

quel es globules sanguins soient vivants, comme la fibre du muscle ou le tube du nerf, mais de là à un mouvement propre, comme l'admettent Doellinger et Kaltenbrunner, il y a une immense distance.

Supposons maintenant que sur l'animal préparé comme dans l'expérience précédente on lie la veine tandis que l'artère reste libre, on voit aussitôt la progression des globules dans les vaisseaux de la membrane natatoire se faire par saccades qui durent quelques secondes. Dès que la veine au-dessous de la ligature a atteint son maximum de volume, il n'y a plus progression, mais un simple mouvement d'oscillation dont l'amplitude, d'abord d'une longueur de cinq globules, se réduit à une longueur de deux, et se continue ainsi réduite, tant que dure l'oblitération de la veine. Leur nombre en une minute est précisément égal à celui des pulsations du cœur pendant le même temps.

Si alors on comprime l'artère, le mouvement oscillatoire s'arrête; il reparait comme avant, si l'on cesse de comprimer.

Dans cette expérience, comme dans la précédente, nous avons dans les capillaires des phénomènes tenant à une double cause, l'impulsion du cœur et la contractilité des vaisseaux.

Le sens du courant peut se renverser dans les capillaires. — Bien qu'en général la circulation dans ces vaisseaux se fasse de manière que le sang se rapproche du cœur, il peut arriver que dans un rameau anastomotique établi entre deux troncs parallèles, le sang aille tantôt vers un tronc, tantôt vers un autre, et par conséquent devienne alternativement ascendant et descendant.

Le sang dans les capillaires a un courant continu. — Quand on se fait une coupure qui n'intéresse que les vaisseaux capillaires, on voit le sang surgir soit sous forme de goutte, soit en nappe, et dans tous les cas il sort d'une manière parfaitement uniforme.

Le mouvement du sang dans les capillaires est-il saccadé? — Dans les capillaires voisins du cœur, le cours du sang est saccadé, tandis qu'il ne l'est pas dans ceux qui en sont éloignés. Tel capillaire dans lequel on observe un courant continu, régulier, quand le cœur d'une grenouille se contracte avec une force moyenne, présente un courant saccadé si le cœur se contracte avec violence, comme on peut le voir en pinçant l'animal, etc. (Ch. Robin.)

La circulation présente-t-elle des différences dans les capillaires du poumon? — Cette partie de la circulation étant encore plus difficile à étudier que la précédente, on ne peut guère s'en faire une idée qu'en examinant cette dernière. On peut d'ailleurs, jusqu'à un certain point, prévoir les différences qu'il peut y avoir dans celle-ci par la connaissance de la position spéciale que ces vaisseaux présentent. Il est probable, dit Gerdy, que la proximité du

ventricule droit en rend le cours saccadé; il est probable aussi que pendant l'inspiration le sang passe beaucoup plus vite que pendant l'expiration: ce qui établirait ici une tendance à un mouvement saccadé que nous avons vu ne pas exister, en général, dans les capillaires de tout le corps.

Obstacles que la circulation capillaire rencontre. — Ces obstacles sont dus : 1° à la masse de sang à mouvoir; 2° aux frottements des parois vasculaires; 3° à la difficulté de la circulation veineuse.

1° *La masse du sang à mouvoir.* — En effet, le sang résiste et par sa force d'inertie, et par sa pesanteur. Sa résistance est en raison de son volume. Tout le monde conçoit que si la force qui chasse le sang des capillaires dans les veines est égale à 400, par exemple, la masse du sang qui remplit ces dernières étant, par sa pesanteur, égale à 50, elle circulerait avec beaucoup plus de vitesse et d'énergie, si la force restant la même, cette masse ne s'élevait qu'à 20. Le sang résiste encore par sa force d'inertie, parce que, même dans les parties supérieures, il ne marche pas assez vite dans la veine cave supérieure et les veines de la tête, par exemple, pour n'offrir aucun obstacle aux masses postérieures qui tendent à se rapprocher du cœur.

2° *Les frottements des parois vasculaires.* — Keill compara les quantités de sang qui s'écoulaient par l'artère et la veine crurales ouvertes sur un chien vivant; le rapport entre ces quantités étant de $7\frac{2}{3} : 3$, il en conclut que la résistance est de $\frac{96}{85}$ de la force du sang artériel. Lorsque Hales soumettait l'intérieur de l'artère mésentérique d'un animal mort à la pression d'une colonne d'eau de quatre pieds et demi et coupait l'intestin vis-à-vis du mésentère, les petits vaisseaux coupés ne laissaient échapper, dans un laps de temps donné, que le tiers de la quantité d'eau qui s'écoulait par les troncs ouverts de ces mêmes vaisseaux, en sorte que la résistance des petits vaisseaux s'élevait aux deux tiers de la pression.

3° *La difficulté de la circulation veineuse.* — Le sang des capillaires, pour passer dans les veines, est obligé de surmonter une résistance considérable de la part des veines. Cette résistance est tellement grande que si la forme motrice du sang dans les capillaires n'était très puissante, la circulation ne tarderait pas à s'arrêter. Il s'agit actuellement de savoir où se trouve cette force motrice.

Causes de la circulation dans les capillaires.

Ce sont : 1° le cœur; 2° les artères; 3° les capillaires; 4° quel-

quefois la pesanteur; 5° l'inspiration; 6° diverses compressions.

1° *Influence du cœur.* — Nous savons que le sang coule d'une manière continue et uniforme. Mais si le cœur s'affaiblit, les corpuscules du sang, tout en formant un courant continu dans les capillaires, y ont cependant un mouvement pulsatif et saccadé. Si la force du cœur diminue davantage, les corpuscules du sang ne forment plus un courant continu, ils n'y marchent que par saccades, et si la faiblesse est plus grande encore, ils rétrogradent même un peu après chaque saccade qui les a portés en avant.

