

été invoquées pour expliquer ceux du cœur, nous nous bornerons à en donner un tableau plus loin (page 303) sans les discuter.

Les bruits du cœur sont produits dans ses cavités et non à sa surface extérieure au contact des organes qui l'entourent. Ils sont transmis au dehors surtout par les solides du thorax. Il n'y a dans le cœur qu'un liquide en mouvement en voie de parcours avec des interruptions momentanées brusques. Le cours du sang y est dû surtout à des contractions ; ses arrêts sont causés : 1° par la réplétion avec dilatation et distension finale brusque des ventricules ; 2° par le rapprochement avec tension brusque des valvules membraneuses. Celles-ci ne sont pas assez dures, assez solides, non plus que les parois vasculaires, pour produire un bruit lorsqu'elles frappent l'une contre l'autre par leurs bords en s'abaissant, ou contre les parois artérielles, comme le font les clapets de pompe quand ils s'abaissent et se relèvent par la pression de l'eau en mouvement. Mais en dehors de ces mouvements valvulaires il n'y a ni choc, ni battement dans le cœur, pas plus qu'en dehors de lui, parce que pour battre ou choquer il faut un intervalle entre le corps qui se meut et celui qui est frappé. Or le liquide qui des vaisseaux passe dans une oreillette et de celle-ci dans un ventricule y trouve déjà un peu de liquide, mais surtout des parois rapprochées et jamais écartées l'une de l'autre ni de lui ; de manière que, à mesure qu'il repousse les valvules auriculo-ventriculaires, il rencontre les parois ventriculaires qu'il ne fait que pousser devant lui sans les frapper.

La cause du premier bruit est la vibration qui résulte de la tension brusque des valvules auriculo-ventriculaires. Cette tension est des plus énergiques ; les expériences récentes de M. Chauveau, faites dans des conditions meilleures que celles faites jusqu'à présent, viennent encore de le prouver. L'objection tirée du prétendu plissement des valvules auriculo-ventriculaires, qui s'opposerait à leur tension, est sans valeur, puisque le fait sur lequel il s'appuie est faux. Toujours les expériences dans lesquelles on empêche la tension des valvules font disparaître le premier bruit, qui reparaît dès que l'on fait cesser cet obstacle ; de même aussi la section des tendons des valvules arrête toujours ce bruit, qui se trouve remplacé par un reflux du sang dans les oreillettes avec bruit de souffle intense. On a dit que le premier bruit présent chez l'homme son maximum d'intensité dans la moitié inférieure du cœur et non vers le niveau des orifices auriculo-ventriculaires, il était difficile de comprendre que ce bruit eût son siège vers ce dernier point. Mais le point précis de l'attache des tendons à la face interne des ventricules montre que le bruit pro-

duit par la tension valvulaire doit nécessairement se transmettre avec toute son intensité à la partie des parois ventriculaires correspondant à cette insertion. Nous ne pouvons discuter ici les autres objections, mais on pourra voir dans le mémoire de M. Chauveau que celles qui s'appuient sur la conservation du premier bruit dans le cœur arraché de la poitrine et placé sur une table ne sont pas fondées, par suite de diverses causes d'erreurs.

La cause du deuxième bruit ou bruit supérieur est la tension brusque des valvules sigmoïdes ou semi-lunaires abaissées subitement par le sang qui, poussé avec force dans les artères lors de la systole ventriculaire, tend à refluer dans les ventricules dès que cesse leur contraction.

Le mécanisme de la production de vibrations perçues sous forme d'un son est assez exactement le suivant : lorsqu'un liquide coule brusquement dans un tube, si on ferme rapidement un robinet dans son milieu, il y a bruit par un arrêt subit du liquide qui était doué de mouvement. Bien qu'il n'y ait pas contre le robinet de choc analogue à un coup de poing, le bruit est semblable à celui que causerait un choc de ce genre ou un coup de marteau (Robin et Littré, 1855). Lorsque le sang a distendu les artères par systole ventriculaire intense, il revient avec une intensité proportionnelle à cette contraction et à l'élasticité de celles-ci. Il abaisse les valvules sigmoïdes, d'où tension brusque de ces membranes, coïncidant avec l'arrêt subit du liquide qui revient. Il se peut aussi que ce deuxième bruit ou que le bruit accessoire correspondant, dit auriculo-métallique, soit causé par la diastole auriculaire d'après le mécanisme suivant décrit par M. Beau. On prend une portion de gros intestin longue de 4 décimètres, que l'on sépare complètement du tube intestinal et du mésocolon. On lie circulairement une de ses extrémités avec un fil, et, par l'autre extrémité, on remplit d'eau cette portion d'intestin jusqu'à la hauteur de 3 décimètres. De cette manière il reste, dans l'intérieur de l'intestin, une étendue de 4 décimètre qui ne contient pas d'eau, et qui, pour la réussite de l'expérience, doit être exactement privée d'air ; on lie ensuite avec un fil l'extrémité restée libre jusque-là. Les choses étant ainsi disposées, on exerce avec les doigts une pression circulaire sur l'intestin, entre la portion pleine et la portion vide ; on charge une personne de comprimer d'une manière notable et continue la portion pleine. Si alors on écarte brusquement les doigts qui exerçaient une pression circulaire sur l'intestin, le liquide se porte vivement contre l'extrémité vide en produisant en ce point un mouvement brusque et un bruit de choc appréciable même à distance, malgré l'affouillement complet du tube mou, dont la partie vide se

trouve alors portée brusquement à l'état de distension. Ce fait expérimental représente assez exactement le mode de production du mouvement et du bruit supérieur, lorsque, les veines caves étant distendues par le sang qui s'y est accumulé durant la systole auriculaire, ce liquide s'y précipite brusquement aussitôt que cesse le resserrement des oreillettes (voyez plus loin la fin de la Section IV).

