

facilement l'emphysème. En outre, c'est l'élasticité seule de l'appareil respiratoire qui intervient pour chasser l'air du poumon.

Nous avons fait construire un soufflet à respiration artificielle, mû par l'électricité, qui est beaucoup moins encombrant que celui-ci.

On peut régler très exactement le volume d'air injecté et la durée respective de l'inspiration et de l'expiration, qui est activée ici par aspiration du soufflet, et cela pour des animaux de taille très différente (fig. 184).

INNERVATION MOTRICE DE LA CAGE THORACIQUE. — Les centres respiratoires sont des centres réflexes, ils ont donc des voies centripètes et des voies centrifuges. Examinons d'abord ces dernières.

Les *voies centrifuges* sont constituées par les nerfs moteurs qui amènent la dilatation de la cage thoracique, dilatation active, comme nous l'avons vu dans la précédente leçon : ce sont, d'une part, les nerfs phréniques qui gouvernent la contraction du diaphragme; d'autre part, certains nerfs cervicaux et dorsaux présidant aux mouvements des côtes.

Les *nerfs phréniques* (fig. 185), chez le chien et chez le lapin, naissent des troisième et quatrième paires cervicales : ils s'anastomosent avec les paires suivantes et se détachent au niveau des cinquième et sixième paires. Pour les découvrir au moment où ils s'individualisent, on passe dans l'interstice musculaire qui sépare le scalène antérieur du scalène postérieur.

L'excitation de ces nerfs provoque des contractions du diaphragme; la tétanisation de ce muscle amène un arrêt respiratoire en inspiration.

La section des nerfs phréniques est suivie de la paralysie diaphragmatique entraînant la *respiration en bascule*. Dans ce cas particulier, le thorax se gonfle

quand l'abdomen s'affaisse, et *vice versa*, parce que le diaphragme n'est plus qu'un voile flasque, tantôt attiré par la dilatation de la cage thoracique, et tantôt refoulé par son resserrement, tandis que, dans la respiration

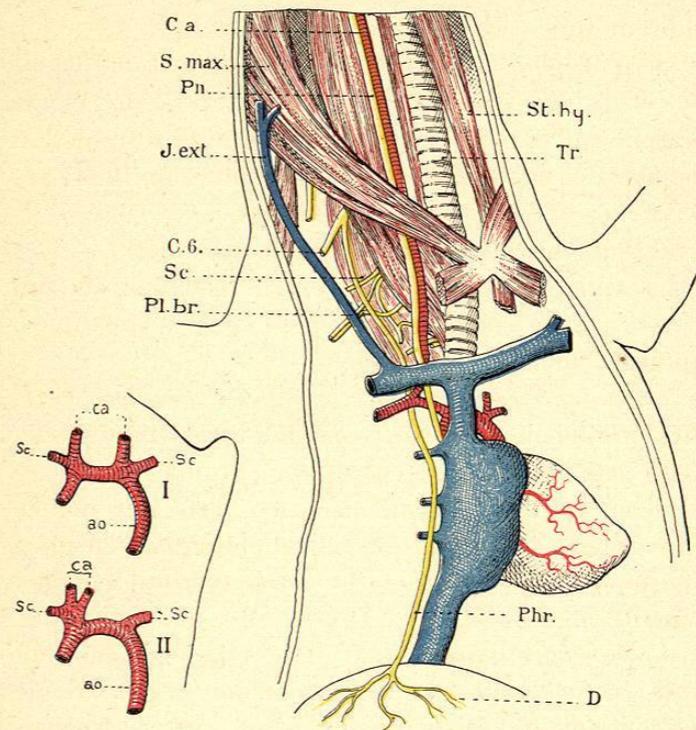


FIG. 185. — Région cervicale inférieure chez le chien et origine des troncs brachio-céphaliques : Ca artère carotide, S.max muscle sterno-maxillaire, Pn nerf pneumogastrique, J. ext. veine jugulaire externe, C.6 sixième paire cervicale, Pl. br plexus brachial, Phr nerf phrénique, D diaphragme, Tr trachée-artère, St.hy muscle sterno-hyoïdien, I, II deux cas d'origine des troncs brachio-céphaliques, ao artère aorte, ca artères carotides, Sc artères sous-clavières.

normale, le thorax se soulève en même temps que la paroi abdominale et s'affaisse au même moment.

