

ments respiratoires. Il y a, en général, 4 pulsations du cœur pour un mouvement respiratoire complet.

§ 112.

Influence du système nerveux sur la circulation. — Le système nerveux tient sous sa dépendance plus ou moins immédiate le système musculaire. Or, le cœur est un organe musculaire, et dans beaucoup de circonstances le système vasculaire lui-même met aussi en évidence ses propriétés contractiles. Le système nerveux exerce donc sur la circulation une influence de premier ordre.

Lorsque, dans un membre, le nerf qui établit la communication entre un muscle et les centres nerveux est divisé, le muscle est paralysé, il ne peut plus se contracter ni mouvoir le membre. Mais ce muscle, bien qu'incapable d'entrer en contraction sous l'influence de la volonté, peut encore obéir à des excitants extérieurs. La *contractilité* du muscle, c'est-à-dire le pouvoir qu'il a de se contracter, n'est pas anéantie. C'est encore ce qui arrive à un muscle séparé de toutes connexions avec les parties voisines et arraché du corps d'un animal vivant. Sous l'influence de la stimulation directe du muscle isolé, ou sous la stimulation du bout du nerf qui s'y rend, le muscle est encore capable de mouvements plus ou moins étendus.

Aux chapitres des mouvements et de l'innervation, nous examinerons avec quelques détails quelles sont les conditions de la persistance de la *contractilité* dans les muscles. Ici bornons-nous à mentionner simplement le fait.

Or, le cœur est un muscle, et il présente aussi cette propriété, c'est-à-dire que, séparé des liens qui le relie avec les centres nerveux, il n'a pas perdu sa contractilité. Quand ses connexions avec le système nerveux ont été détruites, qu'il fasse corps avec l'appareil circulatoire, ou qu'on l'ait arraché de la poitrine d'un animal vivant, on constate qu'il répond comme un muscle ordinaire aux divers modes d'excitation.

Mais ce n'est pas tout. Non-seulement le muscle cardiaque, enlevé de la poitrine de l'animal, est capable de se contracter sous l'influence des excitants directs, mais encore il se contracte *spontanément* pendant un certain temps, et suivant un *mode rythmique* qui rappelle le rôle qu'il exerce pendant la vie. Ces contractions spontanées et rythmiques continuent pendant assez longtemps¹. Ces mouvements spontanés durent plus longtemps chez les animaux à sang froid que chez les animaux à sang chaud, plus longtemps aussi chez les très-jeunes animaux que chez les adultes. Lorsque ces mouvements *spontanés* ont cessé, le cœur est alors tout à fait analogue à un fragment de muscle ordinaire; on peut le faire contracter encore pendant un temps variable (dépendant surtout de la température ambiante), en stimulant directement la fibre

¹ Quand la vie a cessé, et que la mort est réelle (après la décapitation d'un animal, par exemple), le cœur continue donc encore à battre quelque temps dans l'intérieur de la poitrine. C'est ce qu'on peut constater dans toutes les vivisections.

charnue à l'aide des excitants mécaniques, chimiques et surtout galvaniques.

Le cœur n'est pas un muscle comme un autre : non-seulement ses contractions ne peuvent pas être mises en jeu sous l'influence de notre volonté, mais il n'a point d'intermittences d'action prolongées, analogues à celles des muscles volontaires : c'est un muscle dans lequel des périodes très-courtes de contraction et de repos alternent d'une manière continue et permanente.

Si nous comparons les conditions dans lesquelles se contractent le cœur d'une part, et les muscles des membres d'autre part, voici donc ce que nous remarquons : 1° le cœur, de même que les muscles des membres, présente la propriété contractile, commune à toutes les fibres charnues. La contractilité peut être mise en jeu par des excitants variés, elle se manifeste alors même que les muscles sont séparés du système nerveux, et elle persiste à un degré plus ou moins prononcé jusqu'à l'établissement de la rigidité cadavérique; cette contractilité paraît être inhérente à la fibre musculaire elle-même, et constituer une véritable propriété de tissu (Voy. § 222). 2° Nous observons, d'une autre part, que, sur l'animal vivant, l'*excitant* de la contraction musculaire des muscles volontaires est la volonté transmise par les nerfs, c'est-à-dire le système nerveux; il est, dès lors, au moins probable que les contractions *rythmiques* du cœur, quoique soustraites à la volonté, sont néanmoins aussi sous l'empire du système nerveux. Ces contractions rythmiques persistent, il est vrai, à s'exécuter spontanément *pendant un certain temps* dans le cœur séparé du corps de l'animal vivant; mais il ne faut pas perdre de vue que le cœur emporte avec lui, dans l'épaisseur de son tissu, des éléments nerveux dont l'action ne s'épuise que peu à peu.