Coincidence des bruits du cœur et de ses mouvements.

Le premier bruit se fait entendre pendant le deuxième temps, ou la deuxième période d'une révolution du cœur. Il est donc isochrone avec la systole ventriculaire.

Le deuxième bruit se produit au commencement du troisième temps ou de la troisième période d'une révolution, c'est-à-dire pendant la diastole générale ou le repos complet du cœur.

Telle est la conclusion des expériences de M. Chauveau, d'accord sur ce point avec le comité anglais et en désaccord avec M. Beau.

Les expériences de M. Chauveau donnent, en effet, pour résultat constant, dans diverses conditions, ce qui suit : Le premier bruit s'entend en même temps que la systole ventriculaire. Le second bruit s'entend au moment où les ventricules passent de la systole à la diastole; ou encore : systole auriculaire aphone, systole ventriculaire avec premier bruit; diastole générale avec deuxième bruit au commencement.

Nous avons déjà dit que sur ce point les interprétations n'étaient pas toutes concordantes. Nous allons résumer les principales. La détermination de l'isochronisme du pouls cardiaque ou du soulèvement de la poitrine avec un des mouvements essentiels du cœur est devenu le point de départ de toutes les théories. Tous les observateurs, depuis Laënnec, ont admis que le premier bruit coïncide avec ce qu'on appelle le choc du cœur. Dès lors, ce bruit doit avoir sa condition dans l'un des mouvements qui accompagnent le choc, et nécessairement le second bruit doit avoir sa cause dans les mouvements qui suivent. Selon que l'on a attribué le choc du cœur à la systole ou à la diastole ventriculaire, on a dû assigner la cause du premier bruit, et partant celle du second bruit, à des conditions de mouvement différentes.

Aussi nous pouvons admettre trois classes de théories suffisamment résumées par le tableau ci-contre :

1 ^{re} CLASSE où l'on considère que le 1 ^{er} bruit coïncide avec la systole ventriculaire.	Cause du 1 ^{er} bruit.	1 ^o Contraction des fibres musculaires des ventricules	Laënnec, Turner, D'Espine, Hope, Williams et le comité de Dublin.
		2 ^o Collision du sang et frottement contre les parois des ventricules, des orifices, etc.	Hope, Piorry et le comité de Dublin.
		3 ^o Irruption du sang dans les artères	Carlisle, Gendrin, Rouannet, Bouillaud, Hope.
		4 ^o Tension et vibration des valvules	Bouillaud.
	Cause du 2 ^e bruit.	5 ^o Choc des valvules sigmoïdes contre les parois artérielles	Bouillaud.
		6 ^o Choc de la pointe du cœur contre la poitrine	Magendie.
		1 ^o Contraction des fibres musculaires des oreillettes	Laënnec.
2 ^e CLASSE où l'on considère que le choc du cœur a lieu dans la diastole ventriculaire.	Cause du 1 ^{er} bruit.	2 ^o Dilatation des ventricules.	D'Espine.
		3 ^o Choc du cœur retombant sur le péricarde	Turner.
		4 ^o Collision du sang qui entre dans les ventricules	Hope, Gendrin, Rouannet, Bouillaud, Carlisle, Hope, Williams, comité de Dublin.
	Cause du 2 ^e bruit.	5 ^o Tension et vibration des valvules sigmoïdes	Bouillaud.
		6 ^o Choc des valvules contre les parois ventriculaires	Bouillaud.
		7 ^o Choc de la face antérieure contre la poitrine	Magendie.
		Choc contre les parois ventriculaires du sang lancé par les oreillettes	Beau, Burdach, Stockes, Pigeaux, Corrigan, Hardy et Behier, Verneuil, Valleix.
Cause du 2 ^e bruit.	1 ^o Contraction ventriculaire.	Corrigan.	
	2 ^o Choc du sang contre les parois artérielles	Pigeaux, Stockes, Burdach, Beau, Valleix, Hardy et Behier.	
	3 ^o Choc contre les parois auriculaires du sang arrivant des veines.		
3 ^e CLASSE défaut de synchronisme dans les mouvements du cœur droit et du cœur gauche.	Cause du 1 ^{er} bruit.	1 ^o Passage du sang dans les cavités gauches du cœur	Piorry.
		2 ^o Contraction du ventricule gauche.	Piedagnel.
	Cause du 2 ^e bruit.	1 ^o Passage du sang dans les cavités droites.	Piorry.
		2 ^o Contraction du ventricule droit	Piedagnel.

SECTION III.

De la circulation dans les artères, ou de l'acte artériel.

Définition. — L'acte artériel a pour but de transporter le sang depuis les ventricules jusqu'aux capillaires.

Il se divise en deux parties principales, dont l'une comprend la circulation dans les artères qui conduisent le sang aux capillaires généraux, et l'autre la circulation des artères qui conduisent le sang aux capillaires pulmonaires.

A. Des phénomènes de la circulation dans les artères.

1° *Le sang coule dans les artères d'une manière continue mais avec une rapidité qui croît à chaque contraction du cœur.* — Pour s'en convaincre, on n'a qu'à observer la circulation au microscope ou bien encore à pratiquer la section transversale d'une artère. On voit alors d'une manière manifeste les saccades arriver régulièrement à chaque contraction du cœur. Ces saccades, qui sont très sensibles au voisinage de cet organe, le deviennent de moins en moins à mesure qu'on s'approche de la périphérie, où elles finissent même par disparaître d'une manière complète.

2° *Le sang, dans les artères, coule du cœur vers les capillaires, ou du centre à la périphérie.* — La section d'une artère ne fait-elle pas voir, en effet, que le jet se dirige toujours vers les capillaires et se trouve fourni par le bout supérieur ou plutôt le bout cardiaque? Une ligature posée sur une artère nous fait arriver à la même conclusion, car, en effet, on voit le sang s'accumuler dans le bout qui correspond au cœur, et disparaître au contraire dans toute la partie comprise entre cette ligature et les capillaires.

