

Sur la respiration pulmonaire.

Par

M. Christian Bohr.

(Communiqué dans la séance du 2 novembre 1888.)

J'ai déjà communiqué brièvement ailleurs¹⁾ les résultats de quelques recherches sur la tension de l'oxygène et de l'acide carbonique, partie dans le sang artériel en circulation, partie dans l'air expiré en même temps des poumons; le but de ces recherches était d'éclaircir si le passage permanent des gaz à travers le tissu pulmonaire était dû à une simple diffusion, ou si les éléments de ce tissu intervenaient d'une manière particulière en jouant un rôle analogue à celui des éléments des glandes proprement dites pendant leur sécrétion. En effet, s'il était démontré que les gaz, dans leur passage à travers le tissu pulmonaire, se dirigent toujours du côté de la pression la plus basse, la diffusion membraneuse, telle qu'elle se produit en dehors de l'organisme, devrait en tout cas provisoirement être regardée comme la condition de ce mouvement; la différence de tension des deux côtés des parois des vésicules pulmonaires donnerait alors une explication simple et suffisante du phénomène dans les limites connues. Par contre, s'il a, seulement de temps à autre, été constaté avec certitude que la tension relativement

¹⁾ Centralblatt für Physiologie, Bd. I, 1887, n° 14 et Bd. II, 1888, n° 17.

la plus faible se trouve au point de départ du mouvement des gaz, et, par conséquent, si ceux-ci se dirigent dans un sens opposé à celui que la pression semble exiger, la diffusion ne suffirait pas à elle seule à expliquer le phénomène. Le tissu pulmonaire interviendrait alors spécifiquement dans l'échange respiratoire, circonstance qui, relativement à plusieurs points, doit influencer sur notre conception de la théorie de la respiration.

Mes expériences ont maintenant clairement montré que le tissu pulmonaire joue dans les mouvements respiratoires un rôle actif, et tel que la fonction des poumons doit être regardée comme analogue à celle des glandes proprement dites. Cette manière de voir, il est vrai, ne s'accorde pas avec l'opinion qui, sur ce point, est pour le moment la plus accréditée en physiologie, au moins en ce qui concerne l'oxygène; mais, d'un autre côté, elle ne me paraît pas être en opposition avec aucun fait expérimental jusqu'ici connu.

Dans mes courtes communications précédentes, je n'ai pas eu l'occasion de décrire en détail mes méthodes et mes différentes expériences. Je donne donc ici cette description et on trouvera en outre dans le présent mémoire une série d'expériences, jusqu'ici non publiées, sur l'influence que l'inspiration d'un air renfermant de l'acide carbonique exerce sur la tension des gaz dans le sang. Les résultats ainsi obtenus m'ont confirmé dans l'opinion que je m'étais formée de la fonction des poumons d'après mes expériences antérieures avec de l'air ne contenant pas d'acide carbonique.

I. Méthodes.

Comme il a été dit plus haut, la tension des gaz, dans mes expériences, a été déterminée en même temps dans le sang artériel et dans l'air des poumons. Parmi les méthodes employées, je décrirai d'abord celle qui sert à déterminer la

tension de l'oxygène et de l'acide carbonique dans le sang, et dans laquelle on procède comme il suit. Le sang se rend directement d'une artère dans l'appareil décrit ci-après, où, sur une grande surface, il échange par diffusion ses gaz avec l'air de l'appareil; puis, après y avoir séjourné une fraction de minute, il rentre dans l'animal soumis à l'expérience par l'extrémité périphérique d'une artère coupée ou par une veine, et est aussitôt remplacé par une nouvelle portion de sang frais. On peut ainsi prolonger beaucoup la durée de l'expérience tout en n'employant constamment que du sang frais qui ne séjourne que très peu de temps hors de l'animal. En outre, grâce à cette disposition, l'équilibre de l'échange par diffusion entre les gaz du sang et l'air de l'appareil s'établit rapidement; en analysant ensuite cet air et en notant la pression totale dans l'appareil, on peut calculer la tension partielle des différents gaz, et ces tensions sont identiques à celles qu'ils ont dans le sang.

L'appareil servant à mesurer ces tensions a, dans ses parties principales, été construit pendant un séjour que j'ai fait, en 1887, au laboratoire de mon cher maître, M. le professeur Ludwig, à Leipzig, et il est basé sur la dernière modification de l'appareil employé par ce savant pour mesurer la vitesse du sang. J'ai donné à cet appareil le nom d'hémato-aréomètre.

Hémato-aréomètre. Il se compose de deux tubes cylindriques en verre (Fig. 1, a_1 et a_2) verticaux et parallèles, dont la longueur est de 20 cm. environ et le diamètre de 2 cm.; ils se rétrécissent à leurs deux extrémités et se continuent en haut dans le tube m , qui peut les mettre en communication l'un avec l'autre, et en bas dans les tubes d_1 et d_2 ; un peu au-dessus de leur extrémité inférieure il s'en détache les tubes b_1 et b_2 . C'est dans ces cylindres que se fait l'échange gazeux ci-dessus mentionné entre l'air qu'ils renferment et les gaz du