Le cœur reçoit des filets nerveux de deux sources : du pneumo-gastrique et du grand sympathique. Comme le grand sympathique tire son origine multiple de toute l'étendue de la moelle épinière, il s'ensuit que l'action exercée sur les mouvements du cœur par ces deux nerfs procède de la moelle par le nerf grand sympathique, et du bulbe rachidien par le nerf pneumogastrique. De cette manière, l'influence nerveuse qui se fait sentir sur le cœur est puisée dans une grande étendue du système nerveux, et elle peut persister encore dans des mutilations qui comprennent des segments plus ou moins considérables de la moelle. La plupart des muscles de la vie de relation, tels que les muscles des membres, reçoivent, au contraire, leurs nerfs d'un point spécial de la moelle, et l'influence nerveuse se trouve suspendue, pour ces muscles, lorsque ce point est lésé. Le cœur, relié par ses nerfs à presque tous les points du système nerveux central se trouve moins exposé aux causes de paralysie que les muscles de la vie animale.

Legallois, se basant sur des expériences devenues célèbres, a cru pouvoir localiser le principe de l'action du cœur dans la moelle épinière.

Il avait observé que la destruction d'une partie de la moelle affaiblit la circulation, et que l'affaiblissement est d'autant plus prononcé que la destruction comprend des segments plus considérables de la moelle épinière. Il avait cru remarquer, d'autre part, que la destruction de la totalité de la moelle, y compris le bulbe, est subitement mortelle. Mais on sait parfaitement aujourd'hui que, si les mouvements du cœur sont affaiblis par la destruction de la moelle et du bulbe, ils sont loin d'être suspendus, lorsqu'on a le soin d'entretenir la *respiration artificielle* de l'animal, en un mot quand on s'oppose à l'asphyxie mécanique qui est la conséquence de la destruction du bulbe (Voy. § 367). Les jeunes animaux peuvent ainsi vivre encore pendant plus de deux heures.

D'un autre côté, des expériences nombreuses ont appris que sur les animaux *décapités*, chez lesquels on entretient une respiration artificielle, le cœur continue de battre encore pendant deux heures au moins, quand ils sont très-jeunes. Nous parlons des animaux à sang chaud, et non des animaux à sang froid, lesquels résistent beaucoup plus longtemps encore à la décapitation. Enfin, on peut, à l'exemple de M. Flourens, enlever à de jeunes chiens à la fois l'encéphale, la moelle et la moelle allongée, et voir persister les contractions du cœur pendant une heure, quand on entretient une respiration artificielle. Ainsi donc, on ne peut pas dire que le cœur tire immédiatement et *instantanément* son principe d'action de la moelle allongée, ou de l'encéphale.

Mais il serait inexact de conclure des expériences précédentes que le cœur est indépendant du système nerveux, système qui tient partout sous sa dépendance les organes contractiles. Si la circulation persiste après les mutilations dont nous parlons, cette persistance, hâtons-nous de l'ajouter, n'est que momentanée, et la circulation ne tarde pas à s'affaiblir et à se suspendre.

Dans les expériences dont nous venons de parler, expériences qui ont consisté à enlever tout le système nerveux central, le grand sympathique n'a pas été atteint, et c'est en effet à ce système qu'il faut rattacher la persistance momentanée des mouvements rythmiques de l'organe central de la circulation.

Nous invoquerons tout d'abord les faits tératologiques, d'où il résulte que la circulation du sang peut s'effectuer de la manière ordinaire, avec absence complète de l'encéphale et de la moelle (Morgagni, Ruysch, Lallemand, etc.). Les fœtus dont nous parlons n'auraient pu arriver à terme, ou presque à terme, si le cœur ne s'était pas contracté pour imprimer le mouvement au sang.

