

du plasma sanguin ayant passé hors du vaisseau pour aller alimenter les tissus, et qui revient à l'appareil circulatoire après avoir rempli sa tâche. On remarquera en passant que sur chacune des trois voies de la circulation il y a interposition d'appareils spéciaux : le rein, le foie, la rate, etc., pour les voies artérioso-veineuses ; les ganglions lymphatiques pour les vaisseaux.

Nous avons indiqué les usages généraux de la circulation : elle sert à apporter aux tissus l'oxygène et les aliments de toute sorte dont ils ont besoin ; elle leur prend l'acide carbonique produit pour le porter au poumon par où il s'élimine. Elle leur prend les produits de désassimilation qui s'éliminent ensuite par différents organes, le rein en particulier. Enfin, par les variations de calibre des artérioles, elle joue un rôle considérable dans la régulation thermique, la déperdition de chaleur étant réglée en grande partie par l'état de dilatation ou de contraction de ces vaisseaux.

consiste essentiellement en  
un courant de gaz qui se rem-  
plit de l'oxygène et de l'acide  
carbonique de l'air et du sang

## RESPIRATION

On peut définir la respiration comme étant l'ensemble des fonctions grâce auxquelles l'oxygène de l'air est mis à la portée des tissus et utilisé par eux, et l'acide carbonique résultant de la combustion de l'oxygène des tissus, éliminé au dehors. Il y a donc deux parties distinctes dans la respiration : il y a l'*aération*, c'est-à-dire le transport de l'oxygène aux tissus, et de l'acide carbonique au dehors, et il y a la *respiration proprement dite* par laquelle l'oxygène est utilisé, et l'acide carbonique produit. La respiration offre donc à considérer des phénomènes mécaniques ou physiques, et des phénomènes chimiques.

Les premiers varient considérablement, selon les formes animales : les derniers sont partout identiques.

**Organes respiratoires.** — L'organe de l'aération chez l'homme et les vertébrés terrestres supérieurs, c'est le *poumon*. Chez les animaux aquatiques, c'est la *branchie* ; une troisième forme d'organe d'aération, spéciale aux insectes, est la *trachée*. La branchie est en somme un filament allongé, pourvu d'un riche réseau capillaire : le sang y est amené par un vaisseau, il s'étale dans les capillaires, à travers la paroi desquels il perd son acide carbonique et acquiert de l'oxygène ; de là il passe dans l'autre vaisseau, redevenu

propre à l'entretien de la vie. La trachée est un vaisseau rameux, allongé, fin, qui s'ouvre au dehors, et au dedans pénètre dans les interstices des organes; la branchie va chercher l'air; dans la trachée l'air vient trouver les tissus. Chez les pulmonés, l'air fait une partie du chemin vers les tissus; le sang venu à sa rencontre de la part ceux-ci fait le reste du chemin et sert d'intermédiaire entre eux et le poumon, après s'être chargé d'air.

Le poumon peut être regardé comme un sac pourvu d'une ouverture unique, divisé et subdivisé en une infinité de petites cavités par des saillies nées de ses parois, de sorte que ce sac possède en définitive une surface considérable. Il est tapissé, jusque dans ses moindres subdivisions, par une membrane muqueuse qui est la surface respiratoire, le siège des échanges entre le sang et l'air extérieur.

L'épithélium pulmonaire subit certaines modifications entre le moment où il se forme, et celui où il atteint sa constitution définitive. Vers 4 mois et demi ou 5 mois, le fœtus possède un épithélium cubique, disposé en une seule couche. À terme, les cellules sont plus aplaties; mais ce n'est qu'après l'établissement de la respiration qu'elles deviennent larges, et très plates, par suite de la distension des alvéoles qui en est la conséquence. Obligées de s'étendre en largeur, les cellules sont forcées de perdre de leur hauteur.

La partie intéressante du poumon est représentée par l'épithélium alvéolaire et par les vésicules ou lobules primitifs.

Les lobules primitifs ont un volume de 1 à 2 millimètres cubes (Sappey). Ils adhèrent entre eux. De leur surface interne naissent des cloisons perpendiculaires délimitant à leur intérieur des alvéoles qui augmentent de capacité avec l'âge et qui ont : 0,05 chez le nouveau-né; 0,10 chez l'enfant de 12 à 18 mois; 0,20 chez l'adulte de 18 à 20 ans; 0,23 entre 25 et 40 ans; 0,30 entre 50 et 60 ans; 0,34 entre 70 et 89 ans.

Ceci ne veut pas dire toutefois que la surface respiratoire

augmente sans cesse; elle augmente bien jusqu'à 35 ou 40 ans, mais elle diminue ensuite, à cause de la résorption des parois des alvéoles (emphysème).

L'épithélium est pavimenteux, aplati; certaines cellules sont très larges et dépourvues de noyau, et d'autres plus ramassées.

D'après Ewald et Kobert, cet épithélium est parfaitement perméable, de même que le reste du poumon : les insufflations forcées font passer l'air *en nature* dans la cavité pleurale et les vaisseaux pulmonaires, ce qui expliquerait certains cas de mort subite consécutifs à des accès de toux, sans lésions apparentes, car la pression nécessaire pour produire cette infiltration n'est pas bien grande.