Le cœur contribue donc à la circulation dans les capillaires par sa contraction; la dilatation de ses oreillettes vient aussi en aide à cette circulation. En effet, à chaque dilatation le sang est aspiré, la circulation veineuse est activée, et, par conséquent, la masse de sang à mouvoir par le sang contenu dans les capillaires est moins considérable, d'où aussi une augmentation dans la rapidité du courant.

2° *Influence des artères.* — Cette influence est non moins évidente que celle du cœur. L'expérience suivante de Magendie en fournit la preuve. Après avoir passé une ligature autour de la cuisse d'un chien, sans comprendre ni l'artère ni la veine, on applique une ligature séparément sur la veine près de l'aîne, et l'on fait ensuite une légère ouverture à ce vaisseau: aussitôt le sang s'échappe en formant un jet assez élevé. Pressez ensuite l'artère entre les doigts pour empêcher le sang artériel lancé par le cœur d'arriver au membre, le jet du sang veineux ne s'arrêtera pas pour cela, il continuera quelques instants; mais il ira en diminuant, et l'écoulement finira par s'arrêter, quoique la veine soit pleine dans toute sa longueur. Si, pendant la production de ces phénomènes, on examine l'artère, on verra qu'elle se resserre peu à peu, et qu'elle finit par se vider complètement: c'est alors que le sang de la veine s'arrête. L'artère agit par son élasticité. C'est même à l'intervention de l'artère que l'on doit attribuer la circulation continue et uniforme dans ces petits tubes, car si le cœur était l'unique agent il faudrait nécessairement que le cours du sang fût saccadé, intermittent, comme la force motrice.

3° *Influence des capillaires.* — Les capillaires interviennent pour faire marcher le sang qui les traverse. Magendie et M. Poiseuille ont prétendu que leur action était nulle: mais Gerdy, avec Bichat, les a réfutés, et aujourd'hui la chose n'offre pas le moindre doute. Nous avons vu (t. I, p. 435 et 375) que les capillaires, à compter du point où ils ont 2 centièmes de millimètre, ainsi que les petites veines et les artères avec lesquelles ils sont continus, sont pourvus d'une couche relativement épaisse de fibres musculaires de la vie

organique. C'est à cela que les capillaires doivent de concourir aux changements manifestes qu'éprouve leur circulation, soit lorsque la peau de la face rougit ou pâlit, se sèche ou se mouille de sueur, sous l'influence d'une émotion; soit lorsque la peau rougit ou s'enflamme sous l'influence d'une excitation inaperçue, du virus vénérien, par exemple, soit lorsqu'elle s'enflamme sous l'influence d'une cause extérieure, irritante, douloureuse et perçue.

4° *Influence de la pesanteur.* — La pesanteur peut aider ou contrarier la marche du sang dans les capillaires. Elle la favorisera toutes les fois que la masse du sang à mouvoir sera diminuée, ou bien que la colonne sanguine diminuera de hauteur. Ainsi, en mettant la main dans la position verticale en haut, la circulation des capillaires sera augmentée dans sa rapidité, parce que le sang contenu dans les veines n'étant plus obligé de remonter contre son propre poids, gagnera vite le cœur; alors le sang des capillaires trouvant une issue facile, passera plus rapidement dans les veines. Il est évident que les conditions inverses produiront des résultats opposés, et par conséquent la circulation des capillaires sera ralentie.

5° *Influence de l'inspiration et de l'expiration.* — Cette influence est incontestable, car à chaque inspiration le sang veineux se trouve aspiré dans la poitrine, et de proche en proche cette action se fait ressentir jusque dans les capillaires.

6° *Influence des diverses compressions.* — Les muscles, en se contractant, expriment pour ainsi dire le sang qu'ils renfermaient dans leurs capillaires et par conséquent augmentent la rapidité du courant. Cette compression peut être due à des organes environnants. L'art intervient pour produire le même résultat. Ainsi, que de fois ne voit-on pas des phlegmons diffus, des engorgements, disparaître à la suite d'une compression méthodiquement exercée!

Le sang peut-il se mouvoir par sa propre force? — Non. Les motifs qu'on allègue en faveur de la force propulsive du sang se fondent sur ce que le mouvement de ce liquide continue sans battements du cœur. Il est deux conditions dans lesquelles, à l'aide du microscope, on voit le sang continuer encore à se mouvoir dans les vaisseaux capillaires d'une partie qui a été détachée du corps:

1° Tant que le sang coule par la plaie faite aux troncs vasculaires, ce qui doit agir sur son état dans les capillaires. Ainsi Mueller a observé des mouvements lents dirigés vers les ouvertures des troncs ouverts, pendant dix minutes après l'ablation d'une patte chez la grenouille. Ces mouvements tiennent uniquement à l'écoulement du sang, pendant que les vaisseaux, en vertu de

leur élasticité, prennent un diamètre moindre que celui qu'ils avaient auparavant dans l'état de distension violente.

2° Lorsqu'on fait tomber les rayons du soleil sur une partie humide qui a été détachée du corps, la surface de cette partie, en se desséchant, se fronce avec tant de rapidité que le changement devient visible à l'œil nu. Ce phénomène tient à ce que les vaisseaux capillaires se vident plus promptement.

Des circulations capillaires spéciales. — Schultz est le premier qui ait étudié sérieusement cette question.