3° *La vitesse du mouvement du sang va en diminuant à partir du cœur jusque vers les capillaires.* — Ce phénomène est facile à concevoir, si l'on veut se rappeler que le système artériel n'a pas partout les mêmes dimensions, que les lumières réunies des branches sont plus larges que la lumière du tronc. Il en résulte que, sous l'influence d'une force identique, un tube étroit est parcouru plus rapidement par une même masse de liquide qu'un tube plus large, dont la capacité est la même dans une petite étendue que celle de l'autre dans une étendue plus grande.

4° *Le sang est soumis à une pression égale dans tout le système artériel.* — Déjà Gerdy avait entrevu cette vérité et l'avait exposée, en 1813, dans sa thèse inaugurale. En effet, disait-il, le sang pas-

sant dans chacune des divisions opposées des artères, en proportion des obstacles que chacune présente, il doit arriver que par l'abondance avec laquelle il se porte dans les artères où il trouve peu d'obstacles, il s'y établit une résistance et une tension égales à celles qui ont lieu dans les artères où il y a beaucoup d'obstacles. D'un autre côté, comme tout le système artériel est toujours plein, comme toutes ses parties communiquent les unes avec les autres, toutes les parties du sang s'y trouvent pressées par la résistance ou la réaction de tout le système, et aussitôt qu'une artère se trouve ouverte, le sang s'échappe par cette ouverture, pressé par la tension de tout le système artériel.

Ce que la raison présentait, l'expérience l'a prouvé. M. Poiseuille a trouvé, en effet, que le sang d'une artère fait équilibre chez le chien à une colonne de mercure de 151 millimètres, ou à une colonne d'eau de 2 mètres 10 centimètres; chez le bœuf, à une colonne de mercure de 161 millimètres, ou à une colonne d'eau de 2 mètres 30 centimètres; chez le cheval, à une colonne de mercure de 159 millimètres. Comme, d'après ces expériences, une molécule de sang prise à un point quelconque du système artériel est mue avec une force capable de faire équilibre à une colonne de mercure d'une hauteur connue, M. Poiseuille a conclu que, pour obtenir la force qui correspond à une artère d'un calibre donné, on n'avait qu'à prendre le diamètre de ce vaisseau; le poids d'un cylindre de mercure dont la base serait le cercle donné par ce diamètre, et la hauteur celle de la colonne de mercure obtenue, doit être la force statique totale avec laquelle le sang se meut dans une artère; d'où il suit que la force totale statique qui meut le sang dans une artère est exactement en raison directe de l'aire que présente le cercle de cette artère, ou en raison directe du carré de son diamètre, quel que soit le lieu qu'elle occupe.

Durant les pauses des battements du cœur, la pression à laquelle le sang se trouve soumis dans les artères est un peu moindre, parce qu'elle subit la contre-pression des parois élastiques du système artériel entier; mais la différence se réduit à peu de chose. Hales a vu le sang monter de 3 centimètres ou de quelques centimètres, à chaque pulsation, dans un tube qu'il avait introduit dans une artère.

5° *A chaque contraction des ventricules les artères subissent un mouvement de locomotion ou de déplacement.* — Sans regarder ce phénomène, ainsi que Bichat l'avait fait, comme produisant le pouls, il n'en est pas moins certain qu'il existe et se manifeste dans tout le système artériel, avec une intensité variable toutefois. Ainsi, au voisinage du cœur, ce déplacement est très considérable. Il le de-

vient moins au cou et dans la cavité abdominale. Les expériences de Spallanzani, Weitbrecht, Bichat, ont mis ce fait hors de toute contestation ; mais dans les petites artères il est difficile de le percevoir, comme par exemple dans l'artère radiale. Au contraire, il devient très manifeste au niveau des courbures, des angles, des anastomoses, et accidentellement dans les tumeurs anévrysmatiques et dans les moignons à la suite des amputations. Il y a souvent dans les artères un mouvement *rotatoire* qui a été signalé par Parry et que M. Bérard a observé dans les artères courbes.

6° *Les artères se dilatent et se resserrent alternativement, et, quand on vient à les toucher avec les doigts sur un point résistant, elles donnent lieu à un phénomène qui est appelé le pouls artériel.* — Comme le sang ne peut marcher avec autant de vitesse dans les vaisseaux capillaires que dans les artères, à cause de la résistance qu'il rencontre dans les tubes étroits, il exerce contre les parois élastiques des artères une pression en vertu de laquelle il tend, comme tout autre liquide comprimé, à s'échapper en tout sens. Cette pression du sang sur les parois artérielles pendant la contraction des ventricules se fait sentir au doigt, et porte le nom de *pouls*. Le pouls artériel est donc, en général, isochrone à la contraction des ventricules qui en est la cause.

Par suite de cette pression, les parois élastiques des artères doivent se distendre à chaque battement du cœur ; puis, au moment de la diastole du ventricule, revenir à leur premier état, en raison de l'élasticité dont elles sont douées. Cette distension des artères peut avoir lieu en long et en large ; elle s'effectue réellement aussi dans les deux sens, mais beaucoup plus sensiblement dans le premier que dans le second. De là résulte que les artères se déplacent et deviennent flexueuses au moment du pouls, et qu'elles s'étendent de nouveau au moment du repos du ventricule ; mais pendant la pulsation elles se dilatent aussi un peu dans le sens de la largeur. Leur ampliation doit se réduire à peu de chose, puisque Parry, de Lamure, Arthaud et J. Davies ne l'ont point aperçue. Cependant chacun peut se convaincre qu'elle est bien réelle, en observant l'artère pulmonaire d'une grenouille dans toutes ses ramifications. Là, en effet, on voit très distinctement l'artère devenir non-seulement flexueuse, mais plus grosse. M. Poiseuille a constaté expérimentalement qu'à chaque pulsation l'ampleur de la carotide du cheval augmentait de la capacité d'un cylindre d'eau ayant 3 millimètres de diamètre sur 70 de long, c'est-à-dire qu'elle se dilatait environ de $\frac{1}{23}$ de sa capacité.

