortement. B correspond à l'écartement des sigmoïdes. En C, clôture des sigmoïdes, avec contre-coup en D. En E, la pression augmente jusqu'en F où se trahit la systole auriculaire (?) puis tombe au minimum (pression constante).

est en tissu élastique. Au niveau de ce tube, on peut abaisser un compresseur qui vient comprimer les deux branches de la

bifurcation. Si l'on abaisse et élève ce compresseur de façon à interrompre momentanément, à courts intervalles réguliers, l'écoulement de l'eau, on constate que l'écoulement est intermittent dans le tube rigide, continu et régulier dans le tube élastique, qui a transformé le mouvement intermittent grâce à l'élasticité de ses parois (Marey).

L'élasticité des grosses artères opère exactement la même transformation. Le ventricule, en chassant le sang dans l'aorte par exemple, les distend, mais, grâce au retour de ce vaisseau à son calibre, en raison de son élasticité, le sang est chassé peu à peu vers les petites artères; l'aorte emmagasine les impulsions intermittentes du ventricule et les transforme en impulsion continue; le débit est régularisé. Et ce qui le prouve, c'est qu'à mesure qu'on s'éloigne du cœur, c'est-à-dire de l'impulsion intermittente, le choc de celle-ci se perçoit moins, et l'écoulement du sang est moins saccadé pour devenir enfin parfaitement uniforme. Cette élasticité est d'ailleurs précieuse à d'autres points de vue: c'est à elle que les artères doivent leur résistance — on le voit assez quand la tunique élastique vient à céder, dans les dilatations anévrismales; — c'est à elle encore qu'est due la rétraction des artères blessées, et cette rétraction contribue à arrêter l'hémorragie.

Chaque ondée de sang projetée dans le système artériel détermine dans celui-ci une impulsion, une onde que chacun connaît: c'est le *pouls*⁴. Cette impulsion se sent sur toutes les artères de quelque importance, quand on les presse avec le doigt, surtout si l'artère repose sur un plan osseux résistant; elle est le résultat de la systole ventriculaire avec laquelle elle coïncide. On peut la sentir et l'enregistrer sur l'aorte même dans certains cas (carie du sternum). Chacun a senti battre le pouls au poignet, à la tempe, à la face, au pied, etc., chacun connaît la sensation spéciale

⁴ Fleischl attribue au pouls un rôle mécanique important; il suppose que le choc du sang aide aux échanges chimiques dans les tissus.

de soulèvement que fournit l'artère lors de la systole ventriculaire : l'artère se dilate de proche en proche de l'aorte jusqu'aux capillaires, grâce à son élasticité toujours. On peut dire que le pouls est une dilatation artérielle née de la systole ventriculaire, et allant mourir — pas toujours toutefois — dans les capillaires ; c'est une *onde*, une *vague* ; il n'est pas dû au passage du sang même qui vient d'être expulsé de l'aorte, et le pouls n'indique point la vitesse du sang, comme on pourrait peut-être le croire : du reste, la définition de l'onde suffit à écarter toute confusion : *unda non est materia progrediens, sed forma materiae progrediens* (Weber).

Tâter le pouls, c'est tâter le cœur, dans une grande mesure ; c'est en mesurer le rythme et la force, et en pathologie la chose est utile. Toutefois l'étude scientifique du pouls n'a été chose réelle que du jour où la *sphygmographie* a existé : jusque-là la médecine ou le physiologiste ne pouvaient enregistrer que des indications peu précises, purement verbales dans leur expression. Le sphygmographe a été inventé par Vierordt (1855), et ce premier instrument a suggéré l'idée de nombre d'appareils similaires à Landois, Waldenburg, Marey (1860), Brondel, etc. Il serait bien superflu d'entrer ici dans le détail de la construction de ces instruments qui pour la plupart consistent essentiellement en un levier mis en mouvement par une artère ; ce levier porte une plume ou actionne un tambour enregistreur qui à son tour agit sur un tambour inscripteur. Le plus usité en France est celui de Marey, dont il existe deux modèles : un sphygmographe direct, où le levier enregistreur porte une plume inscrivant les oscillations du levier sur une plaque mue par un mouvement d'horlogerie placé dans l'appareil ; un sphygmographe à transmission, où le levier agit sur un tambour enregistreur relié à un tambour inscripteur. Les tracés obtenus avec les sphygmographes, les *sphygmogrammes*, ne peuvent toutefois rendre de services véritables qu'à la condition qu'on sache les inter-

préter convenablement. Si nous considérons un sphygmogramme, nous y voyons une série de lignes brusquement ascendantes séparées par des lignes de descente plus allongées, plus obliques et interrompues par des ressauts. A chaque pulsation correspond une ligne ascendante et une ligne descendante : autant de pulsations, autant de lignes ascendantes-descendantes. Le sphygmogramme donne donc le