Les autres nerfs inspireurs innervant les muscles qui sont les agents actifs du relèvement des côtes se détachent de la moelle dans les régions cervicale et dorsale.

On peut supprimer leur action par une section de la moelle épinière portant au-dessous de l'origine réelle des nerfs phréniques, c'est-à-dire dans l'interstice qui sépare la quatrième de la cinquième vertèbre cervicale.

Pour faire cette section, la tête de l'animal étant maintenue en flexion, on rugine soigneusement la colonne vertébrale dans la région cervicale. La deuxième vertèbre se reconnaît facilement à ce que son apophyse épineuse est très proéminente : on compte deux vertèbres au-dessous et on incise les ligaments réunissant la quatrième et la cinquième vertèbre, puis, passant par l'interstice une lame aiguë, on sectionne la moelle. Aussitôt le thorax est paralysé et seul le diaphragme entretient la respiration qui affecte, comme précédemment, le type en bascule, mais pour une cause inverse. Les abaissements actifs du diaphragme amènent l'affaissement du thorax et le retour à l'état de repos permet son relèvement.

RÔLE DES NERFS SENSITIFS DANS LA RESPIRATION. — Depuis longtemps, on sait que toutes les excitations sensibles retentissent sur la respiration, et que, si celle-ci est arrêtée, de violentes excitations périphériques suffisent souvent pour la rétablir.

Certains auteurs pensent même que, seules, les impressions venues de la surface cutanée et de la surface pulmonaire sont les excitants et les causes de l'automatisme respiratoire; d'autres auteurs admettent, au contraire, un automatisme bulbaire, et, pour ces derniers, le sang chargé d'acide carbonique est susceptible, à lui seul, de provoquer un réflexe respiratoire.

Quoi qu'il en soit de ces deux théories, il est acquis que les nerfs sensitifs jouent un très grand rôle dans le mécanisme des mouvements respiratoires. Il en est un, entre autres, qui apporte des excitations de la mu-

queuse pulmonaire : le pneumogastrique ou nerf vague, dont le rôle est prépondérant.

