

de sorte qu'en s'abaissant il modifie considérablement la capacité de ce cône. On peut comparer jusqu'à un certain point son action à celle d'un *piston* dans un *corps de pompe*. Mais il faut aussi tenir compte de ce que ce muscle a la forme d'une voûte, et que, par conséquent, on peut supposer qu'en se contractant, il redresse sa courbure, et qu'ainsi seulement il augmente le diamètre vertical de la cavité dont il forme la base, base qui serait convexe vers le haut pendant le repos du muscle, et presque plane pendant sa contraction. Il est cependant à remarquer que la courbure du diaphragme est moulée exactement sur celle des viscères abdominaux, et, par exemple, à droite, sur celle du foie; donc, quand le muscle se contracte, il ne peut que faiblement modifier cette convexité, cette courbure, qu'il déplace plutôt de haut en bas, en refoulant les viscères devant lui dans le même sens; aussi voyons-nous les parois abdominales se soulever d'une manière synchrone à chaque dilatation inspiratrice du thorax. Le diaphragme forme donc en somme un *piston de forme convexe* que se meut dans le corps de pompe constitué par la cage thoracique; mais en s'abaissant, il n'agit pas seulement sur le diamètre vertical du thorax. Rappelons-nous que sa périphérie s'insère sur les côtes, que celles-ci sont mobiles, et que, par suite, *en même temps que le centre voûté du diaphragme se porte en bas, sa périphérie doit sensiblement monter*. En d'autres termes, ce muscle, comme un grand nombre d'autres (comme, par exemple, les lombricaux de la main), n'a pas de point d'insertions réellement fixes, et ses fibres, en se contractant, prennent en même temps un point relativement fixe sur les côtes pour abaisser le centre phrénique et les viscères, et en même temps un point relativement fixe sur les viscères (centre phrénique) pour élever les côtes et le sternum.

Par cette action, le diaphragme porte donc les côtes en avant et en dehors, et il dilate en même temps le thorax dans ses diamètres antéro-postérieur et transversal. On peut donc dire qu'il agit à la fois sur les *trois diamètres* de la poitrine. Aussi faut-il attribuer au diaphragme la plus grande part dans les mouvements de l'inspiration, surtout chez les jeunes sujets et chez l'homme<sup>1</sup>; les femmes, à partir de l'âge de puberté, font jusqu'à un certain point

<sup>1</sup> Aussi la paralysie du diaphragme apporte-t-elle les plus grands troubles dans toutes les fonctions qui ont pour conditions le jeu complet de la cage thoracique. La phonation n'est pas perdue, mais la voix est très faible; la toux, l'éternuement, provoquent une grande gêne dans la respiration. (Voir Duchenne (de Boulogne), *De l'électrisation localisée*, 3e édit., p. 908, Paris, 1873.)

exception à cette règle, et chez elle le type respiratoire, au lieu d'être *abdominal* (diaphragmatique) ou *costo-inférieur*, se caractérise plutôt par une forme *costo-supérieure*; sans doute, cette absence du jeu diaphragmatique est en rapport avec les fonctions génitales, vers l'époque de la gestation, le diaphragme ne pouvant sans inconvénient presser sur l'utérus gravide.

En résumé, dans l'inspiration, la dilatation thoracique a lieu dans tous les sens, et l'action du diaphragme est prédominante pour produire cet effet; une inspiration complète, nécessitée par un effort à accomplir, utilisera toutes les puissances inspiratrices, et mettra en jeu toute la mobilité dont les côtes sont susceptibles; le sternum aussi pourra être élevé par les muscles qui s'insèrent à son extrémité supérieure. Mais dans les circonstances ordinaires, dans la respiration tranquille, spontanée, on peut observer que sur le même individu certaines côtes jouissent d'une amplitude de mouvement remarquable, alors que d'autres se meuvent à peine, et que d'un sujet à l'autre, dans les mêmes conditions, ce ne sont point toujours les mêmes côtes qui sont affectées des mouvements les plus étendus; dans certains cas aussi, toute la cage thoracique paraît presque immobile, et aucune côte ne semble se mouvoir. Cette observation a donné lieu à la création des trois types respiratoires (Beau et Maissiat): type abdominal, type costo-inférieur, type costo-supérieur. La respiration est *abdominale* chez l'enfant de l'un et de l'autre sexe (V. plus haut); elle est *costo-inférieure* chez l'homme; elle est, chez la femme, le plus souvent, *costo-supérieure*. Mais il faut reconnaître que cette distinction ne peut être considérée comme absolue. Le diaphragme, même lorsqu'il agit seul, élève manifestement les côtes inférieures; d'autre part, dans le type costo-supérieur, les côtes inférieures sont aussi élevées dans une certaine mesure, car le sternum ne saurait se mouvoir sans les entraîner dans son ascension.