Prochaska et après lui M. Brachet ont attribué aux ganglions cervicaux et aux ganglions cardiaques placés près de la base du cœur (ganglions dépendant du système du grand sympathique), la production de la force nerveuse qui entretiendrait les mouvements rythmiques du cœur. Mais un grand nombre d'expérimentateurs ont constaté que le

cœur, séparé de ces divers ganglions, continue encore à battre spontanément, et de nombreuses expériences, faites récemment sur ce point, montrent qu'il faut pénétrer plus profondément dans le cœur lui-même pour saisir les éléments nerveux qui président à ses mouvements.

MM. Wolkman, Bidder, Ludwig, Heidenhein, Stannius, Eckhard, Goltz, von Wittich, ont fait à cet égard un grand nombre d'expériences. Ils ont cherché à déterminer le siège de la puissance ordonnatrice des mouvements rythmiques du cœur, en divisant cet organe de diverses manières, et en observant ce qui se passe dans les fragments. Or, voici ce qui résulte de ces diverses expériences, tentées sur des grenouilles, des anguilles et des tortues.

Lorsqu'on sépare convenablement les ventricules des oreillettes, les deux fragments du cœur continuent à se contracter d'une manière rythmique : les oreillettes avec une certaine accélération, les ventricules avec un certain ralentissement. Lorsqu'on coupe des fragments du cœur, en commençant du côté de la pointe, les fragments coupés ne se contractent plus (du moins spontanément et rythmiquement, car ils sont encore contractiles sous l'influence des excitants directs), il n'y a plus que la portion des ventricules qui avoisine l'orifice auriculo-ventriculaire qui se contracte. Lorsqu'on coupe le ventricule de manière à séparer la paroi antérieure de la paroi postérieure, la paroi postérieure, à laquelle tiennent les valvules auriculo-ventriculaires, se contracte seule ; la paroi antérieure reste immobile et ne se contracte plus que sous l'influence des excitants directs. Si, sur la paroi postérieure du ventricule, on enlève avec le scalpel la portion grisâtre qui renferme les ganglions et les nerfs intracardiaques, alors tout mouvement cesse instantanément dans cette paroi postérieure. Il n'y a plus de contraction que par l'excitation directe. Ces expériences, faciles à reproduire, donnent des résultats très-nets. D'où il est permis de conclure que les ganglions intracardiaques sont le centre et la source de l'action rythmique du cœur¹.

¹ Quelques physiologistes placent dans l'excitation produite par le contact du sang sur les cavités du cœur la cause déterminante des mouvements rythmiques de cet organe. Cette doctrine est assez difficile à concilier avec l'observation des faits. Comment admettre que le sang soit la cause de ce mouvement intermittent, alors qu'il y a du sang dans le cœur pendant toute la durée de la diastole ? Le sang est donc un excitant de la contraction à certains moments et il ne l'est pas à certains autres, et cela seul suffirait pour faire penser que la cause prochaine est ailleurs. D'ailleurs, le cœur ne se contracte-t-il pas encore, spontanément, alors même que la circulation n'y introduit plus de sang, et ces contractions ne se prolongent-elles pas pendant des heures ?

Quelques expérimentateurs ont cherché à expliquer la succession rythmique des mouvements du cœur, en la rattachant à l'afflux intermittent du sang sur les fibres charnues du cœur, par l'intermédiaire des vaisseaux coronaires. De cet afflux périodique résulterait une excitation périodique aussi des fibres charnues baignées par le sang. Au moment de la contraction, le cœur exprimerait en quelque sorte, en dehors de son tissu, le liquide excitant que la diastole lui ramènerait. Mais cette explication, qu'on applique au cœur, parce qu'il se contracte d'une manière rythmique, ne supporte

M. Goltz a poursuivi plus loin le problème, en s'adressant à *chacun* des ganglions intracardiaques. De ses nombreuses expériences on peut conclure que les parties pulsatiles du cœur forment un système coordonné d'appareils partiels, dont chacun correspond à un ganglion. Ces petits centres peuvent entrer en jeu sous l'influence d'excitants de diverse nature. L'excitation brusque et suffisamment énergique d'un centre entraîne celle des voisins comme par une sorte de mouvement péristaltique: cette extension de mouvement a pour condition anatomique la liaison nerveuse des ganglions. Les divers départements du cœur ne sont pas également sensibles aux excitants. C'est le voisinage de l'orifice des veines caves qui paraît être le plus sensible; c'est là que l'action commence, et, grâce aux liaisons nerveuses des ganglions, la contraction des autres parties peut s'ensuivre.

