

existe un continuel *balancement* entre les circulations locales, et que la répartition de la masse du sang dans l'ensemble du système circulatoire varie constamment. C'est ce que Mosso démontre d'une façon très saisissante en plaçant un homme étendu sur une planche faisant l'office d'un fléau de balance : l'équilibre une fois obtenu, on constate qu'il est rompu très fréquemment, et que c'est tantôt la tête, tantôt les pieds qui l'emportent. Ce phénomène provient du déplacement du centre de gravité par suite des variations dans la répartition de la masse sanguine, sous l'influence de divers états de l'organisme (veille, sommeil entre autres) ou sous l'action de diverses excitations morales ou physiques.

Ce balancement entre les circulations locales est aussi évident quand on envisage les rapports qui relient la circulation des organes profonds à celle de la peau. Tantôt le sang afflue à la périphérie dans les capillaires de la peau, diminuant d'autant la masse sanguine des gros vaisseaux et organes splanchniques, tantôt il reflue par suite du resserrement des vaisseaux cutanés dans les organes internes en les congestionnant. C'est précisément par ce procédé que les vaso-moteurs constituent, comme nous le verrons plus loin, un important appareil de régulation thermique. Le dicton populaire « main froide, cœur chaud », pris au sens absolu, a du vrai.

Les vaso-moteurs jouent aussi un rôle important dans les phénomènes pathologiques. La rougeur, la chaleur, le gonflement des tissus dans l'inflammation, ne sont-ils pas le résultat d'actions vaso-motrices ? Les congestions des différents organes, l'œdème peuvent être liés aussi à des troubles vaso-moteurs. RANVIER a montré l'influence que la paralysie des vaisseaux exerce sur la production de l'œdème. Si on lie la veine fémorale chez un animal, la stase veineuse occasionne l'œdème de la patte ; mais cet œdème est beaucoup plus accentué si l'on coupe de plus le nerf sciatique. Dans d'autres cas, il se produit au contraire un resserrement anormal des petits vaisseaux sous l'action exagérée des vaso-constricteurs, d'où l'anémie des tissus pouvant aller jusqu'à troubler leur nutrition (asphyxie locale).

CHAPITRE IV

RESPIRATION

Tous les êtres vivants respirent, c'est-à-dire consomment de l'oxygène et exhalent de l'acide carbonique. Chez les animaux inférieurs, les tissus puisent directement l'oxygène dans le milieu ambiant ; mais chez les êtres plus élevés en organisation, les échanges gazeux se font par l'intermédiaire du milieu intérieur, par le sang qui porte l'oxygène aux éléments anatomiques et reçoit les produits de combustion. L'absorption de l'oxygène par le sang et l'exhalation de CO_2 se font au niveau des organes qui constituent l'appareil respiratoire : branchies chez les animaux aquatiques, trachées et poumons chez les animaux aériens. On distingue ainsi trois sortes de respirations : la respiration branchiale dans laquelle les échanges gazeux se font au moyen d'expansions vasculaires flottant dans l'eau, comme chez les poissons ; la respiration trachéale dans laquelle l'air est distribué dans tout le corps de l'animal par des tubes ramifiés ou trachées, comme chez les insectes, et la respiration pulmonaire dans laquelle l'air est introduit, par un mécanisme spécial, dans des sacs membraneux richement vascularisés ou poumons. Cette dernière, qui est propre aux animaux supérieurs et à l'homme, est la seule qui nous intéresse.

Le poumon peut être comparé à un sac en communication avec l'air extérieur par un tube (bronche et trachée). La cavité de ce sac est plus ou moins divisée par des cloisons qui en augmentent notablement la surface intérieure. Tel est le poumon très simple des reptiles, de la grenouille. Mais chez les

mammifères et les oiseaux, animaux à respiration plus active, le poumon est plus compliqué et constitué par une infinité de petits sacs ou *lobules pulmonaires*, dont chacun est analogue au poumon entier de la grenouille ; ce lobule pulmonaire communique avec une division bronchique ; sa cavité est divisée par des cloisons en petits compartiments ou *alvéoles*, et sa surface interne est tapissée par un épithélium plat et mince au-dessous duquel se trouve un riche réseau de capillaires sanguins. De la sorte, le poumon réalise une vaste surface où l'air extérieur vient se mettre en contact avec une nappe sanguine très mince, mais très étendue. On a évalué approximativement le développement de la surface respiratoire à 200 mètres carrés ; la nappe sanguine en occuperait les $\frac{3}{4}$, soit 150 mètres carrés. Malgré le peu d'épaisseur de cette couche de sang qui ne dépasse guère celle d'un globule rouge, sa surface est telle que les poumons contiennent plus d'un litre de sang, et, en raison de la vitesse de la circulation pulmonaire, on doit comprendre que la masse de sang qui traverse l'appareil respiratoire dans un temps donné est extraordinairement grande.