L'épithélium repose sur un stroma qui comprend surtout des fibres élastiques, au milieu desquelles circulent les capillaires nés du réseau périphérique des lobules primitifs. Il y a de nombreuses fibres musculaires dans les bronches et dans le parenchyme pulmonaire (Fibres de Reisseisen), et ces fibres, qui ne meurent que lentement, permettent après la mort des modifications considérables dans la forme des poumons.

La surface des lobules et des alvéoles présente, au-dessous de l'épithélium, un nombre très considérable de capillaires, par l'intermédiaire desquels le sang vient se purifier. La *surface respiratoire* est d'environ 200 mètres carrés et comme les  $\frac{3}{4}$  de la surface des alvéoles sont constitués par des capillaires sous-épithéliaux, il en résulte que la nappe sanguine pulmonaire a environ 150 mètres carrés. L'épaisseur de cette nappe est très faible, mais elle représente environ 2 litres de capacité, et se renouvelle sans cesse, de telle sorte qu'il passe dans le poumon au moins 20 000 litres de sang par vingt-quatre heures.

M. M. Sée est arrivé à un chiffre différent, à 81 mètres carrés, plus de 50 fois la superficie de la peau.

Notons en passant que la muqueuse pulmonaire est très apte à

absorber non seulement les gaz mais encore l'eau et différentes substances dissoutes.

Haller avait déjà remarqué que quelques gouttes peuvent pénétrer dans cet organe sans provoquer de toux, et il serait arrivé à Desault d'injecter du bouillon dans les poumons, croyant le pousser dans le tube digestif. Goodwyn a pu expérimentalement introduire 60 grammes d'eau dans les poumons du chat ; 240 grammes dans celui du chien, et Mayer 125 chez des lapins. Chez un cheval qu'il voulait abattre, Gohier fit introduire de l'eau dans la cavité pulmonaire : il en fallut 52 litres, et l'autopsie montra que l'absorption du liquide s'était faite très rapidement. D'autres expériences, faites sur des chats, renards, etc., ont montré que du sulfate de fer et de cuivre, du prussiate de potasse, etc., injectés en solution dans le poumon, se montrent dans le système artériel au bout de cinq minutes environ, et n'apparaissent que plus tard dans le sang veineux. Colin a fait pénétrer dans les poumons d'un cheval 21 litres d'eau, à raison de 1 litre toutes les dix minutes ; à la fin de l'expérience, l'animal fut abattu ; ses poumons aussitôt examinés ne contenaient pas de liquide. Quand l'introduction est rapide, brusque, la mort peut survenir en peu de temps, par suite de la diminution trop grande de la surface respirante.

Le poumon est tout entier renfermé dans la cage thoracique ; il y forme un sac spongieux, très élastique, qui communique avec l'extérieur par un tube rigide. Est-il besoin de rappeler la conformation de la plèvre ? En ce cas, figurons-nous ce sac spongieux comme renfermé dans une caisse ayant la même forme générale, mais composé en partie d'éléments rigides, en partie d'éléments élastiques ; cette caisse est le thorax. Celui-ci est tout entier tapissé à sa face interne d'une membrane mince qui est la plèvre : et celle-ci, arrivée au point où le tube rigide traverse les parois de la caisse, se réfléchit sur ce tube et va s'étaler sur la totalité du sac pulmonaire. Il en résulte que sac et caisse sont séparés l'un de l'autre par deux feuillets de la plèvre : le feuillet pariétal et le feuillet viscéral, et nous ajouterons qu'entre ces deux feuillets, c'est le vide ; il n'y a rien, rien qu'un peu de liquide. Nous utiliserons plus tard ces données. Pour le moment, achevons la description de l'arbre respiratoire.

Les différentes vésicules pulmonaires donnent naissance à de petits conduits élastiques et contractiles, qui se joignent les uns aux autres de façon à former des canaux plus volumineux ; ce sont les bronches : et tous les conduits bronchiques de chaque poumon se fondent, en dernier lieu, en une seule grosse bronche ; les deux grosses bronches se rejoignent et forment la trachée ; grosses bronches et trachée sont élastiques et pourvues d'anneaux cartilagineux qui les maintiennent béantes. A la trachée fait suite le larynx — appareil phonateur sans rôle respiratoire — au larynx, le pharynx, et au pharynx les fosses nasales, voies naturelles de l'air, tapissées d'une membrane muqueuse richement vascularisée, et formant des replis qui en accroissent la surface, grâce à laquelle l'air inspiré s'échauffe quelque peu, se charge d'humidité, s'il est sec ; et par l'olfaction enfin, cette membrane sert à protéger l'organisme contre beaucoup d'odeurs ou de gaz pernicieux. Du poumon, de l'immense surface respiratoire, aux narines, les voies respiratoires vont se rétrécissant sans cesse, formant un cône — à peu près — dont le sommet est aux narines, et la base est formée par la muqueuse pulmonaire. Trachée, larynx et narines, voilà le tube rigide dont nous parlions tout à l'heure, voilà la seule voie de communication entre le sac pulmonaire et l'extérieur.

