

La vitesse du cours du sang dans le système veineux n'a pas été étudiée avec le même soin que dans le système artériel. L'hémodynamomètre introduit dans la veine jugulaire des chiens a donné à la plupart des expérimentateurs une vitesse moyenne de 22 centimètres par seconde. Ce résultat, parfaitement en harmonie d'ailleurs avec les développements précédents, montre que, dans le voisinage du cœur, la vitesse du sang dans le système veineux tend à devenir la même qu'au moment du départ par le système artériel.

Maintenant, sans plus tenir compte de la vitesse différente du sang dans les divers départements de l'appareil vasculaire, cherchons avec quelle vitesse moyenne le sang parcourt toute l'étendue du système circulatoire.

M. Hering a tenté à cet égard, sur des chevaux, des expériences nombreuses, qui laissent peu de chose à désirer sous le rapport de la précision. Son procédé consiste à injecter dans le sang un liquide qui n'ait point d'action nuisible sur l'animal, et qui, circulant avec le sang, puisse être recherché sur un point du système circulatoire. Le liquide employé est le ferro-cyanure de potassium, dont les moindres traces peuvent être révélées par un sel de fer.

M. Hering ouvre une veine jugulaire, puis il y introduit et y fixe une canule à robinet, surmontée d'un petit entonnoir, dans lequel il verse environ 30 grammes de liquide contenant 4 grammes de ferro-cyanure. La solution de ferro-cyanure descend par son propre poids dans la veine, dans l'espace de 2 à 5 secondes, après quoi l'opérateur ferme le robinet. Aussitôt que la solution entre dans la veine, un aide, placé du côté opposé de l'animal, reçoit dans des verres, qu'il change de 5 secondes en 5 secondes, le sang qui coule par la veine jugulaire du côté opposé, préalablement ouverte. Le sang est ainsi reçu dans dix ou douze verres d'épreuve, et l'expérience dure par conséquent de 50 à 60 secondes. Les verres contiennent chacun de 15 à 40 grammes de sang. Ils sont numérotés, puis abandonnés à eux-mêmes pendant vingt-quatre heures. Au bout de ce temps, la coagulation du sang est achevée. On prend alors successivement dans chaque verre quelques gouttes de *sérum*, et on les essaye sur une feuille de papier blanc, à l'aide d'un sel de fer qui décèle la présence du ferro-cyanure, là où il existe, par la formation du bleu de Prusse.

M. Hering a ainsi établi (en 1827, en 1833 et en 1854) que le sang met de 25 à 30 secondes à parcourir le cercle entier de la circulation, c'est-à-dire à passer d'une veine jugulaire dans le cœur droit, du cœur droit dans les poumons, des poumons dans le cœur gauche, du cœur gauche dans les organes, et des capillaires des organes dans la veine jugulaire (ou dans celle du côté opposé, ce qui est la même chose).

cœur, que le volume des capillaires fût le même dans tous les organes, ce qui n'est pas. Mais, tels qu'ils sont, ces résultats donnent une bonne idée de l'énorme différence de capacité que présente le système vasculaire, quand on compare son origine cardiaque au réseau périphérique.

On a objecté aux expériences de M. Hering que l'écoulement du sang par un vaisseau ouvert pouvait avoir contribué à accélérer le cours du sang chez les animaux en expérience. Mais, dans des recherches plus récentes, M. Hering a démontré qu'en ouvrant la veine jugulaire du côté opposé à l'injection, 25 secondes seulement après l'injection, le ferro-cyanure apparaissait ou dans le premier jet de liquide, ou dans les 5 secondes suivantes. L'influence qu'exerce sur le cours du sang une ouverture de vaisseau est donc sensiblement nulle.

Le procédé mis en usage par M. Vierordt pour mesurer la vitesse d'une révolution sanguine est tout à fait analogue à celui de M. Hering. M. Vierordt a ajouté à ce procédé quelques perfectionnements : ainsi, par exemple, le vaisseau qui doit fournir le sang d'épreuve est pourvu par avance d'un tube qu'on débouche au moment opportun, et le sang s'écoule dans un grand nombre de petits entonnoirs fixés autour d'un disque qui exécute un mouvement de rotation circulaire uniforme. Chaque entonnoir vient ainsi se présenter tour à tour (toutes les demi-secondes) au tube d'écoulement, et le temps se trouve très-exactement mesuré¹.

