

reste, qu'un des modes du mécanisme que nous avons étudié dans l'analyse du mouvement péristaltique. (V. *Déglutition*, p. 325.) De plus, ces fibres longitudinales se terminent en bas par des anses qui vont se perdre d'une façon plus ou moins distincte dans le périnée, en formant une courbure à convexité dirigée vers le centre de l'anus; il en résulte donc que, pendant leur contraction, elles redressent leur courbure et par suite dilatent l'orifice que les matières fécales doivent franchir.

SEPTIÈME PARTIE

RESPIRATION — MUQUEUSE PULMONAIRE CHALEUR ANIMALE

I — Respiration.

Après la surface épithéliale digestive, celle qui se prête le mieux aux échanges, c'est la surface de la muqueuse respiratoire; seulement ici les échanges sont, à l'état normal, essentiellement gazeux. De même que l'absorption des matières dites alimentaires peut se faire un peu par toutes les surfaces, de même que nous avons vu la résorption des graisses se faire dans tous les tissus, quoique ces phénomènes se localisent spécialement au niveau de l'épithélium du tube digestif, de même les échanges gazeux se font sur un grand nombre de surfaces, comme, par exemple, au niveau de la peau, et les gaz peuvent être résorbés dans l'intimité même des tissus (comme, par exemple, dans l'emphysème sous-cutané); mais ces phénomènes se localisent, chez les animaux supérieurs, au niveau de la *muqueuse respiratoire*.

La *muqueuse respiratoire* peut être considérée, au point de vue embryologique, comme un bourgeon de la partie sus-diaphragmatique du canal digestif.

En effet, les premières traces des poumons se présentent chez le fœtus sous la forme d'une végétation de l'épithélium de la paroi antérieure du pharynx. Ce *bourgeon*, creux, se bifurque successivement à mesure qu'il se développe (fig. 104); en même temps l'épithélium se modifie: de pavimenteux qu'il était dans le pharynx, il devient cylindrique et vibratile dans les pédicules des bourgeons (*trachée et bronches*), puis de nouveau pavimenteux

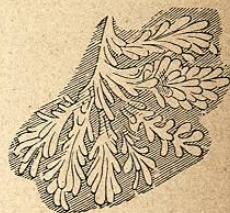


FIG. 104 — Ramification du bourgeon pulmonaire chez le fœtus de brebis, long de 1 pouce 1/2 (Müller).

vers les culs-de-sac des bourgeons (*alvéoles*). On peut donc comparer les poumons à une glande dont les culs-de-sac seraient représentés par les *alvéoles* (fig. 105), et les canaux excréteurs par les *bronches*. Ces culs-de-sac peuvent être assimilés chacun à un organe conique, piriforme, mais bosselé et dont le sommet se continue avec

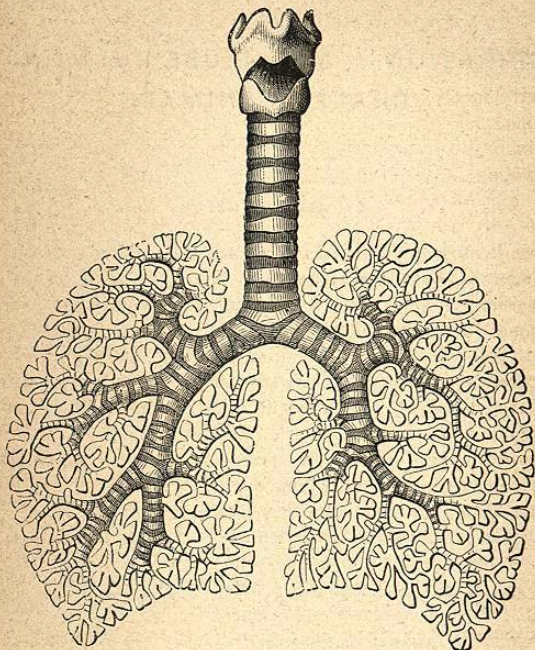


Fig. 105. — Larynx de l'homme, trachée, bronches et poumons, avec la ramification des bronches et la division des poumons en lobules. (Dalton.)

une ramification bronchique. Cette *ampoule* (fig. 106), qui a environ 1/8 de millimètre de diamètre, n'est pas simple, mais également bosselée à l'intérieur où elle présente un grand nombre de replis saillants qui divisent l'*alvéole* primitif en un grand nombre d'alvéoles secondaires ou *vésicules* (fig. 100, c, c). Ces ampoules s'accolent les unes aux autres pour former des *lobules*, qui se distinguent facilement à la surface du poumon sous l'aspect de réseaux (lignes de séparation des lobules), et les lobules eux-mêmes, en se réunis-

sant, forment les *lobes du poumon*. Les alvéoles sont donc très nombreux. On a calculé approximativement que leur nombre s'élève à 1700 ou 1800 millions.