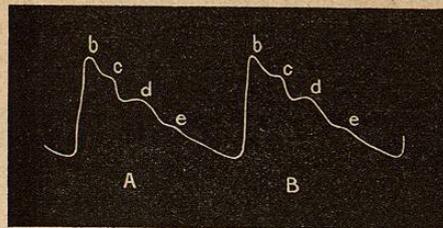


Fig. 28. — Type normal du pouls radial grandi. Les ondulations *b* et *c* appartenant à la phase systolique. (D'après Marey.)

nombre des pulsations, du moment où l'on connaît la vitesse de l'appareil enregistreur, et il indique si le pouls est fréquent, rare, ou moyen (65 ou 75 par minute) ; il indique aussi la durée totale de chaque pulsation, mais il n'en indique guère la force, soit dit en passant. La ligne ascendante, qui correspond au passage de l'onde de dilatation de l'artère (onde due à la systole ventriculaire) est généralement voisine de la verticale ; dans ce cas, la *diastole artérielle* (qui suit la systole ventriculaire, y correspond, comme la *systole artérielle* correspond à la diastole cardiaque) est rapide et brève. Mais cette ligne peut être assez oblique : c'est ce qui arrive généralement dans le pouls lent ; la diastole artérielle est plus lente, plus longue. Cette ligne d'ascension n'est pas toujours droite ; on peut y observer un ressaut, un crochet ; le pouls est *anacrote* ; le crochet correspond parfois à une systole auriculaire qui se fait sentir en raison d'une insuffisance des valvules aortiques ; mais le plus souvent il indique une sys-

tole ventriculaire faible, contrariée par une forte pression artérielle, et se faisant en deux fois. Cet anacrotisme est toutefois normal dans le pouls aortique. Le plus souvent, la ligne de descente suit immédiatement la ligne d'ascension : c'est du moins le cas normal; mais ces deux lignes sont parfois séparées par un plateau horizontal ou ascendant; cela tient à une pression artérielle forte, en général. En tout cas, on notera que le début de la descente ne marque nullement la cessation de la systole; celle-ci continue mais en s'affaiblissant, durant une petite partie de la descente — jusque vers le milieu de la ligne CD de la figure ci-jointe; la vraie diastole ne commence qu'après l'ondulation *dicrote* dont il va être question. La ligne de descente est toujours plus longue que la ligne d'ascension, l'artère mettant plus de temps à reprendre son calibre normal qu'elle n'en a mis à se distendre (et ceci se comprend facilement, puisque la nouvelle ondée de sang projetée dans l'aorte ne peut revenir en arrière à cause des valvules sigmoïdes, et dilate le système artériel tant qu'une quantité correspondante de sang n'a pas passé de celui-ci dans les capillaires). Cette ligne de descente présente toujours des crochets, mais on n'est pas d'accord sur l'interprétation du premier. Le second correspond à la clôture des valvules sigmoïdes de l'aorte, comme on peut s'en assurer en recueillant simultanément le graphique de la pression cardiaque et celui du pouls : on lui donne le nom d'ondulation *dicrote*. Elle disparaît après destruction des sigmoïdes. Le dicrotisme est donc un phénomène normal, constant, mais qui s'exagère considérablement dans beaucoup de maladies, dans d'autres, comme dans l'athérome des artères qui en fait des tubes presque rigides, au contraire, il diminue. Chez le sujet normal, d'ailleurs, il est plus ou moins prononcé : on le voit surtout quand la pression artérielle est faible, et dans les maladies à forme typhoïde, et à ceux qui pouvaient croire qu'il est dû à quelque imperfection des appareils enregistreurs, il suffit d'opposer un tracé hémautogra-

phique quelconque (projection directe du sang d'une artère coupée sur une feuille de papier à déplacement régulier); on y voit le dicrotisme parfaitement marqué; du reste, on le sent même à la main. Vierordt a donc eu tort de nier l'existence du dicrotisme normal.

