

## QUATRIÈME LEÇON

SOMMAIRE : Théorie de l'anesthésie et du sommeil (suite). — Phases d'hypérémie et d'anémie. — Nouvelles démonstrations de l'influence des centres nerveux ; anesthésie par influence. — Anesthésie par influence réalisée au moyen de la chaleur. — La sensibilité commence à disparaître à l'extrémité périphérique du nerf sensitif. — Il n'y a pas de véritable anesthésie locale. — Toutes les anesthésies se réduisent au même phénomène intime. — Il y a des agents anesthésiques divers, mais il n'y a qu'une anesthésie.

MESSIEURS,

Nous avons examiné dans la dernière leçon la question relative à la circulation cérébrale pendant la durée de l'anesthésie, et nous avons indiqué les recherches récentes qui conduisent à rejeter l'opinion ancienne de la congestion du cerveau pendant le sommeil naturel et le sommeil anesthésique.

Afin de pouvoir nous prononcer en connaissance de cause, nous avons répété quelques expériences dont je vais vous exposer les résultats.

Voici un lapin sur lequel on a pratiqué, avec une rugine, un trou circulaire à la boîte crânienne, ayant à peu près les dimensions d'une pièce de 50 centimes ; puis, les fragments d'os une fois enlevés, on a incisé la dure-mère, et l'on a découvert alors la surface du cerveau tapissée des nombreux vaisseaux de la pie-mère.

Le cerveau ainsi mis à nu, il est facile de constater qu'il est plus rosé quand il contient beaucoup de sang, et moins

rose, plus pâle, quand il en contient moins ; c'est là une conséquence évidente de la coloration rouge du sang, qui doit nécessairement teindre d'une nuance rose plus ou moins accusée les parties pâles ou incolores où il se distribue en quantité plus ou moins grande. On peut donc suivre sans aucune peine, au travers de cette fenêtre crânienne, toutes les variations de la vascularisation cérébrale.

Quand l'animal est dans son état ordinaire, la teinte du cerveau est peu rosée ; mais lorsqu'il fait des efforts plus ou moins violents, exagère l'énergie de ses mouvements, pousse des cris, se livre à une agitation quelconque, on voit aussitôt une grande abondance de sang dans le cerveau ; tous les vaisseaux augmentent de volume et prennent une teinte plus accusée, qui recouvre ainsi toute la surface cérébrale : il y a une hyperémie très-marquée. En même temps, par une conséquence de ces premiers phénomènes, le cerveau lui-même, devenu plus rouge et gonflé de sang, fait saillie hors de la boîte crânienne par l'ouverture qu'on y a pratiquée, et il en résulte une sorte de hernie. Le tout disparaît lorsque l'animal redevient calme.

Examinons maintenant ce qui se passe lorsque nous soumettons ce lapin à l'influence du chloroforme ou de l'éther.

Au moment où l'on administre l'anesthésique, on voit d'abord une hyperémie cérébrale avec les caractères que nous venons de décrire. Le cerveau rougit, se gonfle et fait hernie par le trou du trépan. Mais bientôt les phénomènes changent : la hernie rentre dans la boîte crâ-



nienne, le cerveau reprend son volume normal, sa teinte diminue progressivement, et en très-peu de temps il devient sensiblement plus pâle qu'à l'état ordinaire, avant l'expérience. Les membres sont alors en pleine résolution et complètement insensibles. Si l'opération a été très-laborieuse, ou si l'on répète plusieurs fois de suite l'expérience, il peut en résulter une meurtrissure de la substance cérébrale herniée, qui alors ne se dégorge plus et ne rentre même plus dans la cavité crânienne. Ce sont là des causes d'erreurs qu'il faut avoir soin d'éviter dans ces expériences, qui sont d'ailleurs assez délicates à exécuter.

Il y a donc deux phases successives et parfaitement distinctes, ou plutôt opposées, dans l'état de circulation cérébrale sous l'influence des anesthésiques. La première phase correspond aux expériences où l'on a trouvé de l'hypérémie; la seconde, aux expériences qui ont montré au contraire le cerveau en état d'anémie. J'insiste sur ces contradictions des expériences, parce qu'il faut toujours en arriver à les expliquer par des conditions différentes, comme nous venons encore de le faire dans ce cas.