I. — STRUCTURE DE LA MEMBRANE
RESPIRATOIRE
DISPOSITION DE SES ÉLÉMENTS

L'alvéole pulmonaire constitue essentiellement la surface respiratoire. Il se compose d'un épithélium et d'un substratum de tissu connectif.

1° L'*épithélium pulmonaire* est formé de plaques épithéliales très minces, très difficiles à constater, disposées en une seule rangée et souvent assez distantes les unes des autres¹.

Aussi à l'état normal, ses éléments ne présentent-ils que fort peu de métamorphoses, et presque pas de *déchets* épithéliaux. Ils tendent même à s'atrophier de plus en plus avec l'âge, et, les cloisons qui les supportent s'atrophiant en même temps, il en résulte ce qu'on a appelé l'*emphysème pulmonaire*, altération si fréquente chez les vieillards. Mais il n'en est pas de même dans certains états pathologiques. Sous l'influence des irritations, cet épithélium s'hypertrophie et prolifère; c'est lui qui produit alors les fausses membranes du croup, et les éléments

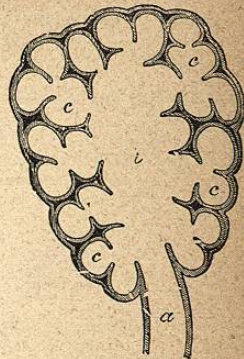


Fig. 106. — Lobule primitif ou ampoule du poumon de l'homme*.

¹ V. Ch. Schmidt, *De l'épithélium pulmonaire*. Thèse de Stras.ourg, 1836. n° 931.

L'existence de l'épithélium pulmonaire a été longtemps contestée. Villemin a été un de ses plus ardents adversaires, ce qui n'est pas étonnant, si l'on considère les préparations compliquées qu'il faisait subir aux lobules pulmonaires avant de les étudier (dessiccation, bichlorure de mercure, eau ammoniacale, et enfin iode). Or, l'épithélium pulmonaire est l'un des plus délicats; il demande à être étudié par les mêmes procédés de préparation que les épithéliums les plus délicats des séreuses, Elenz (1864), ayant employé le nitrate d'argent, constata un épithélium pulmonaire complet chez tous les vertébrés; ces résultats ont été depuis confirmés par de nombreux observateurs. Par les mêmes moyens d'investigation, Schmidt (thèse citée) est arrivé aux conclusions suivantes. Chez les mammifères, les vésicules pulmo-

* a, Terminaison des dernières ramifications bronchiques; — b, cavité du lobule ou ampoule; — c, c, c, vésicules aériennes (Dalton, *Physiologie et Hygiène*). Cette ampoule représente exactement la totalité d'un poumon de batracien.

caractéristiques de la pneumonie; il oblitère alors complètement les alvéoles, qu'il transforme en un tissu compact et résistant, ce qui a valu à cet état le nom d'*hépatisation*. C'est lui encore qui joue le principal rôle dans la production du *tubercule*, et dans celle de quelques transformations plus rares, comme le *cancer du poumon*.

Dans les cas d'*infarctus* du poumon, surtout dans les infarctus

naires des embryons sont tapissées par des cellules régulières et de grandeur uniforme; chez le nouveau-né, une partie des cellules précédentes s'étale en largeur et recouvre les capillaires; les autres n'éprouvent pas de changement et restent réunies par groupes dans les mailles des capillaires (fig. 107).

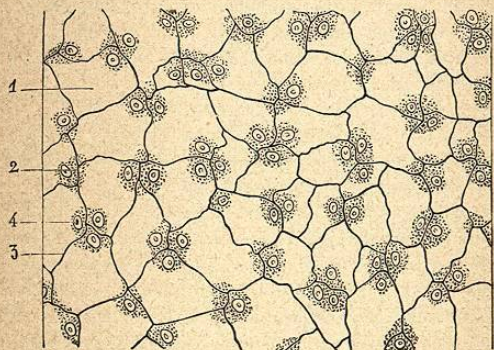


FIG. 107. — Épithélium pulmonaire*.

Enfin, chez les adultes, les cellules sont réunies en plus petit nombre pour former des groupes; beaucoup d'entre elles sont isolées. Les grandes cellules qui les séparent semblent se fusionner en partie et prennent l'aspect de plaques membraneuses très simples et presque amorphes.