Il est vrai, ce dicrotisme devient de moins en moins apparent à mesure que l'on interroge les artères plus petites; mais il en est de même des autres caractères du pouls; l'amplitude diminue, et le pouls finit par n'être qu'un léger ressaut de l'artère où le sphygmographe ne révèle rien : le pouls s'est usé, c'est-à-dire que l'onde s'est usée, amoindrie, s'étant propagée du sommet à la base du cône artériel, perdant en force ce qu'elle gagne en étendue.

Le pouls varie à l'état physiologique; il varie plus encore à l'état pathologique. Dans les maladies générales il fournit donc des renseignements intéressants

sur le rythme du cœur et la tension artérielle : dans les maladies du cœur ou des vaisseaux, il fournit des données capitales. L'étude des sphygmogrammes révèle parfaitement bien l'existence des anévrismes, et en comparant entre eux des sphygmogrammes pris sur différentes artères, on localise très exactement le siège de la dilatation artérielle; au-dessous de celle-ci, en effet, le



Fig. 29. — Tracé hémautographique de la tibiale postérieure du chien (d'après Landois). P, pulsation. R, rebondissement dicrote.

pouls est plus faible, le sac anévrisimal ayant absorbé une partie de l'onde en se dilatant; il est toujours plus retardé que dans l'artère homologue saine (de 5 ou 7 centièmes de seconde, selon Fr. Franck); et la forme même du pouls est altérée en raison de l'élasticité de la poche anévrismale, encore, qui transforme l'impulsion intermittente en impulsion uniforme, et régularise prématurément le mouvement du sang, comme l'indique le tracé de la figure 30 : on voit que la pulsation au delà d'une poche anévrismale prend exactement les caractères de la pulsation des petites

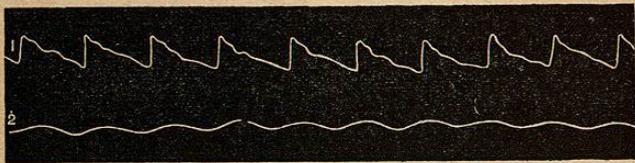


Fig. 30. — Formes différentes du pouls radial exploré au-dessous d'un anévrisme (ligne 2) et du côté sain (ligne 1). (D'après Marey.)

artères. Dans les affections valvulaires du cœur, encore, le pouls prend des caractères particuliers, qui, joints aux signes stéthoscopiques, permettent d'établir un diagnostic précis. Dans l'*insuffisance aortique* (occlusion imparfaite des valvules sigmoïdes de l'aorte) qui se présente spontanément, et que Chauveau et Marey ont aussi produite expérimentalement, le pouls est brusque et violent, très ample, la ligne descendante est très rapide et tend à devenir droite : le ressaut dicrotique est diminué ou aboli, naturellement : ceci se comprend sans qu'il soit besoin d'autres explications. La violence du pouls est due à l'hypertrophie qui accompagne généralement l'insuffisance aortique. Dans l'insuffisance mitrale et es autres lésions valvulaires on observe d'autres caractères, mais ce n'est point ici le lieu de les exposer.

Nous avons dit que le pouls des petites artères est moins ample, moins caractérisé que celui des gros vaisseaux de

même ordre. L'onde sanguine, ou la pulsation artérielle, va s'affaiblissant à mesure qu'elle s'éloigne de son point d'origine, tout comme les ondulations que provoque dans l'eau la chute d'une pierre vont s'éteignant à mesure qu'elles s'éloignent. Il y a une autre analogie entre la pulsation artérielle et l'ondulation de l'eau : toutes deux se transmettent graduellement : entre le passage de l'onde à tel point, et à tel autre, plus éloigné, il s'écoule un intervalle de temps appréciable. Il semble pourtant à l'examen superficiel que le pouls bat en même temps au cou par exemple, et au poignet : c'est une erreur, et on a reconnu que le pouls présente une *vitesse de propagation* parfaitement mesurable, variant entre 6 et 9 mètres par seconde chez l'homme. Si l'on prend le pouls en deux points d'une même artère situés à quelque distance l'un de l'autre, le pouls retarde dans le point le plus éloigné du cœur. Est-il besoin de dire que cette vitesse de propagation du pouls n'a rien à faire avec la vitesse du sang, que la vitesse de la *forme* n'a rien de commun avec la vitesse de la *matière* même ? Cela nous semble superflu, après ce qui a été dit plus haut de la quantité de sang lancée dans les artères à chaque systole ventriculaire, et de la forme conique du système artériel. Comme nous le verrons plus loin, la vitesse du sang même n'est guère que de 50 centimètres par seconde.