sang frais qui ne cesse d'y affluer et dont le cours est réglé comme il suit. De l'extrémité centrale d'une artère coupée le sang s'échappe dans le tube en T, f (Fig. 1), et deux tuyaux en caoutchouc qui se croisent (ils sont marqués sur la figure par des hachures) lui offrent deux routes à suivre, l'une par le tube b_1 pour pénétrer dans le cylindre a_1 et l'autre par le tube b_2 pour se rendre dans a_2 ; mais un seul de ces tuyaux est passable à tour de rôle (dans la figure, b_2), tandis que l'autre est maintenu fermé par un compresseur à coulisse pr , de sorte que le sang n'entre d'abord que dans l'un des cylindres (a_2). En même temps s'écoule de l'autre cylindre (a_1) le sang qui le remplissait; cet écoulement se fait, pour les deux cylindres, par les tubes d_1 et d_2 qui sont unis par les tuyaux en caoutchouc au tube g , par lequel le sang se rend à l'extrémité périphérique d'une artère et rentre dans l'animal. Comme le montre sur la figure la disposition des tuyaux d'écoulement par rapport au compresseur à coulisse, le cylindre qui se vide est seulement celui dans lequel le sang vient de cesser d'affluer (dans la figure, a_1). Dès que le sang, dans le cylindre qui se remplit, a atteint la partie supérieure rétrécie et qu'il s'est en même temps écoulé de l'autre cylindre jusqu'au-dessous du tube b , on change la position du compresseur à l'aide d'un levier qui n'est pas indiqué sur la figure; le tuyau qui était ouvert est fermé et réciproquement. Les cylindres changent ainsi tour à tour de rôle et, pendant toute la durée de l'expérience, se poursuit sans discontinuité ce cours du sang, un des cylindres se remplissant alternativement de sang frais venant de l'animal et le lui rendant ensuite. Le compresseur ci-dessus mentionné est disposé comme il suit: une lame de métal porte deux butoirs métalliques, rr , entre lesquels est une rainure que traversent deux autres butoirs pp , qui sont fixés à une seconde lame de métal placée au-dessous et qu'un levier fait glisser d'un côté à l'autre.

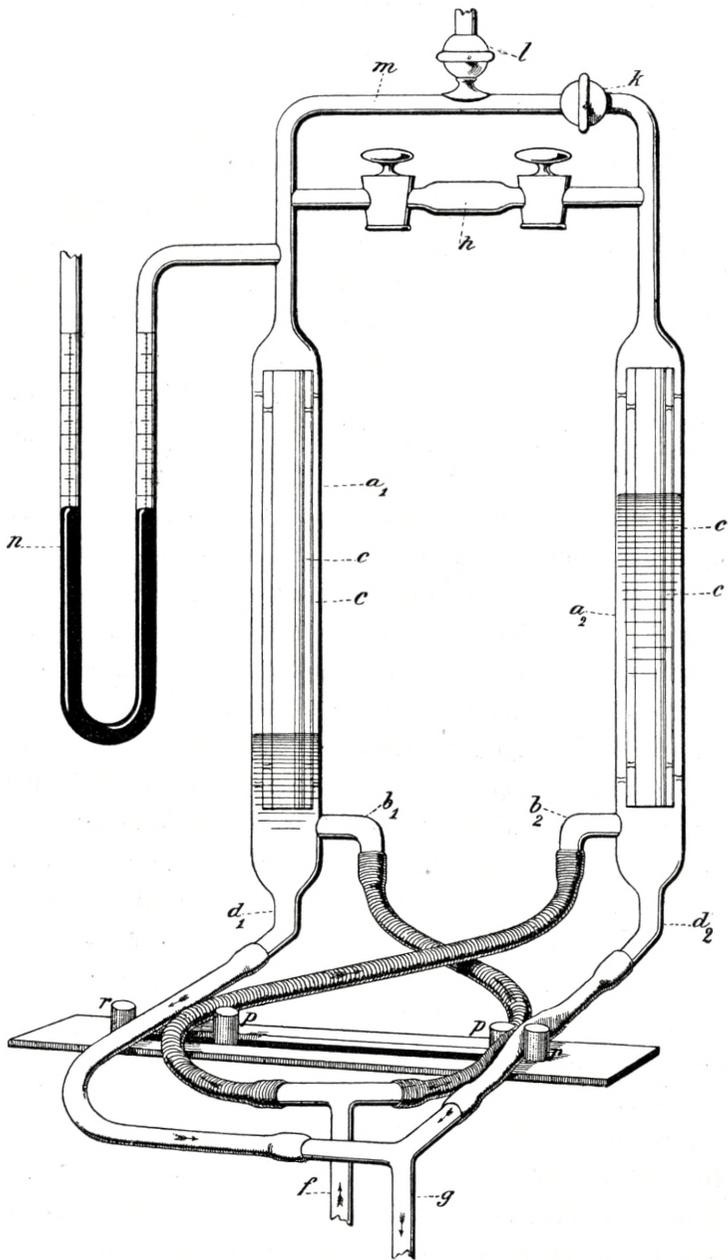


Fig. 1.

