

début, puis un peu plus lentement; une fois le maximum atteint, le mouvement de descente commence; il a lieu avec une vitesse qui va sans cesse croissant, mais qui est toujours moindre que la vitesse d'ascension; en d'autres termes, la ligne d'ascension du tracé est toujours un peu plus courte que la ligne de descente.

Avec le sphygmographe, le cœur écrit en quelque sorte lui-même son histoire; le tracé qu'il fournit reproduit les moindres modifications survenues dans la force et dans les caractères de la systole du ventricule. Nous n'avons pas à insister ici sur les caractères du tracé sphygmographique dans les diverses maladies organiques du système circulatoire et nous renvoyons pour cette étude aux traités de pathologie.

Dicrotisme du pouls. — Dans certaines maladies, l'exploration du pouls radial fait constater deux pulsations pour une seule contraction du ventricule; il semble que le pouls batte deux fois, comme le marteau qui, après avoir frappé sur l'enclume, rebondit et retombe. On donne à ce pouls le nom de pouls *rebondissant* ou *dicrote*.

Or, le sphygmographe a permis de constater que ce dicrotisme pathologique n'est que l'exagération d'un dicrotisme que le pouls présente toujours normalement mais qui est trop faible pour être perçu par le toucher. Sur un tracé sphygmographique physiologique, on observe en effet un petit soulèvement qui interrompt la ligne de descente, comme une seconde pulsation qui se produirait après la première.

On a attribué tout d'abord ce phénomène à un ébranlement produit dans la masse du sang par l'abaissement des valvules sigmoïdes à l'instant où le sang, qui tend à refluer vers le cœur, est arrêté par ces valvules. On a voulu l'expliquer encore par une sorte de reflux du sang qui rencontre l'éperon situé à la bifurcation de l'aorte abdominale en artères iliaques primitives. Il est admis aujourd'hui (Marey, Vivenot, Duchek) que le dicrotisme résulte tout simplement de l'élasticité artérielle; la petite ascension qui interrompt la ligne de descente correspond au moment où l'élasticité artérielle restitue au sang la force qu'elle avait emmagasinée et lui communique une impulsion nouvelle.

Etat des artères sur le cadavre. — Lorsqu'on ouvre une artère sur le cadavre, on trouve ce vaisseau revenu sur lui-même, aplati et vide de sang. Cette circonstance est une conséquence de l'élasticité et de la contractilité de l'artère. Pendant la vie, en effet, la réplétion constante du système artériel par le

sang venu du cœur ne permet pas à ces deux propriétés d'épuiser leur action. La paroi artérielle est donc dans un état de *tonicité* permanente, c'est-à-dire qu'elle ne revient pas sur elle-même autant qu'elle le pourrait. Au moment de la mort, l'action du cœur cesse tout d'un coup; mais les tissus musculaire et surtout élastique des artères conservent encore pendant un certain temps leurs propriétés; le sang n'étant plus renouvelé par les systoles du ventricule, la tonicité artérielle se donne alors libre carrière; elle expulse vers les capillaires et vers les veines tout le sang que contenait le vaisseau; aussi est-ce dans le système veineux que l'on trouve accumulé tout le sang du cadavre.

§ 3. — Circulation dans les capillaires.

Le passage du sang des artères dans les veines se fait par l'intermédiaire d'un système de canaux de fines dimensions dont l'ensemble a reçu le nom de *vaisseaux capillaires*.

Étant donné le faible diamètre de ces vaisseaux (0mm004 à 0mm015), l'existence de la circulation capillaire a naturellement passé inaperçue avant l'emploi du microscope. On a cru pendant longtemps que le sang, arrivé aux extrémités du système artériel, s'infiltrait dans l'épaisseur même des tissus, les nourrissait par son *contact immédiat*, puis était repris en sens opposé par les radicules veineuses. Il est bien reconnu aujourd'hui que le système circulatoire constitue un réseau fermé de toutes parts; les capillaires existent au niveau des tissus vasculaires, et le passage du sang à leur intérieur forme la transition obligée entre la circulation artérielle et la circulation veineuse.