Comment ce sac pulmonaire sert-il à la respiration ? Se contente-t-il de l'air qui peut s'y rendre naturellement ? Non, car si les choses étaient à l'état *naturel* le poumon ne renfermerait pas un centimètre cube d'air ; son élasticité le maintiendrait ramassé sur lui-même, imperméable. Il faut donc qu'un mécanisme extérieur lui fasse violence et y fasse pénétrer l'air de force et avec assez de continuité pour les besoins des tissus. Ce mécanisme, c'est la *cage thoracique* formée par la colonne vertébrale, les côtes et le sternum, les vides entre les parties solides étant remplis par des muscles. Grâce aux articulations des côtes celles-ci peuvent s'élever et s'abaisser,

et le diaphragme qui ferme le thorax par en bas peut également s'élever et s'abaisser. De la sorte le thorax peut augmenter et diminuer de capacité, et il suffit d'un mécanisme obligeant le poumon à suivre le thorax pour assurer l'aération du poumon. Ce mécanisme existe, c'est le *vide pleural*.

**Inspiration.** — Considérons maintenant les détails du processus, et commençons par l'inspiration. Durant celle-ci, nous voyons *augmenter tous les diamètres du thorax*. Il y a augmentation du diamètre vertical par abaissement du diaphragme; du diamètre antéro-postérieur par projection du sternum en avant, due elle-même à l'élévation des côtes qui détermine en même temps une augmentation du diamètre transverse. L'augmentation du diamètre vertical n'offre aucune difficulté: le diaphragme, en se contractant, tend à perdre sa forme de dôme, et à devenir plan; il comprime la masse viscérale, d'où saillie légère du ventre. Mais en même temps, comme il s'insère sur les côtes inférieures mobiles (— il n'a pas d'insertion fixe, immobile —) il peut prendre un point d'appui sur la masse viscérale, sa portion périphérique s'élève, c'est-à-dire qu'il est légèrement éleveur des côtes; et comme la masse viscérale tend quelque peu à projeter les côtes inférieures en dehors il détermine encore un léger élargissement du diamètre antéro-postérieur (Haller, Brucke), aussi bien que l'agrandissement du diamètre transverse. Bien que ce muscle soit fort utile à la respiration, il n'est pas absolument indispensable. On peut vivre avec une paralysie du diaphragme, mais il y a une forte dyspnée. Pareillement, on peut vivre avec le diaphragme seul, les autres muscles inspirateurs cessant d'agir. Le diaphragme est innervé par le nerf phrénique: le synchronisme des contractions des deux moitiés de ce muscle est assuré par un centre régulateur commun, situé dans le bulbe, mais que l'on peut dissocier par une section longitudinale de celui-ci (Langendorff).

L'augmentation du diamètre antéro-postérieur est tout

entier dû à l'élévation des côtes, et à son retentissement sur le sternum auquel elles se relient. Les côtes sont normalement obliques à la colonne vertébrale; et lorsqu'elles se relèvent, tendant à l'horizontalité, elles doivent nécessairement augmenter le diamètre antéro-postérieur, comme le montre le schéma ci-joint, en projetant le sternum en avant et un peu

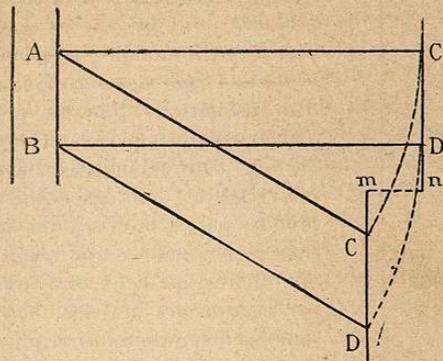


Fig. 38. — Schéma du mouvement des côtes. Leur élévation détermine l'augmentation des diamètres transversal et antéro-postérieur.

en haut. Toutes les côtes n'ayant pas la même longueur toutefois, chacune d'elles participe inégalement à cet accroissement du diamètre antéro-postérieur; ce sont les plus longues qui y coopèrent le plus (6<sup>e</sup>, 7<sup>e</sup> et 8<sup>e</sup>). C'est encore l'élévation des côtes qui détermine l'augmentation du diamètre transversal, comme montrent les figures 38 et 39: du reste l'élévation des côtes agit encore d'une autre façon pour augmenter le diamètre transverse; elles subissent une certaine torsion, grâce auquel leur bord inférieur se dirige en dehors et en haut. En se relevant ainsi, les côtes projettent naturellement le sternum en avant et en haut, d'où accroissement du volume du thorax: ces mouvements de la cage thoracique sont dus à

la contraction d'un certain nombre de muscles; les *scalènes*, les *surcostaux*, les *petits dentelés*, le *cervical descendant*,

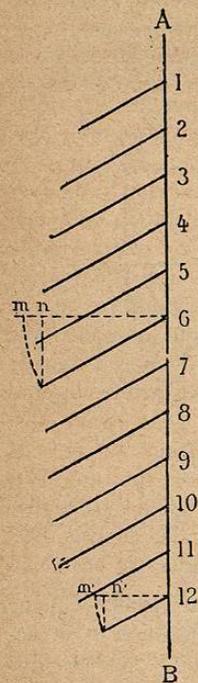


Fig. 39. — Influence de la courbure des côtes sur l'agrandissement des diamètres transversaux du thorax.