Le sang lancé par le ventricule dans l'aorte rencontre un vaisseau déjà plein de sang, et contenant même plus de sang qu'il ne semblerait destiné à en contenir, puisque ce vaisseau est légèrement distendu, et que son contenu est soumis à une certaine pression. Ce nouvel afflux de sang va donc déterminer une augmentation de pression : cela est inévitable, et d'ailleurs cela est nécessaire ; sans les constantes augmentations de pression dues aux contractions cardiaques, le sang, nous le savons, ne circulerait point. Il convient donc d'accorder quelque attention à ce point.

Coupez une artère ou piquez-la largement : le sang s'en échappe avec force, de façon saccadée, le jet étant plus fort

après les systoles ventriculaires. Il est clair que la pression de ce sang est considérable. Pour la mesurer avec précision, on a recours à l'hémodynamomètre. Le premier instrument de ce genre fut un simple tube de verre que Stephen Hales, en 1733, lia sur une artère ouverte, et dans lequel il vit s'élever le sang à plusieurs pieds de hauteur, y oscillant

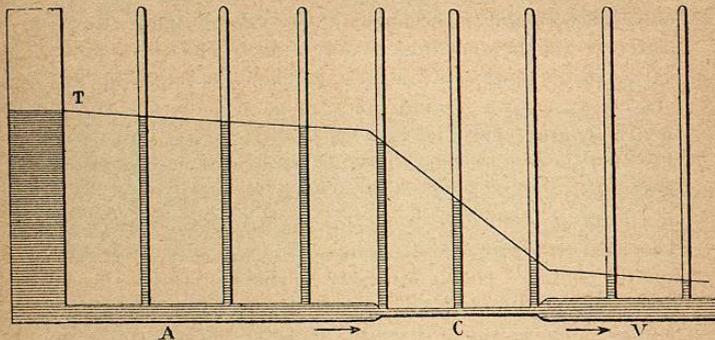


Fig. 31. — Décroissance graduelle de la pression dans une partie étroite C, occupant une assez grande longueur d'un conduit. (D'après Marey.)

d'ailleurs de façon régulière, selon les différentes phases de la pulsation cardiaque. Cet instrument primitif, qui est d'un maniement peu facile, et qui fausse quelque peu la mesure de la pression par la déplétion relativement considérable du système artériel qui perd tout le sang contenu dans le tube, sans compter d'autres inconvénients, a été remplacé par les manomètres à mercure et les manomètres élastiques.

Le premier manomètre à mercure a été celui de Poiseuille (1829) : c'était un tube en U à branche droite longue, à branche gauche plus courte et recourbée horizontalement vers son extrémité : on y versait du mercure; la branche gauche pénétrait dans l'artère, et pour empêcher le contact du mercure et du sang on interposait un liquide alcalin : la pression se lisait en mesurant

la différence entre le niveau du mercure dans les deux branches verticales. Ludwig perfectionna cet instrument en y ajoutant un flotteur muni d'une tige portant une pointe légère qui, en glissant le long d'un cylindre enregistreur, y inscrit les oscillations de pression : ainsi modifié, c'est le *kymographion* de Ludwig (1847). Cet instrument représente un progrès notable : pourtant il a un inconvénient : l'extrême inertie du mercure empêche l'enregistrement de beaucoup de phases délicates dans les oscillations de la pression. Aussi emploie-t-on plus volontiers, quand il s'agit d'inscrire celles-ci, le manomètre de Marey, qui est le plus usité des manomètres élastiques. Ceux-ci sont ainsi nommés parce que le mercure y est remplacé par un corps élastique. L'instrument imaginé par Marey consiste en une capsule de baromètre anacroïde, extensible, comme on sait, renfermée dans un vase inextensible, plein d'eau à très peu de chose près, et relié par un tube en caoutchouc à un tambour enregistreur. La capsule de baromètre communique avec l'artère par un tube à solution anticoagulante : elle communique aussi avec un petit manomètre à mercure, gradué. On peut donc à la fois inscrire les oscillations de pression, et les mesurer, et le manomètre sert constamment d'étalon pour la graduation de l'amplitude des oscillations inscrites, les capsules barométriques n'étant point uniformément élastiques. L'appareil est simple et commode. Le kymographion de Fick est encore un manomètre élastique : il rappelle le baromètre de Bourdon. Pour mesurer la pression artérielle sur l'homme, on a eu recours à différents procédés. On a chargé la peau de poids jusqu'à ce qu'elle pâlisse, ne recevant plus de sang. Marey procéda autrement : il fait plonger le doigt dans un tube rempli d'eau, bien clos, communiquant avec un manomètre et avec une poire pleine d'eau. Au moyen de la poire il comprime l'eau du tube jusqu'à ce que le manomètre ne traduise plus par ses oscillations les variations d'afflux sanguin dans le doigt : on cherche donc à empêcher l'arrivée du sang. Mais ce moyen est défectueux, car il y a des oscillations même pour des pressions certainement supérieures à celle du sang : il ne peut donner qu'une valeur approchée de la contre-pression nécessaire pour empêcher l'accès du sang, c'est-à-dire pour faire exactement équilibre à sa pression. L'appareil de von Basch est tout autre : il exerce une pression (mesurée manométriquement) sur une artère, et note à quelle pression exactement on cesse de sentir le pouls en aval du point pressé.