L'appareil doit dès l'origine être suffisamment rempli (à moitié dans les deux cylindres) d'un liquide qui peut être du sang défibriné ou une solution de chlorure de sodium à 0,7 %; c'est de cette dernière que je me suis servi. Enfin, pour ce qui regarde l'afflux du sang dans les cylindres, il est à observer que la position respective des tubes *b* et *d* doit être telle qu'elle est indiquée sur la figure, pour avoir la certitude que les cylindres se remplissent chaque fois de sang artériel frais; c'est dans ce but qu'on fait écouler le sang des cylindres jusqu'à un peu au-dessous de *b*; le sang frais qui afflue par ce tube n'est alors mélangé de celui qui reste encore dans l'extrémité inférieure des cylindres que dans une proportion insignifiante.

Durant ce cours du sang dans les cylindres, l'air de l'appareil va constamment d'un cylindre à l'autre; le robinet *k* du tube *m* (Fig. 1) étant fermé pendant la durée de l'expérience, il passe par le récipient à air *h*, qui est muni à ses deux extrémités d'un robinet hermétique. Dans ce va-et-vient continu l'air se mélange avec les gaz du sang, et chaque fois, en particulier, qu'un cylindre se vide, il entre en contact avec le sang artériel frais qui en humecte les parois. Pour donner à ces parois une grande surface relativement au volume des cylindres, on a introduit dans chacun d'eux deux tubes en verre ouverts aux deux bouts (Fig. 1 *cc*), qui sont placés l'un dans l'autre et maintenus par de petites pointes en verre faisant corps avec les cylindres dans la position qu'indique la figure. Comme il a été dit plus haut, ces derniers ont un diamètre de 20 mm., celui des tubes est respectivement de 13 et de 7 mm. La surface humectée qui, après chaque vidage d'un cylindre, s'offre à l'action de l'air devient par là égale à 310 centim. carrés environ, tandis que le volume du cylindre est de 40 centim. cubes environ. Pour avoir le même rapport entre la surface et le volume avec le cylindre seul, celui-ci devrait avoir un diamètre égal à $\frac{1}{370}$ de sa longueur et aurait

ainsi des dimensions très peu pratiques. Une grande surface favorise la diffusion entre l'air et les gaz du sang ; mais celle-ci est en outre très activée par le mouvement continu de l'air dans l'appareil, car les couches qui ont été en contact immédiat avec le sang se mélangent à chaque instant avec la masse d'air totale et sont remplacées par d'autres couches. On sait d'ailleurs par l'analyse des gaz combien est grand le rôle que jouent les mouvements saccadés d'une masse gazeuse dans le mélange uniforme de tous ses éléments.

Lorsqu'une première expérience est terminée, on ferme les robinets du récipient *h* et *y* renferme ainsi un échantillon d'air qui, après que ce dernier a été détaché de l'appareil, peut être introduit dans un eudiomètre et analysé. Outre ce récipient, on en dispose ordinairement sur l'appareil deux autres semblables qui, pour en pas compliquer la figure, n'y ont pas été représentés ; ils sont placés derrière le récipient *h* et communiquent de la même manière avec le tube *m*. Grâce à cet arrangement, on peut, après la fermeture d'un récipient, poursuivre avec les autres l'expérience jusqu'au bout sans jamais interrompre l'afflux régulier du sang dans les cylindres. C'est seulement lorsque tous les récipients ont été fermés qu'on les détache de l'appareil. Leur liaison avec ce dernier se fait à l'aide de courts tuyaux en caoutchouc vernissé, les tubes ainsi joints se touchant bout à bout, et on procède de la même façon pour les autres liaisons peu nombreuses des parties de l'appareil, qui d'ailleurs est tout en verre.

En prenant, comme il vient d'être dit, les échantillons de l'air de l'appareil pour les soumettre à l'analyse, il faut naturellement être certain que l'air des récipients, pendant toute la durée de l'expérience, est identique dans sa composition avec l'air des cylindres. C'est à quoi il a été largement pourvu en ne laissant au passage d'un cylindre à l'autre qu'une seule route à suivre, à travers le récipient, et en donnant à ce dernier un volume (15 cm. cubes environ) beaucoup plus petit

que celui d'un des cylindres (40 cm. cubes environ), car il en résulte qu'à chaque afflux du sang dans l'appareil, l'air du récipient est complètement remplacé par l'air du cylindre qui se remplit.

Il est quelquefois désirable que l'aréomètre, avant le commencement de l'expérience, soit rempli d'un mélange gazeux ayant une composition différente de celle de l'air atmosphérique. On emploie aussi dans ce but les récipients, en en remplissant un ou plusieurs, avant le montage de l'appareil, d'un gaz pur (acide carbonique, oxygène, azote); dès qu'ils sont en place, que les cylindres sont remplis à moitié d'une solution de chlorure de sodium et que l'appareil est ainsi prêt à fonctionner, on ouvre tous les robinets des récipients de même que le robinet *k* et, à l'aide d'un réservoir à pression élevée qui renferme la solution de chlorure de sodium et communique avec le tube *f*, on donne au liquide de l'appareil le même mouvement qu'en opérant avec du sang. Il suffit qu'il circule deux ou trois fois dans les cylindres pour que le mélange gazeux soit identique dans tout l'appareil; c'est ce que j'ai vérifié plusieurs fois par l'expérience, et on pouvait d'ailleurs le prévoir d'après la construction de l'appareil.