Si le grand sympathique, par les ganglions intracardiaques, exerce une action bien déterminée sur les mouvements rythmiques du cœur, il n'est pas moins certain que le nerf pneumogastrique exerce aussi sur cet organe une influence bien marquée, quoique d'une autre nature.

MM. Weber et Budge, presque en même temps, ont constaté que, quand on fait passer le courant d'un appareil d'induction par les portions cervicales des nerfs pneumogastriques mis à nu chez un animal, les contractions du cœur se suspendent. Le cœur reste en repos pendant un temps plus ou moins prolongé, et pendant ce temps les fibres charnues sont à l'état de relâchement, c'est-à-dire que le cœur est en diastole. Si on fait passer le courant par la moelle allongée (c'est-à-dire sur le point du système nerveux d'où procèdent les pneumogastriques), le même effet se produit; il ne se produit pas quand les nerfs pneumogastriques ont été préalablement coupés. Si l'action du courant est prolongée sans interruption, les mouvements du cœur reparaisent, mais tumultueux, pour s'arrêter encore, et l'animal succombe promptement.

Le ralentissement des mouvements du cœur, ou même la suspension

pas l'examen pour peu qu'on cherche à l'étendre à l'ensemble du système musculaire. Ajoutons, en passant, que pour les besoins de cette doctrine on a imaginé une circulation toute particulière dans les artères du cœur. Ainsi, M. Vaust, plus tard M. Brücke, et d'autres après lui, soutiennent qu'au moment de la systole ventriculaire les valvules sigmoïdes de l'aorte, renversées du côté de la paroi de l'aorte, obstruent l'orifice des artères coronaires, et que ce n'est qu'au moment de la diastole que le sang peut s'introduire de l'aorte dans ces artères. Mais, à supposer que les valvules sigmoïdes de l'aorte soient assez hautes pour correspondre aux orifices des artères coronaires, il est certain que ces valvules, redressées du côté de l'aorte au moment de la systole ventriculaire, ne sont pas appliquées avec force contre les parois aortiques, mais très-mollement redressées. Les conditions physiques de la colonne sanguine contenue dans les artères le démontrent, aussi bien que les expériences directes de MM. Hyrtl, Endemann, Mierswa, Donders, etc. M. Kleefeld a récemment montré, dans des expériences tentées sur des animaux entretenus à l'aide de la respiration artérielle, que le sang s'écoule des artères coronaires ouvertes par des saccades *isochrones aux contractions des ventricules*, de même que le sang des autres artères.

momentanée de ses contractions peut survenir non-seulement par l'excitation galvanique vive des pneumogastriques, mais encore par d'autres procédés. De violentes excitations portant sur d'autres points amènent l'arrêt du cœur à la manière de la tétanisation des nerfs pneumogastriques. Lorsqu'on frappe rapidement un animal sur le ventre, sans toucher la région du cœur, on voit les mouvements cardiaques diminuer de nombre et même s'arrêter temporairement. Il faut pour cela que la moelle et la moelle allongée soient intactes, ainsi que les nerfs pneumogastriques. Le phénomène se montre encore lorsqu'un nerf pneumogastrique est coupé; il ne se produit plus lorsqu'ils sont coupés tous les deux. L'excitation vive du bout *central*¹ du grand sympathique coupé à son point d'union avec les cinquième et sixième paires cervicales étant suivie des mêmes phénomènes, c'est-à-dire de la suspension temporaire des mouvements du cœur (les pneumogastriques étant intacts), il est permis de supposer que l'excitation centripète qui agit sur les centres nerveux pour déterminer la paralysie momentanée de l'action des pneumogastriques, chemine, dans les expériences dont nous parlons, par les nerfs sympathiques de l'estomac et des intestins.