Le tableau qui suit résume quelques chiffres obtenus pour la pression artérielle de différents animaux :

Cheval.	28 cent. de mercure.	Grenouille.	2-3
Homme.	11-12	Oiseaux de	
Chien.	14-20	basse-cour.	14-20
Lapin.	9-10	Couleuvre.	7-8.

Hâtons-nous d'ajouter que ce sont là des chiffres moyens. N'est-il pas évident, à priori, après ce qui a été dit de l'élas-

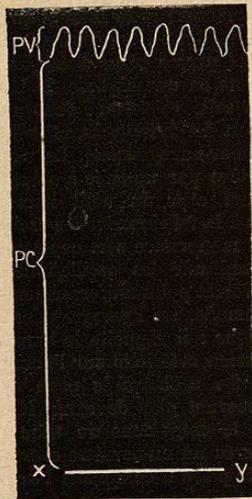


Fig. 32. — Pression constante (P. C.) et pression variable (P. V.) dans un tracé manométrique de carotide de chat. Noter la faiblesse de la première comparée à la seconde. (D'après Viault et Jolyet.)

té des artères, de l'intermittence du cœur, et de l'accroissement de l'aire du cône vasculaire, que la pression doit varier dans une même artère, selon la phase cardiaque, et à un même moment, selon le vaisseau considéré ? N'est-il pas évident que la pression artérielle doit être maxima dans l'aorte au moment de la systole ventriculaire, et minima dans les artérioles en état de systole ? Et enfin, que les oscil-

lations, les variations extrêmes doivent être plus grandes dans les gros vaisseaux voisins du cœur, et plus petites dans les petits vaisseaux qui en sont distants ? L'expérience montre que ces prévisions sont exactes, et que la pression varie considérablement. Mais, d'autre part, il y a ceci de certain, c'est que dans les plus petites artères, où il est impossible de distinguer des oscillations de pression, le sang coule. S'il coule, c'est qu'il est sous une certaine pression, et d'autre part, dans les plus gros vaisseaux, aussi, il y a une certaine pression constante à laquelle se surajoute une nouvelle pression lors de la systole ventriculaire : jamais la pression n'est zéro. Il faut donc distinguer dans la *pression* artérielle deux éléments : l'un *variable*, l'autre *invariable* ; l'un qui est l'effet immédiat de la systole cardiaque, l'autre qui persiste entre les systoles.

L'élément invariable, c'est la pression obtenue, en quelque artère que ce soit, *avant* le passage de l'onde artérielle : c'est l'élément invariable pour le moment, et pour le lieu, car, selon les conditions physiologiques ou pathologiques, et selon les artères, il présente des différences. L'élément variable, c'est la pression au moment de la diastole de l'artère, au moment du passage de l'onde qui a son origine dans la systole ventriculaire. Si, dans une artère donnée, la pression oscille entre 20 et 25 millimètres, 20 est la pression constante ou invariable ; 25 est la pression variable. Naturellement, plus on approche des capillaires, et plus les deux pressions tendent à l'égalité : il n'y a presque pas de différence entre elles. Naturellement aussi la pression constante est, comme l'invariable, l'effet des contractions cardiaques ; mais elle est le résultat des contractions cardiaques antérieures, plus celui de l'élasticité artérielle. On remarquera que les variations de la pression diminuent à mesure que la constante s'élève. La pression artérielle varie donc constamment, dans un même organisme, selon le lieu et le moment. Aux causes qui viennent d'être signalées il en faut joindre d'autres également

physiologiques. Le sang n'est point chassé du cœur dans un système invariablement identique à lui-même. Nous verrons plus loin que sous différentes influences les artérioles varient continuellement de calibre, de sorte que, même en supposant