Les résultats de M. Vierordt sur les chevaux sont tout à fait semblables à ceux de M. Hering. La révolution sanguine a été en moyenne de 28 secondes.

Sur le chien et la chèvre, la durée d'une révolution sanguine est un peu plus courte ; elle est pour le premier de 15 secondes, et pour la seconde de 13 secondes. Sur le lapin, animal de petit volume, la durée est plus courte encore ; elle est de 10 secondes.

Chez l'homme, la durée d'une révolution circulatoire est probablement intermédiaire à ce qu'elle est chez le cheval et le chien. M. Vierordt évalue approximativement cette durée à 23 secondes².

Les pertes moyennes de sang (8 livres chez le cheval) ne modifient point la vitesse du sang. Les pertes de sang très-abondantes accélèrent cette vitesse. Il faut ajouter que, dans ces cas, le pouls s'élève rapidement. Ainsi, M. Hering retire brusquement 16 et 25 livres de sang à des chevaux ; aussitôt le pouls s'élève de 40 à 80 pulsations, et le sang parcourt le cercle circulatoire en 15 et 20 secondes.

A elle seule, l'élévation du pouls ne change pas sensiblement la vitesse moyenne du cours du sang. M. Hering a trouvé, chez un grand nombre de chevaux atteints de maladies aiguës avec fièvre, qu'il fallait toujours de 25 à 30 secondes pour une révolution sanguine complète.

Enfin, M. Hering a trouvé que la fréquence des mouvements respiratoires ne modifie pas la vitesse générale du sang. Chez des chevaux qui

¹ M. Vierordt a opéré sur des chevaux, des chiens, des chèvres, des lapins.

² En 23 secondes le cœur bat 27 fois (en supposant 72 pulsations par minute), donc, quand le cœur a battu 27 fois, le sang a parcouru une révolution circulatoire entière (Voy. § 108).

respiraient 60 ou 70 fois par minute, il fallait 1/2 minute au sang pour accomplir sa révolution, tout comme chez des chevaux qui ne faisaient que 6 ou 7 respirations dans le même temps. L'influence qu'exerce l'inspiration sur le cours du sang est donc localisée dans les veines; elle tend à régulariser le cours du sang veineux, en lui imprimant un supplément d'impulsion à la fin de sa course, mais elle ne modifie pas d'une manière appréciable la vitesse générale du sang dans l'ensemble du système.

Ainsi, on peut établir qu'il faut en moyenne 1/2 minute chez le cheval pour que le sang exécute une révolution complète; et, en outre, les causes qui peuvent modifier le cours du sang dans le système sanguin sont très-peu nombreuses et n'agissent que dans des limites extrêmement restreintes.

Il ne faudrait pas conclure de ce que nous venons de dire qu'une molécule de sang engagée dans l'aorte et une molécule de sang engagée au même niveau dans l'artère coronaire du cœur emploieront le même temps pour revenir par les veines à l'oreillette droite. Il est évident que la dernière, ayant à parcourir un cercle de peu d'étendue, reviendra à l'oreillette droite avant celle qui se dirigera à la plante du pied, par exemple. Cette inégalité dans le temps que mettront ces deux molécules à revenir vers le cœur ne prouve en rien, du reste, que la vitesse du cours du sang soit différente dans le premier cercle et dans le second. Il est clair, en effet, que, de deux corps animés d'une égale vitesse, celui qui n'aura à parcourir qu'un espace de 1 mètre mettra quatre fois moins de temps pour arriver au terme de sa course que celui qui aura à parcourir un espace de 4 mètres.

Ce que nous disons ici pour les vaisseaux coronaires du cœur et pour les vaisseaux du membre inférieur, on peut l'appliquer à tous les départements du système circulatoire. Ainsi, par exemple, une molécule de sang traverse plus promptement le cercle de la petite circulation que celui de la grande. Pour déterminer rigoureusement le temps qu'il faudrait à une molécule sanguine pour partir du cœur, traverser un organe déterminé et revenir à son point de départ, il faudrait connaître la longueur absolue du chemin parcouru, ce qui est tout à fait impossible, attendu les courbures des artères, la richesse ou la pauvreté du réseau capillaire, etc. Tout ce qu'on peut conclure de là, c'est qu'il y a une certaine diversité dans la circulation des divers organes.