RÔLE SENSITIF DU NERF PNEUMOGASTRIQUE. — Pour

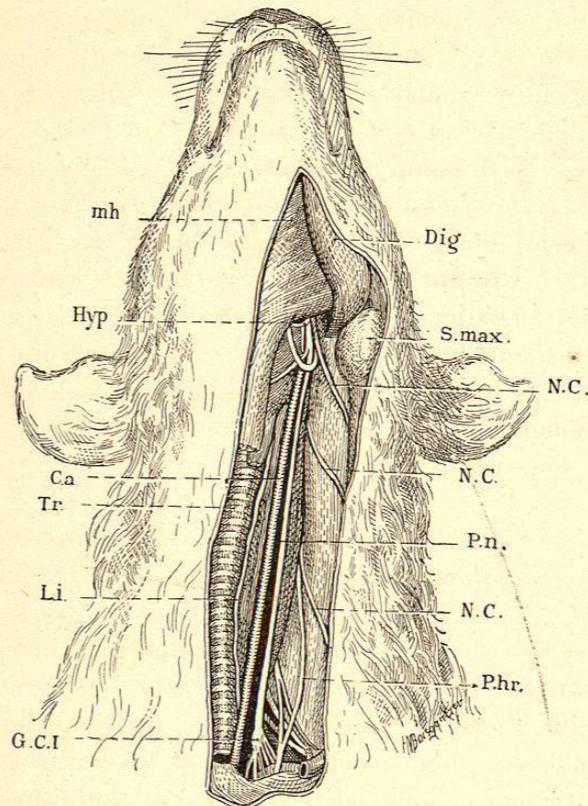


Fig. 186. — Région du cou chez le chien : *m h* muscle mylo-hyoïdien, *Dig* muscle digastrique, *Hyp* nerf hypoglosse, *S. max* glande sous-maxillaire, *N.C.* nerfs cervicaux, *Pn* nerf pneumogastrique, *Phr* nerf phrénique, *Ca* artère carotide, *Tr* trachée, *Li* nerf laryngé inférieur, *G.C.I* ganglion cervical inférieur.

mettre en évidence l'action que le nerf ou pneumogastrique vague exerce sur la respiration, dénudons-le dans la région du cou et pratiquons sur lui des excitations ou des sections.

Pour le découvrir, on rase la région du cou et on fait

une incision médiane de 4 à 5 centimètres de longueur, à un travers de doigt au-dessous du larynx, comme pour la trachéotomie (fig. 186). Abandonnant ensuite la ligne médiane, lorsqu'on est arrivé sur le plan musculaire constitué par les sterno-hyoïdiens, on plonge une sonde

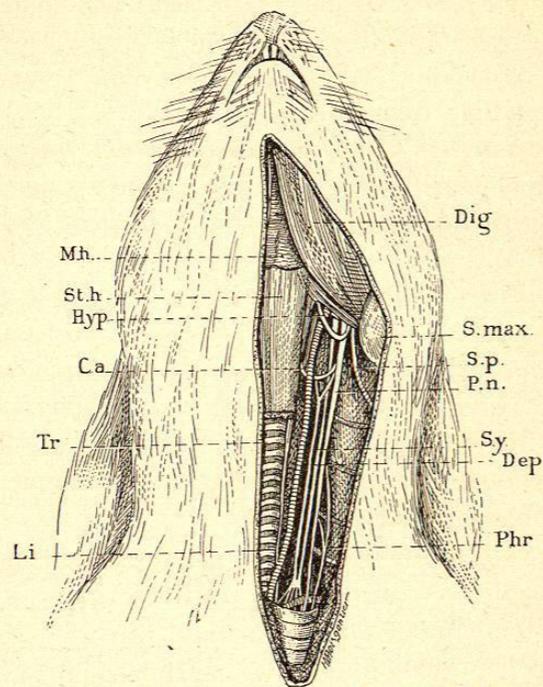


FIG. 187. — Nerfs du cou chez le lapin : Mh muscle mylo-hyoïdien, Dig muscle digastrique, S. max glande sous-maxillaire, Sp nerf spinal, Pn nerf pneumogastrique, Sy nerf sympathique, Dep nerf déresseur, Phr nerf phrénique, St h muscle sterno-hyoïdien, Hyp nerf hypoglosse, Ca artère carotide, Tr trachée, Li nerf laryngé inférieur.

cannelée dans l'interstice situé en dehors de ces muscles, entre eux et les sterno-maxillaires.

Après avoir dilacéré le tissu conjonctif réunissant le sterno-hyoïdien au sterno-maxillaire, on aperçoit dans le fond de l'interstice un paquet vasculo-nerveux comprenant, chez le chien, l'artère carotide, la veine jugulaire interne et un seul tronc nerveux. Ce dernier résulte de l'union intime du vague ou pneumogastrique, de la

chaîne sympathique et du nerf déresseur de Cyon (fig. 186).

Chez le lapin, ces trois nerfs sont séparés : le plus gros est le pneumogastrique, le moyen la chaîne sympathique, le plus mince le nerf de Cyon (fig. 187). On isole le pneumogastrique et on le charge sur un fil, de manière à le retrouver facilement.

Pour constater l'action du vague sur la respiration, nous installons un pneumographe conjugué à un tambour enregistreur, en intercalant sur le circuit du courant dont nous nous servons pour exciter le nerf un signal de Depretz, qui marquera sur le cylindre le moment de l'excitation.