auxquels, en cas d'inspiration forcée, se joignent beaucoup d'autres muscles, comme le *sous-clavier*, le *grand dentelé*, le *grand pectoral* qui agit puissamment quand le bras est levé et fixé; le *petit pectoral*, qui agit dans les cas où l'omoplate reste immobile; le *grand dorsal*, le *sterno-cléido-mastoïdien*, et beaucoup d'autres muscles dont les uns servent à fixer certaines parties et à permettre l'action d'autres muscles (inspirateurs indirects), et dont les autres peuvent prendre part à la dilatation de la cage thoracique, une fois que leur extrémité non thoracique a pu être immobilisée par l'action des muscles indirects; ce sont des inspirateurs directs, comme les pectoraux, etc.<sup>1</sup> Il est donc bien peu de muscles thoraciques ou thoraco-brachiaux qui ne puissent devenir inspirateurs à un moment donné et dans certaines conditions; à cet égard, l'étude du mécanisme respiratoire chez les asthmatiques est très instructif, car ils mettent en jeu toutes les puissances respiratoires disponibles.

Les *surcostaux* et les *intercostaux* externes et internes jouent encore un rôle dans la respiration; mais on a beaucoup discuté sur leur action réelle.

<sup>1</sup> Chabry a donné une bonne analyse des mouvements des côtes dans le *Journal de Pouchet* (1881).

Beau et Maissiat ont catalogué les opinions émises, mais cette énumération n'a qu'un intérêt historique: nous la laisserons de côté, car il paraît établi par les intéressantes recherches de Laborde sur le guillotiné Campi que les *intercostaux externes* sont *inspirateurs*; et les *internes, expirateurs*, comme l'avait admis Hamberger en démontrant géométriquement le fait.

En même temps que s'opère la dilatation des trois diamètres thoraciques, d'autres phénomènes intéressants se produisent du côté des voies aériennes.

Les *ailerons du nez* se dilatent; cela est surtout marqué dans l'inspiration profonde ou forcée, et cette dilatation est nécessaire, car, sans elle, il y aurait — ce qui arrive parfois, du reste — dépression des ailerons contre la cloison, lors d'une brusque inspiration, et interruption complète du passage de l'air. Le pharynx, le larynx, la trachée sont naturellement béants, en vertu de leur conformation: d'après les expériences de Garland il y aurait même une expansion, une dilatation pharyngienne nette commençant un peu avant l'inspiration, suivie d'une contraction se produisant au cours de cette dernière. Le larynx s'élèverait lors de l'expiration pour s'abaisser lors de l'inspiration (Rosenthal). Dans le larynx, les dilatateurs de la glotte se contractent, pour ouvrir mieux encore le passage à l'air (Czermak); enfin la trachée et les bronches restent ouvertes, grâce à leurs anneaux cartilagineux. Donc, les voies aériennes sont béantes.

A quoi sert tout ceci? En deux mots, à *appeler l'air* dans le poumon. La cage thoracique se dilate en tous sens: entre elle et le poumon qu'y a-t-il? La cavité pleurale; n'est-ce pas? mais c'est une cavité virtuelle: elle ne communique pas avec le dehors: entre les deux feuillets de la plèvre qu'y a-t-il, s'ils s'écartent, si le feuillet thoracique s'éloigne du feuillet viscéral? Le vide, un vide faible sans doute, mais qui atteint bien 40 à 45 millimètres de mercure dans la respiration calme, et qui dans l'inspiration forcée peut atteindre de 70 à 100 millimètres, et ce vide ne peut demeurer: le

poumon communique largement avec l'atmosphère, et la pression atmosphérique oblige les deux feuillets à rester accolés l'un à l'autre; l'air envahit le poumon. Voici un schéma du poumon et de la cage thoracique : une cage rigide terminée en bas par une membrane de caoutchouc, et contenant deux vessies de caoutchouc communiquant par un tube rigide avec l'air extérieur; abaissez la membrane de

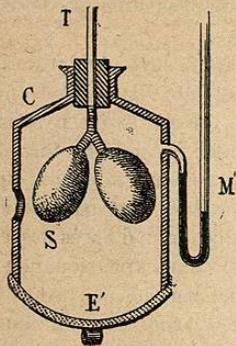


Fig. 40. — Schéma du poumon en inspiration.  
(D'après Viault et Jolyet.)

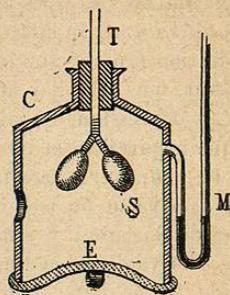


Fig. 41. — Schéma du poumon en expiration.  
(D'après Viault et Jolyet.)

façon à augmenter la capacité de la cage, et naturellement il y aura tendance au vide; l'air extérieur entrera dans les vessies et les dilatera. Il en est de même pour le poumon. La cage thoracique se dilatant, l'air qui a libre accès dans le poumon vient remplir celui-ci.