L'hypérémie correspond à l'agitation qui marque le commencement de l'administration de l'agent anesthésique; mais ce n'est point un état spécial, puisqu'on peut le reproduire autrement, par exemple en faisant tout simplement crier l'animal. Nous avons déjà vu, en effet, que cette agitation observée aux premières atteintes du chloroforme ou de l'éther tient à une irritation spéciale tout à fait distincte de l'influence anesthésique, et que, dans cette première période, il en résulte des phénomènes étrangers à l'anesthésie.

Au contraire, pendant la période de résolution et d'insensibilité complète, qui est celle de la véritable anesthésie, on observe une anémie plus marquée qu'à l'état normal. Nous avons déjà dit, dans la dernière séance, que ce résultat concordait parfaitement avec ce que nous savions sur l'état relatif de la circulation dans les organes en fonctionnement ou en repos. Pendant leur période d'activité, les organes reçoivent beaucoup de sang; pendant leur période de repos, ils en reçoivent beaucoup moins. L'anesthésie, étant la suppression de la sensibilité, représente certainement, pour le système nerveux sensitif, une période de repos absolu, et il est dès lors tout naturel qu'elle soit accompagnée d'une anémie du cerveau.

La question de la vascularisation cérébrale pendant l'anesthésie me paraît donc résolue expérimentalement. Il faut abandonner l'idée ancienne de la congestion du cerveau, et accepter l'idée nouvelle introduite dans la science, à savoir, que l'anesthésie s'accompagne d'une anémie cérébrale relative.

Mais quelle est la signification de cette anémie cérébrale? Serait-elle la conséquence d'une influence spéciale de l'anesthésique sur les nerfs vaso-moteurs? Est-elle la cause de l'anesthésie?

Il est certain que l'anémie ou l'ischémie cérébrale peut produire l'insensibilité dans une certaine mesure. Quand le cerveau devient exsangue, sous l'influence d'une cause quelconque, la fonction du système nerveux sensitif est interrompue. On avait même essayé de profiter de ce fait pour obtenir l'anesthésie par la simple compression des artères carotides, qui alimentent le cerveau, et ce mode



opératoire a été autrefois tenté d'une manière générale, pour produire, soit l'anesthésie complète, soit l'anesthésie locale.

Quoi qu'il en soit, je ne pense pas que l'anémie cérébrale que nous avons observée suffise pour expliquer l'anesthésie. Il est vrai que, pendant l'anesthésie, le cerveau contient un peu moins de sang que dans les conditions ordinaires ; mais cette diminution circulatoire ne dépasse pas l'état d'un organe simplement au repos. Il y a encore dans le cerveau bien assez de sang pour entretenir les fonctions nerveuses, et permettre au système sensitif de réagir aux excitations extérieures, comme il le ferait en un état de repos normal. D'un autre côté, ce sang anesthésique contient bien assez d'oxygène pour produire ses effets ordinaires, puisque certaines analyses en ont même indiqué une proportion supérieure à la proportion normale.

Il y a donc autre chose que de l'anémie cérébrale dans l'anesthésie. Nous avons dû poser cette question préliminaire pour indiquer que ce n'est point là qu'il faut chercher la solution du problème anesthésique.

A mon avis, l'anesthésie dépend immédiatement et directement de la présence du chloroforme dans le sang et de son action spéciale sur les éléments nerveux. Les modifications vasculaires ne sont que des accidents qui accompagnent le phénomène, sans constituer son essence. Ramener tout simplement l'anesthésie à une anémie du cerveau, ce serait la même chose que de considérer l'ivresse uniquement comme une conséquence des modifications de la vascularisation générale qu'on observe

toujours pendant sa durée. Non, il y a certainement autre chose que cela. L'ivresse tient à la présence de l'alcool dans le sang et à son action directe sur les éléments nerveux ; il en est de même pour l'anesthésie, qui présente certains rapports avec l'ivresse.

Afin de nous rendre compte du mécanisme de l'anesthésie, rappelons une expérience fondamentale faite dans les précédentes leçons.

Une grenouille était liée vers la partie inférieure du corps à la hauteur du sacrum. La ligature interrompait complètement la circulation du train antérieur au train postérieur. Les deux parties de l'animal ne communiquent plus entre elles que par les nerfs lombaires, qui transmettent dans les membres postérieurs l'influence de la moelle épinière et du cerveau.