Il est encore à observer que le robinet *l* (Fig. 1) sert à mettre l'appareil en communication avec l'air atmosphérique, ce qui est nécessaire pendant le remplissage avec la solution de chlorure de sodium, mais il reste fermé pendant toute la durée de l'expérience. Un manomètre à mercure *n* indique la pression totale dans l'appareil.

Pour maintenir constante la température de l'aréomètre, on l'installe dans une caisse à eau *B* (Fig. 2), à parois en verre, dont le fond laisse passer les tubes *f* et *g*, par lesquels les cylindres se remplissent et se vident, et pour faciliter cette installation, la caisse *B* se compose de deux parties, dont l'inférieure porte une rainure remplie de mercure dans laquelle s'emboîte la partie supérieure. L'eau où plonge l'appareil est

maintenue à une température de 38° environ à l'aide d'une lampe à gaz qui communique avec un régulateur à éther.

Le levier qui sert à mouvoir le compresseur à coulisse de la Fig. 1 émerge de la caisse à eau par son extrémité *a* (Fig. 2). A chacun de ses déplacements, par conséquent chaque fois qu'un cylindre se remplit, le ressort *b* (Fig. 2) ferme un courant électrique qui fait marquer sur le cylindre tournant *c* (Fig. 2) le nombre des remplissages et leur durée. On connaît ainsi à chaque instant la quantité de sang qui passe dans les cylindres et la durée du séjour que chaque cylindrée y fait.

Dans l'installation de l'aréomètre, il faut avoir soin de régler la pression totale qui y règne. Si l'animal soumis à l'expérience et l'appareil étaient placés au même niveau, la pression dans ce dernier, à cause de celle du sang dans l'artère avec laquelle il communique, serait de 120 mm. environ plus élevée que la pression atmosphérique. Mais, comme nous le montrerons tout à l'heure, il est nécessaire, pour obtenir l'équilibre de l'échange gazeux dans l'aréomètre, que sa pression totale s'approche autant que possible d'une atmosphère. On atteint ce but de la manière suivante: l'aréomètre est placé sur un petit échafaudage *C* (Fig. 2) de façon à se trouver à 2^m,50 au-dessus du plancher, tandis que l'animal repose sur une plateforme *A* mobile dans le sens vertical à l'aide d'une cordelette passant sur des poulies fixées au plafond. La personne qui manœuvre le levier *a* et veille à l'afflux régulier du sang dans les cylindres, observe en même temps le manomètre *n* (Fig. 1) et peut facilement, suivant les circonstances, donner à un aide l'ordre de relever ou d'abaisser la plateforme *A* pour que le manomètre se maintienne toujours autour du zéro. — Qu'il faille régler ainsi la pression pour que les conditions d'équilibre de l'échange gazeux soient remplies dans l'appareil, cela résulte des considérations suivantes. L'air absorbé par le sang dans les poumons a environ une pression totale d'une atmosphère et une température de 38°. Le sang artériel afflue

dans l'aréomètre, qui a la même température que les poumons, mais dont la pression totale, sans la disposition ci-dessus décrite, excéderait de 120 mm. la pression atmosphérique. Or, comme les mélanges gazeux dans les poumons et l'aréomètre ont qualitativement la même composition, il doit se faire dans l'aréomètre une absorption partielle d'un des gaz au moins pour que l'équilibre s'établisse; mais cette absorption n'est pas accompagnée d'une diminution de la pression totale dans l'aréomètre, comme elle le serait dans un réservoir clos, car le sang des cylindres communique avec celui de l'artère et a la même pression. Par contre, l'appareil reçoit de l'animal une quantité de sang correspondant au volume du gaz absorbé, les cylindres se remplissent un peu plus qu'auparavant et la pression est encore de 120 mm. Mais alors un des gaz est de nouveau partiellement absorbé, il en résulte un plus grand remplissage des cylindres et l'équilibre ne s'établirait que lorsque ceux-ci seraient entièrement pleins, ce qui naturellement rendrait impossible la continuation de l'expérience. Voilà pourquoi la pression totale dans l'aréomètre doit être maintenue dans le voisinage de la pression atmosphérique, comme l'arrangement ci-dessus mentionné a permis de le faire.

D'après notre programme, nous devons, en même temps que la tension des gaz du sang, étudier la composition de l'air expiré par les poumons. Dans ce but, nous avons opéré par la méthode suivante qui, outre la composition moyenne de l'air expiré dans un temps donné, permet aussi de déterminer la quantité de l'air inspiré et expiré et, par conséquent, de calculer l'échange gazeux respiratoire. Une canule introduite dans la trachée de l'animal communique avec une double soupape membraneuse *d* (Fig. 2), très mobile et fermant bien, qui donne passage, d'un côté, à l'air inspiré et, de l'autre, à l'air expiré. L'air inspiré passe d'abord dans le gazomètre *J*