Les chiffres que nous avons donnés peuvent être considérés comme représentant une moyenne susceptible de varier en plus ou en moins, mais dans des limites peu étendues. Ces chiffres représentent le temps que met une molécule de sang à décrire le cercle de la circulation pulmonaire (quantité commune à toutes les révolutions complètes du sang), plus un cercle comprenant les vaisseaux de la tête (carotide et jugulaire). Quand l'expérience est faite sur les veines iliaques, au lieu de l'être sur les jugulaires, le chiffre obtenu correspond au temps que met

une molécule sanguine à décrire le cercle de la circulation pulmonaire (quantité commune), plus le cercle comprenant les vaisseaux du membre inférieur (aorte, artère crurale, et veines du membre inférieur). Or, dans ce cas, le temps employé est un peu plus considérable. De même il serait sans doute plus court si l'on pouvait examiner de la même manière le cours du sang dans les cercles circulatoires placés dans le voisinage du cœur.

Le ferro-cyanure de potassium, à dose modérée, n'exerce pas d'action sensible sur l'économie animale; il est très-propre à étudier la vitesse du sang. Les liquides qui agissent chimiquement sur le sang en le coagulant, ou en augmentant la viscosité (sels de fer, solutions alcooliques concentrées, etc.), doivent être repoussés pour ce genre d'expériences. D'autres liquides (liquides oléagineux, digitaline, cantharidine, poisons, etc.), en adhérant aux parois des vaisseaux, ou en agissant sur la contractilité des vaisseaux, ou sur les contractions du cœur, fourniraient également à cet égard des notions inexactes.

Au reste, nous l'avons déjà dit, il s'en faut de beaucoup que la répartition du sang se fasse d'une manière uniforme dans les divers organes. Le nombre et le diamètre des vaisseaux des différents organes seraient connus, que cela ne suffirait même pas à calculer cette quantité. Il suffit d'un arrêt apporté à la circulation veineuse, soit par une pression musculaire, soit par l'état de plénitude d'un réservoir, soit par d'autres causes encore, pour amener la rubéfaction, la congestion ou la tuméfaction des organes: par conséquent, des modifications dans la circulation. Les mouvements de la locomotion et la contractilité des vaisseaux jouent aussi, sous ce rapport, un rôle capital. La vitesse du cours du sang, lorsqu'on l'envisage dans des points spéciaux de l'arbre circulatoire, est donc soumise, pour tous ces motifs, à une grande variabilité.

Nombre des battements du cœur. — Le nombre des battements du cœur, c'est-à-dire la fréquence des impulsions que donne à la masse sanguine la contraction ventriculaire, est facile à apprécier, non-seulement par le toucher à la région précordiale, mais encore sur le trajet de l'arbre artériel, partout où le pouls peut être senti. C'est généralement le pouls qu'on interroge pour apprécier le nombre des battements du cœur.

Le nombre des battements du cœur n'est pas le même à tous les âges de la vie. Chez l'adulte, le cœur bat, en moyenne, 72 fois par minute. Dans la première enfance, le nombre des battements du cœur (et par conséquent le nombre des pulsations artérielles) est bien plus élevé. Au moment de la naissance et pendant les deux mois suivants, le cœur bat environ 140 fois par minute. Au sixième mois, le nombre des battements est de 128; de 120 au douzième; de 110 environ à la fin de la seconde année. Ce nombre s'abaisse ensuite peu à peu, jusqu'à l'époque de la puberté, où il est de 80 environ. Plus tard, il s'abaisse encore, et, sur l'adulte de trente ans, le cœur bat environ 72 fois par minute. Aux

approches de la vieillesse, le pouls devient un peu plus fréquent, il remonte à 75 et peut s'élever à 80.

Dans les premiers âges de la vie, le pouls est sensiblement le même dans les deux sexes. Plus tard, le pouls est un peu plus fréquent chez la femme que chez l'homme. La différence s'établit nettement vers l'âge de la puberté.

Le nombre des battements du cœur varie beaucoup dans la série animale. On peut poser comme règle générale que le cœur bat lentement dans les grandes espèces, et que les battements s'accroissent dans les petites; exemple : cheval et bœuf, 30 à 40 pulsations par minute; âne, 50; mouton, 70 à 80; chien, 110 à 120; lapin, 150¹.

Cette loi paraît se poursuivre dans l'espèce humaine quand on compare entre eux des hommes très-différents par la stature. M. Rameaux a établi, par l'observation de 64 soldats d'âge égal, mais de stature différente, que le pouls est plus lent chez les hommes de haute taille que chez les hommes de petite taille. M. Volkmann est arrivé à des résultats analogues : c'est ici le lieu de rappeler qu'à mesure que l'enfant croît, le nombre des pulsations du cœur diminue.