Flourens a fait une expérience plus simple, qui consiste à entourer une grosse artère d'un mince anneau élastique métallique

et fendu sur un point, et a observé au moment des pulsations la fente qui s'élargit d'une manière régulière. Ce qu'il y a de mieux à prendre pour cette expérience, c'est un ressort de montre.

On admet ordinairement que le pouls est isochrone dans toutes les artères, quelle que soit leur distance du cœur. Weitbrecht, Lis-covius et E.-F. Weber ont cependant fait voir le contraire, dont on peut sans peine se convaincre. Au voisinage du cœur, les battements des artères sont isochrones à la contraction des ventricules, puisque ces battements sont produits et par la systole des ventricules et par l'ampliation que l'effort du sang fait acquérir aux artères ; mais, à une plus grande distance, le pouls des artères n'est plus isochrone aux contractions du cœur et il s'en éloigne, d'après Weber, de $\frac{1}{6}$ à $\frac{1}{7}$ de seconde. Ainsi le pouls de l'artère radiale vient un peu après celui de la carotide primitive, tandis que celui de la maxillaire externe est isochrone à celui de l'axillaire, la distance du cœur étant ici à peu près la même.

Le pouls de l'artère pédieuse retarde un peu sur celui de la maxillaire externe et de la carotide primitive.

E.-H. Weber a fait voir quelles sont les causes de cette différence. Si le sang était renfermé dans des tubes rigides, à parois non extensibles, le choc de celui qui est chassé dans les artères par le ventricule du cœur se propagerait jusqu'à l'extrémité de la colonne liquide avec la même vitesse que le sang se propage dans celle-ci, c'est-à-dire beaucoup plus vite que le son ne le fait dans l'air atmosphérique, et alors la pression du sang s'étendrait avec une perte de temps presque insensible jusqu'à l'extrémité des artères. Mais les artères étant susceptibles de s'étendre un peu dans le sens de la largeur et plus encore dans celui de la longueur, le refoulement du sang par le cœur n'opère d'abord que l'ampliation de celles qui sont les plus voisines de cet organe ; celles-ci se resserrent ensuite par l'effet de leur élasticité, le sang comprimé par elles distend la portion de vaisseau qui vient immédiatement après, et ainsi de suite, de manière qu'un laps de temps, à la vérité très court, s'écoule avant que l'onde, c'est-à-dire le refoulement successif du sang, la dilatation et le resserrement des artères, arrive jusqu'à ceux de ces vaisseaux qui sont le plus éloignés. La propagation de cette onde d'expansion, sur le système artériel, est naturellement plus rapide que le mouvement du sang, de même que celle d'une onde à la surface d'un fleuve l'est beaucoup plus que le cours de ce dernier, car lorsqu'une partie de l'eau est saisie par une onde progressive, les molécules s'élèvent et s'abaissent, mais elles restent en arrière, tandis que l'onde parcourt d'autres parties de son trajet.

Le nombre des pulsations d'une artère doit nécessairement s'accorder d'une manière parfaite avec celui des battements du cœur, et les artères qu'une même distance sépare du cœur doivent battre d'une manière isochrone. Quelques personnes ont voulu déduire de l'expérience la possibilité du contraire; mais le pouls, étant la conséquence de la systole du cœur, de toute façon doit aussi coïncider avec elle. Quoique l'expérimentation n'ait pas porté sur les artères pulmonaires, on peut, par analogie, penser que les mêmes effets se passent dans cette partie que dans les artères générales. Tout en ayant la même disposition, tout doit s'y passer de même, seulement la route à parcourir est plus courte.

B. Des obstacles à la circulation artérielle.

Il faut regarder comme dépourvu de toute espèce de fondement, tout ce qu'on a dit sur les causes du retardement du cours du sang : 1° par son passage d'un lieu plus étroit dans un plus large, et par la forme conique du système artériel général; 2° par le frottement; 3° par les angles; 4° par les anastomoses où il y a un choc opposé, etc. Tout cela serait vrai, dit Bichat, si les artères étaient vides à l'instant de la contraction, parce que le sang y aurait véritablement alors un mouvement progressif; mais, dans le choc général et instantané que la masse totale répandue dans le système artériel éprouve, toutes ces causes sont évidemment nulles. J'en reviens toujours à la comparaison triviale mais très exacte de la seringue : supposez qu'un tube contourné de mille manières, avec une foule d'angles, d'inégalités, de saillies inférieures, etc., lui soit adapté; si le tube et le corps sont pleins à l'instant où l'on pousse le piston, l'eau s'échappera subitement de l'extrémité de ce tube avec autant de force que s'il était droit et court. Il est si vrai que toutes les causes de retardement, qui auraient quelque effet si les artères étaient vides à l'instant où le sang y est poussé, n'en ont aucune dans leur état ordinaire, qu'une foule d'observateurs judicieux, qui même admettaient le retardement, ont vu dans leurs expériences que le mouvement était partout égal, dans les rameaux comme dans les troncs.

Mueller pense avec raison que le frottement et l'adhérence du liquide aux parois exercent, au contraire, une influence essentielle sur son mouvement. Cette influence est si grande que le sang coule avec plus de vitesse au centre des artères que le long de leurs parois, ce dont on peut se convaincre en contemplant une petite artère au microscope. Chez la grenouille, on voit les corpuscules du sang s'avancer avec rapidité au centre du vaisseau, tandis que

les petits globules blancs coulent plus lentement le long des parois.