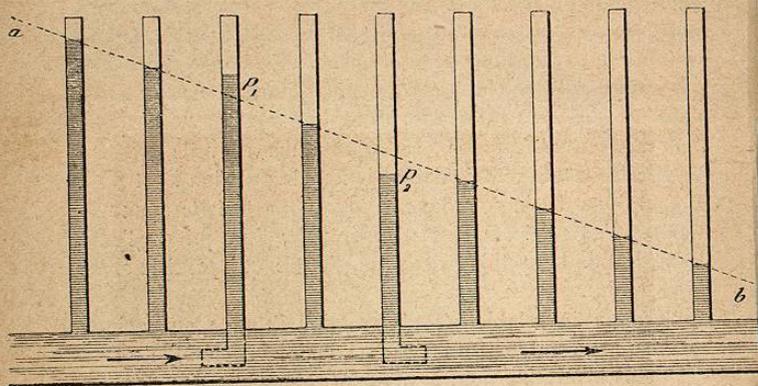


Fig. 33. — Changement de niveau dans les tubes de Pitot suivant leur orientation par rapport au courant du liquide. (D'après Marey.)

les systoles ventriculaires identiques en force et en durée, le sang est projeté dans un système de capacité variable : à supposer sa force de projection constante, la *résistance* qu'il rencontre varie, étant forte à tel moment, faible à tel autre. Cette variabilité de résistance a presque autant d'importance que la variabilité de force de projection : le *cœur périphérique*, s'il nous est permis de donner ce nom à l'ensemble des artérioles en voie de contraction et de décontraction irrégulièrement alternantes, exerce son action sur la pression tout autant que le cœur central, et on ne pourra être surpris de variations nettement appréciables se produisant dans la pression artérielle, malgré l'apparente identité des systoles ventriculaires : la pression varie parce que la résistance a changé. La pression dépend donc de deux influences :

du *cœur* et des *vaso-moteurs*, en dehors des autres facteurs dont il a été parlé. Il y a, toutefois, entre le cœur et les artérioles, des rapports intimes qui rendent très intéressante la relation qui vient d'être signalée. Ces deux cœurs ne sont point indépendants ; ils ne marchent pas chacun de son côté, sans égard l'un pour l'autre. Tous deux sont régis par le système nerveux qui coordonne leurs actions. Le cœur périphérique se dilate-t-il, amenant par là, nécessairement, une

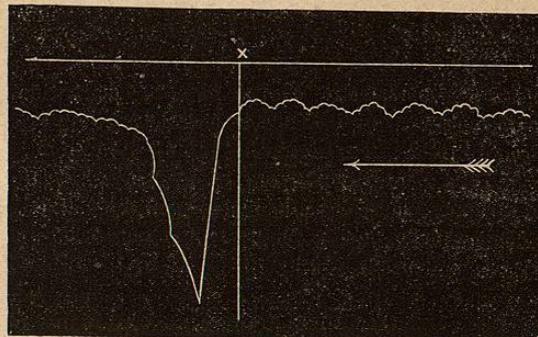


Fig. 34. — Montrant l'influence du cœur sur la pression artérielle. (D'après Foster.) En *x* on excite durant une seconde le vague, et le cœur s'arrête, d'où chute considérable de la pression. Les excitations cessant, le cœur reprend et la pression remonte.