En se remplissant le poumon se dilate en tous sens comme son contenant : il descend avec le diaphragme, et s'élargit avec les côtes et le thorax. L'excursion verticale est souvent fort considérable; le poumon qui ne descend d'habitude que jusqu'à la 6<sup>e</sup> ou 7<sup>e</sup> côte dans une inspiration ordinaire, peut aller jusqu'à la 10<sup>e</sup> en cas d'inspiration forcée. Il est facile de s'assurer de tout cela par la percussion, en comparant les

limites de la matité durant l'inspiration avec celles de la matité post-expiratoire. Cette dilatation thoracique contribue encore à dilater les canaux bronchiques, ce qui facilite l'accès de l'air. On voit que la dilatation pulmonaire est *purement passive* et ne peut être que passive.

L'entrée et la sortie de l'air s'accompagne d'un bruit léger qu'on appelle le *murmure vésiculaire* ou respiratoire : on le perçoit aisément par l'auscultation des parois thoraciques. Il est dû à la pénétration de l'air dans les vésicules pulmonaires, et s'entend par conséquent à l'inspiration; on l'attribue souvent au déplissement des parois des vésicules, et au frottement de l'air contre celles-ci. Dans la plupart des affections pulmonaires ce bruit est altéré, ou supprimé, et fait place à des bruits très différents dont la connaissance est indispensable au clinicien. Au début de l'expiration on entend un autre bruit. C'est le *souffle bronchique*, plus faible; mais ce souffle est plus fort et s'entend durant les deux mouvements respiratoires au niveau de la trachée, du larynx, des grosses bronches. Il est dû au frottement de l'air contre les parois bronchiques.

On remarquera que l'inspiration qui appelle l'air appelle aussi le sang contrairement à ce qu'ont cru Haller, Poiseuille et Gréhan. Du moment où il y a vide relatif dans le poumon, le sang est appelé dans les capillaires de cet organe. Par contre, durant l'expiration, il y a compression relative de l'air et du sang, et tous deux sont plutôt chassés qu'attirés.

**Expiration.** — Passif dans l'inspiration, le poumon devient fort *actif* dans l'expiration : il est probablement *seul actif* dans l'expiration normale, tranquille; mais souvent son action est renforcée par d'autres agents. L'élasticité des côtes, des cartilages, des articulations contribue déjà à produire le retour du thorax à son état neutre. Certains muscles, comme le *petit dentelé inférieur*, le *triangulaire du sternum*, et les muscles abdominaux peuvent agir dans le même sens. Les uns abaissent les côtes; les autres refoulent la masse viscérale contre le diaphragme, qui est de la sorte refoulé

vers la cavité thoracique. Selon toute vraisemblance, ils n'agissent que dans l'expiration forcée, dans le cri, le gémissement, et aussi dans l'effort. Le diaphragme enfin contribue à l'expiration, en se relâchant, et ce relâchement contribue à permettre à l'élasticité pulmonaire de s'exercer librement : il est favorisé d'ailleurs par la pression qu'exercent sur ce muscle les viscères abdominaux qu'il a plus ou moins comprimés durant l'inspiration. Le principal agent de l'expiration normale, tranquille, l'agent exclusif, c'est l'*élasticité du poumon*. Insufflez même faiblement un poumon extrait d'un chien, d'une grenouille — sur les oiseaux et les serpents l'expérience réussit moins bien, le poumon étant moins élastique (Bert), — et piquez la coque pulmonaire; aussitôt l'air s'échappe. Ou bien encore ouvrons la plèvre d'un animal qui vient d'être sacrifié : le poumon s'affaisse immédiatement si les plèvres sont saines et sans adhérences. Même à l'état de repos, après l'expiration la plus profonde, le poumon n'a pas la forme à laquelle il tend; il est violenté, il est maintenu perméable à l'air, malgré lui, par suite de la conformation même de la cage thoracique; son élasticité n'est jamais satisfaite, si l'on peut parler ainsi, sauf chez le fœtus, qui n'a point encore respiré, ou quelque temps après la mort lorsque la décomposition a commencé. On a mesuré cette élasticité du poumon sur le cadavre, en fixant sur la trachée un manomètre, et en ouvrant ensuite un espace intercostal de chaque côté, de façon à permettre à l'air de pénétrer dans la cavité (virtuelle) de la plèvre. Le poumon, aussitôt affranchi de sa solidarité avec la cage thoracique, peut obéir à ses tendances, et satisfaire son élasticité : il revient sur lui-même en comprimant l'air qu'il renferme dans la trachée, et, d'après Carson la force d'expulsion de l'air peut faire équilibre à une pression de 30 ou 45 centimètres d'eau chez le chien<sup>1</sup> ou le veau; de 15 ou 18 centimètres chez

<sup>1</sup> 80 ou 90 centimètres, d'après P. Bert, in *Leçons sur la Phys. comp. de la Respiration*. Donders indique 6 millimètres de mercure sur le cadavre humain.

le lapin ou le chat. Elle dure longtemps : chez l'homme, Laborde l'a constatée jusqu'au 8<sup>e</sup> jour après la mort (sur Campi); chez des chiens, jusqu'au 12<sup>e</sup> jour. Cette force d'expulsion mesure l'élasticité ou rétractilité du poumon; ce n'est qu'un minimum naturellement, mais c'est un minimum constant.