Nous devons toutefois signaler à ce propos, mais seulement pour le révoquer en doute, un fait que MM. Sucquet et Péan (1862) avaient un moment cherché à introduire dans la science. Ces auteurs avaient cru voir, principalement dans certaines régions très-vasculaires (extrémité unguéale des doigts et des orteils, partie antérieure du genou et postérieure du coude, peau de la face, muqueuse pituitaire et linguale), la communication s'établir directement entre les artères et les veines au moyen de petits vaisseaux entièrement distincts des capillaires. Ces petits vaisseaux constituaient ainsi une sorte de *circulation dérivative*; ils étaient munis d'un grand nombre d'éléments musculaires dont les alternatives de contraction et de relâchement réglaient l'activité de cette circulation. Mais les recherches de Sucquet et de Péan n'ont

pas été vérifiées par la plupart des anatomistes (Vulpian, Sappey, etc.), et l'existence de la *circulation dérivative* n'est plus guère admise aujourd'hui.

Des capillaires et de leurs propriétés. — Il est assez difficile, au point de vue anatomique, d'assigner aux vaisseaux capillaires des caractères absolument tranchés. La transition s'établit graduellement entre les artérioles et les capillaires d'une part, entre les capillaires et les veinules d'autre part, et l'on conçoit qu'on puisse avoir quelque peine à décider avec certitude où commence et où finit chacune de ces trois divisions du système circulatoire.

Aussi les auteurs s'entendent-ils assez mal à ce sujet. M. Robin décrit 3 variétés de capillaires : 1^o les *capillaires proprement dits*, caractérisés par une paroi amorphe contenant des noyaux dans son épaisseur ; 2^o les *capillaires de la 2^e variété*, qui ont en plus un revêtement de fibres lisses disposées circulairement ; 3^o enfin les *capillaires de la 3^e variété* qui ont, outre cette couche musculaire, une tunique externe de tissu connectif. (Voy. pour détails mon *Traité élémentaire d'histologie*, 2^e édit.)

Or on tend aujourd'hui, avec juste raison, à considérer ces deux dernières variétés comme n'étant que de fines ramifications des artérioles et des veinules et à limiter les capillaires à la 1^{re} variété de M. Robin. (Kölliker, Morel, etc.)

Nous désignerons donc sous le nom de *capillaires* de petits vaisseaux creusés dans l'épaisseur des tissus, limités par une paroi amorphe contenant quelques noyaux, et dépourvus de tout élément musculaire ou conjonctif. De plus, les recherches de Auerbach, Eberth, Aeby, les imprégnations au nitrate d'argent faites par Chrzouszensky ont prouvé que cette paroi est tapissée à sa surface interne par un endothélium à cellules aplaties, identique à celui qui forme la tunique interne des artères et des veines.

Ces vaisseaux sont extensibles, mais ils sont dépourvus de toute contractilité propre ; on les voit se dilater au moment où le sang les pénètre, puis revenir sur eux-mêmes lorsque le sang s'écoule vers les veines ; ce phénomène est purement passif ; il est dû, d'une part à la tension circulatoire, d'autre part à l'élasticité des tissus ambiants.

Cette structure est du reste en rapport avec les fonctions des capillaires. On sait que c'est au niveau des capillaires que s'opèrent les phénomènes de nutrition, c'est-à-dire les échanges

entre le sang et les tissus. Il est donc naturel que la paroi de ces vaisseaux réalise au maximum les conditions de perméabilité qui doivent favoriser ces échanges.

Le *diamètre* des capillaires est variable, et ces différences de

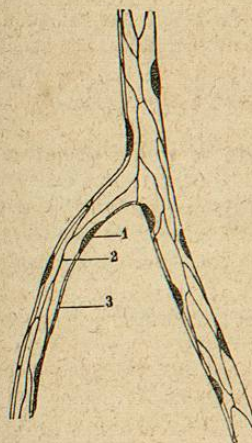


FIG. 116. — Capillaires.

1, 3. Noyaux des cellules épithéliales. — 2. Intervalles des cellules.

calibre sont en rapport avec les régions que l'on considère. Les plus gros ont environ 0mm010 ; on les rencontre dans les os, dans la plupart des membranes muqueuses. Les plus petits ont sensiblement le diamètre d'un globule rouge du sang, c'est-à-dire en moyenne 0mm006 à 0mm007 ; quelquefois même ils ont un diamètre un peu inférieur (0mm004 à 0mm006) et les globules sont obligés de s'allonger pour les parcourir ; les plus petits capillaires se rencontrent dans le système nerveux, le poumon, les muscles.