Nous passerons successivement en revue : 1° le mécanisme par lequel l'air est mis en rapport avec la surface pulmonaire ; 2° les phénomènes chimiques de la respiration ; 3° l'influence que le système nerveux exerce sur cette fonction ; 4° les troubles respiratoires et plus spécialement l'asphyxie.

ARTICLE PREMIER

PHÉNOMÈNES MÉCANIQUES DE LA RESPIRATION

L'air est alternativement attiré dans les poumons, puis refoulé à l'extérieur par un mouvement de dilatation et de resserrement du thorax, analogue au mouvement d'un soufflet. Pour que ce mouvement se communique au poumon, il faut que le tissu de cet organe jouisse de certaines propriétés qui en permettent l'expansion et le retrait ; nous les indiquerons tout d'abord ; puis nous analyserons les mouvements de la cage

thoracique et des parties annexes de l'appareil respiratoire, ainsi que les modifications qu'ils peuvent subir ; enfin nous rechercherons quels sont les résultats physiques des mouvements respiratoires sur le poumon et les autres organes.

§ 1. — PROPRIÉTÉS DU TISSU PULMONAIRE

Le tissu pulmonaire est élastique et contractile. Les poumons extraits du corps de l'animal se laissent très facilement distendre et remplir d'air lorsqu'on les insuffle par la trachée ; lorsqu'on cesse l'insufflation, ils reviennent exactement à leur volume primitif en expulsant l'air ; ils présentent donc une élasticité parfaite, propriété due à leur richesse en fibres élastiques qui par leur feutrage constituent pour la plus grande part la paroi des alvéoles pulmonaires et des bronches. C'est grâce à cette élasticité que le poumon peut suivre tous les mouvements d'amplification et de resserrement du thorax. En outre, les poumons sont contractiles. Si, après les avoir insufflés et avoir lié la trachée sur une des branches d'un manomètre en U à mercure, on excite par un courant faradique le tissu pulmonaire, on constate une dénivellation du mercure dans le manomètre qui indique une pression de quelques millimètres ; celle-ci résulte évidemment de la compression de l'air intrapulmonaire par la contraction de l'appareil musculaire de l'organe. Cette expérience de WILLIAMS a été répétée par P. BERT, qui a de plus inscrit la courbe de la contraction ; cette courbe ressemble à celle que donne l'excitation des muscles lisses. C'est en effet aux fibres musculaires lisses disposées annulairement autour des petites bronches (*muscles de Reissessen*) que le poumon doit sa contractilité.

§ 2. — MOUVEMENTS DU THORAX

Le mouvement par lequel le thorax se dilate et aspire l'air dans le poumon porte le nom d'*inspiration* ; le mouvement inverse de resserrement qui refoule l'air à l'extérieur est l'*expiration*. Analysons d'abord le mécanisme de ces mouvements, puis leur rythme et leur forme par la méthode graphique.

1° Inspiration. — La dilatation de la cage thoracique est le résultat d'un agrandissement suivant tous ses diamètres. Considérons pour l'analyse, l'agrandissement de trois diamètres : le vertical, l'antéro-postérieur et le transversal.

a. *Augmentation du diamètre vertical.* — Elle se fait par l'abaissement du diaphragme. Ce muscle, qui cloisonne la cavité du corps en deux parties, le thorax et l'abdomen, forme une voûte saillante dans la cavité thoracique ; ses fibres s'insèrent sur tout le pourtour de l'ouverture inférieure du thorax, et de là rayonnent vers un centre tendineux (centre phrénique) qui occupe la partie culminante du dôme ; par leur contraction ces fibres redressent leur courbure, abaissent le centre phrénique et diminuent la voussure de l'ensemble du dôme ; il en résulte que le diaphragme augmente le diamètre vertical du thorax à la façon d'un piston qu'on tire dans un corps de pompe.