D'une manière générale, nous avons établi que le mouvement du sang dans les capillaires est sous l'influence du cœur et de la contractilité artérielle. Dans le cas où un capillaire de la troisième variété fait directement communiquer une artère et une veine, le circuit s'accomplit rigoureusement entre les deux variétés, et nous comprenons ainsi sans peine comment du prussiatejaune de potasse, injecté dans la veine jugulaire d'un chien, arrive en vingt-cinq secondes dans l'artère carotide. Mais tout le prussiate ne revient pas ainsi par la carotide, car il en peut séjourner dans le foie pendant plusieurs jours. Ce retard tient-il à une fixation immédiate du prussiate dans l'organe, ou tient-il au mode particulier de la circulation dans les plus fins capillaires ? telle est la véritable question à résoudre. (Voyez : Segond, *Thèse de concours*, 1853.)

Nous avons vu que si la forme dendritique caractérise les divisions des artérioles, au contraire, du moment où on entre dans le lacs des capillaires, on a des réseaux caractéristiques, à mailles plus ou moins serrées, à forme circulaire, polygonale. Or, quand on examine attentivement le cours du sang dans ces réseaux, on voit que si d'une part l'ébranlement général des globules est sous l'influence du cœur, d'autre part cette impulsion centrale ne détermine pas invariablement la direction des petits circuits dans le réseau, comme elle détermine le cours du sang dans les arborisations artérielles ; aussi voit-on les globules affecter, sous l'œil de l'observateur, des directions variées entre les différentes parties du réseau. Il y a donc là, dans cette circulation capillaire, des phénomènes généraux d'ébranlement des globules, appartenant à l'impulsion générale de la circulation du sang, et d'autre part une circulation réticulaire, qui dépend de la disposition même des capillaires dans le réseau, et l'on comprend très bien que dans ces intrications si déliées, dont nous avons donné la description, une portion du sang, poussée par les artères, soit retenue un certain temps par ces trajets tortueux qui tendent en quelque sorte à le dévier de sa route.

Il faudrait donc ajouter, d'après cela, à nos premières conclusions sur la circulation capillaire, que le cours du sang n'est pas seulement ralenti par le petit calibre des vaisseaux, qui augmente les surfaces de frottement, mais que certaines portions du sang y sont à la fois ralenties, et arrêtées temporairement par suite de la disposition même du réseau qui les force à se mouvoir çà et là dans le nombre infini des mailles vasculaires, circonstances tout à fait capitales pour comprendre les phénomènes de nutrition.

Nous avons vu (t. I, p. 548 à 555) quelle était l'influence de la section du grand sympathique du cou sur la circulation, etc. M. Cl. Bernard a remarqué que les vaisseaux artériels sont alors contractés. Mais ce qu'il y aurait d'important à constater, ce serait l'état des capillaires. Quoi qu'il en soit, cet expérimentateur se contente pour le moment d'assimiler la congestion spéciale des capillaires à ce qu'elle est dans les cas où un organe entre activement en fonction. Mais il résulte au moins des expériences de M. Cl. Bernard que la circulation capillaire peut être affectée, par la section de certains nerfs, d'une manière spéciale ; tandis qu'il est des lésions du système nerveux, qui affectent la circulation générale sans atteindre les circulations spéciales à chaque organe.

Pour terminer cet article, nous empruntons à Schultz l'indication d'un ordre de preuves qui tout en établissant la réalité des circulations capillaires spéciales, achèvent de déterminer leur relation avec le système nerveux.

Dans diverses circonstances physiologiques, le sang apporté dans un organe s'y amasse d'une manière évidente ; les mamelles pendant la sécrétion du lait, la muqueuse stomacale dans la digestion, l'utérus pendant la grossesse, la peau au moment d'une forte transpiration. Quel que soit, dans ce cas, l'état de la circulation générale, on ne saurait y subordonner l'état spécial de la circulation capillaire. Donc, des phénomènes de circulation capillaire peuvent se montrer avec un caractère particulier d'indépendance, soit relativement aux autres parties du système capillaire, soit relativement à l'ensemble de la circulation. D'un autre côté, la fièvre peut s'allumer sans déterminer nécessairement l'injection du système capillaire.

Veut-on maintenant des phénomènes réflexes s'établissant entre deux points de ce système, au moyen de circuits nerveux, et indépendamment de l'état général de la circulation, on peut citer la congestion artificielle de la muqueuse buccale déterminant la congestion de l'estomac. Enfin, comme phénomène nerveux plus complexe, les émotions passagères, insuffisantes pour troubler notablement la circulation générale, déterminent pourtant, suivant

a nature de l'impression, la rougeur et la pâleur des capillaires de la face.

Nous pensons que de l'ensemble de ces considérations, ressort assez nettement la nécessité qu'il y a de reconnaître à côté des phénomènes généraux du circulus d'Harvey, des phénomènes spéciaux de circulation capillaire, qui varient suivant la disposition des réseaux, c'est-à-dire suivant les organes et surtout suivant la manière dont les organes sont reliés et rendus solidaires au moyen du système nerveux. (Segond, *loc. cit.*, 1853.)

SECTION V.

De la circulation veineuse.

Définition. — La circulation veineuse est cet acte en vertu duquel le sang est transporté depuis les capillaires jusque dans les oreillettes.

A. — Phénomènes de la circulation veineuse.

1° *Le sang veineux se meut de la périphérie au centre.* — En effet, des capillaires généraux le sang passe dans les veines et arrive bientôt jusque dans l'oreillette droite, et des capillaires du poumon, il vient se rendre dans l'oreillette gauche. En considérant le cœur comme le centre de la circulation nous avons alors raison d'émettre la proposition ci-dessus. Mais si, au contraire, on envisage cette marche de sang dans certaines régions, nous voyons dans le cours du sang veineux quelque chose d'analogue à ce que nous avons déjà constaté pour les capillaires; c'est-à-dire que vers les anastomoses transversales entre deux veines, le sang ira tantôt vers une veine, tantôt vers l'autre. Cela se voit surtout dans les réseaux veineux du rachis, dans les canaux veineux du diploé où le cours du sang se fait toujours vers le point le plus déclive.