Malgré la ténuité des vaisseaux qui le composent, le système capillaire, *considéré dans son ensemble*, offre un calibre plus considérable que celui du système artériel et du système veineux. M. Vierordt estime que l'aire de tous les capillaires de la grande circulation égale 800 fois celle de l'aorte à son origine. Il en résulte, comme nous le verrons plus loin, que c'est au niveau des capillaires que le courant sanguin offre sa plus grande lenteur ; nous verrons aussi que c'est précisément la connaissance de la vitesse du sang au niveau des capillaires qui a permis à M. Vierordt de calculer approximativement l'aire de tous les capillaires réunis.

Les capillaires ne sont pas également répartis dans tous les tissus. Parmi les régions les plus riches en capillaires, on peut citer la muqueuse stomacale, les poumons, la peau de la pulpe des doigts, etc. Au niveau du poumon, cette richesse est telle que les mailles circonscrites par le réseau capillaire ne représentent que le $\frac{1}{3}$ de la surface occupée par le diamètre des vaisseaux. Au niveau de la pulpe des doigts, une piqûre d'aiguille donne lieu à une hémorragie notable, car cette pointe, si fine qu'elle soit, suffit à déchirer des centaines de capillaires. (Voy. *Capillaires* dans mon *Traité élémentaire d'histologie*, 2^e édition.)

Conditions qui déterminent le cours du sang dans les capillaires. — Bichat considérait les capillaires comme un cœur périphérique dont les contractions chassaient le sang vers les veines. Or, nous savons aujourd'hui que les capillaires sont dépourvus de muscles, incapables dès lors de toute contraction propre.

Les capillaires sont *passifs* dans la circulation. L'unique force qui fait cheminer le sang dans leur intérieur, c'est la *vis à tergo* résultant des contractions du cœur et de l'élasticité des artères.

Mais ici, comme dans les artères, nous retrouvons les conditions multiples qui tendent à diminuer l'action de cette force. L'une de ces causes, le *frottement*, y acquiert même une importance bien plus considérable puisque le calibre des vaisseaux est bien plus faible. Il en résulte, nous l'avons déjà dit, que la circulation capillaire est bien plus lente que la circulation artérielle et que l'ondée cardiaque y est à peu près complètement atténuée.

Observation de la circulation capillaire. — L'étude de la circulation capillaire se fait à l'aide du microscope. Pour cela, on choisit de préférence la membrane natatoire (interdigitale) d'une grenouille, membrane qui est naturellement transparente, et on la fixe sous le microscope sans faire subir à l'animal aucune mutilation. Il faut avoir soin de ne pas choisir un grossissement trop fort : 60 à 80 diamètres suffisent amplement ; avec un grossissement plus fort, le cours du sang paraîtrait trop rapide pour qu'on pût l'observer avec fruit.

Dans ces conditions, voici ce que l'on observe :

On remarque tout d'abord que le courant sanguin est à peu près uniforme ; les saccades du pouls s'y font à peine sentir.

On voit les vaisseaux capillaires parcourus par un liquide de couleur ambrée, qui tient en suspension des globules rouges et des globules blancs.

Dans les *gros capillaires*, les globules rouges semblent se collecter au centre de la colonne liquide, et, dans cette zone centrale, le courant est plus rapide qu'à la périphérie. Le long des parois on constate, en effet, une couche qui semble relativement stagnante ; cette couche, dite *couche adhésive* ou *couche inerte*, est surtout constituée par la partie liquide et transparente du sang (plasma), tenant en suspension les globules blancs.

Dans les *capillaires moyens*, dont le diamètre est égal à celui des globules rouges, on voit ceux-ci s'engager un à un dans le vaisseau et cheminer à la file.