b. *Augmentation du diamètre antéro-postérieur.* — Le diamètre antéro-postérieur ou vertébro-sternal ne peut être accru que par la projection du sternum en avant, car la colonne vertébrale est fixe. Cette projection du sternum est réalisée par l'élévation des côtes. Pour le comprendre, il suffit de remarquer que sur le thorax en expiration les côtes descendent très obliquement en bas et en avant, et qu'elles forment avec la colonne vertébrale un angle très aigu ouvert en bas. Lorsqu'elles s'élèvent, leur obliquité diminue et elles tendent à devenir horizontales, et, dans ce mouvement, comme leur extrémité postérieure articulée avec les vertèbres tourne autour d'un axe fixe, c'est leur extrémité antérieure articulée avec le sternum qui s'éloigne de la colonne vertébrale, ainsi que le fait comprendre le schéma ci-joint (fig. 82) dans lequel deux côtes supposées rectilignes AC, BD et formant avec la colonne vertébrale AB un angle très aigu, sont ensuite représentées en situation horizontale, de manière à montrer l'accroissement *mn* du diamètre qui résulte de cette nouvelle position. Le sternum est ainsi poussé en avant ; mais, comme les côtes n'ont pas toutes la même longueur, le sternum ne se déplace pas parallèlement à lui-même ; en effet l'augmentation du diamètre

antéro-postérieur est naturellement d'autant plus grande que les côtes sont plus longues et plus obliques ; le thorax subit donc un agrandissement plus considérable à sa base (surtout au niveau des 6^e, 7^e et 8^e côtes) qu'à son sommet ; il en résulte que le sternum présente une excursion en avant plus étendue dans

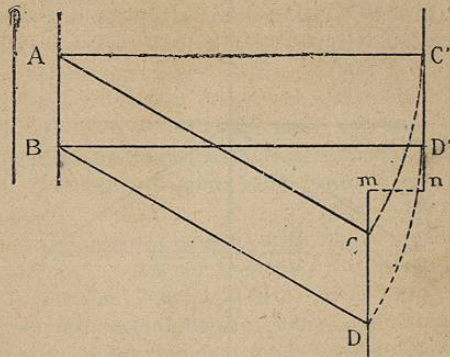


Fig. 82.

Schéma de l'agrandissement du diamètre antéro-postérieur du thorax dans l'inspiration (VIAULT et JOLYET).

sa partie inférieure que dans sa partie supérieure, et qu'il subit un mouvement de bascule.

c. *Augmentation du diamètre transversal.* — Il provient aussi de l'élévation des côtes. En effet, toute côte qui s'élève se porte en dehors, en exécutant un mouvement de torsion autour d'un axe passant par ses extrémités antérieure et postérieure, et en tournant complètement en dehors la convexité de sa courbure primitivement dirigée vers le bas. Pour mieux le comprendre, qu'on jette un coup d'œil sur la figure 83.

Les lignes OA, OB représentent la distance qui sépare un point O pris sur le plan médian antéro-postérieur du thorax (OV) des points A et B les plus saillants des courbures de deux côtes symétriques, ou bien encore chacune de ces lignes figure la section d'un plan qui passerait par l'extrémité antérieure,

l'extrémité postérieure et le point de courbure maxima de la côte. Dans la position oblique OA, OB de ces plans, la ligne AB mesure la distance qui sépare les points culminants de la courbure des deux côtes ; elle exprime aussi la largeur du thorax à ce niveau. Supposons maintenant que le plan des côtes se relève

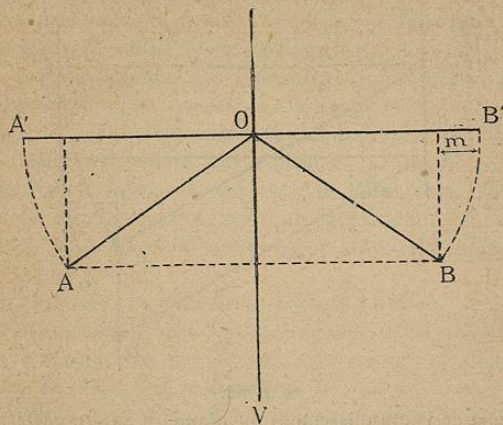


Fig. 83.

Schéma de l'agrandissement du diamètre transversal du thorax dans l'inspiration (VIAULT et JOLYET).

jusqu'à devenir horizontal et à occuper les positions OA', OB', la distance A'B' mesurera la largeur du thorax dans cette nouvelle position, et on voit que la distance qui sépare maintenant le point O de la partie culminante de la courbure des côtes s'est accrue de chaque côté de la quantité *m*.