2° *Le cours du sang veineux est plus vaste que celui du sang artériel.* — Il est incontestable que les veines sont plus nombreuses que les artères, et, par conséquent, que la capacité de toutes les veines l'emporte sur celle de toutes les artères. Ainsi le sang sort du cœur par deux artères, il rentre par sept veines. Dans les membres les artères sont accompagnées de deux veines satellites aussi grosses que l'artère, et de plus il existe des veines superficielles. Un autre fait, c'est que les veines sont plus dilatables que les artères.

3° *La carrière du sang veineux est plus variée que celle du sang*

artériel. — On peut s'en convaincre, en se rappelant les faits anatomiques suivants :

1° M. le professeur Bérard a démontré qu'il y avait des veines attachées par leur circonférence à des aponévroses qui les font tenir béantes.

2° Il y a des veines qui sont à l'état de *sinus* et qui n'ont que la membrane interne.

3° On trouve autour du rachis un réseau veineux qui se rapproche un peu des sinus en ce sens qu'il reste béant quoique d'une manière peu prononcée.

4° Il existe certaines veines qui, prenant le nom d'*appareil porte*, vont se distribuer comme des artères (veine porte hépatique chez l'homme, veine porte rénale chez les poissons).

5° Les veines présentent encore quelque chose de curieux, c'est leur disposition dans l'épaisseur de certains os (canaux veineux du diploé, du corps des vertèbres).

6° Enfin, c'est le système veineux qui concourt à former les tissus érectiles (corps caverneux), où le sang échappe momentanément aux lois de la circulation.

4° *Le sang veineux se meut d'une manière continue.* — Ce caractère établit une différence tranchée entre la circulation veineuse et la circulation artérielle, et rapproche assez le cours du sang veineux du cours du sang dans les capillaires. Cependant cette proposition présente quelques exceptions : ainsi à la fin d'une saignée on voit quelquefois le jet devenir saccadé et le sang offrir une coloration rougeâtre. M. Coudray a vu ce phénomène se manifester assez souvent et il a pu constater que la saccade de la veine alterne avec celle de l'artère. Dans le voisinage du thorax, où le sang se trouve soumis à l'influence alternative de la dilatation et du resserrement du thorax et du cœur, le sang veineux ne marche plus d'une manière continue et présente un phénomène de flux et de reflux. C'est ainsi que l'on peut s'expliquer ce que l'on appelle le *pouls veineux*.

5° *Le sang passe tantôt par les veines superficielles, tantôt par les veines profondes.* — Ainsi tout le monde peut constater que les veines superficielles sont susceptibles de varier énormément quant au volume, et les veines profondes peuvent au moyen de leurs anastomoses fréquentes donner toujours un passage au sang qui tend à gagner le cœur : c'est par ce mécanisme que l'effet des compressions se trouve détruit et que la circulation veineuse est rarement troublée.

B. — Obstacles à la circulation veineuse.

1° La masse du sang à mouvoir résiste dans les veines ascen-

dantes aux masses chassées des capillaires et par sa force d'inertie et par sa pesanteur. Sa résistance est en raison de son volume ou de la quantité de ses parties. Tout le monde conçoit que si la force, quelle qu'elle soit, qui fait marcher le sang dans les veines ascendantes est égale à 100, par exemple, la masse du sang qui remplit ces dernières étant par sa pesanteur égale à 50, elle circulerait avec beaucoup plus de vitesse et d'énergie si la force restant la même cette masse ne s'élevait qu'à 20 ou à 10.

Le sang résiste par sa force d'inertie, parce que, même dans les parties supérieures, il ne marche pas assez vite pour n'offrir aucun obstacle aux masses postérieures qui viennent des capillaires.

2° Les surfaces résistent à ce fluide en multipliant les points de contact et par suite les frottements. Si le système veineux offrait moins de longueur, moins de flexuosités, sa surface interne serait moins étendue, sa résistance beaucoup moindre, et en somme le mouvement du sang plus rapide.

La masse du sang, l'étendue de la surface interne des vaisseaux sont augmentées par la longueur de ceux-ci, par leur multiplicité et par leurs flexuosités. L'étendue des surfaces vasculaires est encore particulièrement augmentée par l'étroitesse des vaisseaux, par les éperons et les valvules.

Distribution inégale des obstacles dans les veines. — La quantité de la masse du sang est fort variée dans les différentes veines; il en est où il marche plus ou moins directement contre la pesanteur; il en est d'autres, au contraire, où celle-ci favorise plus ou moins son mouvement. Les veines des membres sont dans le premier cas, celles de la tête sont dans le second.

Il est des veines courtes nées à peu de distance de l'oreillette droite et ouvertes tout près d'elle dans les gros troncs qui s'y terminent : telles sont les *thymiques*, les *médiastines*, les *œsophagiennes*, les *capsulaires*, les *rénales*, etc. La masse du sang qu'elles renferment depuis leur origine jusqu'à leur fin est moins considérable que si elles avaient plus de longueur. Il en est de même de l'étendue des surfaces frottantes.

Il est, au contraire, d'autres veines, comme les saphènes interne et externe, les tibiales antérieure et postérieure, qui naissent loin de l'oreillette droite, et dont les colonnes de sang viennent se mêler dans la veine cave inférieure avec celles des précédentes; en sorte qu'on les peut facilement comparer, sous le rapport de leur longueur, en les suivant par la pensée jusque dans la veine cave. Leur colonne de sang, qui commence aux pieds, est infiniment plus considérable que celle des rénales, des capsulaires, des dia-

CIRCUL. — DIFFÉRENCES DANS LE COURS DU SANG VEINEUX. 327
phragmatiques, des lombaires, etc., et offre par conséquent plus de résistance.

