

et de son acide carbonique dans les tubes potassiques. Après l'expérience, l'augmentation de poids des tubes *f, e, b, a*, représente la quantité de vapeur d'eau fixée. L'augmentation de poids des tubes *d, c* représente la quantité d'acide carbonique fixé. On sait, d'une autre part, quelle est la quantité d'air qui a traversé l'appareil, par la quantité dont s'est abaissé le niveau de l'eau dans le vase aspirateur ¹.

On arrive ainsi à constater (après les corrections de pressions et de température) que 10,000 parties d'air contiennent de 4 à 6 parties d'acide carbonique; ce qui revient à dire que l'air contient 4/10000 ou 6/10000 d'acide carbonique, par conséquent une quantité extrêmement faible.

Quant à la quantité de vapeur d'eau contenue dans l'air, elle varie dans des limites très-étendues, car elle dépend du degré de saturation de l'atmosphère, et le point de saturation lui-même s'élève avec la température. Pour une température moyenne de 15 degrés centigrades, un mètre cube d'air contient, lorsqu'il est complètement saturé d'humidité, 14 grammes de vapeur d'eau.

Dosage de l'oxygène et de l'azote. — On peut employer, pour déterminer les proportions d'oxygène et d'azote, divers procédés, tels que la combustion du phosphore dans un espace clos, ou la combustion, dans l'eudiomètre, d'un volume connu d'hydrogène mélangé à l'air atmosphérique. Un autre procédé d'analyse consiste à déterminer à chaud l'oxydation du cuivre; ce procédé permet d'obtenir directement, et à la fois, le poids de l'oxygène et le poids de l'azote. L'appareil employé pour ce dosage est représenté figure 60. La pièce principale de cet appareil consiste en un

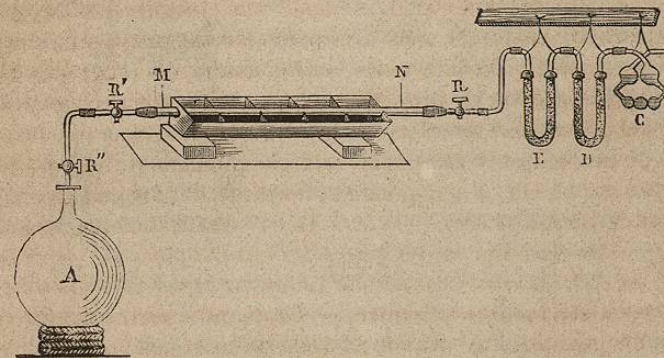


Fig. 60.

Appareil pour doser l'oxygène et l'azote de l'air.

tube de verre épais MN, rempli de cuivre métallique en fragments (tournure de cuivre). Ce tube est adapté, d'un côté, à un ballon A d'une cer-

¹ Le vase aspirateur est un vase rempli d'eau, qui porte à sa partie inférieure un robinet; ce robinet, terminé par un tube fin, laisse couler *goutte à goutte* l'eau du vase. L'air ne peut arriver dans ce vase qu'en s'engageant par l'ouverture N et en traversant les tubes en U. Chaque goutte d'eau qui s'écoule est remplacée par un volume d'air équivalent, puisé par le tube N dans le milieu qu'on veut analyser

taine capacité, et, de l'autre, à deux tubes E, D, remplis de pierre ponce imbibée d'acide sulfurique, et à un tube à boules de Liebig C, rempli de potasse caustique en dissolution. On commence par faire le vide dans le ballon A et dans le tube rempli de cuivre MN. Le vide est maintenu dans l'appareil par les robinets R, R', R''. On chauffe alors le tube MN, convenablement disposé dans une auge de tôle. Quand ce tube est fortement chauffé, on ouvre les robinets R, R', R'', qui permettent la rentrée de l'air dans l'appareil. Ces robinets doivent être ouverts d'une très-faible quantité, de manière que l'air aspiré par le vide du ballon ne parcoure l'appareil qu'avec une grande lenteur. L'air traverse alors, *bulle à bulle*, le tube C, où il se dépouille de son acide carbonique, et les tubes D, E, où il abandonne sa vapeur d'eau. L'air, *desséché*, arrive dans le tube MN sur le cuivre chauffé, qui lui enlève son oxygène, et l'azote seul se rend dans le ballon. La différence entre le poids du tube MN, avant et après l'expérience, représente le poids d'oxygène fixé; la différence entre le poids du ballon vide et le poids du ballon après l'expérience représente le poids de l'azote qu'il contient. Après certaines précautions et corrections relatives aux pesées, on arrive à ce résultat, qu'à 76^{sr},9 d'azote correspondent 23^{sr},1 d'oxygène, c'est-à-dire que 100 parties d'air *en poids* renferment 76,9 d'azote et 23,1 d'oxygène. Le rapport *en volume* entre l'azote et l'oxygène se calcule facilement, en tenant compte des densités. En volume, l'air contient, pour 100 parties, 20,9 d'oxygène et 79,1 d'azote.