Dans les *petits capillaires*, la circulation est beaucoup plus lente. Les globules rouges ne s'y engagent qu'avec peine, après s'être allongés pour accommoder leur diamètre au calibre du vaisseau ; comprimés entre les parois, ils ne cheminent qu'avec lenteur, comme un piston qui parcourt un corps de pompe à frottement dur. Souvent l'un deux, ne pouvant parvenir à passer, arrête ceux qui viennent à la suite, et l'on voit alors de petits amas de globules obstruer un capillaire, jusqu'à ce qu'une sorte de débâcle vienne, à un moment donné, y rétablir la circulation.

Enfin l'on voit souvent la direction du courant changer d'une minute à l'autre dans une branche du réseau capillaire ; on conçoit, en effet, que cette direction soit à peu près indifférente dans celles des branches du réseau qui sont perpendiculaires aux branches d'entrée et aux branches de sortie.

§ 4. — Circulation dans les veines.

Caractères et propriétés des veines. — Les veines ont à peu près la même structure que les artères, mais elles sont beaucoup moins riches en éléments élastiques et musculaires ; il en résulte des différences sensibles dans les propriétés de ces deux ordres de vaisseaux. Les veines n'ont pas, comme les artères, une tendance spéciale à rester béantes quand on les a sectionnées ; elles ne réagissent pas sous l'influence de la pression excentrique du sang ; enfin, sauf la veine splénique et la veine-porte, elles ne présentent pas de contractions propres bien manifestes.

Ce qui caractérise les veines, c'est une grande *dilatabilité*, une aptitude spéciale à servir non-seulement de canaux conducteurs, mais encore de réservoirs au sang qui leur est transmis par les artères. Cette propriété est réalisée à son maximum au niveau

de l'oreillette droite, qui peut être considérée comme une sorte d'ampoule, de dilatation appendue à l'extrémité terminale du système veineux. A l'état normal, lorsque la cause qui a distendu les veines cesse d'agir, au bout de peu de temps ces vaisseaux reprennent leur calibre primitif, en vertu de leur élasticité. Mais, pour peu que cette distension se prolonge (varices anciennes, etc.), les parois veineuses deviennent impuissantes à réagir, et la dilatation reste permanente.

D'après les considérations déjà appliquées au système artériel, il est facile de voir que le système veineux représente dans son ensemble un cône dont le sommet répondrait au cœur, la base à la région des capillaires.

Mais ce qu'il faut remarquer, c'est que la capacité de ce cône veineux est sensiblement plus considérable que celle du cône artériel, dans le rapport de 2 à 4 environ. Presque partout, en effet, on voit une artère être accompagnée de deux veines; de plus, chacune de ces veines satellites l'emporte sensiblement par son calibre sur l'artère qu'elle accompagne; enfin, dans certaines régions, les veines sont accumulées, repliées sur elles-mêmes, de façon à former des enchevêtrements, des plexus qui n'ont pas leurs analogues dans le système artériel (plexus de Santorini, plexus intra-rachidiens, etc.).

Causes qui déterminent le cours du sang dans les veines. — Le sang progresse dans les veines sous l'influence de causes diverses.

En première ligne se place la *vis à tergo*, en vertu de laquelle le sang est chassé de proche en proche des artères dans les capillaires et des capillaires dans les veines par les contractions du cœur et par l'élasticité des artères. Nous savons déjà que dans les capillaires le cours du sang est uniforme; il l'est *à fortiori* dans les veines, en raison du plus grand éloignement du cœur.

A cette cause prédominante viennent s'adjoindre des *causes accessoires*:

1^o *La contraction musculaire.* — La contraction musculaire agit sur la circulation veineuse grâce à la présence dans les veines de petits appareils spéciaux appelés *valvules*. On sait que les valvules sont de petits replis membraneux, en forme de nids de pigeon, qui sont appendus à la paroi interne des veines. Ces nids de pigeon ont leur cavité tournée vers le cœur; ils peuvent s'appliquer contre la paroi veineuse et faire place au sang lorsque ce dernier se dirige de la périphérie au centre, c'est-à-dire des capil-

laires vers le cœur; mais si le sang tend à suivre une voie inverse, les valvules se redressent de manière à obstruer le calibre de l'artère et à interdire au sang toute direction rétrograde. D'après ce mode d'action, on conçoit que toute compression exercée sur une veine de dehors en dedans aura forcément pour résultat de faire progresser le sang de la périphérie vers le centre, c'est-à-dire dans le sens même où doit s'effectuer la circulation veineuse.