Il en est de même de l'étendue des surfaces frottantes, pour les premières de ces veines, depuis leur naissance jusqu'à l'endroit où leur sang se mêle à celui des autres dans la veine cave inférieure.

Le nombre proportionnel des veines qui naissent des organes est un peu moins varié. Cependant celles des organes génitaux, des testicules, du vagin, de l'utérus, des ovaires, sont bien plus multipliées que les veines naissant des muscles, du système nerveux, des sens, et, par exemple, que les fessières et les lombaires, dont les colonnes de sang se mêlent avec les leurs dans la veine cave.

Les flexuosités sont aussi fort inégalement répandues dans les veines convergentes et dans les différents points de la largeur du cône veineux. Ainsi les spermatices sont très flexueuses, et elles offrent bien plus de longueur que si elles étaient directement étendues de leur origine à leur terminaison, et par conséquent plus de résistance que les lombaires, entre autres, qui s'ouvrent à la même hauteur dans la veine cave inférieure. Je choisis ce point pour rendre toutes les circonstances égales d'ailleurs (Gerdy).

Différences dans le cours du sang veineux.

1° La force, quelle qu'elle soit, qui meut le sang veineux, est en harmonie avec l'influence de la pesanteur, et cette force est plus grande là où la pesanteur agit habituellement contre la circulation, et moins puissante là où celle-ci est favorisée par cette influence. Mais cette force varie-t-elle encore en raison des autres obstacles donnés par l'étendue des surfaces frottantes? augmente-t-elle ou diminue-t-elle comme ces obstacles, et dans un rapport si exact, qu'il y ait toujours entre eux la plus parfaite harmonie, et que la circulation soit d'une vitesse précisément égale dans les veines opposées, dont les colonnes de sang se confondent quelque part; ainsi la vitesse du sang est-elle la même dans les veines diaphragmatiques et les tibiales, par exemple, qui mêlent ensemble leur sang dans la veine cave inférieure, près du diaphragme? Je ne puis croire qu'il en soit ainsi, tant il y a de chances contre une telle harmonie, et je pense que la circulation est inégale dans les veines opposées, dans la largeur du cône vasculaire veineux, à cause de la différence des obstacles. (Gerdy.)

2° Il existe une deuxième différence de vitesse en raison de la différence des espaces dans la longueur du cône ventriculaire.

Le sang circule d'un mouvement d'autant plus rapide, qu'il se rapproche plus de l'oreillette droite, parce que la capacité du cône

veineux va toujours en diminuant, qu'il sort habituellement par ses troncs une petite quantité de fluide égale à celle qui y pénètre par ses radicules, et que les mêmes quantités de fluide ne peuvent passer dans un même temps donné, par des espaces de largeur inégale, sans parcourir les points les plus étroits avec plus de rapidité.

3° Dans l'état habituel, il doit y avoir plusieurs anastomoses veineuses où le sang se meut avec lenteur, et où il ne s'établit qu'accidentellement une circulation rapide, parce que le sang est, pour ainsi dire, maintenu en équilibre entre les colonnes des deux veines avec lesquelles il communique. Je veux parler surtout des anastomoses transversales ou presque transversales qui mettent en communication des veines d'un volume à peu près égal, comme on le voit pour plusieurs de celles des membres et particulièrement pour les satellites des artères.

4° Une foule d'accidents en occasionnent journellement une quatrième. Un vêtement serré, une compression quelconque, en un mot, arrêtent le sang dans une veine : il passe par anastomose dans une autre veine où il se confond avec le sang qui la remplit et s'écoule par la même voie. Dans ce cas, il n'y a qu'un passage au lieu de deux ; l'espace circulatoire est manifestement moindre ou plus étroit, et les obstacles sont augmentés. La circulation doit s'y faire avec plus de vitesse qu'auparavant malgré l'augmentation d'obstacles, le sang devant y passer dans un temps donné en plus grande abondance, et cependant il doit s'en écouler moins par cette seule voie que par les deux ensemble, à cause de l'augmentation de résistance. Cette différence de vitesse n'est ni permanente, ni aussi générale que les deux premières ; mais elle est accidentelle et obéit d'ailleurs aux mêmes lois.

5° Si l'on ajoute à ces différences de vitesse celle que produisent les contractions du cœur, suivant M. Poiseuille, il en résulte que la circulation veineuse présente cinq différences principales de vitesse, non compris celles qu'y apportent les reflux auriculaires.

C. — Causes qui font circuler le sang dans les veines.

1° L'action du cœur ; 2° l'action des artères ; 3° celle des capillaires ; 4° celle des veines ; 5 les organes environnants ; 6° l'influence des anastomoses ; 7° la respiration.

1° Influence du cœur. — Voici les preuves de cette influence. D'après Magendie, si on lie l'artère crurale d'un animal, et si l'on pique la veine, le sang sort tout de même mais d'une manière

incomplète. Dans la saignée, si l'on serre trop fort de manière à comprimer l'artère et empêcher l'arrivée du sang dans les capillaires, le sang ne s'écoule plus après que le trop-plein s'est écoulé.

2° Influence des artères. — M. Coudray a voulu attribuer aux artères l'influence que nous venons d'accorder au cœur gauche. Il pense qu'à chaque contraction du cœur l'artère est dilatée, puis, au moment où le cœur se dilate, l'artère pousse le sang dans les capillaires. M. Coudray est arrivé à cette conclusion après avoir constaté que dans les cas où le jet du sang veineux est saccadé, le mouvement saccadé alterne avec celui de l'artère. M. le professeur Bérard, dans ses leçons à la Faculté, n'admet pas cette opinion. Il pense que si la réaction élastique se fait, elle est due uniquement à l'influence du cœur. L'artère ne concourt donc que d'une manière passive à la circulation du sang veineux.