L'air atmosphérique entoure de toutes parts les animaux et les plantes et agit incessamment sur eux. L'influence qu'il exerce sur l'économie animale peut être envisagée sous trois points de vue principaux: 1° sous celui de la pression qu'il détermine comme fluide pesant; 2° sous le rapport de l'impression qu'en reçoit l'enveloppe tégumentaire extérieure; 3° enfin, relativement à ses effets sur le sang dans les poumons. Ces deux derniers points de vue se rattachent aux phénomènes de la respiration pulmonaire et cutanée (Voy., pour l'autre mode d'influence, le chapitre MOUVEMENTS, §§ 233 et 234).

§ 137.

Quantité d'air inspiré et expiré. — La quantité d'air qui entre dans les poumons pendant l'inspiration et celle qui sort pendant l'expiration ne se balancent pas exactement l'une l'autre. Cette quantité n'est pas absolument et rigoureusement la même, parce que le volume de gaz expiré est un peu moins considérable que le volume de gaz inspiré; nous verrons bientôt pourquoi. Pour le moment, nous pouvons faire abstraction de ces différences minimes.

A chaque expiration, le poumon ne se vide jamais complètement de l'air qu'il renferme; après l'expiration, même la plus forcée, le poumon contient encore une quantité d'air assez considérable. A chaque inspiration, l'air qui entre dans les poumons ne fait donc qu'*augmenter* la pro-

portion de celui qui y était contenu; et, à chaque expiration, il reste dans le poumon une quantité d'air qui varie avec la capacité de la cage thoracique.

La quantité d'air qui entre dans le poumon à chaque inspiration et la quantité correspondante de l'air expiré ne peuvent pas être évaluées d'une manière absolue. Elles varient avec les individus; elles varient avec la capacité des poumons; elles varient avec l'énergie ou la faiblesse des mouvements respiratoires. Ceci nous explique pourquoi les évaluations données par MM. Davy, Allen et Pepys, Dalton, Bostock et Menzies, etc., ne sont pas les mêmes. Les chiffres qu'on peut fournir en pareille matière ne peuvent donc avoir qu'une valeur approximative. Il importe cependant de poser ces chiffres: nous aurons souvent besoin d'y recourir dans les développements qui vont suivre.

Plusieurs procédés peuvent être employés pour arriver à cette évaluation. Ainsi, on peut, par exemple, expirer pendant un certain temps exclusivement par la bouche, au travers d'un tube recourbé plongeant dans un vase renversé sur une cuve à eau. La quantité d'eau déplacée représente la quantité de gaz expiré pendant un temps donné. Divisant alors ce nombre par le nombre des expirations opérées dans le même temps, on a en volume la quantité d'air rendu à chaque expiration. Il est vrai que l'attention soutenue de l'observateur, dans l'accomplissement d'une fonction qui se fait ordinairement sans le concours de la volonté, constitue, dans ce procédé, une cause d'erreur; mais, avec de l'habitude, on peut se prémunir contre elle et se rapprocher d'une manière assez satisfaisante de la respiration normale.

M. Smith a dernièrement procédé à cette évaluation par un procédé un peu différent. L'appareil qu'il emploie se compose d'un masque qui s'applique sur le visage. Ce masque est garni de soupapes, de sorte que l'air inspiré ne peut sortir au dehors et se rend dans un récipient convenablement disposé. L'appareil de M. Smith est analogue à celui qui a été mis en usage par MM. Andral et Gavarret dans leurs recherches sur la respiration (Voy. fig. 63, § 140).

Un autre procédé, signalé par M. Valentin, est basé sur ce fait, que l'air qui sort du poumon, à une température donnée (comme nous le verrons), est saturé pour cette température. Or, en tenant compte de cette température, et en expirant à travers un tube rempli de ponce imbibée d'acide sulfurique, il est facile d'évaluer la quantité d'air qui correspondrait à la quantité de vapeur d'eau recueillie pendant un certain nombre d'expirations, et on peut calculer ainsi la quantité d'air afférente à chaque expiration en particulier.