Que devient le poumon pendant ces mouvements du thorax? Nous avons vu que le cône pulmonaire communique avec l'air extérieur. D'autre part, entre la surface externe du poumon et la face interne de la cavité thoracique, se trouve une cavité virtuelle, close, la cavité pleurale. Le poumon adhère donc, par suite de ce vide, à la cage thoracique, et doit en suivre chaque mouvement absolument comme un caillou, sur lequel on applique exactement un morceau de cuir mouillé, suit ce morceau de cuir quand on le soulève. Ce jouet, bien connu des enfants, nous représente le mécanisme par lequel le cône thoracique, activement amplifié, force le cône pulmonaire à suivre toutes ses variations de volume, à se

dilater, en un mot. Tel est le mécanisme de l'inspiration. Le *poumon est entièrement passif*; la cage thoracique se dilate activement, et le poumon est forcé de suivre.

Ce phénomène mécanique a pour effet l'introduction d'une certaine quantité d'air dans le poumon. En effet, le principe qui préside aux mouvements des gaz dans la respiration est le même qui préside à ceux des liquides dans la circulation. C'est le résultat de l'*inégalité des pressions*. Du moment que, par l'effet de l'ampliation du cône pulmonaire ou thoracique (nous pouvons dès maintenant regarder les deux mots comme synonymes), les gaz sont raréfiés dans le réservoir pulmonaire, il devra se produire une irruption de l'air extérieur, puisque le poumon est en libre communication avec lui, et par suite un courant de dehors en dedans. Nous avons déjà indiqué combien la forme du cône pulmonaire devait rendre différentes les vitesses de ce courant dans les différentes zones du réservoir respiratoire (V. p. 393).

B. *Expiration*. — Mais ce n'est là qu'une moitié de l'acte respiratoire. A l'introduction de l'air, à l'inspiration succède bientôt l'*expiration*, l'expulsion de l'air par un courant en sens inverse.

Ce dernier mouvement se produit par un mécanisme tout différent du précédent, et ne demande à l'état normal l'intervention d'aucune puissance musculaire. Pour s'en faire une juste idée, il faut avoir bien présentes à l'esprit la structure du parenchyme pulmonaire et les propriétés de son tissu. La coque des alvéoles se compose de tissu élastique; il y a peut-être du tissu musculaire, mais en tout cas, ce tissu musculaire ne donne que rarement lieu à des phénomènes de contraction<sup>1</sup>. Les expérimentateurs ne sont pas d'accord sur ce point. Williams a fait sur le chien une expérience qui consiste à faire passer un courant électrique à travers un poumon dont la bronche est munie d'un appareil manométrique. Sous l'influence du courant, on pourrait alors observer des variations dans la colonne de mercure; il y aurait donc contraction des fibres musculaires lisses, soit du poumon proprement dit (alvéoles), soit des bronches. C'est en vain que nous avons essayé à plusieurs reprises de reproduire cette expérience, elle nous a toujours donné un résultat négatif<sup>2</sup>. Cependant on a pu être tenté d'ad-

<sup>1</sup> On donne souvent à ces fibres musculaires le nom de *muscles de Reisseisen*; c'est qu'en effet elles ont été décrites pour la première fois par cet auteur. (Reisseisen, *De fabrica pulmonum*. Strasbourg, 1822).

<sup>2</sup> Paul Bert (*Leçons sur la physiologie comparée de la respiration*, professées au Muséum d'histoire naturelle. Paris, 1870), ayant repris les expériences sur la contractilité du tissu pulmonaire, est arrivé aux résultats

mettre la contraction des muscles pulmonaires chez l'homme, en ayant égard à certains états morbides, comme, par exemple, certaines formes d'asthme, ou certaines crampes pulmonaires, qui paraissent résulter soit d'une paralysie, soit d'un spasme de ces muscles (des alvéoles et des petites bronches). En tous cas, la contraction des éléments musculaires ne paraît pas jouer un rôle bien important dans la mécanique normale de la respiration. Ce n'est pas à dire que ce tissu musculaire n'ait pour cela aucune utilité. N'oublions pas que l'*élasticité* du muscle constitue pour ce tissu une propriété aussi importante que la contractilité et aussi utilisée dans l'économie; nous avons déjà vu, du reste, que les muscles intercostaux, par exemple, étaient des agents plus utiles par leur élasticité que par leur contraction. Donc, à nos yeux, le tissu musculaire qui peut entrer dans la structure du poumon représente un élément élastique qu'il faut physiologiquement rapprocher du tissu élastique proprement dit. Sa contraction est peut-être un phénomène pathologique, et n'a pas normalement de rôle appréciable.