3° Influence des capillaires et vis à tergo. — Cette force d'impulsion qui fait retourner le sang vers le cœur, cette impulsion à tergo serait-elle due aux capillaires ? les capillaires rempliraient-ils pour les veines l'office d'un cœur ? M. Poiseuille, au moyen d'une expérience ingénieuse, a démontré que les capillaires ne concourent en rien à cette circulation. Il se proposa de diminuer la force du sang artériel sans empêcher le système capillaire de recevoir ce liquide. Pour cela, il fit de nombreuses piqûres aux artères voisines des capillaires. Cela fit diminuer la pression et la circulation veineuse fut ralentie.

Concluons de tout ceci que c'est le cœur qui meut le sang dans les veines. M. Poiseuille l'a encore démontré avec son instrument. Il l'applique à une veine en le dirigeant du côté des capillaires, le mercure monte de 0,010. Si l'on examine cette ascension, on voit qu'il y a des oscillations qui correspondent aux contractions du cœur qui les déterminent dans les artères. Or, si non-seulement le mercure monte avec oscillation dans l'expiration, mais encore dans la contraction du cœur gauche, il faut donc croire que c'est le cœur qui est l'agent de la circulation veineuse. L'impulsion à tergo ou vis à tergo, qui, par suite de l'action continue du cœur, des artères et des capillaires, introduit incessamment du nouveau sang dans les petites veines et de là dans les grosses : telle est la cause principale de la marche du sang dans les veines, quelles qu'elles soient. Mais il est encore d'autres causes qui viennent en aide à ces actions déjà suffisantes du reste par elle-même.

4° Parmi ces causes nous en signalerons en premier lieu une qui, bien que peu importante et généralement négligée, doit pourtant être prise en considération. De même que le sang perd une

notable quantité d'eau par le poumon à chaque expiration, il n'est pas moins évident qu'en même temps qu'il cède des principes aux tissus en général et aux glandes, il en reçoit de ces mêmes tissus proprement dits et de certaines glandes comme le foie et les glandes vasculaires, qui augmentent sa quantité dans les origines veineuses comparativement à celle qui est dans les terminaisons artérielles. Cette légère augmentation tend naturellement à déterminer le cours du liquide du côté où les vaisseaux sont le plus larges.

5° *Influence des veines.* — Les veines prêtent un concours très efficace à la circulation par leurs *valvules*. De plus, il y a dans les tuniques veineuses de véritables fibres musculaires de la vie organique qui viennent encore aider à la marche du sang dans les veines (voy. t. I, p. 380).

6° *Influence des organes environnants.* — Les muscles ont une influence tellement évidente qu'elle est devenue vulgaire. Faites une saignée et recommandez au malade de contracter les muscles de l'avant-bras, aussitôt vous verrez le jet augmenter de volume et d'intensité. Cette contraction musculaire agit en faisant passer le sang des veines profondes dans les veines superficielles. Cette action a fait dire à M. Chassaignac que les muscles faisaient l'office d'un ventricule. Cependant il ne faut pas accorder à cette action une importance trop grande; elle n'est que secondaire, et la circulation se fait très bien sans elle, comme dans le sommeil, par exemple. M. Raciborski, ayant saigné un hémiplegique du côté paralysé, a constaté que le sang coulait d'une manière permanente. Il est à remarquer que si la contraction est durable, le sang marchera avec plus de rapidité, parce que la carrière sera plus étroite. C'est ainsi que les bandages, en exerçant une compression, activent le cours du sang.

Les *aponévroses* favorisent aussi le cours du sang veineux, mais d'une manière passive. C'est en permettant aux veines voisines du thorax d'avoir des orifices toujours béants; cette remarque est due à M. le professeur Bérard.

7° *Influence de la respiration.* — Les premières observations sur ce point se trouvent dans la dix-neuvième lettre de Morgagni. Barry a donné une très bonne démonstration de cette influence. La cause de l'afflux du sang pendant l'inspiration est due au vide fait dans la poitrine et non au vide produit dans le cœur au moment de la diastole. Pour le prouver, il prit un tube qu'il adapta à la veine cave d'un cheval. Il porta ensuite ce tube adapté à la veine dans un vase contenant de l'eau bleue. Dans l'inspiration l'eau est attirée. Voilà l'influence de la pression atmosphérique. M. le

professeur Bérard a trouvé la condition nécessaire à la production du phénomène. Il a remarqué, le premier, que, dans le voisinage de la poitrine, les veines sont maintenues béantes au moyen des *aponévroses*. Aussi, quand le vide se produit, la pression extérieure ne vient pas oblitérer ces vaisseaux.

Les expériences de M. Poiseuille ont démontré l'action aspiratrice et fait voir la limite de cette action qui ne s'étend pas jusqu'aux capillaires d'une manière directe.

À 44 centimètres de la poitrine, elle devient faible; à une veine du bras, elle est nulle comme dans les veines du membre inférieur. Il en est de même pour la veine iliaque. Est-ce là une condition indispensable à la circulation veineuse? Non. Ne voyons-nous pas, en effet, le fœtus qui ne respire point, et certains animaux qui avalent l'air, posséder une circulation parfaitement établie? Cette influence n'est donc que secondaire, elle est seulement adjuvante.

Connaissant l'influence de l'inspiration, examinons celle de l'expiration. Cette cause intervient d'une manière indirecte. Voici comment: Au moment de l'expiration, le sang est poussé dans les artères avec plus de force, il se porte vers les capillaires, traverse ceux-ci avec plus d'impétuosité et chasse devant lui le sang veineux avec plus d'énergie. Suivant Poiseuille, l'expiration fait entrer le sang dans l'oreillette avec plus de facilité.

Cette influence de la respiration sur le cours du sang veineux nous explique le pouls veineux et l'introduction de l'air dans les veines quand on vient à les ouvrir dans le voisinage de la poitrine.