Si les dimensions, les courbures et probablement les anastomoses des artères ont une influence sur le cours du sang, il est impossible que tous les organes, où chacune de ces dispositions est différente, reçoivent le sang avec une même vitesse, et par conséquent avec une force égale. Le cerveau, par exemple, a quatre artères volumineuses pour lui seul; mais ces artères ont de nombreux circuits, présentent même plusieurs courbures anguleuses, avant de pénétrer dans le crâne, et quand elles y sont parvenues elles s'anastomosent très fréquemment, et enfin elles n'entrent dans le tissu de l'organe que lorsqu'elles sont devenues d'une petitesse extrême; le sang ne doit donc s'y répandre que très lentement.

L'expérience le prouve : enlevez une tranche de substance cérébrale, il n'y a presque pas d'écoulement de sang. Voyez, au contraire, le rein; il a une seule artère courte et volumineuse, qui s'enfonce dans son parenchyme alors que ses divisions sont encore très grosses : le sang ne doit-il pas le traverser avec rapidité, et la moindre blessure ne doit-elle pas donner lieu à une abondante hémorrhagie?

C. Des causes de la circulation dans les artères.

Ces causes peuvent être placées sous trois groupes principaux : 1° le cœur; 2° les artères; 3° la respiration.

1° Influence des ventricules sur la circulation dans les artères.

— Il est évident que les ventricules sont les agents actifs de cette circulation : à l'instant où ils se contractent avec une énergie égale aux résistances qu'ils vont rencontrer, le sang pousse devant lui les valvules aortiques étendues, et s'ouvre violemment passage dans l'aorte; il chasse du même coup toute la masse du sang artériel, et, semblable au mouvement que répète en l'agrandissant la grande branche d'un levier, ce mouvement, resserré à son origine dans les ventricules, se répète dans toutes les parties du corps, et tout vibre, se gonfle, s'érige, se meut, se déplace, s'allonge, au loin comme à leur principe, dans les divisions artérielles, et il ne peut pas en être différemment : tout le système artériel est habituellement plein; les ventricules ne peuvent donc pas faire passer une once de sang dans l'aorte ou dans l'artère pulmonaire sans qu' aussitôt il n'en sorte à peu près autant vers l'extrémité opposée du système artériel. C'est sous l'influence de cette contraction ventriculaire que se passent la plupart des phénomènes dont nous avons déjà donné la description.

2° *Influence des artères sur la circulation.* — Pour bien faire sentir la nécessité de cette influence, Weber fait remarquer avec raison que le cœur a quelque analogie avec une pompe à feu, et que le sang en sort par des secousses répétées périodiquement. Mais le but des deux instruments exige que le liquide coule d'une manière continue, ce qui a lieu, parce qu'à chaque pression de la pompe, outre que le liquide se trouve poussé en avant, il y a encore un corps élastique tendu qui continue de peser sur lui et de le forcer à marcher pendant que la pompe ne le comprime pas.

Les artères interviennent donc, et c'est en vertu de l'élasticité et de la contractilité.

Si les artères ne possédaient pas l'élasticité, si elles étaient des tubes inertes, le sang n'y avancerait que par saccades, en faisant place à celui qui serait lancé à chaque contraction des ventricules. Mais cette tunique élastique fait que le sang se meut en même temps d'une manière continue. Voici par quel mécanisme. Au moment où l'ondée lancée par le ventricule arrive dans l'aorte, celle-ci est distendue, elle cède en vertu de son élasticité; mais la contraction cesse: qu'arrive-t-il? L'artère va revenir sur elle-même, elle va se rétrécir en vertu de sa propriété élastique. Alors le sang se trouve pressé de toutes parts, et il tend à s'échapper par les endroits où il trouve le moins de résistance. Ces points sont l'orifice aortique et les capillaires.

Il ne pourra pas retourner dans le ventricule. En effet, à l'orifice qui sépare l'artère de cette cavité, existe un appareil valvulaire qui va entrer en action pour empêcher ce cours rétrograde. Les *valvules sigmoïdes*, qui avaient été soulevées par l'onde sanguine, vont être refoulées, abaissées sur l'orifice par la colonne de sang rétrograde. Elles vont devenir horizontales, oblitérer exactement le calibre du vaisseau, et cela d'une manière parfaite; car si l'on prend une aorte et qu'on verse de l'eau au-dessus de ces valvules, il n'en coulera point dans les ventricules. Les globules d'Arantius, qui sont à leur sommet, concourent à assurer cette oblitération d'une façon plus complète, en même temps qu'ils empêchent ces voiles mobiles de se coller d'une manière trop intime aux parois artérielles quand elles se sont soulevées. M. Monneret a signalé l'existence de deux faisceaux musculaires dont les usages seraient d'appliquer ces valvules contre les parois artérielles, et de les en éloigner ensuite pour fermer les orifices. Une fois que le sang ne trouve plus d'issue de ce côté, comme il est toujours soumis à une force considérable et continue, il doit nécessairement s'échapper du côté des capillaires. Si maintenant le ventricule n'envoie plus de sang et ne vient pas s'ajouter à cette action des artères, voici ce

qui va arriver sous l'influence de l'élasticité: les artères vont se rétrécir de plus en plus à mesure que le sang diminuera. Ainsi, lorsqu'on coupe un de ces vaisseaux, le jet de sang devient de plus en plus grêle. Chez un cheval que Hunter laissa périr d'hémorrhagie, l'aorte avait perdu plus d'un dixième de son diamètre; l'iliaque, un sixième; la crurale, un tiers; et l'on a vu, chez l'homme, des artères du volume de la radiale diminuer au point de s'oblitérer. Plus la force de contraction des ventricules est grande, plus les artères se distendent et plus elles contiennent de sang proportionnellement aux veines; plus, au contraire, les battements du cœur sont faibles, plus l'élasticité des artères peut faire équilibre à l'impulsion du cœur, plus ces vaisseaux sont étroits et moins ils contiennent de sang en proportion des veines. Ce phénomène arrive avant la mort, et il est cause qu'après la mort les artères sont vides, quoiqu'en réalité elles ne le soient pas tout à fait, du moins pour la plupart, car beaucoup d'entre elles contiennent autant de sang qu'elles en peuvent renfermer dans leur plus grand état de resserrement. C'est à cette propriété des artères qu'il faut attribuer encore la production de la pression égale du sang dans le système, phénomène dont nous avons déjà parlé.