Les arguments empruntés à l'anatomie comparée contre l'existence de l'épithélium pulmonaire ont été renversés par des recherches plus exactes. La loche d'étang (*Cobitis fossilis*) est un poisson bizarre qui avale de l'air par la bouche, et, après avoir absorbé une partie de l'oxygène, rend de l'acide carbonique par l'anus. Leydig n'avait pu trouver d'épithélium intestinal chez ce poisson où la respiration est en partie intestinale. Or, à l'aide du nitrate d'argent, Schmidt a constaté un revêtement épithélial complet sur toute la surface en question. Ici encore, des cellules diverses sont entremêlées sans aucun ordre, tantôt groupées de façon que plusieurs petites cellules soient entourées de cellules plus grandes.

* 1, Vaisseaux capillaires; — 2, interstice des capillaires (tout ce qui est en blanc fait partie du réseau capillaire; les espaces ponctués représentent les mailles ou interstices de ce réseau); — 3, contour des cellules épithéliales; — 4, noyaux des cellules, placés ordinairement dans une maille.

produits expérimentalement sur le chien, il est facile de voir, dans les alvéoles pulmonaires infiltrés de sang, l'épithélium subir une certaine hypertrophie et quelques-unes de ses cellules tomber dans l'alvéole et s'y mêler aux globules sanguins (Vulpian).

2° Cet épithélium est supporté par une *membrane* qui forme comme la *coque* de l'alvéole. Elle est composée d'un tissu connectif presque amorphe, parsemé de cellules plasmatiques et très riche en fibres élastiques, qui forment des réseaux très serrés dont les mailles figurent des fentes extrêmement étroites; parfois les fibres élastiques se montrent plus écartées, et, par dissociation, on peut parfaitement les rendre évidentes sur une préparation. Ces éléments élastiques, formés de fibres à contour nettement indiqué, avec bifurcations et anastomoses nombreuses, sont très importants à rechercher au point de vue pathologique, par exemple dans les crachats, car ils résistent longtemps aux causes de destruction et sont souvent les seuls débris qui, dans une portion de poumon nécrosée et éliminée, conservent une structure reconnaissable et caractéristique à l'examen microscopique. Chez quelques animaux, des fibres musculaires lisses prennent évidemment part à la structure de la coque alvéolaire. Il est difficile de décider, par l'examen anatomique, s'il en est de même pour l'homme¹. Nous aurons à discuter plus tard si les expériences physiologiques sont propres à résoudre cette question. Mais ce que cette membrane présente de plus important, c'est sa richesse en vaisseaux sanguins. Ce sont des réseaux de capillaires très petits, car ils ont une lumière juste assez grande pour le passage d'un globule sanguin, et très serrés les uns contre les autres, de sorte que les mailles qui les séparent sont très étroites. On trouve, par exemple, que sur une surface donnée d'alvéoles pulmonaires, l'étendue occupée par les capillaires équivaut aux trois quarts, et les intervalles qu'ils laissent entre eux seulement à un quart de la surface. Or, la surface totale de l'ensemble des alvéoles équivaut à 200 mètres carrés, il en résulte que les capillaires forment une nappe de 150 mètres carrés. Cette nappe est très mince, et n'a guère que l'épaisseur d'un globule sanguin. Il n'en résulte pas moins qu'elle représente un vo-

¹ « Les fibres musculaires apparaissent sur les grosses bronches sous la forme de faisceaux aplatis, *circulaires*; ces faisceaux constituent une couche complète. Comme on les retrouve encore sur des rameaux de 0m,22 à 0m,18, il est probable qu'ils s'étendent jusqu'aux lobules pulmonaires. » (Kölliker, 1870.)

La présence de l'élément musculaire dans la paroi des vésicules pulmonaires a été soutenue par Moleschott, Piso-Borne, Hirschmann et Chrzonszcwsky.

lume de sang à peu près égal à 2 litres. On a de plus calculé qu'en vingt-quatre heures il y passe au moins 20 000 litres de sang; cette nappe de sang se renouvelle donc sans cesse. Ces chiffres sont importants, car ils nous font déjà prévoir la grandeur des échanges gazeux qui s'opéreront entre le sang et les masses d'air mises presque en contact avec lui, puisqu'elles n'en sont séparées que par la mince paroi des capillaires et un épithélium d'une très faible épaisseur.

Il nous faut donc étudier le mécanisme par lequel l'air extérieur est amené au contact de la surface respiratoire, et comment il est renouvelé après que la diffusion gazeuse s'est accomplie entre lui et le sang.