Or la plupart des veines cheminent dans des interstices musculaires; elles se trouvent donc comprimées à chaque contraction des muscles voisins, et cette compression explique l'influence des contractions musculaires sur la progression du sang dans les veines. C'est à un mécanisme analogue qu'est due l'action exercée, d'après M. Tigri, par les *battements des artères* sur le cours du sang dans leurs veines satellites.

L'influence des contractions musculaires sur la circulation du sang veineux nous explique pourquoi on fait contracter aux malades les muscles de l'avant-bras pendant la saignée; elle nous explique aussi l'utilité des mouvements de la locomotion pour activer le cours du sang dans les membres inférieurs et la fréquence des dilatations veineuses chez les personnes sédentaires.

2^o *Les mouvements d'inspiration.* — Comme nous l'avons déjà vu à propos de la respiration, l'agrandissement du thorax au moment de l'inspiration tend à dilater les organes contenus dans cette cavité. Le cœur et les gros vaisseaux n'échappent pas à cette influence, mais celle-ci se fait surtout sentir sur les gros troncs veineux dont les parois sont peu épaisses et très-extensibles. Il en résulte à chaque mouvement inspiratoire une aspiration énergique du sang dans le thorax, aspiration qui contribue d'une façon très-efficace à la progression du sang dans les veines. M. Barry, engageant l'extrémité d'un tube recourbé dans la veine cave d'un cheval, tandis que l'autre extrémité plonge dans de l'eau colorée, constate que l'eau s'élève dans le tube à chaque mouvement d'inspiration.

Ce mouvement d'aspiration se fait surtout sentir dans les grosses veines voisines du cœur. Son influence y est d'autant plus marquée que ces vaisseaux présentent cette particularité d'être maintenus béants par des aponévroses (Bérard) et de ne pouvoir être déprimés par la pression atmosphérique. Cette disposition rend compte d'un accident dont la pratique chirurgicale nous offre un certain nombre d'exemples; nous voulons parler de l'*entrée de l'air dans les veines*. Lorsque, dans une opération pratiquée

sur le cou, une grosse veine est largement ouverte, l'air s'engage dans cette veine au moment de l'aspiration thoracique et le malade est pris d'accidents dyspnéiques qui amènent rapidement la mort. Le mécanisme de cette mort, disons-le en passant, paraît devoir être attribué au mélange de cet air avec le sang que le ventricule droit envoie aux poumons ; le sang, ainsi mélangé de bulles d'air, ne circule plus librement dans les capillaires du poumon, et la mort survient par défaut d'hématose.

Obstacles à la circulation veineuse. — La circulation veineuse peut être entravée non-seulement par des causes analogues à celles qui entravent la circulation artérielle, mais encore par des causes qui n'ont sur celle-ci qu'une influence inappréciable. Cette particularité est due à la faible tension du sang dans les veines, à la flaccidité de leurs parois, à leur situation souvent superficielle. Pour ne citer qu'un exemple de ce fait général, tout le monde connaît la stase veineuse que produit, dans les membres inférieurs des femmes enceintes, la compression des veines iliaques par l'utérus gravide ; tout le monde sait aussi que le lien circulaire appliqué sur le bras avant la saignée entrave la circulation veineuse et laisse subsister la perméabilité des artères plus profondément situées.

L'un des obstacles les plus manifestes qui s'opposent au cours du sang dans les veines, c'est l'*influence de la pesanteur*. Il est incontestable que, pour la plus grande partie du corps, cette influence lutte, dans la station verticale, contre l'ascension du sang veineux vers le cœur. Mais il est juste de dire que les valvules atténuent en grande partie l'action de cet obstacle ; ces petits appareils sont disposés de telle sorte qu'ils partagent en plusieurs segments les longues colonnes sanguines et qu'ils les empêchent ainsi de lutter trop efficacement par leur poids contre l'afflux du sang qui vient des capillaires. Aussi les valvules se trouvent-elles multipliées au niveau des parties déclives (membres inférieurs) ; elles manquent au contraire dans les veines de la tête, du cou, dans les veines pulmonaires, etc., c'est-à-dire dans les veines où la pesanteur, loin de gêner la circulation, lui vient plutôt en aide.