L'accroissement des diamètres antéro-postérieur et transversal du thorax résultant, d'après ce qui vient d'être dit, de l'élévation des côtes, les muscles qui produiront cette action ou *muscles inspireurs* seront ceux qui auront leurs insertions mobiles sur les côtes et leurs insertions fixes sur des points situés plus haut que les côtes à mouvoir ; tels sont les scapulaires, le petit dentelé postérieur et supérieur, le cervical des-

endant, les sur-costaux, muscles qui prennent leurs insertions fixes sur la colonne vertébrale et qui agissent dans l'inspiration calme. D'autres muscles, qui à l'état habituel prennent au contraire leurs insertions fixes sur la cage thoracique et leurs insertions mobiles sur le scapulum, la clavicule et l'humérus (grand pectoral, grand dorsal) peuvent cependant entrer en jeu dans les grands efforts inspiratoires. Mais il faut alors, pour qu'ils exercent une action inspiratoire, que l'épaule et le bras soient fixés ; c'est dans ce but que les muscles sterno-cléido-mastoïdien et trapèze se contractent ; c'est aussi pour ce motif que l'on voit des gens souffrant d'une forte dyspnée, pendant un accès d'asthme par exemple, saisir vigoureusement un point d'appui solide afin d'immobiliser les bras.

Certains physiologistes pensent aussi que le diaphragme peut élever les dernières côtes sur lesquelles il s'insère. Dans ce cas ses fibres prendraient leur point fixe sur le centre phrénique ; or, ce dernier est essentiellement mobile, et s'abaisse dans la contraction du diaphragme de manière à augmenter le diamètre vertical du thorax, comme nous l'avons dit ; mais en s'abaissant il presse sur les viscères abdominaux qui offrent une certaine résistance élastique à la compression, et cette résistance donne au centre phrénique une fixité relative qui permet alors aux fibres musculaires d'agir sur les côtes. En un mot, les fibres musculaires du diaphragme s'attachant à deux points mobiles, le centre phrénique et les côtes, l'effet de leur contraction serait de rapprocher ces deux points, en opérant tout à la fois l'abaissement du centre phrénique et l'élévation des côtes. Le diaphragme représenterait de la sorte le muscle inspireur par excellence, car il contribuerait à augmenter tous les diamètres du thorax.

Quant à l'action des muscles intercostaux, elle a donné lieu à des controverses interminables. L'hypothèse la plus vraisemblable est que les intercostaux externes élèvent les côtes par leur contraction et sont par conséquent des muscles inspireurs, et que les intercostaux internes abaissent les côtes et sont expirateurs. Il est facile en effet de se convaincre, en

construisant le schéma de HAMBERGER (fig. 84), que les points d'attache des intercostaux externes (E, E'), se rapprochent lorsque les côtes s'élèvent, car les fibres de ces muscles sont obliques de haut en bas et d'arrière en avant ; et que inversement les intercostaux internes (I, I') dont les fibres sont obliques de haut en bas et d'avant en arrière rapprochent leurs points d'insertion lorsque les côtes s'abaissent. Les intercostaux ont

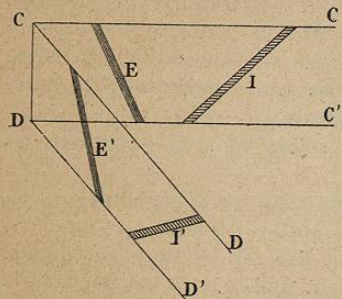


Fig. 84.

Schéma de HAMBERGER pour expliquer l'action des intercostaux.

EE', intercostaux externes. — II', intercostaux internes (KÜSS et DUVAL).

thorax et du poumon à leur état d'équilibre. La cage thoracique est en effet violente dans sa forme par le mouvement inspiratoire ; mais quand les muscles inspirateurs se relâchent, elle tend à reprendre sa position primitive de repos grâce à l'élasticité de ses différentes parties, ligaments et cartilages costaux. De même, le poumon suit le mouvement de dilatation du thorax dans l'inspiration, car en raison du vide pleural la pression atmosphérique s'exerce dans l'intérieur des bronches et des alvéoles et les distend ; puis, au moment de l'expiration, le poumon revient sur lui-même en vertu de son élasticité, entraînant les parois thoraciques, grâce au vide pleural. Toutefois, le retrait de la cage thoracique n'est pas suffisant pour que le poumon prenne la forme d'équilibre

également pour fonction de soutenir les espaces intercostaux qui tendent à s'enfoncer sous l'influence de la pression atmosphérique à chaque dilatation du thorax et à faire saillie au dehors à chaque expiration.