La *contractilité* des artères joue aussi un certain rôle dans la circulation. Cette force ne ressemble pas à celle du cœur; elle ne se manifeste pas par des contractions brusques, mais d'une manière insensible, lente, vermiculaire. Et cela se comprendra facilement si l'on veut se rappeler que les fibres musculaires trouvées dans les artères appartiennent au système de la vie organique.

Voyons quel est son effet sur la circulation. Elle contribuera nécessairement à diminuer le calibre de ces vaisseaux; mais son intervention sera active, ce qui la différencie de l'élasticité: elle agira comme cette dernière, suivant le même mécanisme; mais, de plus, elle nous rendra compte de certains phénomènes particuliers qui se passent dans les artères, comme les battements, les contractions soudaines, certaines irrégularités dans la circulation; c'est à elle aussi qu'il faut attribuer la cause de certaines congestions locales.

3° *Influence de la respiration sur la circulation artérielle.* — Haller et Magendie avaient déjà constaté que la force d'impulsion du sang augmente pendant l'expiration, pendant laquelle la poitrine se resserre et les troncs vasculaires sont comprimés de manière à chasser le sang dans tout le système artériel. M. Poiseuille a démontré expérimentalement cette force d'impulsion, et il a vu, au moyen de son instrument, que la colonne de mercure monte un peu à chaque expiration, et baisse à chaque inspiration. Cette

ascension et cet abaissement sont les mêmes pour les artères placées à des distances diverses du cœur, et ils s'élèvent à 10-20 millimètres quand la respiration s'exécute avec calme. L'accroissement de l'impulsion du sang par l'expiration est si considérable chez certaines personnes que le pouls de l'artère radiale devient insensible dans les inspirations longues et soutenues. Tout le monde connaît l'histoire de ce capitaine qui prétendait avoir la faculté d'arrêter les pulsations de son cœur. Il est fort probable que ce militaire ne faisait que suspendre les pulsations de l'artère radiale, en faisant une large et profonde inspiration.

Du pouls; diastole et systole des artères. — Si au moment où l'artère se dilate on place le doigt sur elle, on perçoit un petit choc, un soulèvement alternatif, qui n'est autre que le pouls.

Pour sentir avec le doigt le battement d'une artère, il faut que celle-ci soit déprimée, et qu'elle appuie sur un plan résistant. Aussi les artères radiale, temporale et pédieuse sont celles que l'on choisit de préférence pour percevoir ce phénomène.

On ne peut sentir le pouls sur les artères d'un petit calibre.

Pour observer le pouls dans ses plus petites nuances, Vierordt a imaginé un appareil ingénieux (*sphygmomètre*) qui consiste en un petit levier, dont l'un des bras exerce, par une de ses extrémités, une pression douce sur l'artère, et dont le bras opposé, dix ou vingt fois plus long que le précédent augmente dix ou vingt fois le déplacement opéré par la pulsation artérielle. Ce déplacement est apprécié à l'aide d'une feuille de papier, contre laquelle agit un crayon fixé à l'extrémité du long bras de levier. En communiquant à cette feuille de papier un mouvement uniforme, on obtient une représentation graphique du pouls, qui se trouve ainsi dessiné par une courbe successivement convexe et concave.

Nous avons déjà dit quelles sont les relations du pouls avec les battements du cœur, et quelle différence il y avait entre le pouls des diverses artères, nous n'y reviendrons pas; examinons maintenant quelle est la cause des pouls. Quelques physiologistes rapportent le pouls à l'allongement de l'artère, d'autres à sa dilatation, d'autres à sa locomotion, d'autres à plusieurs de ces causes ou à toutes ces causes réunies. Il ressort d'une manière évidente de tout ce que nous avons dit, que le pouls est produit par l'ondée sanguine qui à chaque systole ventriculaire pénètre de force à l'origine des artères aorte et pulmonaire, et qui, en raison de l'incompressibilité du sang, détermine une dilatation brusque des artères, dans toute leur longueur successivement. Cette dilatation est le pouls, le résultat de la *pulsation* artérielle. On peut, dans quelques condi-

tions, voir à l'œil nu s'opérer cette dilatation, qui s'accompagne d'allongement avec un peu de locomotion dans les artères flexueuses comme les branches de la temporale; ou bien on peut la sentir lorsqu'en pressant légèrement sur l'artère avec le doigt on tend à arrêter la dilatation en ce point. On perçoit alors une sensation de soulèvement du doigt aussi brusque que l'afflux du sang dans l'aorte; c'est ce qu'on appelle *tâter, sentir le pouls*. C'est ce soulèvement brusque du doigt par dilatation de l'artère qu'il comprime légèrement, qui a fait croire à un choc du liquide contre les parois du vaisseau, choc qui n'existe pas plus ici que dans le cœur et par la même cause.

Le nombre des pulsations artérielles n'est pas le même à tous les âges de la vie. En moyenne le pouls bat chez l'adulte 70 fois par minute. Dans la première enfance il est plus fréquent. Il bat environ 140 fois par minute dans les deux mois qui suivent la naissance; au sixième mois le nombre des pulsations artérielles est de 128, de 120 au douzième, de 110 environ à la fin de la seconde année. Chez les vieillards, le pouls est un peu plus fréquent que chez l'adulte, ainsi que cela ressort des recherches de M. Mitiviev et de Leuret.