Si le poumon est un tissu éminemment élastique, il doit, comme les artères, avoir une forme naturelle à laquelle il tend sans cesse à revenir. C'est ce que nous allons voir, en effet, et ici encore, comme pour les artères, cette forme n'est jamais complètement réalisée pendant la vie. Si l'on ouvre la cage thoracique d'un animal mort, le poumon se présente sous la forme d'une masse spon-

sueuse : le tissu pulmonaire est contractile chez les mammifères et chez les reptiles; cette contractilité s'observe en galvanisant avec un courant induit, après avoir appliqué, autour de la trachée et à l'extrémité opposée des poumons, deux larges plaques métalliques qui servent de conducteurs. L'ascension manométrique que l'on observe alors n'est pas due à des contractions de l'œsophage (comme l'avait prétendu Rugenburg), puisqu'elle se produit même lorsque les poumons ont été extraits du thorax et qu'on a séparé le cœur et l'œsophage. Ces contractions sont, du reste, sous la dépendance du pneumogastrique.

Mais il est bien évident, d'autre part, que cette contractilité ne peut avoir un rôle physiologique important; si ces muscles (muscles de Reisseisen) fonctionnaient activement à chaque mouvement respiratoire, ils devraient se contracter plus de 20 000 fois en vingt-quatre heures, et cette rapidité serait tout à fait en désaccord avec ce qu'on connaît de positif sur la physiologie générale de la fibre lisse. Du reste, il est évident que la contraction du poumon ne saurait avoir un rôle actif pendant l'expiration en particulier; elle est pour cela bien trop faible. Peut-être préside-t-elle à quelque espèce de mouvement péristaltique des bronches, utile pour brasser l'air? (Paul Bert. On peut enfin affirmer qu'elle n'est pas indispensable à l'intégrité du parenchyme pulmonaire et des fonctions respiratoires, car les sections nerveuses qui la font disparaître (section du pneumogastrique) n'amènent aucun trouble sous ce rapport dans le poumon (P. Bert).

gieuse assez fortement rétractée vers la colonne vertébrale, mais ce n'est pas encore là la forme naturelle du poumon. Sur le cadavre, le tissu musculaire a perdu son élasticité; il n'y a plus que le tissu élastique qui existe physiologiquement. Ouvrons, en effet, la cage thoracique d'un lapin vivant. Aussitôt le poumon fuit et se rétracte vers la colonne vertébrale à un degré bien plus considérable que nous ne l'avions constaté antérieurement sur le cadavre; il s'est réduit à une petite masse ne contenant plus ou presque plus ni air ni sang; c'est un parenchyme compact, hépatisé, pourrait-on dire. Qu'un épanchement abondant, occupant l'une des cavités pleurales, permette au poumon correspondant de revenir sur lui-même, et on le verra de même se rétracter comme dans l'expérience précédente. D'autre part, le poumon d'un fœtus qui n'a pas respiré présente une grande analogie avec les précédents.

La *forme naturelle* du poumon est donc celle d'une éponge, d'une vessie à cloisons multiples, étroitement rétractée contre la colonne vertébrale; mais dès la première inspiration du fœtus à la naissance, *cette forme est violente*. Le thorax se dilate, et, vu le vide pleural, force, comme nous l'avons vu plus haut, le poumon à se développer en une cavité que notre schéma nous a représentée comme un cône. Dès lors, vu la rigidité des côtes, le poumon ne peut plus jamais (à moins de perforation ou d'épanchement dans les plèvres) réaliser sa forme naturelle, mais il tend toujours à la faire, absolument comme nous l'avons vu pour les artères.

L'*inspiration*, telle que nous l'avons étudiée, peut être considérée comme *une nouvelle violence* faite au poumon, l'éloignant de plus en plus de sa forme naturelle<sup>1</sup>.

Dès lors, il nous sera très facile de comprendre le *mécanisme de l'expiration*. Dès que les contractions des muscles inspirateurs s'arrêtent, *l'élasticité pulmonaire*, jusqu'à la violence, *tend à reprendre ses droits*; le poumon revient sur lui-même, et, vu le vide pleural, entraîne avec lui la paroi thoracique. Il semble donc que le poumon est actif, inversement à ce qui se passe dans l'inspiration, et que la paroi thoracique est passive; mais on voit qu'en réalité les deux organes sont passifs. Il en est de même pour le diaphragme, que l'on peut, dans ce cas, voir remonter comme automatiquement, en observant sa face inférieure, par l'abdomen ouvert et vidé; c'est que le poumon tend à remonter très haut et entraîne puissamment le diaphragme, grâce au vide pleural, vide qui est tel

<sup>1</sup> V. L. Oger, *Considérations physiologiques sur la forme naturelle de certains organes*. Thèse de Strasbourg, 1870, n° 283.

qu'ici le diaphragme doit suivre le poumon, comme le poumon suivait tantôt le diaphragme. Aussi sur le cadavre trouve-t-on le diaphragme très bombé vers le haut et très tendu; les anatomistes savent combien cette disposition est favorable à la dissection de ce muscle, mais ils savent aussi que le moindre coup de scalpel qui le traverse et qui permet à l'air de se précipiter entre les deux feuillets de la plèvre, produit immédiatement l'affaissement du muscle, qui tombe flasque, ridé et flottant, et dont il est alors impossible de faire une belle dissection.