2° Expiration. — A l'inverse de l'inspiration qui est active et exige l'intervention de forces musculaires puissantes, l'expiration dans la respiration calme est purement passive, et résulte du retour du

qu'il aurait s'il se trouvait hors de la poitrine. En d'autres termes, à la fin de l'expiration le poumon conserve encore un reliquat de force élastique qui n'est pas employée. Ce qui le prouve, c'est que l'ouverture du thorax en expiration (sur le cadavre) produit un resserrement du poumon très appréciable et dont on peut mesurer la force en adaptant un manomètre à la trachée (6 millimètres de mercure sur le cadavre humain, d'après DONDERS). Si donc le poumon ne revient pas complètement sur lui-même à la fin de l'expiration, c'est que le thorax ne s'y prête pas et qu'il oppose sa force élastique à la force élastique pulmonaire. Mais, lorsqu'on ouvre un espace intercostal, l'air entrant dans la cavité pleurale, la pression atmosphérique s'exerce d'une façon égale à l'extérieur comme à l'intérieur du poumon, et cet organe revient alors sur lui-même, jusqu'à ce que son élasticité soit complètement satisfaite ; d'autre part, le diaphragme qui formait une voussure très accentuée du côté de la cavité thoracique où il était refoulé par la pression atmosphérique, se relâche et devient flasque au moment où l'air entre dans la cavité pleurale. Chez le fœtus qui n'a pas encore respiré, la déformation de la cage thoracique et le retrait du poumon sont au maximum ; mais après que la première inspiration s'est effectuée et que l'air a déplissé les alvéoles pulmonaires, le poumon ne revient jamais plus à son état de resserrement primitif.

Le mouvement d'expiration provient donc du retrait élastique du thorax et du poumon. Mais dans l'expiration forcée les puissances musculaires interviennent aussi, soit pour accélérer la sortie de l'air du poumon, soit pour augmenter le resserrement du thorax. Les muscles qui entrent alors en jeu, ou *muscles expirateurs*, sont ceux qui peuvent abaisser les côtes et refouler le diaphragme en haut en comprimant les organes abdominaux : carré des lombes, triangulaire du sternum, petit dentelé postérieur et inférieur et muscles de l'abdomen (grand oblique, petit oblique, transverse, grand droit).

La contractilité des bronches dont nous avons parlé plus haut n'exerce pas un rôle actif dans la respiration à l'état ordinaire, car la contraction du poumon se fait avec la lenteur

particulière à la contraction des muscles lisses et ne se prête pas à la rapidité du mouvement respiratoire.

3° Pneumographie, rythme et types respiratoires. — Différents appareils ont été imaginés pour mesurer les variations de longueur des diamètres du thorax. Les plus pratiques sont les *pneumographes* qui permettent de mesurer et d'enregistrer l'expansion circonférencielle de la cage thoracique. P. BERT avait construit un pneumographe très simple consistant en un manchon métallique fermé à ses deux extrémités par une

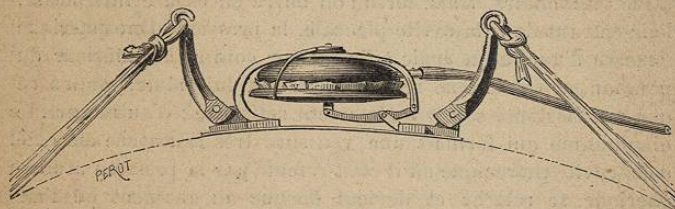


Fig. 85.
Pneumographe de MAREY.

membrane de caoutchouc et mis en communication avec un tambour inscripteur. Un ruban passé autour du thorax était fixé aux membranes de caoutchouc de l'appareil et de la sorte les mouvements de la cage thoracique se traduisaient par des variations de volume de l'air du manchon qui étaient transmises au tambour enregistreur. Le pneumographe de Marey employé généralement en clinique repose sur le même principe (fig. 85). Il consiste en une plaque mince d'acier que l'on pose à plat sur la poitrine; aux extrémités de cette plaque sont fixées deux tiges à crochet auxquelles on attache le ruban qui entoure le thorax; de la sorte, la plaque métallique se déforme, et de plane devient courbe lorsque le thorax se dilate; elle revient à sa forme primitive grâce à son élasticité, lorsque le thorax se resserre. Pour rendre appréciable ce mouvement de déformation, un levier qui est soudé à la plaque actionne la membrane élastique d'un tambour à air adapté à l'appareil;

on n'a qu'à faire communiquer la cavité de ce tambour avec celle d'un autre tambour inscripteur au moyen d'un tube de caoutchouc, pour inscrire la courbe de la respiration. Dans l'inspiration, la torsion de la plaque agit par l'intermédiaire du levier sur la membrane du tambour de façon à accroître la capacité de ce dernier et à y raréfier l'air; ce mouvement transmis au tambour enregistreur se traduit donc par l'abaissement du levier inscripteur, et la partie de la courbe qui représente l'inspiration est une ligne descendante; inversement, dans l'ex-