(Fig. 2)¹⁾ et arrive à la soupape par le tube *i* qui, de même que les autres tubes de l'appareil, a un diamètre tel (2,5 cm. environ) qu'il ne peut gêner en rien le passage de l'air inspiré par un grand chien; la partie du tube qui porte des hachures est en caoutchouc pour rendre possible le mouvement de la plateforme *A*. L'air expiré sort par le tube *e* et, en se rendant au gazomètre *E*, passe dans un réfrigérant où il prend la température du laboratoire; l'eau de condensation s'écoule dans le flacon *K*. Entre le réfrigérant et le gazomètre est intercalé un appareil qui permet de prendre continuellement des échantillons de l'air expiré pour les soumettre à l'analyse. Ces échantillons sont proportionnels à la quantité de l'air expiré, et donnent par suite une expression exacte de sa composition moyenne dans un temps donné. On procède comme il suit à cette opération. Le récipient *m* (Fig. 2), qui est muni d'un robinet à ses deux extrémités, renferme du mercure et communique par le bas avec un tuyau en caoutchouc *n* ouvert à son autre bout et, comme le montre la figure, suspendu à l'axe d'une roue dentée qui est actionnée par l'électro-aimant *o*. Le niveau du mercure dans le récipient *m*, lorsque les robinets sont ouverts, dépend de la hauteur où se trouve l'extrémité ouverte du tuyau *n*; au début de l'expérience, ce tuyau a une position telle que le récipient est complètement rempli de mercure jusqu'à son entrée dans le tube où passe l'air expiré. A chaque demi-révolution de l'aiguille du gazomètre *E* (environ pour chaque demi-litre d'air expiré), une tige métallique fixée à l'axe du gazomètre plonge dans le mercure de la capsule *q* et ferme le courant de l'élément *r*²⁾. L'électro-aimant *o* fait alors avancer d'une dent la roue dentée, le tuyau

¹⁾ Cet appareil, qui occupe le côté droit de la Fig. 2, a, pour plus de clarté, été représenté à une bien plus grande échelle que l'aréomètre, qui est à gauche de la figure.

²⁾ Une disposition analogue a déjà été employée dans le laboratoire de M. Zuntz.

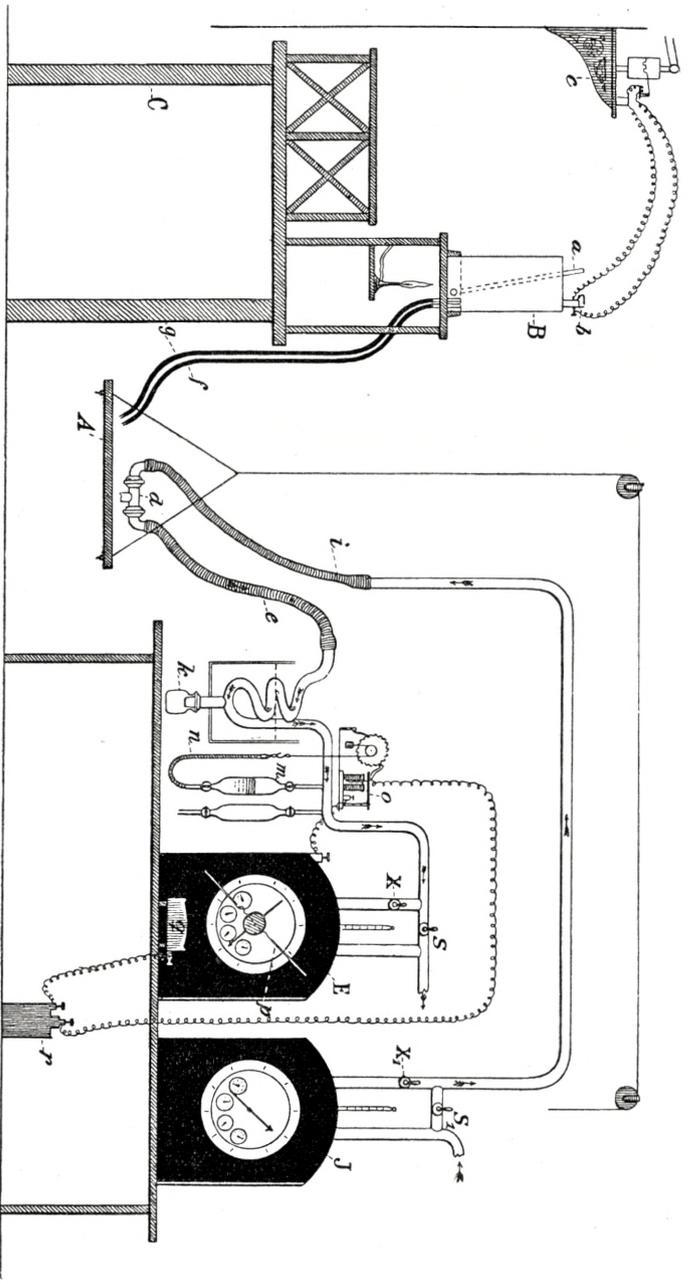


Fig. 2.

n s'abaisse d'une fraction de millimètre, et de son extrémité ouverte s'écoule une quantité de mercure correspondant à un abaissement de la même fraction de millimètre du niveau du mercure dans le récipient. De cette manière, le récipient, qui dans sa plus grande longueur est cylindrique, se remplit peu à peu d'air expiré proportionnellement à la marche de l'aiguille du gazomètre. Dès qu'il est plein, on en ferme les robinets et le remplace par un autre récipient. L'expérience une fois terminée, l'air expiré ainsi recueilli est transvasé dans un eudiomètre et analysé.