Ces phénomènes sont en tout comparables à ceux de la digestion; mais tandis que les aliments introduits dans le tube digestif doivent, avant d'être assimilables, subir un grand nombre de métamorphoses, les éléments respiratoires de l'air sont directement assimilables. Ce gaz ne subit qu'une légère action préparatoire, destinée à le mettre dans le même état de température et d'humidité que la surface pulmonaire avec laquelle il va se trouver en contact. L'origine même de l'arbre aérien est disposée de façon à faire subir à l'air cette légère modification. Les fosses nasales sont, en effet, tapissées par une muqueuse très humide, très riche en sang et par suite très chaude; elle recouvre une infinité de replis (*cornets*) circonscrivant des canaux étroits (*méats*), par lesquels l'air est obligé de filtrer; il se charge de vapeur d'eau à ce passage et se met à la température du corps. Ces seules considérations prouvent que c'est par le nez et non par la bouche que doit se faire la respiration normale, et font comprendre le danger qu'il y a de respirer par ce dernier orifice quand on se trouve dans un milieu très froid et très sec.

II. — PHÉNOMÈNES MÉCANIQUES DE LA RESPIRATION

Les avantages que nous avons trouvés à représenter par un graphique schématique la disposition du réservoir circulatoire se reproduiront ici encore si nous cherchons une expression graphique de la forme de l'appareil respiratoire. On trouve ainsi¹, par le même raisonnement que pour les vaisseaux (V. p. 222), que

¹ Il est vrai que, d'après les mensurations faites par Marc Sée, les calibres réunis des deux bronches sont égaux au calibre de la trachée, et que les calibres réunis des divisions bronchiques sont égaux au calibre de la bronche

l'ensemble des canaux aérifères, abstraction faite des cloisons, représente un cône très évasé, ayant pour base la surface alvéolaire précédemment étudiée, et pour sommet l'ouverture des fosses nasales (fig. 108).

Cette disposition nous fait déjà comprendre que lorsque l'air, par quelque mécanisme que ce soit, entrera ou sortira de ce réservoir, la vitesse de son courant devra être très différente dans les différentes zones du cône, d'autant plus rapide que la zone est plus étroite (plus élevée), d'autant plus lente que la zone est plus large (plus rapprochée de la base), et que, par exemple, vers la base du cône, vers la surface des alvéoles, il doit y avoir une stagnation relative de l'air. Aussi, malgré le nombre de nos mouvements respiratoires, jamais on ne trouve l'air pur au niveau de la surface respirante (alvéolaire), mais un air contenant jusqu'à 8 0/0 d'acide carbonique provenant des échanges gazeux antérieurs¹; la partie toute supérieure du cône contient à peu près

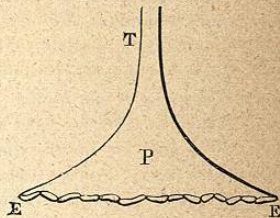


FIG. 108. — Schéma du cône pulmonaire.

qui leur a donné naissance. Ce n'est donc qu'au niveau des ramifications terminales vers les alvéoles pulmonaires, que le réservoir aérien s'élargit brusquement en base de cône, les premières voies (trachée et grosses bronches) représentant comme un long goulot qui prolonge le sommet de ce cône court. (Voy. Marc Sée : *Sur le calibre relatif de la trachée et des bronches. Acad. de médecine*, 23 avril 1878.)

¹ Ce chiffre de 8 pour 100 peut paraître trop fort, et cependant il est certainement au-dessous de la vérité. Par l'expérience directe, Gréhant a trouvé le chiffre de 7,5 pour 100, mais il n'a pas analysé le gaz qui est en contact immédiat avec la surface respirante, puisque, comme nous le verrons plus tard, ce gaz ne peut être expiré, le poumon ne se vidant jamais complètement; il n'a analysé que les couches qui précèdent la couche en question, de sorte qu'il est permis de conclure que dans cette dernière la proportion d'acide carbonique doit atteindre et même dépasser 8 et 9 pour 100. Voici, du reste, l'expérience de Gréhant : On inspire 5 centimètres cubes d'hydrogène et l'on fait immédiatement l'expiration *en deux temps*; le second temps de l'expiration se fait dans un petit ballon en caoutchouc muni d'un robinet, dont l'air a été chassé complètement par la compression et par un petit volume d'hydrogène préalablement introduit dans le ballon. Ce volume de gaz recueilli dans ce ballon donne à l'analyse, et en en remplaçant l'hydrogène par l'air, dont il tient expérimentalement la place : 7,5 pour 100 d'acide carbonique, 13,5 d'oxygène et 78,6 d'azote.