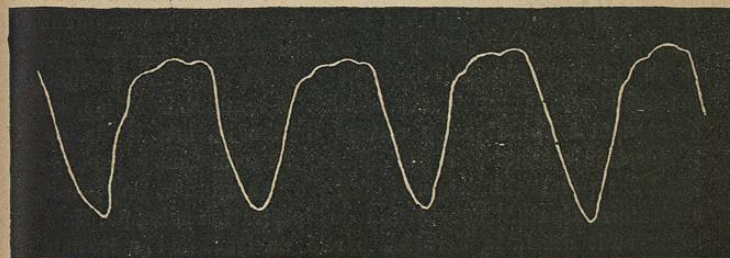


Fig. 86.
Tracé des mouvements respiratoires.

piration, les parties élastiques de l'appareil reprennent leur forme et le levier inscripteur s'élève: la courbe de l'expiration est donc une ligne ascendante.

On peut encore prendre le tracé de la respiration chez les animaux en enregistrant les variations de pression de l'air dans les voies aériennes, en adaptant, selon le procédé de P. BERT, une canule à la trachée, pour la faire communiquer avec une grande bonbonne pleine d'air et reliée elle-même à un tambour inscripteur.

Le tracé respiratoire obtenu avec le pneumographe de Marey est représenté ci-dessus (fig. 86). La ligne d'inspiration est, comme on le voit, presque verticalement descendante, toute droite et sans accidents; interprétation: le mouvement inspiratoire est rapide et d'une vitesse sensiblement uniforme

pendant toute sa durée; la ligne d'expiration succède immédiatement à la précédente, sans temps d'arrêt; il n'y a donc pas de pause inspiratoire, et, aussitôt qu'est terminé le mouvement de dilatation du thorax, les muscles inspireurs se relâchent brusquement. La ligne de l'expiration est notablement plus longue que la ligne d'inspiration; de plus elle présente deux parties très différentes; la première partie est presque verticalement ascendante, la seconde, voisine du sommet de la courbe, monte très obliquement en se rapprochant de l'horizontalité, jusqu'au point où elle se continue avec la ligne d'inspiration; interprétation: le mouvement de resserrement du thorax dans l'expiration est d'abord brusque, rapide, puis il se ralentit considérablement jusqu'à devenir presque insensible vers la fin de l'expiration. Il semblerait même, en s'en tenant à l'observation directe du thorax, que la fin de l'expiration est marquée par un temps d'arrêt dans le mouvement des parois thoraciques, qu'il y a, en un mot, une pause expiratoire séparant l'expiration de l'inspiration suivante. Mais s'il en était ainsi, la dernière partie du tracé de l'expiration devrait former un plateau horizontal; or, dans les tracés bien pris, on constate qu'il n'en est rien, et que la ligne s'élève en réalité constamment jusqu'à la fin de l'expiration, quoique, à la vérité, d'une façon très lente dans la partie culminante de la courbe. Il n'y a donc pas de pause expiratoire, et les mouvements respiratoires se succèdent rythmiquement sans temps d'arrêt.

Le nombre des mouvements respiratoires est de 16 par minute chez l'homme adulte au repos; leur fréquence s'accroît dans diverses circonstances, à la suite de l'exercice musculaire principalement (essoufflement); elle tombe au minimum pendant le sommeil. Le rythme respiratoire est beaucoup plus rapide chez l'enfant; le nouveau-né respire en moyenne 44 fois par minute. D'une façon générale, le nombre des respirations, comme celui des battements cardiaques, est en raison inverse de la taille des animaux; ainsi, tandis qu'une souris respire 150 fois par minute, le cheval ne respire que 11 fois.

Le mode d'après lequel se dilate et se resserre le thorax, ou

type respiratoire, varie suivant l'âge et le sexe. Si on applique trois pneumographes autour du tronc, à des hauteurs différentes, le premier à la partie supérieure du thorax, le second au niveau des côtes inférieures, le troisième au niveau de l'ombilic, on observe que l'amplitude des tracés donnés par ces trois appareils est différente pour un même individu, et différente aussi chez l'homme, la femme et l'enfant. Chez l'homme adulte les plus grandes amplitudes sont fournies par le pneumographe intermédiaire, situé à la base du thorax; chez la femme elles sont données par le pneumographe supérieur; enfin, chez l'enfant c'est le pneumographe inférieur entourant l'abdomen qui inscrit les courbes les plus amples. On distingue donc trois types respiratoires: le *type costal supérieur* qui est le mode respiratoire de la femme, le *type costal inférieur* plus spécial à l'homme adulte, et le *type abdominal* ou *diaphragmatique* qu'on observe surtout chez l'enfant.