En combinant ces diverses méthodes, qui fournissent, d'ailleurs, des résultats assez concordants, M. Valentin fixe, en moyenne, à 500 centimètres cubes d'air, c'est-à-dire, en d'autres termes, à un demi-litre, la quantité d'air qui entre dans les poumons et en sort à chaque mouvement respiratoire normal. M. Bérard, qui a fondu ensemble, dans une

moyenne commune, les nombres fournis par MM. Goodwin, Bostock et Menzies, Davy, Herbst, est arrivé à un résultat à peu près analogue (à 27 pouces cubes, c'est-à-dire à peu près un demi-litre¹). M. Vierordt donne comme résultat d'un très-grand nombre d'observations une moyenne sensiblement la même (507 centimètres cubes). La moyenne de M. Smith se rapproche beaucoup de cette dernière, il l'évalue à 490 centimètres cubes.

500 centimètres cubes, ou un demi-litre: telle est donc en moyenne la quantité d'air *mis en circulation* dans le poumon, pendant chaque mouvement respiratoire normal.

Les conditions extérieures au milieu desquelles l'homme se trouve placé, l'état de repos et de mouvement surtout, exercent une influence marquée sur la quantité d'air qui circule dans le poumon et peuvent faire varier cette moyenne dans des limites assez étendues. M. Edw. Smith s'est livré à un grand nombre d'expériences sur ce point. Lorsqu'il était entraîné dans un wagon de chemin de fer de troisième classe (wagon *ouvert*), la quantité d'air qui circulait dans ses poumons étant représentée par le chiffre 4, cette quantité descendait à 3 lorsqu'il prenait place dans une voiture de première classe (voiture *fermée*). Cette quantité augmente également avec la vitesse de la marche; elle est plus grande dans la course que dans la marche; plus grande lorsqu'on porte un fardeau que lorsqu'on marche librement, plus grande lorsqu'on monte une montagne que lorsqu'on la descend. M. Smith a résumé, sous forme de tableau, l'influence que le mouvement (c'est-à-dire le jeu de l'appareil musculaire) exerce sur la quantité d'air inspiré. Lorsqu'il était couché librement et sans aucun effort, la quantité d'air aspiré, dans un certain laps de temps, étant 1, cette quantité devenait pendant le même temps:

Assis.	1,18	A cheval au trot (les réactions musculaires de l'homme sont plus vives qu'au galop).	4,05
Debout.	1,33	Natation.	4,31
Marche de 1 mille à l'heure.	1,90	Course de 7 milles à l'heure.	7,00
A cheval au pas.	2,50		
Marche de 2 milles à l'heure.	2,76		
A cheval au galop.	3,16		

Jusqu'ici nous avons parlé des mouvements ordinaires de la respiration tels qu'ils s'exécutent naturellement chez l'homme et sans qu'il y fasse en quelque sorte attention. Mais, par un acte de sa libre volonté, l'homme peut exagérer les mouvements de la respiration, et alors la quantité d'air qui circule dans les poumons peut être portée beaucoup plus loin. Ces mouvements respiratoires exagérés ne constituent, il est vrai, que des phénomènes passagers exceptionnels; mais ces évaluations

¹ Si nous joignons à ces chiffres ceux fournis par MM. Allen et Pepys (327 centimètres cubes), et par Dalton (595 centimètres cubes), la moyenne générale reste à peu près la même, c'est-à-dire 1/2 litre.

ne sont pas sans importance, car elles permettent, en comparant entre eux les individus, d'établir le rapport de leur puissance respiratoire. Les procédés de mensuration sont, au reste, ici, d'une grande simplicité; il suffit, en effet, de faire une inspiration *maximum* à l'air libre, et une expiration *maximum* dans un réservoir convenablement disposé. On constate ainsi qu'une inspiration et une expiration forcées peuvent faire entrer dans les poumons et sortir de cet organe de 3 à 4 litres d'air (de 3000 à 4000 centimètres cubes).

M. Hutchinson a construit un appareil spécial pour ce genre d'expériences. Il donne à cet appareil le nom de *spiromètre*. Depuis, un certain nombre d'appareils de ce genre ont été proposés par MM. Vogel, Wintrich, Simon, Phœbus, Küchenmeister, Fabius, Guillet, Bonnet, etc. Tous ces instruments ne sont, en réalité, que des réservoirs renversés sur l'eau, dans lesquels la pression est maintenue la même pendant toute la durée de l'expérience. Pour se servir de ces appareils, on fait faire à un individu une inspiration forcée et on lui fait expirer l'air (jusqu'aux dernières limites de l'expiration) dans un tube qui communique avec le gazomètre. Les figures 61 et 62 représentent le spiromètre de M. Hutchinson. La légende explicative indique suffisamment le jeu de l'appareil.