Ainsi, à l'état normal, l'inspiration et l'expiration diffèrent complètement de mécanisme; la première est *active* et due à des contractions musculaires; la seconde, *passive*, et due à des phénomènes d'élasticité de la part des organes violentés par l'inspiration; car il n'y a pas rien que l'élasticité du poumon qui produise cette réaction, il faut encore tenir compte de celle des parois de la cage thoracique, parois qui ont été également violentées, comme, par exemple, les cartilages costaux, qui ont subi un mouvement de torsion assez notable selon leur axe pendant l'inspiration. Enfin les viscères et les parois abdominales, déplacés pendant l'inspiration, tendent à reprendre leurs dispositions normales, et notamment l'estomac et l'intestin, qui renferment des gaz élastiques, repoussent ainsi le diaphragme vers le haut.

L'expiration peut cependant devenir active dans des cas particuliers. De même que nous avons vu une *inspiration ordinaire* et une *inspiration forcée*, nous trouvons aussi une *expiration ordinaire* et une *expiration forcée*. C'est dans cette dernière seulement que le phénomène devient actif et que l'on voit intervenir des puissances musculaires, telles que les muscles de l'abdomen, le petit dentelé inférieur, et en général tous les muscles capables d'abaisser les côtes. Cette *expiration active* se produit surtout dans la toux; alors les parois thoraciques ne se contentent plus de suivre le mouvement de retrait du poumon, elles le compriment pour augmenter la vitesse et l'énergie du courant d'air expiré.

Nous ne saurions trop insister sur le rôle tout particulier que joue la cavité pleurale, qui, tout en permettant aux poumons de glisser et de se déplacer le long de la face interne de la paroi thoracique, lie ces deux surfaces solidairement l'une à l'autre, de sorte qu'il ne peut y avoir dilatation du thorax, sans qu'il s'ensuive dilatation du poumon, ni rétrécissement de celui-ci sans rétrécissement de celui-là. Les feuillets pleuraux, qui tapissent les deux organes en contact, agissent par adhésion, par le vide, en un mot par une espèce de succion à la manière des ventouses.

La figure ci-jointe (fig. 114), d'après Funke, fait comprendre les conditions mécaniques dans lesquelles le poumon est placé relativement à la cavité thoracique. La cloche 1 (fig. 111) représente la cage thoracique; la membrane de caoutchouc 4, le diaphragme; la membrane 6, les parties molles d'un espace intercostal; le tube 2, figurant la trachée, traverse le bouchon du goulot de la cloche et se bifurque pour aboutir aux deux vessies minces qui représentent les poumons; un manomètre, 3, donne la mesure de la pression dans l'intérieur de la cloche. Si on tire en bas le bouton 5, on augmente la cavité de la cloche (dilatation du thorax en inspiration), on diminue la pression dans son intérieur, et on voit les deux vessies se dilater (fig. A); si on parvient à faire le vide absolu dans la cloche, les vessies se dilatent au point que leurs parois viennent s'accoler intimement à la face interne des parois de la cloche.

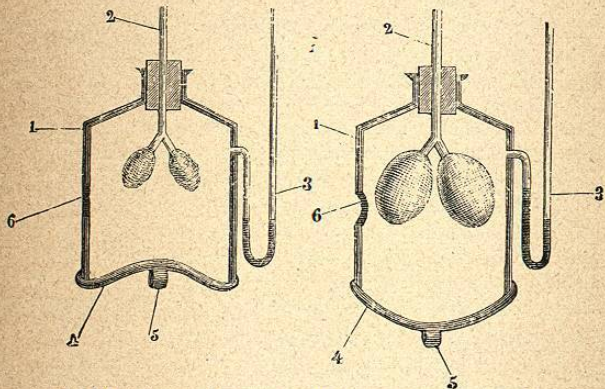


FIG. 114. — Rapport du poumon et de la cavité thoracique (Funke).