diminution de pression ? Aussitôt le cœur central de battre plus vite. Se contracte-t-il, d'où augmentation de pression : le cœur bat plus lentement. Il y a là une régulation automatique opérée par le système nerveux : nous en reparlerons plus loin. « Le cœur bat d'autant plus vite qu'il éprouve moins de peine à se vider, » a dit Marey. La pression artérielle ne résulte pas seulement de la double influence du cœur central et du cœur périphérique : il faut tenir encore compte de la *quantité* de sang, naturellement. Or, elle varie sans cesse, selon les boissons et les excrétions rénale et cu

tanée : plus il y a de sang et plus la pression est forte, moins il y en a et plus la pression est faible, comme on peut le voir par la transfusion et par la saignée. Toutefois ces variations sont très temporaires en général, et ceci tient à deux causes : d'une part, la capacité du système artériel varie sans cesse ; elle *s'adapte* à la quantité de sang, et si on injecte de l'eau ou du sang, la pression n'augmente que temporairement, parce que le cœur périphérique se dilate (dans l'abdomen en particulier) et parce que le rein travaille rapidement à éliminer l'excès de liquide. Enlève-t-on du sang au contraire ? Les artères se contractent parfois jusqu'à effacement de leur calibre, d'après J. Hunter, et le cœur s'accélère. Nous avons vu, en parlant de la saignée, que la masse, le volume normal se reconstituent très vite, grâce à la transsudation des tissus, grâce aux boissons : l'équilibre se rétablit donc. D'autre part, le système nerveux coordonnateur des deux cœurs collabore à cette reconstitution de l'équilibre : si la masse du sang est accrue, d'où élévation de pression, le cœur se ralentit, et donne moins d'impulsions, c'est-à-dire d'augmentation de pression ; diminue-t-elle, au contraire, il bat plus vite, travaillant à accroître la pression.

On remarquera l'influence de la respiration sur la pression du sang : cela se voit bien dans les sphygmogrammes du reste, la pression augmente durant l'expiration, et diminue avec l'inspiration ; mais pour ne point commettre d'erreur dans l'interprétation des tracés, il faut veiller aux conditions où l'on opère, et spécialement au mode respiratoire qui a une grande influence.

Vitesse du sang. — La vitesse du sang, c'est-à-dire la rapidité avec laquelle une portion de ce liquide, lancée dans l'aorte par le ventricule gauche, se porte vers la périphérie, est chose très distincte, avons-nous dit de la vitesse de l'onde sanguine ; cette dernière varie entre 6 et 9 mètres par seconde ; la première, dont il nous faut maintenant parler,

n'atteint guère que 50 centimètres par seconde dans l'aorte, où elle est le plus rapide ; dans les grosses artères, elle varie entre 25, 30 ou 40 centimètres par seconde.

Pour mesurer cette vitesse, on a recours aux *hémodynamomètres* et *hémotachomètres*. Le premier en date de ces appareils est celui de Volkmann (1850) : c'est un long tube en U rempli d'une solution alcaline incolore qu'on lie sur les deux tronçons d'une artère. Le sang entre par une des branches et sort par l'autre : on connaît la longueur du tube, et sachant le temps que le sang met à remplir le tube, en chassant la solution alcaline dans le tronçon périphérique de l'artère, on déduit facilement la vitesse du sang. Le *compteur* (*Stromuhr*) de Ludwig rappelle l'instrument de Volkmann, mais est d'un maniement plus facile : le tube en U est plus court, et porte deux ampoules de capacité connue dans lesquelles le sang passe alternativement : on mesure la vitesse en notant combien de fois, dans un temps donné, les deux ampoules ont été remplies de sang : on a ainsi le volume du sang, et le temps : on en déduit la vitesse. Tout différent est l'appareil de Vierordt (1858). C'est une petite cage rectangulaire en verre où est suspendu un pendule qu'on peut apercevoir à travers les parois : le sang en traversant la cage écarte le pendule de sa position verticale : l'écartement se lit sur un cercle gradué. C'est une application du pendule hydrostatique employé pour mesurer la vitesse des courants d'eau. L'*hémodynamographe* de Chauveau et Lortet, imaginé en 1860, perfectionné depuis par Chauveau, repose sur le même principe : c'est un tube de laiton interposé sur le trajet d'une artère, et dans lequel est suspendue une aiguille terminée par une petite palette formant pendule : l'autre extrémité de l'aiguille traverse la paroi du tube et vient osciller le long d'un cercle gradué (on lit la vitesse après graduation de l'instrument qu'on fait traverser par des courants liquides de vitesse connue) ou bien actionne un tambour de Marey, ce qui en fait un hémodynamographe. Un sphygmoscope se joint à l'appareil et indique la pression en même temps que la vitesse. Enfin le *photohémotachomètre* de Cybulski (1886) repose sur le principe des tubes de Pitot (fig. 33). Soit un tube percé de deux orifices latéraux à travers lesquels passent deux tubes plus petits, coudés, disposés de telle sorte que les coudes soient opposés l'un à l'autre : dans le gros tube passe un courant de liquide. Ce liquide s'élève dans les tubes latéraux, mais il s'élève plus dans celui qui a son coude dirigé contre le courant que dans le tube qui lui tourne le dos : il y a une différence très appréciable de niveau.