Si les mouvements d'inspiration favorisent le cours du sang veineux, il est facile de prévoir qu'une *expiration prolongée* aura un résultat inverse. Ainsi s'explique la congestion de la face, du cou et des membres supérieurs qui accompagne les efforts violents et prolongés (chant, vomissement, défécation, parturition, etc.).

Du pouls veineux. — A l'état normal, le cours du sang dans les veines est uniforme et l'on ne perçoit pas dans ces vaisseaux de pulsations isochrones aux battements du cœur.

Ce qu'on appelle le *pouls veineux* est un phénomène pathologique qui se constate, dans certaines conditions morbides, au niveau des veines jugulaires. Il consiste en pulsations isochrones aux battements cardiaques, pulsations qui se constatent bien moins par le toucher que par la vue, et qui sont dues à un reflux du sang du cœur droit dans le système veineux.

Les conditions qui peuvent donner lieu au *pouls veineux* sont multiples. Le plus souvent on observe ce phénomène chez des individus dont la *circulation pulmonaire* est entravée ; le cœur droit s'engorge, se dilate ; la valvule auriculo-ventriculaire devient insuffisante, et alors, à chaque systole ventriculaire, le sang peut refluer dans l'oreillette et jusque dans les veines qui s'y terminent.

Dans des cas plus rares, le pouls veineux est la conséquence d'une *insuffisance auriculo-ventriculaire* simple, due à une lésion organique de cette valvule.

Beaucoup plus rarement enfin, il est la conséquence d'un *rétrécissement auriculo-ventriculaire*. Dans ce cas, le sang de l'oreillette ne passant plus qu'incomplètement dans le ventricule, une portion de ce sang reflue dans les veines à chaque systole de l'oreillette ; celle-ci d'ailleurs est ordinairement hypertrophiée.

Dans les deux premiers cas, il est évident que le pouls veineux est isochrone avec la systole ventriculaire, et par conséquent avec le pouls artériel. Dans le troisième, au contraire, il précédera celui-ci, il sera *présystolique*, puisqu'il coïncidera avec la systole auriculaire.

§ 5. — De quelques phénomènes généraux de la circulation.

Pression du sang. — La pression du sang n'est pas uniforme dans les divers points du système circulatoire, contrairement à ce qu'avait tout d'abord pensé Poiseuille.

Nous avons vu que le phénomène de la circulation est déterminé en dernière analyse par une différence de pression entre les deux extrémités du système circulatoire. Cette tension atteint son maximum à l'origine des artères, son minimum au niveau de la terminaison des veines ; entre ces deux points extrêmes, elle

parcourt tous les degrés intermédiaires. En d'autres termes, la pression du sang dans un point quelconque du système circulatoire peut être considérée comme étant *en raison inverse de la distance de ce point au sommet du cône artériel*.

Cette notion essentielle a été démontrée par l'évaluation successive de la pression du sang dans les divers points du système circulatoire.

1^o *Pression du sang dans les artères.* — Nous avons vu que, dans les intervalles qui séparent les systoles ventriculaires, la paroi artérielle ne reste pas inactive; elle réagit en vertu de son élasticité sur le sang contenu dans le vaisseau, en sorte que le sang est constamment soumis dans les artères à une certaine pression. L'expérience de chaque jour montre que cette pression est assez considérable, beaucoup plus forte en particulier que dans les veines. Chaque fois que l'on ouvre une artère, le sang s'en échappe en jet, et ce jet atteint souvent deux mètres de hauteur; dans une veine, au contraire, le sang s'écoule en bavant, à moins qu'on n'ait modifié artificiellement les conditions normales de pression, comme cela se voit dans la saignée.

Pour évaluer cette tension d'une manière plus précise, on a imaginé divers appareils manométriques désignés sous le nom d'*hémodynamomètres*.

Le premier de ces appareils a été imaginé par Hales. Il consistait en un tube vertical que l'on introduisait dans le bout central d'une artère sectionnée transversalement; la hauteur à laquelle le sang s'élevait dans le tube permettait de calculer sa tension dans le vaisseau. M. Poiseuille remplaça ce tube vertical par un tube en U contenant du mercure; pour éviter la coagulation du sang, il imagina de séparer ce liquide du mercure par une couche d'eau tenant en dissolution du sulfate de soude.