Cet appareil schématique peut être appelé à rendre de grands services dans l'étude des phénomènes de la respiration; en le construisant d'une manière aussi analogue que possible à la réalité, Woillez a réalisé son *spiroscopie*, qu'il destinait à l'étude de l'auscultation pulmonaire. Ce *spiroscopie* consiste en une petite chambre cylindrique ou manchon de verre, où l'on suspend un poumon parfaitement sain, de façon à laisser les voies aériennes en communication avec l'extérieur. On fait le vide dans le manchon au moyen d'un soufflet cylindroïde,

1 Woillez, Académie de médecine, 1875.

avec lequel on reproduit les mouvements d'inspiration. Comme à l'aide d'une palette mobile on peut rapprocher le poumon des parois du manchon, il est facile d'ausculter l'organe et de suivre ainsi avec les yeux et les oreilles les détails intimes de l'acte respiratoire. Des études entreprises par Woillez avec cet instrument, le ressort déjà une réfutation de la théorie défendue par Beau, et dont nous parlerons dans un instant, théorie qui rattachait le murmure vésiculaire au retentissement des bruits pharyngiens et glottiques.

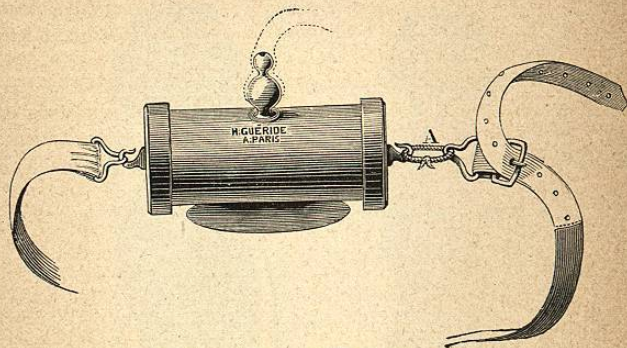


FIG. 112. — Pneumographe de Marey, modifié.

*Pneumographes et pneumographie.* — On nomme pneumographes des appareils destinés à recueillir le tracé des variations de dilatation du thorax selon une ou plusieurs de ses lignes de circonférence. Le premier explorateur des mouvements respiratoires dont s'est servi Marey (*Méthode graphique*, 1878, p. 541) était un cylindre creux mis sur le trajet d'une ceinture. L'ampliation ou le resserrement de la poitrine, agissant sur ce cylindre à capacité variable, y appelaient ou en expulsaient de l'air; ces mouvements alternatifs actionnaient un levier. Un appareil analogue, formé par un cylindre métallique, fermé par une membrane de caoutchouc à chaque extrémité, a été employé par Paul Bert dans ses *Recherches sur les mouvements de la respiration*, et la figure 112 montre la disposition que lui a donné P. Bert. Dans l'inspiration, l'air du cylindre se raréfie, et cette rarefaction agit par aspiration sur un tambour à levier, au moyen du tube en caoutchouc dont le branchement est figuré en lignes pointillées. Quand le thorax se dilate, la courbe tracée s'abaisse (elle s'élève, au contraire, si le thorax se resserre, c'est-à-dire dans l'expiration; V. la fig. 116, p. 422). On peut disposer sur un même sujet plusieurs ceintures pneumographiques, les unes sur le thorax, une autre sur l'abdomen, chaque pneumographe étant relié à un levier particulier écrivant sur le même

cylindre tournant. Cette disposition permet de comparer dans leur synchronisme, leurs formes et leur intensité, les mouvements de dilatation des diverses parties du thorax, et de les comparer également avec le soulèvement des parois abdominales produit par l'abaissement du muscle diaphragme. Au point de vue du *synchronisme*, Marey, après avoir recueilli avec deux pneumographes les courbes fournies par les mouvements du thorax et ceux de l'abdomen, a obtenu la plu-

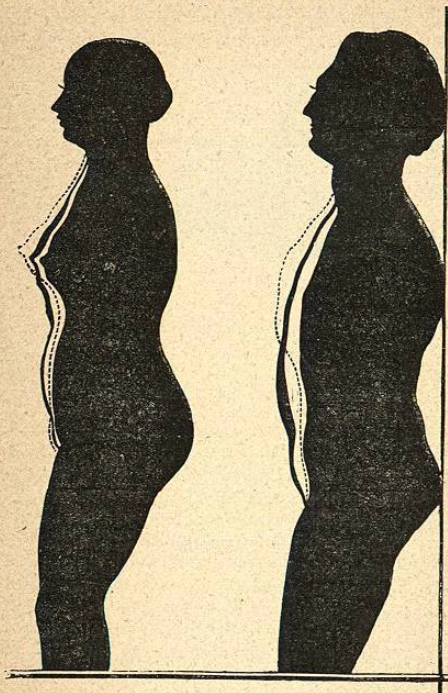


FIG. 113. — Diagramme des divers modes de respiration chez l'homme et chez la femme.

part du temps des tracés parallèles et en conclut la simultanéité d'action du diaphragme et des muscles moteurs des côtes. Au point de vue de l'intensité, c'est-à-dire de la prédominance des muscles thoraciques ou du diaphragme dans l'inspiration, nous avons déjà vu (p. 401) ce qu'on entend par type respiratoire abdominal, costo-inférieur et costo-supérieur.