Dans ces conditions, quand on anesthésie la grenouille dans le train antérieur, les nerfs sensitifs qui se distribuent aux membres postérieurs sont atteints par l'agent anesthésique par influence ; c'est-à-dire que le chloroforme n'a été mis en contact qu'avec leur origine dans la moelle épinière, et cependant ils ont été anesthésiés dans toute leur étendue périphérique. (Voyez ci-dessus : leçon troisième, page 103 et suivantes.)

Changeons maintenant le lieu de cette ligature, plaçons la un peu plus haut, immédiatement sous la naissance des membres antérieurs, à la hauteur de la bifurcation de l'aorte. Aux autres points de vue, l'expérience reste disposée de la même manière ; la ligature embrasse toutes les parties molles du corps, sauf la moelle épinière, qui continue à faire communiquer ensemble les deux parties



du corps que la ligature a divisées, tandis que les communications par le système circulatoire ont été interceptées.

Introduisons alors du chloroforme dans la partie antérieure, qui se trouve maintenant réduite à la tête et à la région supérieure de la poitrine. Le chloroforme ne touchera que la partie antérieure de la moelle, et n'atteindra pas la partie postérieure, située au dessous de la ligature.

Cependant l'anesthésie se produit encore, non-seulement dans la tête et les pattes de devant, qui reçoivent du chloroforme, mais aussi dans le tronc et les pattes de derrière, qui sont innervés par des nerfs sensitifs partant de la région de la moelle épinière où le chloroforme ne semble pas avoir pu arriver. Ces nerfs sensitifs n'ont donc pas subi directement le contact de la substance anesthésique, à leur extrémité dans la moelle épinière; les centres nerveux ont été touchés dans la partie antérieure, et les nerfs sensitifs de la région postérieure du corps, restés complètement à l'abri de l'action directe du chloroforme, n'ont pu être atteints qu'indirectement par l'influence des centres nerveux supérieurs qui, anesthésiés eux-mêmes, ont transmis l'anesthésie aux parties inférieures.

Cette expérience semblerait donc conduire à cette conclusion, que le cerveau anesthésié influence la moelle épinière et, par suite, les nerfs sensitifs qui en émergent, comme le fait la volonté elle-même dans un autre ordre de phénomènes.

On pourrait interpréter cette expérience en disant que les racines nerveuses naissent de la substance grise de la

moelle sur un point plus élevé que leur émergence apparente entre les faisceaux blancs, et que par suite tel nerf, qui *émerge* en apparence d'une région non soumise à l'action directe du chloroforme, *naît* en réalité à un niveau où circule le sang chargé de l'anesthésique. On pourrait ainsi juger de l'obliquité du trajet intra-médullaire des racines; et dans ce cas on aurait toujours affaire à une anesthésie directe des racines les plus inférieures, qui émergent près de l'extrémité de la moelle.

Une objection assez sérieuse c'est que la ligature pratiquée sur ces grenouilles peut bien ne pas interrompre complètement toute communication circulatoire entre le train antérieur et le train postérieur, car elle n'embrasse pas les artères médullaires qui rampent le long de la moelle épinière. Ces artères pourraient donc porter du cerveau dans la moelle le sang chargé de chloroforme, et, par conséquent, la propagation de l'anesthésie dans ce cas ne serait pas due à une influence du cerveau anesthésié sur la moelle épinière, mais simplement à l'action directe sur la moelle épinière du chloroforme passé dans le train postérieur par la voie des artères médullaires.

Au contraire, dans le second cas, lorsque c'est le train postérieur qui reçoit le chloroforme, l'anesthésie ne pourrait pas se propager à la tête, parce que la circulation des artères médullaires ne remonte pas la moelle, mais la descend et ne peut, par conséquent, conduire le chloroforme dans le train antérieur.

Voici l'expérience que j'ai imaginée pour essayer de juger la valeur de cette objection.