L'excitation, transmise aux centres nerveux, et qui amène la cessation d'action des nerfs pneumogastriques, et par suite l'arrêt temporaire des mouvements du cœur, peut donc avoir sa source périphérique dans des nerfs de sensibilité, même éloignés.

On a quelquefois caractérisé l'action du pneumogastrique, dans les expériences dont nous parlons, en le désignant sous le nom de nerf *paralysant*². Comme, d'un autre côté, le passage du courant, dans les rameaux *intacts* du grand sympathique qui se rendent au cœur, accélère, au contraire, ses mouvements, on a dit que le sympathique cervical était l'antagoniste des nerfs pneumogastriques dans les mouvements du cœur; qu'il y avait dans le cœur, en quelque sorte, deux systèmes nerveux: l'un, le système des nerfs pneumogastriques, dont l'action amènerait une suspension dans l'activité de la musculature cardiaque; l'autre, le système nerveux du grand sympathique cervical, dont l'excitation déterminerait une augmentation dans l'activité de la musculature du cœur. Cette doctrine ne nous paraît pas pouvoir être admise.

Lorsque l'excitation portée sur les nerfs vagues, au lieu d'être *énergique*, comme l'est celle d'une bobine d'induction, est, au contraire, seulement d'une *certaine force*, lorsqu'on se sert de courants galvaniques ou d'excitants faibles, on obtient non pas l'arrêt des mouvements du cœur, ni même leur *ralentissement*, mais bien, au contraire, leur *accélé-*

¹ Le bout *central* d'un nerf coupé est celui qui tient aux centres nerveux. Le bout *périphérique* d'un nerf coupé est celui qui tient aux organes.

² Le rôle dit *paralysant* ou *suspensif* de certains nerfs, comparé à d'autres nerfs qui seraient *actifs*, nous paraît tout à fait inadmissible. Cette question sera plus tard traitée avec les développements qu'elle comporte (Voy. INNERVATION).

ration. Ce phénomène avait été noté autrefois par Wilson Philip ; il a été signalé de nouveau par M. Schiff, par MM. Moleschott et Hufschmid. Cette action du nerf pneumogastrique peut être considérée comme une action *directe*, à laquelle l'action réflexe reste étrangère. En même temps, si l'on mesure la tension du sang contenu dans le système artériel, on remarque que cette tension est augmentée, ce qui démontre encore que l'action contractile du cœur est exagérée par l'excitation qui porte sur le nerf pneumogastrique. On sait, d'un autre côté (le fait avait été, il y a quelques années, annoncé par M. Goll, il a été vérifié depuis par tous les expérimentateurs), que, lorsque l'excitation des pneumogastriques est très-énergique et que l'arrêt du cœur en est la conséquence, la tension du sang dans l'arbre artériel s'abaisse d'une manière remarquable ¹.

Ainsi, l'excitation *faible* des pneumogastriques agit sur les mouvements du cœur en les accélérant et en augmentant l'énergie. L'excitation *forte* agit d'une manière opposée en les ralentissant et en diminuant l'énergie au point même de les suspendre. L'action du nerf pneumogastrique, obtenue par des excitations faibles, peut être envisagée comme une action *directe*, ou centrifuge. L'action du même nerf obtenue par des *excitations énergiques* se complique de phénomènes dus à l'action réflexe, c'est-à-dire d'une action qui agit dans le sens centripète, qui retentit violemment sur les centres nerveux et qui entraîne des phénomènes de dépression caractéristiques. Les phénomènes qui surviennent ici se produisent d'ailleurs dans beaucoup d'autres circonstances, et notamment lorsque des substances toxiques de diverse nature sont introduites dans le sang et qu'elles exercent directement leur action sur le système nerveux central. Ainsi, par exemple, lorsqu'on injecte à une certaine dose de la digitaline dans les vaisseaux d'un chien, les pulsations du cœur diminuent peu à peu ; elles étaient de 132 par minute, elles peuvent descendre à 30, et même moins. Mais, si l'on pratique la même injection, à la même dose, sur un chien de même taille, *après lui avoir coupé les deux nerfs pneumogastriques*, cette injection, ainsi que l'a remarqué M. Traube, ne détermine aucun effet appréciable sur les mouvements du cœur.