La figure 113, d'après Hutchinson, montre l'étendue des mouvements antéro-postérieurs du thorax dans les deux types extrêmes, c'est-à-dire dans la respiration thoracique supérieure de la femme et abdominale de l'homme : le profil de la face antérieure du tronc dans la respiration ordinaire est marqué par un large trait noir, qui indique par ses deux bords les limites de l'inspiration et de l'expiration. On y a surajouté un profil en ligne pointillée qui répond à l'inspiration forcée pendant laquelle l'homme lui-même prend nettement le type costo-supérieur; enfin le contour même de la silhouette en noir répond à l'expiration forcée.

C. *Rôle des voies aériennes dans la respiration.* — L'air, que les mouvements respiratoires amènent et chassent du poulmon, passe par la partie étroite de notre cône pulmonaire, c'est-à-dire par les narines, les fosses nasales, le pharynx et la trachée (avec le larynx). Tous ces canaux présentent des phénomènes mécaniques accessoires à ceux que nous venons d'étudier dans le poulmon.

Les narines se dilatent activement, mais seulement dans les grandes inspirations et lorsqu'il y a sentiment de dyspnée. Les fosses nasales ne présentent pas de phénomènes mécaniques particuliers; nous savons déjà qu'elles jouent un rôle capital comme lieu de préparation de l'air respiré, qu'elles chargent de chaleur et de vapeur d'eau.

Au niveau du pharynx, le canal aérien croise le canal alimentaire, et nous avons vu, en étudiant ce dernier, comment, lors du passage des aliments, les orifices supérieur et inférieur se trouvent obli-

térés (p. 325).  
Chez quelques animaux, les communications entre le canal aérien et le canal alimentaire sont oblitérées d'une manière permanente. Chez les cétacés, le larynx est reçu dans une boutonnière complète du voile du palais, de sorte que la trachée communique directement avec les fosses nasales, par lesquelles seules l'animal peut respirer. Chez les pachydermes, le voile du palais forme au larynx un demi-anneau, et il en résulte encore une respiration exclusivement nasale. Le cheval ne peut également respirer que par le nez, à cause de la disposition du voile du palais et de l'épiglotte, qui remonte jusqu'à l'orifice postérieur des fosses nasales. Il en résulte que quand on coupe, chez le cheval, le nerf facial qui innerve les muscles de la narine, celle-ci, devenue inerte, s'aplatit comme une soupape au moment de l'inspiration, de sorte que l'animal, ouvrant largement la bouche, suffoque malgré ses efforts pour respirer. Cet accident est particulier au cheval et ne se montre pas chez le chien ou chez d'autres animaux qui peuvent inspirer par la bouche (Cl. Bernard). Enfin, chez les fœtus humains, de même que chez le fœtus de chien, on remarque que le larynx remonte un peu plus haut que chez l'adulte, et reproduit jusqu'à un certain

point la disposition que nous venons de signaler chez des mammifères inférieurs.

Le larynx, la trachée et ses divisions, les bronches, forment un canal ramifié, qui, comme toutes les parties constituantes de l'appareil respiratoire, est remarquable par ses éléments élastiques. Ce sont d'abord ses *cerceaux cartilagineux*, interrompus en arrière; mais l'espace que ces anneaux incomplets laissent ainsi à la partie postérieure est comblé par des lames longitudinales de *tissu élastique*, formant des bandes entre-croisées et anastomosées au-dessous de la muqueuse. Plus profondément, les extrémités libres de chaque anneau sont réunies par des fibres *musculaires lisses*; la présence de ces fibres se continue très loin jusque sur les dernières ramifications bronchiques, de sorte que les derniers noyaux cartilagineux, vestiges des anneaux trachéens, ont déjà disparu, quand les fibres musculaires existent encore, et même plus abondamment, et d'une manière plus uniforme tout autour du canicule aérifère (V. p. 402); ces fibres (muscles de Reisseisen) ne se contractent pas sous l'influence de la volonté. Nous pouvons répéter pour elles ce que nous avons déjà dit des fibres musculaires un peu problématiques de la paroi alvéolaire, car peut-être n'y a-t-il dans le poumon d'autres éléments musculaires que ceux des petites bronches et des petits vaisseaux. Il est difficile, pour ne pas dire impossible, de démontrer que ces fibres se contractent pour prendre part à la toux; nous avons déjà parlé de la possibilité de leur intervention dans l'asthme et les spasmes bronchiques. En tout cas, ce que nous devons voir surtout dans cet élément, comme dans les précédents, c'est un tissu éminemment *élastique*, et utile surtout par cette propriété. Ainsi les cartilages trachéens et bronchiques s'opposent à des changements de forme trop considérables, et par leur élasticité ramènent le canal à sa forme primitive lorsqu'il a été violenté; ils sont aidés dans cette action par les tissus élastique et musculaire.