On gradue l'appareil en y faisant passer des courants de vitesse connue, et on photographie les variations de niveau sur une plaque animée d'un mouvement de translation. Enfin, Hering mesure la vitesse du sang et la durée de la circulation en injectant dans une jugulaire du ferro-cyanure de potassium (ou mieux de sodium, qui est moins toxique) et en recueillant de cinq en cinq secondes un peu de sang par l'autre jugulaire : il traite ce sang par le perchlorure de fer, et dès que celui-ci renferme du ferro-cyanure, il se forme du bleu de Prusse avec le perchlorure. On sait donc combien de temps le sang a mis à faire le tour de l'organisme. Vierordt a perfectionné cette méthode en imaginant un dispositif qui permet de recueillir du sang de demi-seconde en demi-seconde.

Les expériences faites par les nombreux expérimentateurs qui se sont occupés de la vitesse du sang ont montré que celle-ci est maxima dans l'aorte, et minima dans les artérioles. Cela n'a rien de surprenant : la rivière ne va-t-elle pas d'autant plus lentement qu'elle est plus large, et l'aire de l'aorte n'est-elle pas très petite comparée à celle de la base du cône artériel ? Chez le cheval, par exemple, la vitesse est de 300 millimètres par seconde dans la carotide : dans la maxillaire, déjà, elle tombe à 165 millimètres, et dans la métatarsienne à 56. En outre, si la vitesse est plus grande dans les grosses artères, elle est, par contre, moins régulière : il y a des oscillations de vitesse notables, celle-ci étant maxima après la systole ventriculaire, et minima durant le repos du cœur (520 et 140 millimètres comme maximum et minimum dans la carotide du cheval d'après Chauveau) ; il peut même, à la clôture des valvules sigmoïdes, y avoir vitesse négative dans les artères voisines du cœur) : dans les artérioles, la vitesse est constante, ou presque constante, tout comme la pression. L'élasticité des grosses artères régularisant le cours du sang. La vitesse du sang artériel varie, comme la pression, sous l'influence de différentes influences. Si le cœur bat plus fort et plus vite, la vitesse augmente naturellement, les artères recevant dans un temps donné

une quantité de sang plus grande ; la vitesse augmente avec la pression. Mais s'il y a augmentation de pression par le fait du rétrécissement du cœur périphérique, la pression augmente seule : la vitesse ne s'accroît point, elle diminue même. Il n'y a donc pas de rapports constants entre la pulsation cardiaque, la pression et la vitesse du sang, parce que le cœur central et le cœur périphérique peuvent varier de façons très différentes. D'autre part, les mouvements respiratoires agissent sur la vitesse du sang comme sur sa pression. En général, — la question est encore discutée — la pression artérielle diminue pendant l'inspiration qui agit comme une dépression, pour augmenter pendant l'expiration, comme l'a dit Ludwig : la vitesse doit donc diminuer légèrement durant l'inspiration, la vitesse étant essentiellement fonction de la pression, ou mieux, des différences de pression. L'élément constant de la vitesse du sang est donc sans cesse additionné d'éléments variables d'origine diverse ; le courant sanguin est continu, avec renforcements (Marey). En somme, la vitesse du sang est relativement considérable. Il est facile de calculer — ou d'observer directement — cette vitesse, et on voit qu'en un temps très court, le sang a fait le tour complet de l'organisme. Ce temps varie naturellement selon les espèces, selon le cœur, la pression, la quantité de sang, les obstacles à son écoulement (activité ou repos : en activité les membres compriment les artères), etc. ; en moyenne, il faut de 25 à 30 pulsations du cœur pour que tout le sang du corps ait passé par cet organe, ce qui représente pour l'homme moins de 30 secondes. En une demi-minute, le sang parti du cœur y est revenu. On a vu que ce chiffre de 25 ou 30 systoles se présente chez la plupart des animaux étudiés (Hering et Vierordt) ; mais ceci ne veut pas dire que la durée de la circulation soit uniforme ; le cœur bat plus vite chez certaines espèces, chez les petites en particulier, et alors la durée est moindre : il y suffit de 6 à 7 secondes (chat, lapin), tandis que chez les espèces à