Le vice capital de ces deux appareils était de supprimer, au point de vue circulatoire, toute la partie de l'artère située au delà du point sectionné; pour peu que l'on opérât sur un vaisseau volumineux, les conditions normales de la circulation devaient s'en trouver sensiblement modifiées.

MM. Ludwig, Spengler et Valentin ont modifié l'appareil de M. Poiseuille de façon à laisser la circulation s'accomplir librement dans toute l'étendue de l'artère, tout en mettant le tube manométrique en communication avec l'intérieur de ce vaisseau. Dans ce but, on évite de sectionner l'artère; mais on fait sur les parois une petite incision *longitudinale*, une sorte de boutonnière dans

laquelle on introduit l'extrémité du tube; on assure une adaptation exacte entre le tube et l'ouverture artérielle au moyen de deux petites plaques métalliques réunies par une virole à vis; ce petit appareil rend impossible l'issue du sang à l'extérieur. Dans ces conditions, rien n'est changé au cours normal de la circulation; on a simplement substitué à une certaine surface de la paroi artérielle une surface égale d'une colonne de mercure qui reçoit de la part du sang la même pression.

A l'aide de cet appareil on a constaté que, pour les grosses artères, la colonne de mercure, mise en communication avec l'artère, s'élève en moyenne de 45 centimètres. La pression exercée par le sang sur une surface quelconque de la paroi artérielle représente donc le poids d'une colonne de mercure qui aurait pour base cette surface et pour hauteur 45 centimètres. On peut, au moyen de cette donnée, calculer par exemple quelle est la pression exercée par le sang, au niveau de l'origine de l'aorte, sur les valvules sigmoïdes, ou, en d'autres termes, quelle est la force avec laquelle ces valvules retombent. Etant admis que chez l'homme le rayon de l'aorte à son origine soit de 16mm, on arrive par un calcul très-simple à démontrer que la pression exercée par le sang sur ces valvules est d'environ 1^k720.

De même on peut calculer que chaque centimètre cube de la paroi des grosses artères supporte une pression qui est d'environ 245 gr.

Cette évaluation de 45 centimètres n'est exacte que pour les grosses artères voisines du cœur. Si l'on expérimente sur des artères de plus en plus petites (humérale, etc.), on voit la tension du sang s'abaisser graduellement. Elle est du reste variable avec la quantité de sang contenue dans les vaisseaux (expériences de M. Goll), et avec les conditions diverses qui sont de nature à modifier la force de contraction du cœur (lésions du système nerveux, action de la digitale, du tabac, du chloroforme, etc.).

Une observation attentive des mouvements de la colonne mercurielle montre que le niveau du mercure ne reste pas stationnaire, mais qu'il est soumis à des *oscillations rythmiques*. Ces oscillations sont de deux sortes: les unes coïncident avec les *battements du cœur*, les autres avec les *mouvements respiratoires*.

Mais ces oscillations, assez faibles en somme, seraient fort difficiles à mesurer d'après la simple inspection des mouvements de la colonne mercurielle. Aussi M. Ludwig a-t-il imaginé, dans le but d'en évaluer l'étendue, un appareil auquel il a donné le nom de *kymographe* ($\chi\upsilon\mu\alpha$, onde). Le kymographe n'est autre chose,

dans son principe, qu'un hémodynamomètre muni d'un curseur qui flotte au sommet de la colonne mercurielle et qui enregistre sur un cylindre tournant les moindres oscillations de cette colonne. A l'aide de cet appareil on a constaté les résultats suivants :

a. — *Influence des pulsations du cœur.* — L'influence des pulsations du cœur sur la tension artérielle se conçoit *a priori*. Elle se révèle par une élévation de 1/2 à 1 centimètre dans le niveau de la colonne mercurielle. Cette tension additionnelle n'est donc en définitive qu'une fraction assez faible de la tension permanente, uniforme, qui s'exerce dans les artères du fait de leur élasticité. Elle ne se manifeste d'ailleurs que dans les grosses artères; à mesure que l'on s'éloigne du cœur, elle se fait de moins en moins sentir.