Il faut ajouter cependant que, d'après des recherches récentes de MAREY exécutées au moyen de la chrono-photographie, le mode respiratoire de la femme ne serait pas, à l'état physiologique, différent de celui de l'homme, et que le type dit costal supérieur proviendrait de la compression de la base du thorax par le corset.

§ 3. — MOUVEMENTS DES PARTIES ANNEXES DE L'APPAREIL RESPIRATOIRE

La dilatation et le resserrement du thorax sont accompagnés de différents mouvements des parties annexes de l'appareil respiratoire. Pendant l'inspiration les narines se dilatent sous l'action des muscles releveurs et dilatateurs des ailes du nez; ce mouvement est peu appréciable dans la respiration calme chez l'homme; mais il s'accroît dans les respirations profondes et dans la dyspnée, car alors la contraction musculaire doit intervenir pour empêcher l'aplatissement des narines par la pression atmosphérique. Le larynx, la trachée et les bronches restent continuellement béants pour le passage de l'air, en raison de leur texture cartilagineuse; mais ils présentent cer-

tains mouvements accessoires dans la respiration. Au moment de l'inspiration le larynx s'abaisse, ainsi que la trachée qui en même temps se dilate un peu : un mouvement inverse a lieu pendant l'expiration. La glotte, dans l'inspiration calme, est modérément ouverte et a la forme d'un triangle élargi dans sa partie inter-aryténoïdienne ; elle se dilate beaucoup plus dans l'inspiration profonde, et les cordes vocales s'écartent alors fortement par la contraction des muscles dilatateurs de la glotte (voy. fig. 438, p. 481) ; pendant l'expiration, les cordes vocales se rapprochent au contraire et interceptent une fente étroite.

§ 4. — MOUVEMENTS RESPIRATOIRES MODIFIÉS

Les mouvements respiratoires peuvent se modifier de diverses manières pour concourir à l'accomplissement de certains actes physiologiques spéciaux. La production de la voix et de la parole représente la principale de ces modifications, mais en raison de son importance nous l'étudierons dans un chapitre à part. Les mouvements respiratoires présentent aussi différents troubles à l'état pathologique.

1° Modifications physiologiques. — Dans l'effort, on ferme la glotte après avoir exécuté une profonde inspiration et l'on contracte fortement les muscles expirateurs ; l'air ne pouvant sortir, est comprimé dans le poumon, et le thorax acquiert ainsi une certaine fixité qui permet aux muscles qui s'y insèrent de prendre un point d'appui solide au moment de leur contraction ; il se produit en même temps une augmentation de pression dans l'abdomen ; les viscères peuvent alors faire hernie au dehors, si les parois du ventre présentent une solution de continuité. Avant que l'effort soit complètement terminé, on peut relâcher les cordes vocales, et alors l'air s'échappe brusquement de la poitrine en produisant un son (*han !*)

Les autres modifications de la respiration portent soit sur les actes inspirateurs, soit sur les actes expirateurs. Le *bâillement* consiste en une inspiration profonde par la bouche, maintenue largement ouverte par la contraction spasmodique des muscles

abaisseurs de la mâchoire. Le *hoquet* est dû à des contractions involontaires et convulsives du diaphragme produisant un brusque appel d'air dans le thorax avec son glottique. Il en est de même du *sanglot*. L'expiration est modifiée dans le *rire* qui est caractérisé par une expiration sonore, saccadée, accompagnée de la contraction de certains muscles de la face. Dans l'*éternuement*, l'expiration se fait brusquement par les fosses nasales en produisant un bruit spécial. Dans la *toux*, la glotte est d'abord fermée comme dans l'effort ; puis, quand l'air intra-pulmonaire se trouve soumis à une pression suffisante, les cordes vocales se relâchent, et l'air s'échappe brusquement en produisant un son et en balayant les mucosités des voies respiratoires.

2° Modifications pathologiques. — Les mouvements respiratoires peuvent être altérés dans leur fréquence, leur amplitude et leur rythme sous l'influence de différentes causes morbides. Le nombre des respirations est augmenté dans les maladies fébriles ; il peut s'élever à 25,30 par minute, et même encore plus si des lésions pulmonaires apportent un obstacle à l'hématose. Il se produit au contraire une diminution du nombre des mouvements respiratoires dans d'autres maladies, dans certaines affections cérébrales. L'augmentation d'amplitude des mouvements respiratoires accompagne souvent l'accroissement du nombre, mais elle ne lui est pas forcément liée. Quand il existe une gêne au passage de l'air dans le larynx, le nombre des respirations diminue, mais l'inspiration devient très profonde et prolongée, l'expiration s'allonge et se ralentit ; comme l'air ne vient pas combler assez rapidement le vide intra-thoracique, les parties dépressibles de la cage thoracique, les creux sus-claviculaires s'excavent sous l'influence de la pression atmosphérique. Parmi les altérations du rythme respiratoire, la principale à mentionner est celle que l'on désigne sous le nom de *rythme de Cheyne-Stokes*, et qui s'observe dans diverses affections cérébrales, dans l'urémie. Elle consiste dans des respirations coupées périodiquement par des arrêts ; après chaque arrêt, les mouvements respiratoires présentent une amplitude d'abord croissante puis graduellement décroissante jusqu'à l'arrêt suivant. Ce phé-

nomène résulte d'une inhibition incomplète des centres respiratoires.