De même, les faibles excitations du nerf grand sympathique (que ces excitations portent sur le nerf intact — nerfs cardiaques — soit sur le bout périphérique des nerfs coupés) augmentent le nombre des pulsations du cœur ; tandis que des excitations *énergiques*, sur le nerf intact, diminuent ce nombre et peuvent même (lorsque le courant est très-fort) amener un repos momentané de l'organe.

Ce qui arrive pour les nerfs pneumogastriques et pour le nerf grand

¹ La tension du sang artériel, mesurée à l'hémodynamomètre, était de 13 centim. à 13 centim. 1/2 de mercure sur un chien. Lorsque les mouvements du cœur étaient suspendus par l'excitation *énergique* des nerfs pneumogastriques, cette tension tombait subitement à 10 centimètres. (Goll.)

sympathique se produit aussi du côté de la moelle allongée. Ainsi l'excitation faible de la moelle allongée augmente les pulsations du cœur, l'excitation très-forte peut en amener la suspension.

Quand on coupe les nerfs pneumogastriques des deux côtés, et qu'on abandonne l'animal à lui-même, on constate que les battéments du cœur s'accélèrent. C'est un fait que tous ceux qui ont pratiqué des vivisections ont souvent observé ¹.

Le cœur est insensible à l'action des excitants, à moins que ces excitants ne soient très-énergiques ² ; en cela, il ne diffère point des muscles de la vie organique, tels que les muscles de l'intestin, de l'utérus, etc. Le cœur ne diffère pas non plus des autres muscles intérieurs, sous le rapport de ses connexions nerveuses ; mais il en diffère sous le rapport de la structure anatomique de son tissu. Ses fibres charnues appartiennent, comme celles des muscles extérieurs, au système des *fibres striées*.

Le système circulatoire, artères et veines, reçoit dans l'épaisseur de ses tuniques des filets nerveux provenant en grande partie du grand sympathique, et aussi des paires nerveuses rachidiennes qui accompagnent au tronc et dans les membres les divisions des vaisseaux. La contractilité des parois vasculaires est sous la dépendance de ces filets divers. Les fibres contractiles des vaisseaux sont de la nature des fibres musculaires lisses, ou de la vie organique ; la contraction est semblable, dans les vaisseaux, à celle des autres muscles de la vie organique ; elle est successive, lente à s'établir et lente à s'éteindre.

C'est sous l'intervention du système nerveux que la contractilité des vaisseaux (principalement dans les artères et les veines de petit calibre) détermine les afflux sanguins locaux, compatibles avec l'état physiologique. Tels sont, par exemple, l'afflux du sang dans la mamelle pendant la période de la lactation ; l'afflux du sang à la membrane muqueuse de l'estomac, au moment de la digestion ; l'afflux ou la soustraction du sang dans les diverses parties exposées à des températures extrêmes ; l'afflux du sang au visage dans les émotions vives, etc.

M. Bernard et un grand nombre d'expérimentateurs ont démontré, par expérience, l'influence qu'exerce sur les circulations locales le système du grand sympathique en particulier. Lorsqu'on pratique la section des filets cervicaux de ce nerf destinés aux artères de la face, les petits vaisseaux, privés de leur contractilité, paralysés en quelque sorte, se laissent distendre par le sang ; les parties dans lesquelles se répandent ces artères offrent bientôt une congestion sanguine, accompagnée d'élévation dans leur température. Si l'on vient ensuite à irriter, à l'aide de

¹ La section des deux nerfs pneumogastriques entraîne l'accélération des mouvements du cœur. En même temps que les mouvements s'accélèrent, l'intensité des contractions diminue.

² On peut presser le cœur de l'animal vivant entre ses mains, sans que l'animal paraisse s'en apercevoir. Les *attouchements* qu'on pratique sur le cœur des individus atteints d'*ectopie* ne sont pas ressentis par les patients.