Fin de la circulation veineuse; arrivée du sang aux oreillettes et diastole de celles-ci. — Ayant déjà parlé de la circulation dans les veines caves supérieure et inférieure, dans l'azygos et dans les veines pulmonaires, nous nous bornons à y renvoyer (voy. t. I, p. 368 et 381). Mais il nous reste à parler de la manière dont se passe la fin de ce cours du sang, qui amène la *diastole des oreillettes* dont la cause est généralement négligée par les auteurs qui en parlent. La cause active de la diastole auriculaire réside en effet dans les veines, et se trouve être une conséquence de la terminaison du cours de leur sang veineux. Supposons les deux oreillettes contractées. Au moment de leur contraction qui vient de finir, l'une et l'autre détermine le reflux d'une certaine quantité de sang dans les veines correspondantes; quantité moins considérable pour les veines pulmonaires et cave supérieure que pour l'inférieure. En même temps le sang continue à affluer dans ces conduits par la *vis à tergo* et l'action aspiratrice de l'inspiration dont nous venons de parler. La tête des colonnes de sang corres-

pendant à chaque orifice auriculo-veineux, soumis à une impulsion continue, se trouve arrêtée aux embouchures des veines qui sont resserrées par la contraction de l'oreillette; ce sang remplit et distend assez rapidement les veines; il fait effort de toute part et se précipite dans la cavité de chaque oreillette aussitôt que cesse la contraction de leurs parois. L'impulsion due à l'élasticité des veines distendues (élasticité que dans les veines pulmonaires surtout leur structure rend considérable), suffit pour produire brusquement la réplétion de chaque oreillette, chez les animaux à cœur double du moins, où les veines ont relativement peu de fibres musculaires lisses. Ici les veines revenant sur elles-mêmes repoussent brusquement le sang vers l'oreillette où il se précipite en autant de flots qu'il y a de veines et qu'il remplit en quelque sorte d'un coup. Mais chez les grenouilles la réplétion des oreillettes est complétée par la contraction des veines caves (Beau, *Archives génér. de médéc.* 1835), véritable systole veineuse, qui, chez les oiseaux et les mammifères, est moins prononcée et se présente surtout comme simple résultat de retrait par élasticité de celles-ci. Pourtant on sait d'après les recherches d'Alison (1839), que les veines caves et pulmonaires ont des fibres musculaires de la vie organique et sont contractiles, au point de montrer une légère systole sous l'influence des moyens mécaniques ou mieux du galvanisme, sans que la distension par du sang soit nécessaire à l'accomplissement du phénomène.

Le sang noir pénètre dans l'oreillette droite par les deux veines caves et par la veine coronaire. La colonne de la veine cave supérieure se précipite en bas, en avant et à gauche, directement sur l'ouverture auriculo-ventriculaire, c'est elle qui concourt le plus à remplir l'oreillette droite; celle de la veine cave inférieure se dirige en arrière, à gauche et en haut, de manière à rencontrer en branche d'X la première avec laquelle elle se mélange, arrêtée par elle et par le bord supérieur de la fosse ovale. Le sang rouge pénètre dans l'oreillette gauche par quatre ou cinq orifices, selon que les trois veines du poumon droit sont ou non réunies en deux troncs; celle des veines qui, pour chaque poumon, est supérieure à l'autre, dirige son flot de sang en bas et en dedans par rapport à l'oreillette; ces flots rencontrent les précédents à angle et se mêlent avec eux. Le sang distend ainsi les oreillettes et les gonfle en avant parce qu'en arrière elles appuient médiatement contre les vertèbres; il leur fait éprouver un mouvement énergique de gonflement en avant et continue à couler jusqu'à réplétion complète. C'est alors que s'opère la systole auriculaire (d'où nous sommes partis

page 276), qui commence du côté des embouchures veineuses, et fait cesser le cours du sang des veines vers les oreillettes.

Du pouls veineux. — Il y a plusieurs sortes de *pouls veineux*, c'est-à-dire de mouvements de dilatation et de retrait des veines assez brusques pour être sensibles à la vue et appréciable au toucher.

1° Dans le cours de certaines maladies, lorsque des saignées nombreuses ont rendu le sang plus fluide, on voit les veines des membres saillantes, arrondies, comme transparentes, légèrement rosées ou bleuâtres. Dans des cas de ce genre on observe des pulsations temporaires correspondant à chaque systole du cœur, se montrant un peu après le pouls artériel du membre, cessant si on comprime les veines vers les doigts, persistant si on comprime plus haut que le poignet, disparaissant aussi avec le pouls artériel par compression de l'artère humérale (Martin-Solon, Velpeau, Beau, etc.).

2° *Pouls jugulaire.* — C'est celui que d'une manière générale on nomme *pouls veineux*. Il se montre sur les côtés du cou dans certaines maladies, sous forme de battements très apparents, rythmiques, isochrones avec la systole ventriculaire et avec le resserrement de la poitrine pendant l'expiration. Si le phénomène se produit à l'état normal quand la circulation et la respiration sont régulières, il est trop peu prononcé pour se manifester à l'extérieur. Il est plus apparent à la vue qu'au toucher, car la diastole de la veine ne repousse pas le doigt avec la même force que le fait la dilatation artérielle. C'est au bas du cou, sur le trajet de la *jugulaire externe*, recouverte par la peau et le peaucier seulement, que se montre le phénomène; car cette veine n'a pas deux valves à son abouchement comme la *jugulaire interne*. Toutefois celle-ci montre quelquefois le pouls veineux par insuffisance de ces valves. Il est large et mou dans ce dernier cas.