A la fin de l'inspiration, il va sans dire que cette pression négative est plus considérable : elle atteint alors 10, 15, 20, et même 30 millimètres de mercure en cas d'inspiration forcée, c'est-à-dire de violence maxima faite à l'élasticité pulmonaire. On remarquera en passant que le vide thoracique ne commence à exister qu'après la naissance; jusque-là, sans violence faite au poumon, celui-ci remplit totalement la cavité thoracique (avec les autres viscères); à partir de la naissance, le thorax se dilate, et désormais il ne reprendra jamais, durant la vie, son aptitude à se réduire suffisamment pour satisfaire l'élasticité du poumon. Cette élasticité est due aux nombreuses fibres élastiques répandues dans le tissu pulmonaire; elle appartient à tous les éléments du poumon, à l'enveloppe séreuse, aux bronches, depuis les plus grandes jusqu'aux plus déliées, aux vaisseaux, et aux vésicules pulmonaires. C'est elle qui détermine l'affaissement du poumon plein d'air et abandonné à lui-même, la trachée restant libre. C'est elle qui, sur le vivant, fait le danger des blessures pénétrantes de la plèvre; dès que la plèvre pariétale est ouverte, le poumon, obéissant à son élasticité, revient sur lui-même, l'air entre dans la cavité pleurale et la remplit, le poumon se vide à peu près de sang, et voilà un poumon inutile, qui n'obéit plus à la cage thoracique, et ne respire plus. Il faut vider la cavité pleurale d'air, et la clore hermétiquement, pour remettre les choses en l'état; mais cela est plus facile à dire qu'à faire (Colin). Cette élasticité est l'*agent exclusif de l'expiration tranquille*, normale.

Il ne faut pas confondre cette élasticité avec la *contractilité* du poumon due à des fibres musculaires, entre autres les fibres

de Reisseisen, disposées autour des bronches. Cette contractilité a été mise en lumière par Varnier, en 1779, Williams, etc., qui ont excité directement les bronches ou le tissu pulmonaire et ont vu des contractions se produire. P. Bert a repris les expériences de Williams, et, en adaptant un levier enregistreur à la trachée, il a obtenu — à condition de ne pas trop insuffler le poumon — des graphiques très nets, prouvant la contractilité de cet organe. Celle-ci est sous la dépendance du pneumogastrique : on obtient en effet le même graphique, la même contraction lente, allongée, caractéristique des fibres lisses de la vie végétative, en excitant les nerfs vagues : après section de ce nerf, la dégénérescence s'en empare, et vers le quatrième ou sixième jour l'on n'obtient plus rien par l'excitation de ces nerfs, mais la contractilité directe du poumon dure quelque temps encore pour disparaître ensuite à son tour (2 mois pour le chien ; P. Bert). Quel rôle ces fibres musculaires peuvent-elles jouer dans l'expiration ? On a pensé qu'elles pouvaient peut-être se contracter à chaque expiration : cela ferait plus de 20000 contractions par 24 heures : c'est beaucoup pour un muscle lisse. Ce qui est plus vraisemblable, c'est que ces muscles peuvent aider à l'expiration par leur élasticité plutôt que par leur contractilité. La violence imposée au poumon par l'élargissement de la cage thoracique doit avoir un contre-coup sur ces fibres musculaires ; elles se trouvent distendues, et alors peut-être leur élasticité les fait-elle se raccourcir : elles seraient les synergies des fibres élastiques. On a pensé pouvoir leur attribuer un certain mouvement péristaltique destiné « à brasser l'air » ; mais ce n'est là qu'une hypothèse. En tout cas, ils ne paraissent pas indispensables ; la section du pneumogastrique qui en amène la paralysie ne trouble pas l'intégrité du parenchyme pulmonaire ; les muscles s'atrophient et disparaissent. Si donc ils ont un rôle respiratoire, il est de peu d'importance. L'élasticité pulmonaire a été bien étudiée par d'Arsonval : *Rech. Théor. et Exp. sur le rôle de l'Elasticité des Poumons*, 1877.

En somme, durant l'expiration, le poumon, doublement élastique par ses fibres élastiques et par ses muscles, tend à reprendre sa forme.

Dans l'expiration forcée où le poumon peut vaincre des résistances allant jusqu'à 130 et 160 millimètres de Hg, il va sans dire qu'à l'élasticité se joignent différents muscles thoraciques.