La trachée est soumise, par l'action des muscles du cou (sous et sur hyoïdiens), à des mouvements d'ascension et de descente qui correspondent aux mouvements de la respiration. *Pendant l'inspiration, la trachée descend*; par suite, son calibre devient plus large, et le courant d'air d'inspiration s'y fait facilement et sans frottements. *Pendant l'expiration, elle monte*, elle s'allonge, donc elle se rétrécit; il s'ensuit que l'air de l'expiration, sortant par un canal plus étroit, doit circuler plus vite et avec plus de frottement contre la paroi.

Le larynx contribue aussi puissamment à produire cette différence

entre le courant de l'air de l'inspiration et celui de l'expiration. En étudiant cet organe comme appareil vocal, nous verrons qu'il se compose essentiellement d'une fente antéro-postérieure (glotte) capable de s'élargir ou de se rétrécir; et en effet, *elle s'élargit dans l'inspiration et se rétrécit dans l'expiration*. Ce rétrécissement peut aller plus ou moins loin; dans le phénomène de l'*effort*, il est complet, et le thorax, comprimant l'air qui ne peut s'échapper, forme un solide point d'appui aux muscles qui doivent être le siège de la manifestation de l'effort.

Cette différence dans la vitesse du courant de l'air de l'inspiration et de l'expiration, différence due aux mouvements respiratoires du larynx et de la trachée, a pour but l'expulsion des corps étrangers ou plutôt des mucosités qui peuvent se trouver dans l'arbre aérien. En effet, le courant d'air d'inspiration, par sa lenteur et son peu de frottements, n'aura nulle tendance à entraîner plus profondément ces mucosités adhérentes à la paroi; au contraire, le courant d'air d'expiration, présentant des conditions opposées, entraînera vivement ces petites masses vers l'orifice supérieur des voies aériennes.

La *toux* n'est qu'une expiration encore plus brusque, précédée d'une inspiration encore plus lente, que l'expiration et l'inspiration normales; aussi la toux a-t-elle essentiellement pour effet de rejeter au dehors les mucosités qui encombrant l'arbre aérien.

Cette expulsion continue et inconsciente des mucosités est encore opérée par le jeu des cils vibratiles qui garnissent l'épithélium cylindrique de toute l'étendue du tube bronchial et trachéen (excepté au niveau des cordes vocales); les mouvements de ces cils sont tels qu'ils portent vers l'extérieur tous les corpuscules déposés à leur surface, et les font arriver jusque dans la cavité laryngienne (V. p. 292). Ce n'est qu'à ce niveau que l'expulsion devient volontaire, parce que ce n'est qu'au niveau du larynx que les corps étrangers ou mucosités sont senties; plus bas, leur présence ne donne lieu qu'à des sensations très obtuses et incapables d'amener des réflexes énergiques. Mais au niveau du larynx, elle est le point de départ de réflexes ou de phénomènes volontaires qui produisent l'expulsion, toujours par ce mécanisme des courants d'air inégaux, mais avec une énergie bien plus considérable; c'est précisément alors que se produit la *toux*, et plus haut (vers le pharynx et les fosses nasales) l'*éternuement*, et plus haut enfin (vers les narines) l'*action de se moucher*, actions qui consistent toutes en une inspiration lente par un orifice dilaté, et une expiration brusque par un orifice reserré, soit par la contraction de ses propres muscles, soit par un mécanisme plus ou moins éloigné.

### III. — RÉSULTATS PHYSIQUES ET MÉCANIQUES DE LA RESPIRATION

A. *Effets mécaniques produits au niveau du poumon.* — Nous pouvons, sous ce titre, étudier divers phénomènes qui sont relatifs les uns à la surface extérieure des poumons, les autres à l'épaisseur de leur parenchyme (parois alvéolaires avec les capillaires), les derniers enfin à la surface intérieure ou cavité des poumons.