Un appareil tout semblable (non représenté dans la figure) est intercalé dans la conduite de l'air inspiré lorsque la composition de cet air diffère de celle de l'air^e atmosphérique. Dans ce cas, on a soin, pour que l'air inspiré soit homogène, de le préparer la veille dans un grand gazomètre bien équilibré d'une contenance de 1000 litres.

La durée de l'expérience étant en général assez courte, de $\frac{1}{4}$ d'heure à $\frac{1}{2}$ heure, il faut fixer avec précision le moment où celle-ci commence et celui où elle se termine. Dans ce but, on commence par fermer les robinets x et x_1 et ouvrir les robinets s et s_1 pour que l'air n'entre pas dans les gazomètres; puis, quand une pendule sonne une certaine minute, on ouvre x et x_1 , ferme s et s_1 et l'air pénètre dans les gazomètres. A la fin de l'expérience, on opère d'une manière analogue.

Par ce procédé, nous apprenons à connaître la composition de l'air expiré dans un temps donné; mais il faut se rappeler que l'air avec lequel le sang est en contact dans les vésicules pulmonaires n'a pas la même composition que l'air expiré, ce dernier, comme on sait, étant formé d'un mélange d'air des vésicules pulmonaires et d'air atmosphérique très peu modifié qui, dans l'inspiration, n'a pas dépassé les grandes voies aériennes. La grandeur de cette différence dépend du rapport entre le volume d'une respiration et celui des grandes voies

aériennes, et est par suite très variable, voire pour le même individu; mais l'air des vésicules étant toujours plus riche en acide carbonique et plus pauvre en oxygène que l'air expiré, il en résulte que lorsque, comme dans quelques-unes des expériences citées plus loin, la tension de l'acide carbonique est moindre et celle de l'oxygène plus grande dans le sang que dans l'air expiré, nous savons que ces différences de pression doivent avoir le même signe et devenir encore plus marquées si l'on compare le sang avec l'air des vésicules; en pareil cas, nous pouvons dire avec certitude que la force qui, dans les poumons, produit l'échange gazeux, ne doit pas être cherchée dans les différences de pression des deux côtés des parois vésiculaires. Mais dans d'autres expériences où la tension de l'acide carbonique a été plus forte et celle de l'oxygène plus faible dans le sang que dans l'air expiré, la question devient plus compliquée. Ces différences pourraient peut-être subir de grands changements et même changer de signe, si nous étions en état de remplacer dans notre comparaison l'air expiré par l'air plus riche en acide carbonique et plus pauvre en oxygène des vésicules pulmonaires. La composition exacte de cet air nous est, il est vrai, inconnue, mais nous pouvons l'obtenir avec une approximation plus grande que celle que donne l'air expiré en calculant la composition de ce dernier à son passage dans la bifurcation de la trachée artère, avant qu'il se mélange avec l'air atmosphérique qui se trouve dans la trachée et la canule. Pour faire ce calcul, on a besoin des données suivantes: la composition de l'air inspiré et de l'air expiré, le volume d'une respiration, et ceux de la trachée jusqu'à la bifurcation et de l'espace nuisible dans l'appareil à soupapes. Les deux premières sont fournies par les expériences sur la respiration, et le volume de la trachée jusqu'à la bifurcation est déterminé après la mort de l'animal soumis à l'expérience par une mesure directe faite avec de l'eau.

Si l'on désigne par E et I la proportion pour cent d'un gaz dans l'air expiré et l'air inspiré, par A le volume d'une respiration et par a celui de la trachée et de l'espace nuisible dans l'appareil à soupapes, la proportion pour cent du gaz considéré dans l'air expiré au moment où il passe par la bifurcation est donnée par la formule $X = \frac{AE - aI}{A - a}$.

Comme il a été dit plus haut, ce calcul présuppose que l'air inspiré qui, pendant un des mouvements respiratoires, reste dans la trachée, ne change pas de composition. Bien que cela ne soit guère douteux, j'ai cependant pour plus de sûreté fait l'expérience suivante afin de justifier l'emploi de la formule précédente.

Pendant que, par la méthode décrite plus haut, on déterminait la respiration chez un grand chien, on a en même temps, à l'aide d'un mince cathéter élastique introduit dans la trachée, pris un échantillon d'air dans la bifurcation en l'aspirant dans un tube rempli de mercure, mais seulement pendant chaque expiration¹⁾, et, après avoir trouvé le volume d'une respiration $A = 152$ cm. cub., l'espace nuisible jusqu'à la bifurcation $a = 100$ cm. cub., la proportion % de CO_2 dans l'air expiré $E = 0,92$, et celle du même gaz dans l'air inspiré $I = 0$, on a calculé par la formule ci-dessus la teneur en acide carbonique de l'air de la bifurcation, ce qui a donné $X = \frac{152 \cdot 0,92}{52} = 2,69$ %. En déterminant ensuite directement CO_2 dans le même air, on a trouvé la valeur presque concordante 2,74 %.