Le nombre des pulsations du cœur est en relation intime avec l'état de repos ou de mouvement, et chacun a pu observer par soi-même que tout exercice un peu violent augmente notablement les battements du cœur. Dans la position horizontale, qui est la position du repos, le cœur bat un peu moins vite que dans la position assise; il bat un peu moins vite dans la position assise que dans la station verticale où l'action musculaire est mise en jeu pour le maintien de l'équilibre. L'influence de la position sur le nombre des battements du cœur a été constatée particulièrement par MM. Bryan, Robinson et Guy.

Les battements du cœur diminuent pendant le sommeil².

La température exerce une action complexe sur les mouvements du cœur. MM. Bence Jones et Dickinson ont observé que, sous l'influence d'une douche froide, de 17 à 18 degrés centigrades, le pouls s'abaisse dans les premiers moments à 50 pulsations par minute; mais cet effet n'est que momentané, car, peu après, il devient plus rapide et plus fort, quoique la douche continue; puis, quand le tremblement du froid arrive, il diminue de nouveau, s'affaiblit et devient parfois à peine sensible et intermittent. M. Fleury a fait des observations analogues.

Le travail de la digestion accélère le mouvement du pouls. Dans des recherches entreprises dans un autre but (Voy. *Chaleur animale*, § 165 bis), nous avons souvent constaté que le matin, à jeun, le pouls est généra-

¹ Dans une série de larves de sphinx (insectes), les individus dont le poids variait de 3 à 4 grammes offraient 50 pulsations du vaisseau dorsal, tandis que, chez ceux dont le poids variait de 4 à 5 grammes, le vaisseau dorsal ne battait que 40 fois, ou même 30 fois. (Newport.)

² Les expériences faites sur ce point laissent à désirer; il n'a pas été tenu compte, chez les personnes endormies, du ralentissement des mouvements du cœur dû à la position horizontale.

lement de 40 pulsations moins fréquent qu'après le repas. L'accélération se fait sentir surtout quand la digestion est dans toute son activité, et peu à peu elle disparaît. L'observation, d'ailleurs, n'est pas nouvelle. MM. Lichtenfels et Frölich ont résumé, il y a quelques années, sous forme de tableau, l'influence du repas¹. Les mêmes observateurs ont remarqué qu'après une abstinence de 20 heures, le nombre des pulsations du cœur diminuait de 10 et de 12 pulsations.

Le système nerveux exerce une influence capitale sur le nombre des battements du cœur. Les émotions vives déterminent des palpitations, aussi bien que les exercices violents; la section des deux nerfs pneumogastriques au cou détermine aussi une accélération dans le nombre des battements du cœur. La digitale exerce, par l'intermédiaire du système nerveux, sur le nombre et l'énergie des battements du cœur, une influence bien connue des médecins. Sous l'influence de cet agent le nombre des pulsations du cœur peut diminuer de près de moitié.

M. Vierordt a comparé la durée moyenne d'une révolution sanguine avec la fréquence moyenne du pouls chez un grand nombre d'animaux. Nous empruntons les résultats suivants à son beau travail sur la circulation.

ESPÈCE DE L'ANIMAL.	NOMBRE des BATTLEMENTS DU CŒUR (ou des pulsations du pouls) par minute.	DURÉE MOYENNE d'une RÉVOLUTION SANGUINE comptée en secondes.
Écureuil.....	320	4,39
Corbeau.....	280	5,92
Chat.....	240	6,69
Cochon d'Inde.....	230	7,05
Lapin.....	220	7,79
Renard.....	172	8,20
Canard.....	163	10,64
Oie.....	144	10,86
Chien.....	115	15,00
Homme.....	72	23,00

De ce tableau on peut tirer la conclusion que la fréquence du pouls diminue à mesure que la durée d'une révolution circulatoire augmente. On peut encore tirer cette conclusion générale, à savoir : que la durée

Nombre moyen des pulsations.

¹ Influence du repas.	7 heures.....	69,36	à jeun.
	8 —.....	78,62	après le déjeuner.
	8 — 1/2.....	82,43	
	9 —.....	80,52	
	10 —.....	74,15	
	1 —.....	68,50	avant le diner.
	2 —.....	77,26	après le diner.
	3 —.....	74,31	