b. *Influence des mouvements respiratoires.* — Nous avons vu l'augmentation du thorax au moment de l'inspiration accélérer l'afflux du sang dans les grosses veines. En vertu du même mécanisme, on comprend que la tension du sang dans les grosses artères doive s'abaisser pendant l'inspiration et s'élever pendant l'expiration. Les oscillations qui en résultent dans le niveau de la colonne mercurielle ne sauraient être confondues avec celles qui sont produites par les contractions du cœur; elles n'ont lieu en effet que 15 à 18 fois par minute et elles sont manifestement plus étendues que ces dernières. MM. Ludwig et Spengler, étudiant comparativement ces oscillations dans la carotide d'un cheval et dans l'artère du métatarse du même animal, ont constaté qu'elles allaient s'affaiblissant considérablement à mesure qu'on s'approchait de la périphérie.

MM. Ludwig et Bentner ont comparé la tension du sang artériel dans la circulation générale et dans la circulation pulmonaire. Ils ont trouvé, ce qui est bien en rapport avec la différence d'énergie du ventricule droit et du ventricule gauche, que la tension du sang dans l'artère pulmonaire est à la tension du sang dans l'artère carotide dans le rapport approximatif de 4 à 3.

2^o *Pression du sang dans les capillaires.* — On conçoit que la pression du sang au niveau des capillaires n'ait pu être mesurée directement. Mais il est permis de supposer qu'elle tient le milieu entre celle des artères et celle des veines.

Quoi qu'il en soit, c'est du maintien dans ces petits vaisseaux d'une pression uniforme et constante que dépend sans aucun doute la régularité des échanges normaux de la nutrition. Que la pression vienne à s'y abaisser, sous l'influence d'une saignée par

exemple, on assistera à des phénomènes de résorption; qu'elle s'y élève au contraire (ligature d'une veine, etc.), le sérum du sang transsudera trop abondamment à travers les minces parois des capillaires et produira les accidents d'infiltration connus sous le nom d'œdème.

3^o *Pression dans les veines.* — La tension du sang dans le système veineux est bien plus faible que dans le système artériel. Elle ne s'élève guère en moyenne à plus de 1 à 2 centimètres de mercure. De plus elle diminue en allant des rameaux vers les troncs, c'est-à-dire des capillaires vers le cœur. Ces deux faits sont manifestement démontrés par les recherches nombreuses entreprises à l'aide de l'hémodynamomètre par MM. Mogk, Volkmann, Ludwig, Brunner, Weyrich, Jacobson.

La tension veineuse est d'ailleurs variable. Elle varie suivant l'état de réplétion du système sanguin, suivant le chiffre de la tension artérielle, suivant les contractions musculaires et surtout suivant les mouvements de la respiration. Quant aux oscillations déterminées par les contractions du cœur, elles sont ici à peine appréciables; elles ne dépassent pas quelques millimètres de mercure (Weyrich).

Vitesse du sang. — Cette vitesse, comme la pression, doit être successivement appréciée dans les divers points du système circulatoire. Mais la loi qui régit les variations de chacun de ces deux éléments n'est pas la même.

La *pression* en un point quelconque dépend de la distance qui sépare ce point de l'origine des artères; la *vitesse* dépend de la capacité du système circulatoire au niveau du point que l'on considère. Il est bien entendu que nous désignons sous le nom de système circulatoire l'ensemble schématique des vaisseaux réunis sous forme de double cône.

En vertu d'un principe bien connu d'hydrodynamique, le sang circule d'autant plus vite qu'il parcourt un canal plus étroit. Il en résulte que le sang circulera moins vite dans les veines que dans les artères, puisque le système veineux a une capacité double de celle du système artériel, et qu'il atteindra son minimum de vitesse au niveau des capillaires, puisque l'ensemble de ces vaisseaux l'emporte en capacité sur les artères et sur les veines. De plus, dans les artères la vitesse diminuera en allant du cœur vers les capillaires, puisque le cône artériel s'élargit dans le même sens; pour le même motif cette vitesse ira croissant, dans les veines, à mesure qu'on se rapprochera du cœur. En d'autres