Comme le montre cet exemple, la teneur en acide carbonique de l'air de la bifurcation, par suite de la respiration superficielle, peut être trois fois plus forte que celle de l'air

¹⁾ En aspirant aussi pendant l'inspiration, on obtient un mélange d'air inspiré et d'air expiré avec une faible teneur en acide carbonique; cette dernière évidemment ne peut pas être trouvée trop forte.

expiré. En pareil cas, pour éviter un grave malentendu dans l'interprétation de l'expérience, il sera nécessaire, au lieu de l'air expiré, de prendre celui de la bifurcation pour terme de comparaison avec les gaz du sang. Dans d'autres cas, cette différence est beaucoup plus petite et la nécessité d'employer l'air de la bifurcation ne s'impose plus autant; mais comme cet air se rapproche toujours plus que l'air expiré de celui des vésicules pulmonaires, nous nous en servirons dans ce qui suit. On trouvera indiquées, pour chaque expérience, les données qui ont servi à la calculer.

Analyse de l'air.

Dans les analyses de l'air expiré et de l'air inspiré, on a dosé l'acide carbonique en le faisant absorber par une dissolution de soude, et l'oxygène en le faisant détoner avec l'hydrogène. Pour mener rapidement les analyses assez nombreuses que nécessitait chaque expérience, les eudiomètres étaient disposés sur une même ligne dans une cuve renfermant du mercure et communiquant par un siphon avec la cuvette d'un baromètre. Ils avaient comme ce dernier un diamètre de 2 cm. et étaient entourés d'eau à la température du laboratoire. On déterminait la pression dans les eudiomètres en observant au cathétomètre le niveau du mercure tant dans ces instruments que dans le baromètre. L'emploi du cathétomètre dans l'analyse de l'air permet d'obtenir non seulement une grande exactitude, mais aussi une économie de temps. Il va sans dire qu'on s'est efforcé de rendre aussi commodes que possible les différentes manipulations relatives à l'analyse; quant à la manière de procéder, elle n'a pas besoin d'être décrite plus en détail.

Animaux soumis à l'expérience. J'ai employé exclusivement de grands chiens. Le sang arrivait à l'hémataréomètre de l'extrémité centrale de la carotide ou de l'artère fémorale, et rentrait dans l'animal soit par l'extrémité périphérique de la carotide, soit par l'extrémité centrale de la

veine fémorale (on trouvera plus de détails à ce sujet dans l'exposé des différentes expériences). Pour assurer le libre cours du sang dans les tuyaux et dans l'aréomètre, on y a toujours injecté des peptones¹⁾ ou une infusion aqueuse de sangsues²⁾ pour en empêcher la coagulation. J'ai publié antérieurement une notice sur l'action que ces agents exercent sur la respiration³⁾. Leur emploi entraîne naturellement une complication, qui est fâcheuse en ce sens que les peptones font baisser la pression du sang et diminuent en partie l'activité respiratoire (l. c.); mais, d'un autre côté, abstraction faite de l'afflux plus facile de sang, elles ont aussi leurs avantages, car elles retardent le changement de réaction qui autrement se manifeste très vite dans le sang après qu'il a quitté les vaisseaux, et cela n'est pas sans importance pour les expériences sur la tension des gaz.

Telle est, dans ses points essentiels, la méthode suivie dans mes expériences; elle exige, comme on l'a vu, un appareil considérable et chaque expérience requiert un nombre assez grand de déterminations. Ces inconvénients, autant que j'en puis juger, sont inhérents à la nature même du problème à résoudre. La tension des gaz du sang doit être déterminée directement et dans un sang aussi peu altéré que possible; vouloir la calculer en s'appuyant sur la quantité de gaz contenue dans le sang, c'est faire fausse route. Les expériences décrites dans la seconde partie de ce mémoire montreront en outre que, par suite des grandes variations que présente cette tension, il est absolument nécessaire, pendant qu'on la détermine, de rechercher en même temps quelle est la composition de l'air des poumons. Cette combinaison de deux expériences à mener de front en complique nécessairement l'exécution; mais, et c'est l'essentiel, on gagne par là que l'interprétation de l'expérience devient plus certaine.

¹⁾ Fano, Arch. f. Anatomie u. Physiologie, 1881.

²⁾ Haycraft, Archiv f. experim. Pathol. u. Pharmacol. XVIII, 1884.

³⁾ Centralblatt f. Physiologie, 1888, p. 261.

II. Expériences.

Les 16 expériences qu'on trouvera exposées plus loin ont été exécutées d'après la méthode décrite plus haut. Outre l'échange gazeux respiratoire qui se fait dans les poumons, on a donc, dans chacune d'elles, déterminé la tension des gaz dans le sang artériel et dans l'air expiré en même temps. A l'aide de cette dernière grandeur comparée avec le volume d'une respiration et celui de la trachée, on calcule l'air de la bifurcation, qui est employé de préférence à l'air expiré comme terme de comparaison avec les gaz du sang, parce que, comme nous l'avons expliqué dans la première partie, il donne une valeur plus approchée de la composition de l'air des vésicules pulmonaires. On a d'ailleurs, pour chaque expérience, indiqué toutes les circonstances pouvant influer sur son exactitude et sa portée, telles que le temps pendant lequel le sang a afflué dans l'aréomètre, la durée du séjour que chaque portion de sang y a fait et la composition de l'air de l'appareil à l'origine.

L'équilibre entre l'air de l'aréomètre et les gaz du sang qui y afflue s'établit très rapidement, en général au bout de quelques minutes, à cause des conditions favorables qui facilitent la diffusion. On peut le voir par les exemples suivants.