Il s'agit d'écarter les conséquences possibles de la cir-



culatlon dans les artères médullaires. Pour cela, je supprime la circulation en enlevant le cœur. Sans doute, cette suppression du cœur n'est pas un obstacle absolu à la propagation des actions toxiques ; divers expérimentateurs, et Stilling en particulier, ont montré qu'après avoir enlevé à des grenouilles la totalité des viscères, on pouvait encore les empoisonner par la strychnine. Dans ce cas, la substance toxique se répand par l'imbibition ou par la circulation capillaire locale (1). Mais alors il ne s'agit plus de la circulation générale, qui a une direction parfaitement déterminée, et il n'y a plus par conséquent de raison pour que cette propagation ne se produise pas aussi bien de bas en haut que de haut en bas.

Voici une grenouille vigoureuse dont on a enlevé le cœur, comme je viens de le dire, avant de lui appliquer une ligature sous la naissance des pattes de devant. Nous lui injectons une solution d'eau chloroformée sous la peau de la tête, et vous voyez que l'anesthésie se propage aux membres postérieurs à peu près comme cela se faisait lorsque nous n'avions pas arraché le cœur. Or, si la propagation de l'anesthésie dans les pattes de derrière était due au transport du chloroforme, cette propagation serait notablement ralentie par l'enlèvement du cœur, qui supprime les impulsions sanguines par les artères médullaires.

On devrait surtout constater une très-grande différence dans la rapidité de la production de l'anesthésie des pattes de derrière, — quand l'injection de chloroforme est faite

(1) Stilling, *Untersuchungen über die Functionem des Rückenmark und der Nerven*, 1842.

sous la tête, — suivant que la grenouille a subi ou non une ligature à la naissance des membres antérieurs. En effet, quand il n'y a pas eu de ligature, toutes les voies circulatoires sont largement ouvertes au transport du chloroforme, depuis la tête jusqu'à l'extrémité inférieure de la moelle épinière. Au contraire, quand la ligature a été opérée, et surtout quand, en outre, le cœur a été arraché, ce transport du chloroforme, en admettant qu'il ait encore lieu, ne peut plus se faire que par des voies extrêmement détournées, très-restreintes et presque complètement interceptées.

Or, sans être certain que l'anesthésie des pattes postérieures se produise aussi vite dans un cas que dans l'autre, on peut affirmer cependant que la différence ne correspond pas du tout à celle qu'on devrait nécessairement trouver.

Il me semble donc possible d'admettre que lorsque la grenouille a subi une ligature sous les membres antérieurs, la partie postérieure de la moelle épinière est anesthésiée par l'influence de fibres sensitives provenant du cerveau ou des régions élevées de la moelle et non à la suite du transport du chloroforme par les artères médullaires (1).

Nous allons faire maintenant une expérience inverse qui

(1) Il est sans doute difficile d'écartier tout à fait l'objection, car il faudrait pour cela enlever complètement les artères du système nerveux central. Remarquons cependant que si l'on fait une ligature d'un membre postérieur, la circulation ne peut plus la dépasser pour porter au delà le chloroforme, et cependant l'anesthésie se produit très-bien dans les nerfs par une simple influence de la moelle sur eux, et sans que le chloroforme les atteigne directement dans leurs parties périphériques. Dans ce cas au moins, il faut bien que l'anesthésie se propage par influence, et il y a là un argument d'analogie tiré du sens général de la propagation des actions sensitives.



servira de contrôle à la précédente. Vous vous rappelez que, dans cette expérience, une grenouille dont le cœur a été enlevé recevait, immédiatement sous la naissance des membres antérieurs, une forte ligature qui embrassait toutes les parties molles situées en avant de la moelle épinière, mais laissait communiquer librement par la moelle les deux parties du corps. Si l'on introduisait de l'eau chloroformée sous la peau de la tête de cette grenouille, l'anesthésie se propageait dans le tronc et dans les pattes de derrière.

Faisons maintenant l'expérience inverse. Chez une grenouille préparée de la même manière, avec la ligature au même endroit, c'est-à-dire immédiatement sous la naissance des membres antérieurs, on introduit du chloroforme, non plus au-dessus de la ligature, mais au-dessous, dans la région postérieure du corps.

La circulation capillaire, bien qu'isolée de la circulation générale, subsiste encore dans ces parties, l'imbibition peut encore s'y faire; le chloroforme, introduit dans le train postérieur du corps, peut donc s'y répandre, et atteindre ainsi la partie inférieure de la moelle épinière, située au-dessous de la ligature.