Certaines conditions modifient les battements des artères: le sommeil et la position horizontale, par exemple. M. Guy a étudié l'influence de la position. Il a observé que la décroissance du pouls est proportionnelle à l'inclinaison et d'autant plus marquée qu'on se rapproche plus de l'horizontale. Le système nerveux exerce une grande influence: les émotions vives, les exercices violents déterminent une fréquence plus grande; la tristesse, l'affaiblissement les diminuent.

L'exploration du pouls donne au médecin des notions très satisfaisantes sur l'état du cœur, la régularité ou l'irrégularité de ses contractions. Cependant, nous qui savons que les artères possèdent une contractilité propre, nous serons en garde contre l'idée d'admettre que les pulsations des artères indiquent toujours l'état du cœur. Il est évident, par exemple, qu'une artère, dont la propriété contractile, ou dont l'élasticité serait altérée, ne se laisserait pas distendre ou affaisser aussi facilement que dans les conditions normales. Aussi voit-on avec une égale intensité et une égale fréquence des contractions du cœur le pouls être plus ou moins large, plus ou moins serré, selon qu'il s'agit de maladies de l'intestin, de l'encéphale, du poumon, etc.

Du pouls des membres. — De même que l'afflux violent du sang dans les artères, suivi de l'écoulement de celui-ci, se manifeste par une dilatation de celles-là, de même le pouls de toutes les artères d'une partie du corps a pour résultat l'expansion de

la masse organique où elles se distribuent. M. Piégu a démontré en effet, à l'aide d'un appareil particulier, que les membres subissent un mouvement général d'expansion correspondant à chaque systole ventriculaire, à chaque *battement* du pouls de l'artère de ce membre; cette expansion est suivie d'un retrait général qui coïncide avec la systole artérielle et la reconnaît pour cause, comme l'expansion avait été causée par la diastole de l'artère. Ainsi, sur l'être vivant, tant que le cœur bat, les membres et le tronc sont dans un état continuel de mouvements d'expansion et de retrait, qui, bien que trop légers pour être perçus à l'œil nu ou au toucher dans les conditions ordinaires, deviennent très manifestes dès qu'un appareil spécial en augmente l'apparence. C'est ce même phénomène qui, dans certaines tumeurs des os, etc., riches en artères, donne lieu aux battements ou mouvements d'expansion qui en sont un des caractères, qu'on perçoit lorsque la main en embrasse la totalité ou la plus grande partie.

Des bruits artériels. — Si on applique l'oreille sur l'aorte thoracique, les carotides, les sous-clavières, et quelquefois plus loin du cœur, on entend un double bruit; le premier est sourd, le deuxième est clair, et leur rythme est semblable à celui du cœur. Le premier correspond à la diastole artérielle, et est faible; le second est plus fort, et coïncide avec la systole des artères.

Si on s'éloigne du cœur, ces deux bruits s'affaiblissent de plus en plus; le second surtout cesse bientôt complètement.

Ces bruits sont causés par la transmission des bruits du cœur. On ne saurait contester cette explication pour le deuxième bruit artériel, qui, plus fort que le premier dans les carotides, cesse tout à fait d'être perçu loin du cœur. Quant au premier, si l'on rétrécit à son intensité plus grande dans le voisinage du cœur, on croira qu'il est aussi produit par la transmission, mais si l'on considère d'autre part que l'on retrouve ce bruit dans des points où le deuxième n'est plus entendu, il faut en conclure qu'il y a une cause spéciale, et cette cause n'est autre, d'après de nombreuses expériences, que le frottement de la colonne sanguine contre les parois artérielles.

SECTION IV.

De la circulation dans les capillaires.

Définition. — C'est un acte en vertu duquel le sang passe à travers des tubes extrêmement fins pour arriver des artères dans les veines.

La contractilité des capillaires s'observe facilement sur de jeunes

CIRCULATION. — SES PHÉNOMÈNES DANS LES CAPILLAIRES. 315
mammifères; sur des animaux à température variable, grenouilles, salamandres, tritons, on peut voir les capillaires se resserrer et se dilater; et ce phénomène persiste même pendant quelque temps après la mort de l'animal.

L'étude de la circulation du sang dans les capillaires soulève une question qui se rapporte à l'influence purement statique du capillaire, résultant de la constitution même du vaisseau ou de ses dimensions.

M. Poiseuille a reconnu que, pour le même tube, les quantités d'eau écoulées dans le même temps sont proportionnelles aux pressions.

Il fallait vérifier la loi pour des tubes étroits en tenant compte de la longueur et du diamètre. Quant à la longueur, M. Poiseuille a vu qu'il existe pour chaque tube une limite de longueur au-dessous de laquelle la loi des pressions n'a plus lieu, et la valeur de cette limite varie suivant le diamètre du tube.

Lorsque la longueur du tube se trouve au-dessous de la limite, la vitesse de l'écoulement augmente plus rapidement que la pression.

D'après les expériences de M. Poiseuille, les temps employés pour l'écoulement d'une même quantité de liquide, à la même température, sous la même pression et à travers des tubes de même diamètre, sont proportionnels à la longueur des tubes.

Quant à l'influence du diamètre, dont l'étude rentre mieux dans le sujet qui nous occupe, M. Poiseuille a déduit de ses expériences la loi suivante :

Les produits de l'écoulement, toutes choses égales d'ailleurs, sont entre eux comme les quatrièmes puissances des diamètres, tandis que les écoulements, pour une même quantité de liquide, sont en raison inverse des quatrièmes puissances des diamètres.

Les expériences de M. Poiseuille, répétées par MM. Arago, Babinet, Piobert et Regnault, ont été pleinement confirmatives. Sans s'exagérer ici l'application qu'on peut en faire à l'étude de la circulation dans les capillaires, nous nous contenterons de dire, avec Volkmann, que si les ramifications capillaires d'un vaisseau accroissent les surfaces d'adhésion, leur très grand nombre compense dans une certaine mesure un tel désavantage.