Le reflux du sang dans la veine cave supérieure à chaque contraction normale de l'oreillette droite a lieu régulièrement, mais il n'est pas assez considérable pour rendre ce pouls manifeste. Au contraire lorsqu'il y a *insuffisance* des valves auriculo-ventriculaires droites, chaque *systole ventriculaire* fait refluer le sang à travers l'oreillette jusque dans les veines précédentes, ce qui donne le *pouls veineux isochrone avec le pouls artériel*.

Mais on observe le *pouls veineux isochrone à la contraction auriculaire*: 1° lorsque par rétrécissement de l'orifice aortique droit le ventricule droit se vide difficilement et empêche à l'oreillette de ce côté de se vider; 2° lorsqu'il y a rétrécissement auriculo-ventriculaire qui gêne aussi ce passage du sang de l'oreillette dans le ventricule.

Nous avons déjà dit qu'en outre de ce pouls veineux dû à quelques troubles de la circulation du cœur, on voit à chaque resserrement de la poitrine le sang des troncs veineux de l'entrée de la poitrine refluer dans les jugulaires et causer une pulsation veineuse isochrone avec ces mouvements expiratoires.

Bruits veineux. — Les veines sont le siège de bruits de *souffle*, de *scie* ou de *susurrus*, lorsque par communication accidentelle d'une artère avec une veine, le sang de la première pénètre dans la seconde. Mais en outre toutes les causes telles que l'expiration forcée, l'effort brusque, etc., qui déterminent le reflux du sang dans les veines et par suite le pouls veineux, font entendre un bruit de souffle ou de frémissement cataire plus ou moins intense. On l'entend bien dans la veine saphène interne près de l'arcade fémorale, lorsque celle-là est atteinte de varice simple (Beau). La cause du bruit est l'ondée sanguine rétrograde qui frotte d'une manière exagérée contre la face interne des veines.

SECTION VI.

De la circulation dans la veine porte.

La manière dont le sang mélangé avec les substances absorbées par le canal intestinal arrive au foie pour en sortir après l'avoir traversé, offre des différences si grandes avec les autres parties de la circulation qu'il est urgent d'en traiter à part.

L'on sait que la veine porte a ses radicules dans toute la partie du tube intestinal qui est située au-dessous du diaphragme; que bientôt les veines mésentériques inférieure et supérieure, réunies à la veine splénique, constituent un tronc volumineux qui se dirige vers le hile du foie; que ce tronc ne tarde pas à se diviser en ramifications de plus en plus nombreuses, à la manière des artères, pour former dans le parenchyme hépatique un réseau capillaire, duquel partent les veines sus-hépatiques. Quels sont les agents, quel est le mécanisme de cette circulation?

Des obstacles à la circulation de la veine porte. — Nous remarquons d'abord que contrairement à ce qui existe dans les autres parties du système veineux, il n'y a pas dans la veine porte la moindre petite trace de valvule. Aucun anatomiste n'en a signalé sur l'homme. J'ai bien souvent constaté leur absence dans toutes les parties de l'appareil que nous étudions. L'on devine que chez les animaux dont le tronc est horizontal cette disposition exceptionnelle ne doit pas avoir les mêmes conséquences que chez l'homme. Chez l'homme, qui est le plus souvent debout, le sang dans la veine

porte est donc obligé de progresser en luttant sans cesse contre les lois de la pesanteur, et c'est là un obstacle très considérable qui nous explique très bien la stase si fréquente du sang dans les veines de l'extrémité inférieure du rectum et la présence dans ce point des tumeurs hémorrhoidales.

Un autre obstacle à la circulation de la veine porte, c'est que le sang ne va pas comme dans les veines générales vers des cavités où l'accès est facile, mais se dirige vers des capillaires dont le diamètre extrêmement fin exige un développement de force considérable.

Causes de la circulation dans la veine porte. — Malgré les conditions défavorables que nous venons de signaler, le sang n'en arrive pas moins à traverser le foie en vertu des causes adjuvantes qui sont soit dans les veines, soit en dehors d'elles.

Quand on examine les veines, on leur trouve des parois très épaisses relativement aux veines générales. Cette épaisseur, qui va en augmentant à mesure que l'on se rapproche du foie, est due à des fibres musculaires lisses dont nous connaissons les usages relatifs à la progression du sang; de sorte que nous voyons en elles une cause puissante, et, disons-le de suite, la plus puissante de toutes et qui peut à la rigueur suffire à elle seule pendant un certain temps à la circulation. En effet, si on ouvre largement la cavité abdominale, et si, étalant une anse d'intestin, on examine la circulation de la veine porte, on voit qu'elle n'est pas interrompue; or elle ne peut alors se faire que sous l'influence des causes qui existent pour les veines générales, c'est-à-dire la *vis à tergo* et les contractions des fibres musculaires de la paroi veineuse. On pourra voir plus loin (*Circulation chez les poissons*), que ce n'est point là le seul cas: 1° dans lequel l'action continue du cœur qui introduit incessamment (*vis à tergo*) de nouveau sang dans les capillaires et le force d'aller plus loin; 2° dans lequel la contraction des parois propres des veines, suffisent pour faire progresser le sang d'un système de capillaires vers un autre système analogue sans interposition d'un cœur adjuvant.

Dans l'expérience précédente, au bout de quelques minutes, la circulation ne tarde pas à s'arrêter dans les rameaux de la veine porte. On les voit pâlir ainsi que la surface de tout l'intestin. Ce fait ne tient pas à ce que la contraction ou l'impulsion *à tergo* cessent, mais à ce que les vaisseaux placés dans de nouvelles conditions de température et au contact de l'air se contractent, se resserrent, comme se contractent aussi les parois intestinales. Le calibre des vaisseaux est diminué par une contraction qui n'est plus régulière et ne s'exerce pas dans un sens déterminé de l'intestin vers le foie successivement comme auparavant, mais ce qui ne