Que se produit-il dans ces circonstances? La région inférieure de la moelle épinière, exposée au contact du chloroforme, est anesthésiée, et cette anesthésie s'étend naturellement à toute la partie postérieure du corps, qui reçoit des nerfs sensitifs émanés de la portion chloroformée de la moelle épinière. Mais la tête et les parties supérieures du corps, restées au-dessus de la ligature et placées par elle à l'abri du contact du chloroforme, ne

sont pas atteintes: elles conservent toute leur sensibilité.

La moelle épinière n'a donc pas ici sur le cerveau l'influence que nous avons vu tout à l'heure le cerveau exercer sur elle. Quand la moelle est anesthésiée, elle ne peut pas transmettre cette anesthésie au cerveau, comme le cerveau lui transmet la sienne; la partie inférieure de la moelle épinière n'a même pas le pouvoir d'anesthésier la partie supérieure quand celle-ci échappe à l'action directe du chloroforme.

En un mot, dans le système nerveux sensitif, l'influence anesthésique ne paraît pas pouvoir remonter vers les centres, tandis qu'elle en descend, et le cerveau joue le rôle d'un centre principal qui peut influencer les centres secondaires de la moelle épinière, mais qui ne peut être influencé par eux.

Nous allons maintenant répéter devant vous, sur des grenouilles, avec de l'eau éthérée, les expériences que nous venons de décrire.

Il est clair que ces expériences ne peuvent se faire qu'avec des animaux à sang froid. Chez des animaux à sang chaud, elles seraient absolument impossibles, car une pareille ligature arrêterait la circulation et ferait perdre immédiatement aux tissus leurs propriétés vitales. Chez les animaux à sang froid, au contraire, les propriétés vitales survivent longtemps. Aussi la grenouille, qu'on peut se procurer partout facilement, est-elle un animal précieux pour les expériences physiologiques.

Voici une grenouille, préparée comme il a été dit plus haut, qui reçoit une solution aqueuse d'éther sous la peau de la tête. Vous voyez qu'au bout de trois à



quatre minutes, les mouvements réflexes normaux ne se produisent plus lorsqu'on pince les pattes de derrière.

Tels sont les faits qui nous paraissent démontrer que la moelle épinière est anesthésiée par l'influence du cerveau, celui-ci ayant reçu directement, par la circulation, l'action de l'anesthésique : telles sont les objections que l'on pourrait faire à nos recherches, et les expériences de contrôle par lesquelles nous pouvons répondre à ces objections. Mais cela n'est pas tout : nous allons trouver un nouvel argument en revenant sur un mode d'anesthésie dont nous avons déjà parlé (voyez deuxième leçon, page 92).

Je vous ai montré que la chaleur anesthésiait parfaitement les grenouilles. Cela, du reste, est conforme à ce que nous savons sur les propriétés vitales en général, et sur celles du système nerveux en particulier. A une température basse, à 0 degré et même un peu au-dessus, une grenouille engourdie par le froid reste complètement insensible aux influences extérieures ; à cette température, elle est très-peu sensible ou même complètement réfractaire à l'action des poisons les plus énergiques. Puis, au fur et à mesure que la température s'élève, la sensibilité augmente, la grenouille devient de plus en plus susceptible aux actions toxiques, etc.

Les phénomènes continuent à marcher dans ce sens jusque vers 30 ou 35 degrés ; au-delà de cette température, les propriétés vitales, au lieu de s'accroître, diminuent. Il y a donc une limite supérieure comme une limite inférieure pour le fonctionnement des éléments nerveux ou autres : c'est entre ces deux limites que se produisent les phénomènes de la vie. Au-dessus de la limite

supérieure, vers 37 degrés, la grenouille devient complètement insensible, et à 40 degrés elle meurt ; ses tissus sont altérés.

Vous n'avez pas oublié le procédé bien simple que nous employons pour soumettre successivement la grenouille à ces différentes températures : c'est de la plonger dans l'eau convenablement chauffée.

J'ai eu l'idée de répéter, pour l'anesthésie par l'eau chaude, les expériences que j'avais faites avec le chloroforme, afin de montrer que l'anesthésie du cerveau pouvait anesthésier par influence la moelle épinière.