* T, Trachée; — P, cavité du poumon; — E, E, surface respiratoire (épithélium pavimenteux des alvéoles).

l'air atmosphérique ; dans les zones moyennes se trouve un air moins pur que celui-ci, moins altéré que le premier, car il contient seulement $\frac{4}{100}$ d'acide carbonique¹. Il s'en faut donc de beaucoup que la nappe sanguine respirante se trouve en contact avec de l'air atmosphérique ordinaire.

Gréhant, remplaçant l'air atmosphérique par de l'hydrogène, a pu déterminer combien il fallait de mouvements respiratoires pour que le gaz fût mélangé d'une manière homogène avec le contenu antérieur du poumon. Ces expériences nous permettent de conclure qu'il faut au moins quatre ou cinq mouvements respiratoires successifs pour renouveler le contenu gazeux du cône pulmonaire. En faisant respirer à une même personne une quantité donnée d'hydrogène, et en analysant dans une série d'expériences le gaz de la première, puis de la deuxième, de la troisième expiration, etc., Gréhant a trouvé que ce n'était guère qu'après quatre inspirations et expirations exécutées dans la cloche pleine d'hydrogène que ce gaz est uniformément réparti dans le poumon. Ces expériences sont très rigoureuses, puisque le sang n'absorbe presque pas l'hydrogène (l'absorption est si faible qu'elle produit à peine une erreur de $\frac{1}{28}$).

L'introduction de l'air dans le cône respiratoire et son expulsion se font par les mouvements de l'inspiration et de l'expiration.

A. *Inspiration*. — Le mouvement inspiratoire a pour action d'allonger le cône (fig. 108) en éloignant davantage la base du sommet, et d'augmenter ses autres dimensions en écartant les parois latérales et dépliant la surface de la base. Il en résulte une différence de pression entre l'air extérieur et celui du cône respiratoire, et aussi entre les différentes couches d'air de celui-ci, d'où un échange et un mélange plus intime des gaz intérieurs et extérieurs. Cette dilatation du cône pulmonaire se fait par l'intermédiaire de la *cage thoracique*, dont tous les diamètres augmentent, grâce à la contraction des muscles et au jeu des leviers osseux qui la constituent. En effet, la paroi thoracique se compose, sur les côtés et en avant, des côtes avec le sternum, et du diaphragme en bas.

Les *côtes* sont des *arcs osseux* obliques de haut en bas, d'arrière en avant et de dedans en dehors, de sorte que lorsqu'elles s'élèvent, en ayant pour point fixe leur extrémité postérieure (arti-

¹ Becher et Holmgren, pratiquant le tubage du poumon à l'aide d'une sonde, ont extrait l'air des bronches (zones moyennes du cône pulmonaire) et ont trouvé que cet air donne une proportion d'acide carbonique de 2,3 pour 100. (Voy. I. Straus, *Des travaux récents sur les gaz du sang et les échanges respiratoires*. *Archiv. génér. de médecine*, 1873.)

culature costo-vertébrale), leur extrémité antérieure se porte en avant, et leur convexité externe se porte en dehors, d'où agrandissement des diamètres antéro-postérieur et transversal du poumon ; la figure 109 fait mieux comprendre ce mécanisme qu'aucune explication. On voit notamment que le sternum doit s'éloigner de la colonne vertébrale ; le sternum et la colonne vertébrale, réunis par les côtes, forment comme les deux montants d'une échelle à échelons obliques, et lorsque ces échelons se rapprochent de l'horizontale, les deux montants s'éloignent l'un de l'autre¹ ; c'est un appareil semblable qui constitue le dilatateur forcé de l'urètre employé par les chirurgiens. Enfin le plan incliné de dedans au dehors et de haut en bas que forme la côte, se relève on tournant autour d'un axe oblique qui va du sternum à la colonne vertébrale, et qui représente la corde de l'arc formé par la côte ; la convexité de celle-ci se porte donc en dehors, d'où dilatation transverse du thorax.