En opérant avec le spiromètre, on constate que le volume d'air, qu'une inspiration *maximum* et une expiration *maximum* peuvent mettre en circulation dans les poumons, est variable suivant les individus. C'est à ce volume variable que M. Hutchinson donne le nom de *capacité vitale des poumons*. M. Hutchinson a cherché à établir qu'il y a entre la capacité des poumons, le poids et la taille des individus (surtout la longueur des membres inférieurs) un rapport sensiblement constant; d'où il conclut que, connaissant les derniers facteurs du problème, on en peut induire le premier. M. Arnold, et plus récemment M. Bonnet (qui propose de remplacer l'expression de *spirométrie* par celle de *pneumatométrie*), sont arrivés à des résultats analogues à ceux de M. Hutchinson, c'est-à-dire qu'ils ont constaté que la *capacité vitale* des poumons varie principalement avec la taille des individus. Voici les moyennes des résultats de M. Arnold, lesquelles reposent sur un nombre considérable d'observations.

HAUTEUR DU CORPS en centimètres.	CAPACITÉ VITALE DES POUMONS en centimètres cubes.
De 154,5 à 157	2635
157 159,5	2841
159,5 162	2982
162 164,5	3167
164,5 167	3287
167 169,5	3484
169,5 172	3560
172 174,5	3634
174,5 177	3884
177 179,5	3942
179,5 182	4034

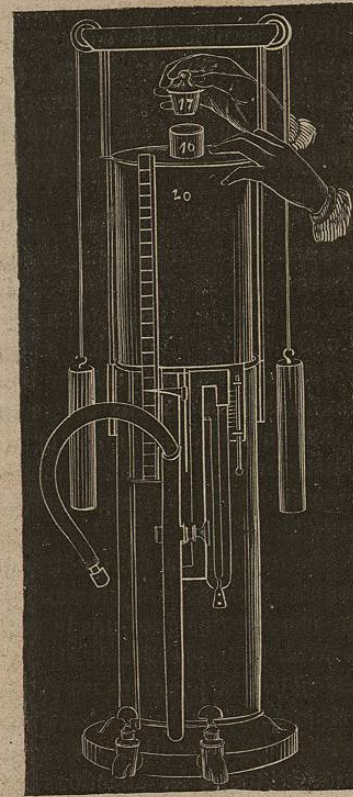


Fig. 61.

SPIROMÈTRE.

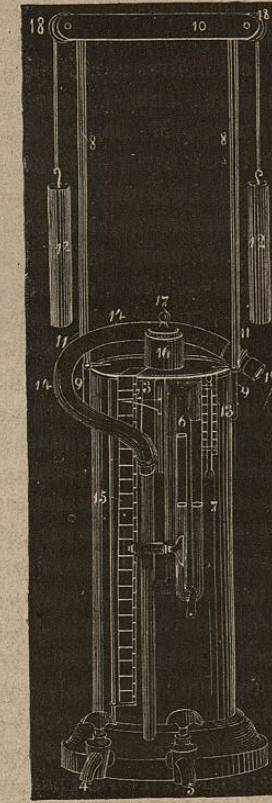


Fig. 62.

La figure 61 représente l'appareil au début de l'expérience.

La figure 62 représente le même appareil à la fin de l'expérience.

- 3, index fixé au réservoir inférieur, et indiquant sur la règle graduée 15, mobile avec le gazomètre 20, le chemin parcouru par ce gazomètre quand il s'élève. Cet index indique, par conséquent, le volume du gaz introduit dans l'appareil.
- 6, 7, manomètre à liquide coloré, indiquant la différence de pression qui peut exister entre l'extérieur et l'air contenu dans le gazomètre.
- 8, 8, tiges servant de guides à l'ascension du gazomètre.
- 9, 9, bâti sur lequel est fixée une poulie à chaque extrémité.
- 11, 11, cordes qui soulèvent la cloche en passant sur les poulies 18, 18.
- 12, 12, contre-poids destinés à soulever le gazomètre et à le maintenir en équilibre à tous les moments de l'expérience. De cette manière, l'expiration n'a pour ainsi dire à peu près aucun effort à faire pour soulever le gazomètre.
- 13, thermomètre donnant la température intérieure de l'appareil.
- 14, 14, tube en caoutchouc, par lequel l'air arrive dans le gazomètre.
- 15, règle graduée, fixée au gazomètre et mobile avec lui.
- 16, ouverture que présente le gazomètre à sa partie supérieure.
- 17, bouchon qui ferme l'ouverture 16. Lorsque l'expérience est terminée, comme on le voit sur la figure 62, on soulève ce bouchon, pour que l'air s'échappe, tandis qu'on abaisse le gazomètre 20 à la position du départ.
- 18, 18, poulies.
- 19, extrémité du tube de caoutchouc, sur lequel on visse l'embout qui doit être introduit dans la bouche.
- 20, gazomètre, dans lequel s'emmagasine l'air expiré. Ce gazomètre est une cloche ouverte par en bas et renversée sur l'eau du réservoir.