Quoi qu'il en soit, l'observation générale de la circulation dans les capillaires montre que la vitesse des globules y est généralement moindre que dans les artères et les veines. Cette différence est même notable dans les capillaires qui naissent immédiatement d'une artère.

Phénomènes de la circulation dans les capillaires. — A côté de

ce fait général, d'autres phénomènes plus spéciaux se présentent et nécessitent quelques explications préalables. Dans l'observation du courant sanguin dans les artères et les veines, on sait, depuis Malpighi et Haller, que les globules sont doués de vitesses différentes suivant qu'on les considère dans l'axe ou vers les parois du vaisseau. M. Poiseuille a particulièrement fixé l'attention sur l'espace transparent qu'on remarque tout près des parois du vaisseau, espace dans lequel se montrent rarement des globules, et que de Blainville a bien vu comme appartenant au sérum du sang. M. Poiseuille a constaté que l'épaisseur de cette couche de sérum diminue quand la vitesse des globules est plus petite et disparaît quand la vitesse est nulle. A vitesses égales, la couche transparente est plus considérable dans un gros vaisseau que dans un petit. Puis, au moyen d'expériences nombreuses et précises, il a vérifié pour les tubes vivants ce que M. Girard avait vu pour les tubes inertés, c'est-à-dire que les parois des vaisseaux, par une sorte d'affinité pour le sérum qui les mouille, rendent immobile une couche très mince de ce sérum. Cette couche réagit de la même manière sur celle qui lui succède du côté de l'axe du vaisseau, et comme cette action est d'autant moins énergique qu'on s'éloigne davantage des parois, il s'ensuit que c'est à l'axe du vaisseau que le filet liquide a le maximum de vitesse.

Quand on examine la circulation capillaire, il arrive souvent que dans des vaisseaux dont le diamètre pourrait admettre au moins deux globules, on ne voit qu'une file simple de globules le plus souvent interrompue par des espaces que remplit le sérum. Quelquefois deux globules se présentent de front, mais bientôt celui qui se rapproche le plus de la paroi du vaisseau est arrêté dans sa marche, tandis que son voisin plus près de l'axe l'abandonne pour marcher seul; puis le globule fixé par la couche immobile de sérum, heurté par un nouveau globule, se porte vers l'axe et rattrape celui qu'il accompagnait d'abord. Dans un capillaire plus petit, un globule pourra se placer de manière à être fixé de tous côtés par la couche immobile de sérum, et ne sera dégagé que par l'impulsion *a tergo* de nouveaux globules. Enfin, rappelons cette particularité qui frappe les personnes observant pour la première fois ces mouvements: un globule, cheminant dans un capillaire aboutissant à une division dichotomique, est porté par le courant sur l'éperon de la division; là, il oscille pendant quelques secondes et semble hésiter sur la route qu'il choisira, jusqu'à ce qu'un déplacement un peu trop grand le porte vers l'une des branches où le courant l'entraîne.

Tous ces phénomènes spéciaux s'expliquent, d'après M. Poi-

seuille, au moyen de cette couche immobile de sérum qui tapisse le vaisseau.

Si maintenant nous arrivons aux capillaires du plus petit diamètre, nous verrons, sans avoir recours à la couche de sérum, que d'après la seule relation de dimension entre le capillaire et le globule sanguin, la circulation doit se trouver diversement modifiée, car le vaisseau n'offrira plus pour le passage d'un disque de $0^{\text{mm}},007$, qu'un calibre intérieur de $0^{\text{mm}},005$; mais nous savons que le globule sanguin est élastique: aussi peut-on voir distinctement dans les parties transparentes de la grenouille, par exemple, ou dans le mésentère des jeunes mammifères, un globule s'engager dans un capillaire sanguin de la première variété, s'allonger en le parcourant, puis reprendre sa forme en arrivant dans un capillaire d'un plus grand diamètre.

Il est vrai de dire qu'habituellement ces capillaires sont parcourus par du sérum et de fines granulations moléculaires; mais cela ne suffit pas pour établir l'existence spéciale des vaisseaux séreux, qui n'est rigoureusement démontrée nulle part.

Sur une forte grenouille, on lie toutes les parties de la cuisse à l'exception des vaisseaux et nerfs cruraux, comme dans l'expérience faite sur un chien par Magendie pour étudier le passage du sang des artères dans les veines: puis des ligatures d'attente sont placées sur l'artère et la veine. Dans ces conditions, la circulation a lieu comme avant la préparation du membre, sauf quelques saccades passagères. Les globules se meuvent plus vite dans les artères que dans les veines et plus vite dans les veines que dans les capillaires. La membrane natatoire étant convenablement fixée pour l'observation microscopique, si l'on vient à intercepter le cours du sang dans l'artère en laissant la veine libre, la vitesse des globules est diminuée. Ils vont lentement et sans saccades de l'artère aux capillaires et de ces derniers aux veines. Après trois minutes, tout mouvement a cessé; suivant les grenouilles, il peut se maintenir jusqu'à douze minutes. Si on lève la ligature, les globules de tous les points observés sont lancés brusquement sous l'impulsion du sang que le cœur envoie tout à coup à travers l'artère crurale.

Le mouvement soudain des globules, quand on enlève la ligature de l'artère, est évidemment dû à la projection du cœur. Quant à celui qui se maintient, quoique plus lentement qu'à l'état normal, après la ligature de l'artère, nous l'attribuons aujourd'hui à la contractilité des artères, sans recourir à une force inhérente aux globules qui les porterait, d'après une vue de Stevenson, des capillaires vers le cœur; ou bien encore à la force d'aspiration des vaisseaux capillaires, admise par Schultz et L. Hodge. Nul doute