Les *muscles* qui impriment aux côtes ces mouvements sont bien connus ; ce sont ceux des parois thoraciques, et la simple étude de la direction de leurs fibres suffit pour démontrer leur action. Ils n'agissent cependant pas toujours tous et peuvent, à ce point

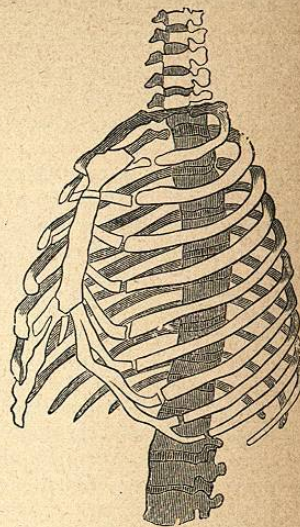


FIG. 403. — Cage thoracique*.

¹ D'après les recherches de Chabry (*Contribution à l'étude du mouvement des côtes et du sternum*. *Journal de l'Anal. et de la physiologie*, juillet 1881) le mode de projection du sternum en avant pendant l'inspiration n'est pas aussi simple qu'on l'a cru généralement. Si l'on appelle *bascule négative* le mouvement dont le centre est situé au-dessous du sternum, et *bascule positive* celui où le centre du mouvement serait au-dessus du milieu du sternum, on reconnaît que dans l'inspiration ces deux mouvements se combinent, ou, pour mieux dire, se succèdent. Ainsi une inspiration forte commence toujours par une bascule négative, puis le sternum redevient peu à peu

* Colonne vertébrale avec les côtes qui y sont attachées (région dorsale) et qui viennent en avant s'unir au sternum (d'une manière directe pour les sept premières).

de vue, être divisés en deux groupes : ceux qui agissent dans l'inspiration ordinaire, calme ; et ceux qui agissent dans l'inspiration forcée. Les inspireurs ordinaires sont : les *surcostaux*, qui, descendant, sous forme de triangle allongé, d'une apophyse transverse à la côte située au-dessous, sont éleveurs de cette côte ; les *scalènes*, qui prennent de même leurs insertions fixes sur les apophyses transverses cervicales pour agir sur les deux premières côtes ; le *petit dentelé postérieur et supérieur* qui prend son point fixe sur les apophyses épineuses de la dernière cervicale et des trois premières dorsales et élève les deuxième, troisième, quatrième et cinquième côtes ; tous ces muscles, comme on le voit, ont pour insertions fixes diverses parties de la colonne vertébrale ; dans la même catégorie doit sans doute être placé le muscle cervical descendant (portion cervico-dorsale du sacro-lombaire). Au contraire, les muscles qui interviennent dans l'inspiration forcée n'ont pas d'insertions fixes sur la colonne vertébrale. Ils vont du thorax à la tête ou à la racine du membre supérieur, et ce n'est que dans des cas exceptionnels, la tête ou le membre supérieur étant fixés, qu'ils agissent sur les côtes, leur fonction plus ordinaire étant de prendre leur point fixe sur le thorax pour mouvoir l'épaule ou la tête ; tels sont : le sterno-cléido-mastoïdien, qui peut élever le sternum, et, par suite, l'ensemble des côtes ; le grand dentelé, uniquement par ses digitations inférieures qui sont obliques de haut en bas et d'arrière en avant, du bord spinal de l'omoplate à la face externe des sixième, septième, huitième et neuvième côtes ; le grand pectoral, seulement par ses faisceaux les plus inférieurs, à moins que le bras ne soit élevé et fixé dans cette attitude, qui permet au muscle d'agir en élevant le thorax en masse, puisque alors toutes ses insertions thoraciques sont plus basses que ses insertions humérales ; le petit pectoral, qui élève les troisième, quatrième et cinquième côtes ; enfin le grand dorsal, par les digitations qui prennent naissance sur la face externe des trois ou quatre dernières côtes.

Le jeu de tous ces muscles est, disons-nous, facile à déterminer d'après la seule inspection anatomique : mais il n'en est pas de même pour les *intercostaux* qui ont constitué de tout temps un sujet de vives discus-

parallèle à sa direction primitive, et finit le mouvement par une bascule positive. C'est que l'élévation des côtes supérieures étant, dans une certaine mesure, indépendante de l'élévation des côtes inférieures, le mouvement inspiratoire sus-indiqué a commencé par les côtes supérieures ; cette inspiration costo-supérieure s'est continuée par une inspiration costo-inférieure. En définitive, les mouvements des côtes et du sternum ne peuvent être reproduits