§ 5. — RÉSULTATS PHYSIQUES ET MÉCANIQUES DE LA RESPIRATION

Les mouvements de la cage thoracique se traduisent par certaines modifications portant sur le poumon et sur d'autres organes contenus dans le thorax et dans l'abdomen.

1° Effets mécaniques produits au niveau du poumon. — Les poumons présentent des mouvements d'expansion et de retrait dépendant de l'inspiration et de l'expiration ; sous l'influence de ces mouvements, la circulation du parenchyme pulmonaire subit certains changements et, phénomène capital, l'air est alternativement attiré dans les alvéoles pulmonaires et repoussé au dehors.

A. MOUVEMENTS DU POUMON. — Pour comprendre comment les poumons suivent tous les mouvements des parois du thorax, il faut se les représenter comme occupant tout l'espace laissé libre dans la cavité thoracique par les autres organes. Entre leur surface externe et la face interne du thorax il n'y a rien ; c'est-à-dire que l'accolement est parfait entre la plèvre pulmonaire et la plèvre pariétale, et que l'interstice qui les sépare n'est que virtuel ; lors donc qu'on parle du vide pleural, on exprime seulement ce fait que si le thorax pouvait se dilater sans que le poumon suivit ce mouvement, le vide se produirait dans la cavité pleurale. Mais en réalité ce vide ne saurait exister, car lorsque la cage thoracique se dilate dans l'inspiration, la tendance au vide est aussitôt compensée par la dilatation du poumon qui, sous l'influence de la pression atmosphérique, se remplit d'air. La cavité thoracique est donc complètement remplie par les organes qu'elle renferme tant en inspiration qu'en expiration, et l'espace virtuel situé entre la surface du poumon et les parois thoraciques ne devient réel que si une blessure du poumon ou du thorax permet l'entrée de l'air dans la poitrine, ou s'il se

produit un épanchement de liquide dans la cavité pleurale.

On peut reproduire quelques-unes des conditions de la ventilation pulmonaire avec l'appareil schématisé suivant (fig. 87) : Une cloche tubulée représente la cage thoracique ; son fond est fermé par une membrane de caoutchouc figurant le diaphragme (D) ; un orifice de la paroi est également fermé par une membrane élastique figurant un espace intercostal (C) ; enfin la cavité de la cloche est mise en rapport d'une part avec un manomètre (M) et d'autre part avec l'air extérieur au moyen de deux tubes traversant le bouchon de la cloche : l'un de ces tubes pourvu d'un robinet (A) permet de faire le vide dans la cloche ; l'autre librement ouvert représente la trachée T et se bifurque en deux branches dans la cavité de la cloche ; à l'extrémité de chacune des branches est lié fortement un ballon de baudruche (V) figurant le poumon.

Si alors on aspire l'air de la cloche, les vessies de baudruche se distendent et arrivent à occuper tout l'espace libre, pourvu qu'elles soient assez souples ; en même temps les membranes D et C bombent vers l'intérieur. On peut maintenant imiter les mouvements respiratoires en exerçant une traction sur la membrane simulant le diaphragme (inspiration), puis en l'abandonnant à elle-même (expiration).

Dans les mouvements de dilatation et de resserrement du poumon, la plèvre pulmonaire glisse à la surface des plèvres costale et diaphragmatique ; c'est à la base du poumon que ce mouvement de locomotion est le plus accentué ; pendant l'expiration la plèvre diaphragmatique, qui tapisse la périphérie du diaphragme, s'applique contre la plèvre costale correspondante, et le bord tranchant de la base du poumon remonte jusqu'à la sixième ou la cinquième côte ; dans l'inspiration le

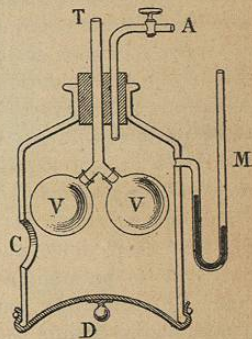


Fig. 87.
Schéma de la ventilation pulmonaire.