Nous pouvons procéder de diverses manières.

D'abord par excitation du nerf total : si l'excitation est suffisante, on voit que pendant toute sa durée la respiration est arrêtée.

Mais il s'agit de déterminer si cet effet est dû à une action centrifuge ou motrice, ou bien à une excitation centripète ou sensitive.

Pour cela faisons deux ligatures rapprochées sur le nerf, pratiquons une section entre les deux et excitons chacun des bouts. Nous constatons alors :

1° Que l'excitation du bout périphérique ne produit aucun résultat ;

2° Que l'excitation du bout central amène un arrêt respiratoire.

Il s'agit donc bien ici d'une action sensitive. Cet arrêt a lieu très généralement en inspiration quand on opère sur l'animal normal, en excitant au-dessous de l'origine du laryngé supérieur. Mais, si l'on excite au même point sur un sujet anesthésié, l'arrêt a lieu en expiration (fig. 188 et 189). A la suite d'une excitation prolongée du bout périphérique, s'il se produit un arrêt respiratoire, il est attribuable à l'arrêt cardiaque qui entraîne

une anémie du bulbe, mais non à une action directe.

Il existe donc des fibres à action inspiratrice et expiratrice dans le tronc du pneumogastrique. Seulement, au-dessous du laryngé supérieur, ce sont les fibres ins-

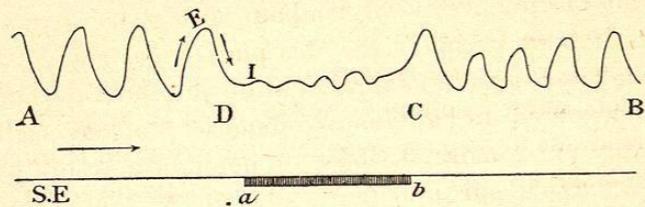


FIG. 188. — Effet de l'excitation du pneumogastrique sur la respiration : AB tracé respiratoire, DC arrêt en inspiration, E expiration, I inspiration, SE tracé du signal électrique, *ab* durée de l'excitation.

piratrices qui sont en majorité; au-dessus, ce sont les fibres expiratrices, d'où arrêt en expiration quand on excite dans cette région. Ce sont ces fibres sensibles du laryngé supérieur qui forment, pour ainsi dire, les sentinelles de l'entrée des voies respiratoires; tout corps étranger qui y pénètre provoque, en effet, par sa pré-

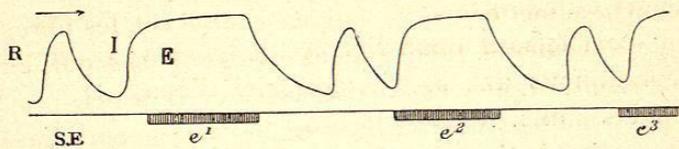


FIG. 189. — Action du pneumogastrique sur la respiration (animal anesthésié) : R tracé respiratoire, I inspiration, E expiration, SE tracé du signal électrique, *e1 e2 e3* excitation (pauses en expiration).

sence de violents efforts expirateurs, constituant la toux, et qui suffisent souvent à l'expulser.

Après la section d'un pneumogastrique, la respiration est légèrement ralentie, mais le rythme se rétablit assez vite; il n'en est pas de même après la double section, qui produit un rythme particulier avec de longues pauses en expiration (fig. 190).

RÔLE MOTEUR DU PNEUMOGASTRIQUE. — Pour l'étudier,

nous détachons rapidement les poumons d'un chien en conservant les pneumogastriques et leurs terminaisons pulmonaires, puis nous les plaçons dans une étuve à 35°. Après avoir relié par une canule et un tube de caoutchouc la trachée à un tambour enregistreur, nous excitons le bout périphérique des pneumogastriques, et nous constatons par le soulèvement de la plume du tambour qu'il y a eu de l'air insufflé dans le tambour par la contraction pulmonaire. La base du poumon reposera par toute sa surface sur une feuille d'étain servant d'électrode inférieure.