sions entre les physiologistes. On sait que ces muscles se divisent en *intercostaux internes* et *intercostaux externes*, qui se croisent en sautoir. Il n'est pas une manière de voir qui n'ait été émise sur le mode d'action de ces muscles, dans lesquels on a cru trouver des puissances uniquement inspiratrices ou expiratrices¹. A nos yeux, les intercostaux ne jouent peut-être aucun de ces deux rôles, ils servent surtout à compléter la paroi thoracique en remplissant les espaces intercostaux. Mais alors on peut se demander si du tissu fibreux n'aurait pas tout aussi bien rempli ce rôle. La présence du tissu musculaire nous est expliquée si nous nous rappelons bien les propriétés générales du muscle, qui est le tissu le plus élastique de l'économie ; or, il fallait ici un tissu d'une élasticité exceptionnelle, puisque dans les mouvements du thorax les dimensions des espaces intercostaux changent sans cesse ; il fallait un tissu qui se maintint toujours tendu entre les côtes, de manière à ne pouvoir être déprimé de dehors en dedans par la pression extérieure pendant l'inspiration, ou de dedans en dehors par la pression intrapulmonaire pendant l'expiration. Cette fonction est si importante, que pour l'accomplir le tissu musculaire des intercostaux a besoin que son élasticité soit parfaitement entretenue par la nutrition ; si, par exemple dans une *pleurite*, l'inflammation s'est étendue jusqu'à eux, ils sont alors impuissants à remplir la fonction assignée, et dans ces cas on trouve, à l'autopsie, des poumons cannelés en travers, parce qu'ils ont pu se mouler sur les espaces intercostaux devenus déprimables.

Enfin la nécessité de cette constante élasticité des espaces intercos-

exactement par un appareil articulé dans lequel les côtes seraient remplacées par des leviers rigides. Chez l'homme, l'extrémité inférieure du sternum se projette plus en avant que la supérieure dans le type respiratoire costo-inférieur ; le contraire a lieu dans le type costo-supérieur.

¹ Beau et Maissiat (*Archives générales de médecine* 1842-1843) ont dressé une liste curieuse des opinions émises sur les fonctions des intercostaux. Ces opinions sont au nombre de plus de dix, défendues chacune par de nombreux physiologistes, depuis Hamberger et Haller, jusqu'à Beau, Maissiat et Sibson ; depuis cette époque (1843), de nouveaux physiologistes sont venus prendre part à cette discussion toujours indécise et toujours peu fructueuse. Nous pouvons résumer ces opinions en les classant, avec Sappey, en six groupes. 1° *Les intercostaux externes et internes sont les uns et les autres inspireurs* : Borelli, Senac, Boerhaave, Winslow, Haller, Cuvier, Duchenne (de Boulogne), Marcellin Duval. Ce dernier appuie son opinion sur des expériences pratiquées directement sur l'homme, sur des suppliciés, peu de temps après la mort, alors que les muscles sont encore excitables. Duchenne (de Boulogne) s'appuie surtout sur l'observation clinique de cas de paralysie, où tous les muscles de la respiration étant paralysés, cette fonction continuait cependant à s'accomplir, ce qui ne pourrait être dû qu'à une inspiration active produite par les intercostaux. Dans tous les cas d'atrophie progressive rapportés par Duchenne, on peut remarquer qu'il n'est jamais fait mention des muscles surcostaux, au sujet desquels d'ailleurs le désaccord est aussi complet entre les physiologistes ; Duchenne ne se prononce point à leur égard, et l'on peut supposer avec vraisemblance que la persistance de la respiration

taux nous explique la présence de deux couches musculaires, les intercostaux externes et les internes. En effet, un schéma bien simple de la direction des muscles (dit schéma de Hamberger, fig. 110) nous montre que les points d'insertion des intercostaux externes s'éloignent quand

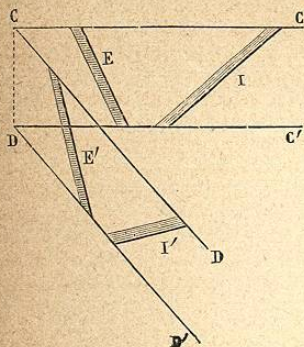


Fig. 110. — Schéma des muscles intercostaux*.