1<sup>o</sup> *La surface externe du poumon*, suivant les changements de volume de cet organe, glisse sur la face interne du thorax, c'est-à-dire que les plèvres costale, diaphragmatique et pulmonaire exécutent l'une sur l'autre des mouvements de va-et-vient. C'est vers la base du poumon que ces mouvements sont le plus sensibles. Sur ce point, la plèvre diaphragmatique qui correspond à la périphérie du diaphragme est en contact avec la plèvre costale correspondante, à la fin de l'expiration; mais pendant l'inspiration, et surtout vers la fin de cet acte, le bord de la base du poumon s'interpose entre ces deux plèvres et vient descendre jusqu'aux insertions diaphragmatiques. On sait, en effet, comme J. Cloquet l'a fait remarquer, qu'un instrument piquant introduit dans l'un des derniers espaces intercostaux n'atteindra le poumon que si celui-ci est surpris au moment même de l'inspiration. Les bords de la base des poumons sont donc très mobiles et subissent des déplacements considérables aux diverses phases de l'acte respiratoire; mais les autres parties du viscère ne sont pas aussi mobiles; les parties les plus fixes des poumons sont leur racine, leur sommet et leur bord postérieur.

2<sup>o</sup> Entre les surfaces interne et externe du poumon, dans la charpente des alvéoles, se trouvent des vaisseaux formant une large nappe sanguine, au niveau de laquelle se fait l'hématose. Il est donc intéressant de rechercher quel peut être l'état de la pression dans l'épaisseur du parenchyme pulmonaire, c'est-à-dire quelle influence doivent exercer sur la circulation du poumon même les actes de l'inspiration et de l'expiration. Cette question a été étudiée avec un soin particulier par d'Arsonval, et c'est à son excellente monographie que sont empruntés la plupart des détails qui vont suivre<sup>4</sup>. Les recherches entreprises à ce sujet avaient d'abord

<sup>4</sup> D'Arsonval (A.), *Recherches théoriques et expérimentales sur le rôle de l'élasticité du poumon*, thèse. Paris, 1877.

donné des résultats singuliers et contradictoires; c'est qu'on ne se plaçait pas dans les mêmes conditions expérimentales, et que, dans certaines circonstances, on réalisait des conditions inverses de celles qui existent normalement sur l'animal vivant. Ainsi on avait vu à travers la plèvre le poumon devenir plus rose au moment de l'inspiration et pâlir lors de l'expiration. Cette simple observation aurait pu suffire pour montrer que dans l'inspiration le poumon doit être plus perméable au sang, et que, par suite, à ce moment la pression doit être diminuée dans les vaisseaux du parenchyme pulmonaire.

Mais Haller ayant fait des circulations artificielles dans le poumon et croyant imiter la respiration normale en faisant des insufflations trachéales (ce qui produit l'arrivée de l'air dans les alvéoles par un mécanisme précisément inverse de l'inspiration normale), vit le poumon s'anémier à chaque inspiration. Il en conclut, et plus tard Poiseuille fit de même, que l'inspiration entrave la circulation dans le poumon. Enfin une expérience plus récente de Gréhant sur l'arrêt de la circulation pulmonaire par insufflation trachéale semblait confirmer cette interprétation, car on voyait le sang se retirer à mesure que l'organe augmentait de volume et enfin arriver à ne plus pouvoir passer.

Mais si l'on tient compte du jeu véritable du poumon qui, luttant par élasticité contre la dilatation thoracique, est soumis par ce fait même à une aspiration constante; si l'on tient compte de ce que démontrent les expériences de P. Bert, à savoir que, pendant toute la durée de l'inspiration, la pression est moindre dans la cavité pulmonaire qu'à l'extérieur, on voit qu'alors le parenchyme pulmonaire se trouve placé entre deux vides, le vide pleural et le vide intra-pulmonaire, et que, par suite, les vaisseaux placés dans l'épaisseur des parois alvéolaires doivent être non pas comprimés, mais bien dilatés. La surface externe de ces vaisseaux est donc plongée dans un espace raréfié qui les force à se dilater et les maintient béants. Pour plus de précision encore, on pourrait évaluer en chiffres la pression à l'intérieur et à l'extérieur des vaisseaux, puisque la première est égale à la pression atmosphérique augmentée de la pression du sang dans l'artère pulmonaire (pression cardiaque), tandis que la seconde, la pression supportée par la surface des vaisseaux, est égale à la pression atmosphérique diminuée de toute la hauteur de l'aspiration pleurale. Le sang et l'air se précipitent donc au-devant l'un de l'autre et on peut dire *a priori*, contrairement à Haller, Poiseuille et Gréhant, que, dans la respiration physiologique, plus le poumon contient (aspire) d'air et plus aussi il contient (aspire) de sang.

3<sup>o</sup> Dans l'intérieur du poumon, le phénomène essentiel qu'il est à peine nécessaire d'indiquer, c'est que l'air extérieur se précipite dans les alvéoles pulmonaires pendant l'inspiration ou la raréfaction