Du côté du restant des voies aériennes, les phénomènes

concomitants de l'expiration sont fort simples. Les bronches, et surtout leurs terminaisons ultimes, se contractent légère-

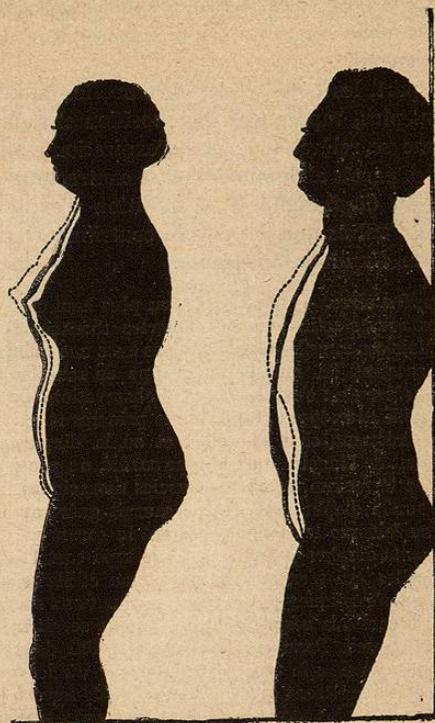


Fig. 42. — Silhouettes respiratoires de l'homme et de la femme.

ment, grâce à l'élasticité de leurs fibres musculaires et élastiques ; elles concourent donc à l'expulsion de l'air. La trachée remonte légèrement, et la glotte se rétrécit. Il résulte de ceci que les voies d'expiration sont rétrécies et moins larges que lors de l'inspiration ; le courant d'air

marche plus rapidement, ce qui a pour conséquence pratique de faciliter l'expulsion des corps étrangers, poussières, mucosités, etc., des voies aériennes. Il peut s'accélérer encore dans son écoulement, c'est ce qui se passe lors de la toux, de l'éternuement.

D'autre part, les côtes et le sternum, les muscles ne se contractant plus, reprennent leur position et s'affaissent, le diaphragme se relève, etc. ; et si l'expiration est forcée, les muscles des parois abdominales en se contractant accélèrent le retour du diaphragme à sa position d'expiration, les dentelés et d'autres muscles encore contribuant à abaisser le thorax, à en diminuer la capacité.

*Types respiratoires.* — Nous avons vu plus haut que, dans l'inspiration, les agents actifs sont les muscles thoraciques et le diaphragme. Mais ces muscles n'agissent pas avec une même intensité, et le plus souvent tel muscle ou groupe de muscles agit d'une façon prépondérante : c'est là un fait d'observation. On a, en conséquence, établi deux types respiratoires principaux : le type *abdominal*, très fréquent chez l'homme, et où le diaphragme est le principal agent de l'inspiration ; le type *costal*, ou *pectoral*, le plus répandu chez la femme, et où les muscles thoraciques l'emportent en activité sur le diaphragme. On ne saurait guère attribuer cette différence au fait que les femmes portent le corset qui doit gêner les mouvements diaphragmatiques, car le type costal se rencontre aussi chez celles qui n'en portent pas (Beau et Maissiat). Le fait doit peut-être s'expliquer plutôt par les fonctions spéciales de la femme chez laquelle la respiration abdominale serait très malaisée durant la grossesse. Beau et Maissiat ont établi deux catégories de respiration costale : le type *costo-inférieur* où les cinq ou six premières côtes n'agissent guère ; le type *costo-supérieur* ou *claviculaire* où ce sont les côtes supérieures qui exécutent les mouvements les plus amples. D'après ces auteurs, le type abdominal prédomine chez les enfants des deux sexes jusqu'à la troisième année environ (contrairement à l'opinion de Haller qui pensait que les différences respiratoires sexuelles se manifestaient dès l'enfance. A partir de la troisième année, le type abdominal ou costo-inférieur prédomine chez les garçons, et le type costo-supérieur chez les filles. Pourtant, d'après Sibson, le type claviculaire ne deviendrait réellement prononcé chez ces dernières que vers dix ou douze ans. Le type abdominal ou costo-inférieur se rencontre chez beaucoup d'animaux :

le chien, le cheval, le chat, le lapin, etc., d'après Beau et Maissiat.

La figure 42, empruntée à Hutchinson, constitue un diagramme de la respiration chez l'homme et la femme. Le contour des silhouettes correspond à l'expiration forcée ; les contours de la ligne pleine correspondent à l'inspiration normale ; la ligne pointillée, à l'inspiration forcée.

*Enregistrement des mouvements respiratoires.* — Du moment où le thorax change de volume durant les actes respiratoires, on peut tenter d'enregistrer ceux-ci. Différents instruments ont été imaginés à cet effet.

Pour la *mensuration* du thorax, étude des plus intéressantes quand on s'occupe du développement et de la résistance vitale, il n'y a guère à citer que le *cyrtomètre* de Woillez, ruban métrique à pièces articulées qui gardent la forme du thorax sur lequel il a été appliqué. Les instruments destinés à *enregistrer* les mouvements du thorax sont plus nombreux. Celui de Bert consiste en un disque qui vient appuyer sur une région quelconque du thorax ; ce disque repose sur une membrane de caoutchouc qui forme un tambour en communication avec un levier inscripteur : les variations de la pression du thorax sur le disque s'inscrivent au moyen de la pression transmise de la partie enregistrante à la partie inscrivante de l'appareil. Les appareils de Fick, Brondgeest, Marey, Ransome sont tous plus ou moins similaires.