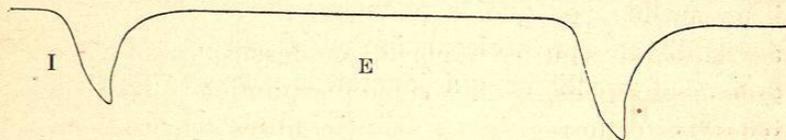


FIG. 190. — Graphique respiratoire après la double section des pneumogastriques : pause en expiration.

Indépendamment de son action sensitive, qui est prépondérante, le pneumogastrique a donc aussi une action motrice. On admet que cette action s'exerce sur les fibres lisses des dernières ramifications des bronches qui, en se contractant, diminuent la contenance de celles-ci.

Au point de vue de la motricité, le nerf pneumogastrique produit encore une autre action sur la respiration.

Par le nerf récurrent ou laryngé inférieur, qui provient en réalité de la branche interne du spinal, il assure l'innervation motrice de la glotte : c'est sous son influence que celle-ci se dilate à chaque mouvement inspiratoire et qu'elle se resserre à chaque expiration.

RÔLE VASO-MOTEUR DU NERF PNEUMOGASTRIQUE. — Chez certains animaux, l'action motrice ne s'exerce pas seulement sur les ramifications bronchiques, mais aussi sur celles de l'artère pulmonaire, et le pneumogastrique est vaso-constricteur du réseau vasculaire du poumon.

Prenons une grenouille, faisons faire hernie au poumon par une incision abdominale et installons ce poumon étalé sur la platine d'un microscope. Nous pouvons voir le sang parcourir par saccades les petits vaisseaux. Mettons à nu le pneumogastrique, coupons sa branche cardiaque pour éviter les arrêts du cœur, et, après l'avoir sectionné, faisons une excitation de son bout périphérique. Nous verrons, sous l'influence du resserrement des vaisseaux, le sang se ralentir et même stagner dans les capillaires pulmonaires.

Ajoutons que, chez les mammifères et chez les oiseaux, il ne semble pas que le pneumogastrique exerce une action directe sur la circulation pulmonaire. Ce serait le système sympathique qui jouerait le rôle de vaso-constricteur.

L'importance du nerf vague dans les phénomènes respiratoires est si considérable, qu'après sa double section, la mort a toujours lieu comme suite directe ou indirecte de phénomènes asphyxiques plus ou moins rapides.

DIX-SEPTIÈME LEÇON

Phénomènes chimiques de la respiration, air inspiré, air expiré.

Nous avons jusqu'ici étudié les mécanismes qui font arriver l'air jusqu'au sang chargé lui-même de transmettre l'oxygène aux tissus, mais nous n'avons rien vu de l'essence même de la fonction respiratoire. Sans aller aujourd'hui jusqu'au fond de la question, voyons d'abord les modifications que subit l'air dans l'intérieur du poumon.

AIR INSPIRÉ, AIR EXPIRÉ. ANALYSE. QUOTIENT RESPIRATOIRE. — La composition de l'air inspiré est connue : il renferme en chiffres ronds et en volumes 21 d'oxygène, 79 d'azote, 0^{cc},04 environ d'acide carbonique et de la vapeur d'eau en quantité très variable.

Voyons maintenant celle de l'air expiré.

Pour faire l'analyse de cet air, nous n'avons qu'à souffler dans un gazomètre, y faire des prises de gaz et effectuer des dosages sur ces prises. Pour cela, nous employons une pipette particulière qui consiste en un tube T gradué, mis en relation par son extrémité inférieure, à l'aide d'un tube de caoutchouc *t*, avec un réservoir R plein de mercure et qu'on peut soulever ou abaisser (fig. 191). Commençons par élever le réservoir de façon à ce que le tube soit plein de mercure et mettons son extrémité supérieure en relation avec le gazomètre par un tube de caoutchouc aussi