puisqu'elle tend alternativement

était due à la persistance d'action de ces muscles. 2° *Ils sont les uns et les autres expirateurs* : Vésale, Diemerbroek, Sabatier. C'est à cette manière de voir que se rattachent Beau et Maissiat : pour eux, les intercostaux entreraient surtout en jeu lors de l'expiration complexe (cris, toux), et alors on verrait dans les vivisections leurs fibres se redresser et se durcir, tandis que dans l'inspiration elles se dépriment en se portant vers le poumon; à cela ils joignent un argument tiré de la physiologie comparée : « On sait que la respiration des oiseaux diffère de celle des mammifères, en ce que l'expiration est primitive, active, et que l'inspiration n'est que le résultat passif de l'élasticité des côtes, qui se déploient après avoir été resserrées par l'action des muscles expirateurs. Par conséquent, les intercostaux, qui existent chez les oiseaux comme chez les mammifères, ne peuvent être affectés qu'à l'expiration. Or, peut-on supposer que les mêmes muscles, qui sont expirateurs chez les oiseaux, seraient inspirateurs chez les mammifères? » 3° *Les intercostaux externes sont expirateurs et les internes sont inspirateurs* : Galien, Bartholin. 4° *Les intercostaux externes sont inspirateurs et les internes expirateurs* : Spigel, Vesling, Hamberger. Cette opinion est surtout fondée sur l'étude du schéma de Hamberger (V. fig. 110 et son explication dans le texte). Elle a été un peu modifiée par Sibson : « Les intercostaux externes sont partout inspirateurs, excepté à leur partie antérieure dans les cinq espaces intercostaux inférieurs; les intercostaux internes sont inspirateurs à la partie antérieure des cinq premiers espaces, partout ailleurs expirateurs. » (Sibson,

* Schéma dit de Hamberger.

C C, D C', côtes élevées; — C D, D D', côtes abaissées; — I, I', intercostaux internes : tendus dans l'élevation (I), relâchés dans l'abaissement (I') des côtes; — E, E', intercostaux externes : tendus dans l'abaissement (E'), relâchés dans l'élevation (E) des côtes.

dehors en dedans dans l'inspiration, de dedans en dehors dans l'expiration. Nous pouvons encore concevoir que lors des violents efforts de respiration ces muscles se contractent, mais alors ce n'est pas davantage pour mouvoir les côtes, mais toujours pour maintenir la paroi, que leur simple élasticité devenait impuissante à tenir tendue entre les arcs osseux. D'après le schéma de Hamberger, et à notre point de vue, nous avons donc contraction des intercostaux externes pendant l'inspiration, et des internes pendant l'expiration.

Les espaces intercostaux ne sont pas le seul point de la paroi thoracique où des éléments musculaires soient disposés de façon à lutter contre les changements de forme imprimés par les variations de la pression. Vers le sommet de la cage thoracique, à la racine du cou, lors des inspirations énergiques, il tend à se produire des dépressions, des *fossettes-sus-sternale* et *sus-claviculaire*. Or, en ces points nous trouvons précisément des couches musculaires (peaucier), ou des bandes musculaires (omo-hyoïdien) tendant des aponévroses, et luttant ainsi contre la pression de dehors en dedans, notamment dans le bâillement, dans le sanglot, etc.

Nous voyons donc, en résumé, que les diamètres transversal et antéro-postérieur de la poitrine sont augmentés par le jeu des arcs costaux, mis en mouvement par la contraction d'un grand nombre de muscles, les uns normalement en jeu, les autres constituant des puissances accessoires utilisées seulement dans des cas exceptionnels énergiques; de plus, certains muscles servent uniquement à maintenir la forme des parois, tels sont surtout les intercostaux. Dans la respiration normale, leurs propriétés élastiques suffisent à remplir ce but; dans les *efforts respiratoires* seulement, ils ont à se contracter pour suffire à leur tâche.

L'agrandissement du diamètre vertical se produit par le jeu du *diaphragme*. Ce muscle constitue la base du cône thoracique,

On the mechanism of respiration. — *Philosophical Transactions*, 1847.) On voit à quelles minuties et à quelle confusion paraît conduire cette dernière opinion, qui cependant nous amène, avec Hermann, à une conception plus simple, si on la considère à un point de vue général : « Les externes sont donc des inspirateurs aux parties osseuses des côtes, les internes aux parties cartilagineuses; mais, comme c'est là à peu près la principale action des deux directions de fibres, on peut compter les intercostaux en général parmi les muscles d'inspiration. » (Hermann.) 5° *Les intercostaux externes et internes sont à la fois inspirateurs et expirateurs* : Mayow, Magendie. 6° *Les deux intercostaux sont passifs dans les mouvements d'inspiration et d'expiration et sont l'office d'une paroi immobile* : Van Helmont, Arantius, Cruveilhier; ou bien ils se contractent, non pour produire des mouvements d'inspiration ou d'expiration, mais pour résister, pendant ces deux moments, soit à la pression de l'air extérieur, soit à la pression de l'air intérieur (Küss). (V. Aug. Jobelin, *Étude critique sur les muscles intercostaux*. Thèse de Strasbourg, 1870, no 287.)