Le *Pneumographe* de Marey donne la mesure de l'expansion circonférentielle du thorax. Il consiste en un cylindre élastique formé par un ressort à boudin entouré de caoutchouc, terminé par deux disques faisant partie d'une ceinture entourant le thorax, et, par conséquent, alternativement tendu et relâché par les mouvements de celui-ci. L'inscription se fait par un levier enregistreur à air, de Marey. D'autres appareils ont été imaginés par Rosenthal, Wintrich, Quain, Sibson ; mais l'appareil de Marey est très suffisant pour les besoins ordinaires, et il rend de grands services dans la clinique et l'expérimentation. — On conçoit que, pour apprécier la part qui revient dans l'ampliation thoracique, à chacun des agents concourant à produire celle-ci, il faut enregistrer cette ampliation en divers points du thorax.

Relativement aux mouvements respiratoires, chacun sait qu'un mouvement complet consiste en une inspiration rapide et une expiration plus lente. Il existe un troisième temps, très court d'ailleurs, la *pause expiratoire*, entre l'expiration et l'inspiration. — Cette pause manque quand la respiration est

rapide; elle se montre quand celle-ci est lente et profonde. Quelques auteurs y ajoutent une autre pause, entre l'inspiration et l'expiration, mais elle est beaucoup plus rare, si même elle existe. D'autres nient toute pause, pensent que celles-ci ne sont qu'apparentes. Pourtant, dans certains cas, la pause post-expiratoire est bien nette. C'est l'exagération de celle-ci qui caractérise la respiration de Cheyne-Stokes <sup>1</sup>.

Le phénomène de Cheyne-Stokes, qui consiste en un rythme respiratoire particulier : — pause, reprise graduelle, à respirations d'abord faibles, puis amples, puis faibles de nouveau, pause, et ainsi de suite, — ne semble pas être un phénomène purement pathologique, bien qu'il accompagne certains états morbides. Traube a pensé l'expliquer par des variations d'excitabilité des centres nerveux. Si, pour un motif quelconque, il y a diminution de l'excitation respiratoire, la respiration cesse; pendant ce temps, l'acide carbonique s'accumule et l'oxygène diminue. Peu à peu, par sa quantité, l'acide carbonique agit comme excitant, et la respiration se rétablit; mais alors l'acide carbonique s'en va et n'excite plus les mouvements respiratoires; de là nouvelle pause. Filehne a modifié la théorie de Traube en faisant intervenir les vaso-moteurs. Mosso n'est pas partisan de la théorie de Traube: il considère le phénomène de Cheyne-Stokes comme physiologique, et dû à une *tendance au repos du centre respiratoire*. Il l'appelle *respiration périodique*. On observe celle-ci chez l'homme et chez beaucoup d'animaux dans des conditions variées.

**Rythme respiratoire.** — L'inspiration est d'habitude plus rapide et plus brève que l'expiration: la première est à la seconde comme 10 est à 14 (Vierordt, Ludwig, etc.).

D'après Marey, il n'est guère aisé de reconnaître un rythme respiratoire normal; celui-ci oscille entre 12 et 20 mouve-

<sup>1</sup> Observée en 1816 par Cheyne; étudiée avec soin en 1854 par Stokes. Le nom de respiration de Cheyne-Stokes a été donné par Traube en 1871.

ments respiratoires par minute chez l'adulte, au repos; mais on arrive aisément à déterminer quels sont les agents susceptibles d'accélérer ou ralentir ce rythme.

D'abord la durée totale d'une respiration complète varie beaucoup: on peut l'évaluer en moyenne à 4 secondes pour la respiration très calme, ce qui donne 15 mouvements respiratoires par minute. Vierordt préfère le chiffre de 12; d'autres observateurs donnent des chiffres plus élevés, allant jusqu'à 24. Les différences individuelles sont considérables, et les variations résultant de l'influence de divers agents sont plus grandes encore. De là l'impossibilité de fixer un chiffre moyen, et l'inutilité de le chercher. Il y a des variations:

*Selon l'espèce:* voici quelques chiffres empruntés à P. Bert: hippopotame, 4; cheval, 11; écureuil, 70; rat, 100-300; cao-  
soar, 2-3; coq, 12; perruche, 60; serin, 100; homme, 16; chien, 24; lapin, 40; souris, 150 (par minute); *Selon l'âge:* nouveau-né, 44 en moyenne; 1-5 ans, 26; 25-30 ans, 16 (chez l'espèce humaine). *Selon l'état de veille ou de sommeil:* la respiration se ralentit durant le sommeil et l'hibernation. *Selon le repos et l'exercice:* elle devient beaucoup plus rapide avec l'exercice. *Selon l'état de santé:* elle est plus

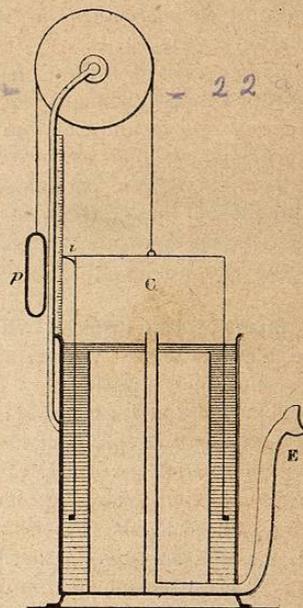


Fig. 43. Schéma du spiromètre. (D'après L. Frédéricq; *Manipulations de Physiologie*.) C, cloche graduée. — p, contre poids. i, index. — E, embouchure.