Voici une grenouille dont le cœur est intact, mais qui a subi, sous la naissance des membres antérieurs, une ligature embrassant toutes les parties molles placées devant la moelle, et ne laissant communiquer les deux parties du corps que par la moelle épinière et les petits vaisseaux qui l'accompagnent. Nous plongeons seulement dans l'eau chaude la tête de cette grenouille jusqu'à la ligature, et vous voyez que les pattes de derrière s'anesthésient parfaitement malgré la ligature.

Il est vrai qu'ici encore on peut reproduire pour l'expérience les mêmes objections que nous avons discutées tout à l'heure dans le cas du chloroforme ou de l'éther. Si l'on ne veut pas admettre l'influence anesthésiante du cerveau sur la moelle épinière, on dira que le sang échauffé dans la tête a été poussé par le cœur dans les artères médullaires, qui l'ont conduit exercer directement son action sur la partie inférieure de la moelle épinière.

Mais cette interprétation rencontre ici une difficulté particulière, c'est que le sang doit se refroidir en circulant,



et qu'il n'arriverait pas à l'extrémité inférieure de la moelle épinière avec une température suffisante pour l'anesthésier. N'oublions pas, en effet, que 35 ou même 36 degrés ne suffisent pas toujours pour produire l'anesthésie, il en faut au moins 37. D'un autre côté, le sang parti de la tête ne pouvait pas non plus être à une température très-supérieure à 37 degrés, car 39 à 40 degrés suffisent pour tuer la grenouille.

Il faudrait donc que le sang ait cheminé de la tête au cœur et du cœur à l'extrémité de la moelle épinière, et dans des vaisseaux très-petits, presque sans éprouver de refroidissement au milieu de tissus beaucoup plus froids. Cela est très-difficile à admettre; d'ailleurs, on ne remarque pas dans le train postérieur l'élévation de température qui devrait s'y produire, si les choses se passaient en effet de cette façon.

Dans tous les cas, il est très-curieux de voir se reproduire, pour l'anesthésie par l'eau chaude, les faits que nous avons déjà observés pour l'anesthésie par le chloroforme.

Nous devons faire remarquer que l'anesthésie, sous l'influence du chloroforme ou de l'éther, permet souvent de suivre la marche successive de phénomènes fort intéressants et fort instructifs pour la physiologie du système nerveux.

Voici, par exemple, une grenouille qui a subi, à la naissance des membres antérieurs, une ligature embrassant les parties molles; l'injection d'une solution aqueuse d'éther a produit chez elle une anesthésie déjà marquée non-seulement de la partie antérieure, mais encore des parties situées en arrière de la ligature. C'est pourquoi vous

voyez en ce moment que cette grenouille ne manifeste plus de mouvements réflexes lorsqu'on pince ses pattes, et cependant elle peut encore exécuter des mouvements volontaires. On sait, en effet, par des expériences déjà anciennes, que, dans le cas où les propriétés du système sensitif doivent disparaître, la perte de la sensibilité se manifeste d'abord à l'extrémité périphérique des nerfs pour remonter ensuite le long de ces nerfs jusqu'à la moelle épinière, et continuer ensuite à remonter la moelle de manière à gagner enfin le cerveau.

Quand cette perte de la sensibilité atteint, dans sa marche ascendante, l'extrémité des nerfs de la moelle épinière qui innervent les pattes de derrière par exemple, il ne peut plus se produire de mouvements réflexes lorsqu'on pince ces pattes, puisque la transmission de l'irritation sensitive à la moelle épinière, — centre du mouvement réflexe qu'il s'agit de provoquer, — est devenue impossible. Au contraire, une action volontaire partant du cerveau, pourra produire un mouvement dans les pattes postérieures. Le système nerveux cérébral est resté encore intact, l'action volontaire se transmet sans obstacle dans ces membres où les mouvements réflexes sont devenus impossibles.

Ainsi le grand centre nerveux sensitif, le centre des centres, c'est le cerveau. A ce titre, il réagit sur la moelle épinière, — qui, en même temps qu'elle est un centre en elle-même, joue aussi par rapport à lui le rôle d'un nerf, — de la même manière que la moelle épinière réagit à son tour sur les nerfs sensitifs.

Pour que l'anesthésie se produise, il faut donc que l'éther ou le chloroforme touche un centre nerveux, et, cette