Dans l'expérience VI, l'air de l'aréomètre, à l'origine, renfermait 6,07 % CO_2 ; au bout de 4 $\frac{1}{2}$ minutes, cette teneur était descendue à 2,26 % et la compensation était complète, car 3 minutes après la proportion de l'acide carbonique avait remonté à 2,47 %.

Dans l'expérience VII, la proportion de CO_2 dans l'air de l'aréomètre, de 4,62 % à l'origine, était au bout de 2 $\frac{1}{2}$ minutes descendue à 3,96 %; 11 $\frac{1}{2}$ minutes plus tard, elle avait remonté à 4,39 %; 2 $\frac{1}{2}$ minutes ont donc suffi pour amener l'acide carbonique à sa valeur minimum pendant l'expérience.

Il en est de même par rapport à l'oxygène, comme le montre surtout l'expérience XII. La proportion de ce gaz dans l'air de l'appareil, de 16 % à l'origine, était au bout de 2¹/₂ minutes descendue à 14,87 %, et la compensation se trouvait établie, car 3¹/₂ minutes plus tard, elle s'élevait à 15 %.

Dans la même expérience, la proportion de l'acide carbonique s'était, au bout des 2¹/₂ premières minutes abaissée de 8,5 % à 4,20 %.

On voit par ce qui précède qu'il suffit de quelques minutes pour qu'on puisse regarder l'équilibre entre les gaz comme établi dans l'aréomètre. Il ne convient pas de trop prolonger la durée de l'expérience à cause des variations de la tension même dans de courts espaces de temps; quelques-unes des expériences décrites plus loin en offrent des exemples.

Certaines expériences fournissent particulièrement la preuve que la diffusion est complète; telles sont celles où la proportion en centièmes de l'un des gaz (oxygène ou acide carbonique) se maintient pendant longtemps constante dans l'appareil, tandis que celle de l'autre varie beaucoup. On en trouve un exemple dans l'expérience I, où l'air de l'appareil, à l'origine, renfermait 20,40 % d'oxygène et 0,14 % d'acide carbonique et, au bout de 18 minutes, respectivement 20,44 % et 1,43 % de ces deux gaz; la valeur de 20,4 % pour l'oxygène doit donc être regardée comme tout à fait certaine. Les expériences II et XIII présentent un cas analogue pour l'acide carbonique (la tension y est égale à zéro).

Les cas qui répondent le mieux à l'objet spécial que j'avais en vue, sont ceux où la teneur en acide carbonique de l'air de l'aréomètre va en décroissant et passe par la valeur de la proportion de ce gaz dans l'air expiré, ou bien ceux où la teneur en oxygène se comporte de la même manière, mais en suivant une marche inverse, c'est-à-dire en croissant. C'est ainsi que, dans l'expérience XII, la proportion de l'acide car-

bonique, qui à l'origine, était de 8,5 % dans l'air de l'aréomètre, est tombée à 4,20 %, tandis que l'air expiré en contenait 5,6 %. L'expérience XIII présente pour l'oxygène un cas analogue; la proportion de ce gaz, qui était d'abord de 19,2 % dans l'aréomètre, s'est élevée à 20,4 %, tandis qu'il y en avait 18,78 % dans l'air expiré. De pareilles expériences donnent, avec toute la rigueur possible, la preuve que les gaz s'avancent à travers le tissu pulmonaire dans la direction de la pression la plus basse à la plus haute; mais elles ne sont pas faciles à réaliser, et ne sont pas non plus une condition nécessaire, ainsi qu'il résulte de ce qui a été dit plus haut de la rapidité avec laquelle la diffusion se fait dans l'aréomètre.

Les expériences qui suivent sont toutes celles que j'ai faites pour éclaircir la question dont il s'agit ici. En majorité sont celles qui démontrent le rôle actif que le tissu pulmonaire joue dans la respiration; mais il y en a un certain nombre d'après lesquelles les différences de pression des deux côtés des parois des vésicules pulmonaires peuvent donner une explication suffisante du mouvement des gaz. Que ces expériences négatives par rapport à l'action du tissu pulmonaire n'ébranlent en rien l'opinion qui est basée sur des expériences positives prouvant, avec une entière certitude, que les différences de pression ne constituent pas la force qui produit l'échange gazeux dans les poumons, il est à peine besoin de le faire remarquer. Les choses se passent, quant à ce point, absolument comme dans les recherches sur la sécrétion des glandes.

En terminant la description de chaque expérience, j'ai ajouté, parmi les remarques auxquelles elle peut donner lieu, celles qui m'ont paru mériter d'appeler plus spécialement l'attention, et après les avoir toutes décrites, j'en ai pour plus de clarté réuni les résultats dans deux tableaux.

A. Expériences où l'air inspiré était de l'air atmosphérique ne renfermant pas d'acide carbonique.

I. Poids de l'animal = 14,1 kilog.; temp. = 37°,8; injection intraveineuse d'une infusion de 60 sangsues; cours du sang, de l'extrémité centrale de la carotide *d.* à l'extrémité périphérique de la carotide *s.*

Par kilog. et par heure: oxygène absorbé = 588,1 cm. cub.; acide carbonique éliminé = 592,4 cm. cub.; quotient respiratoire = 1,007.

Pendant l'expérience:

Air expiré: $O = 19,18\%$; $CO^2 = 1,49\%$; baromètre = 752 mm.; nombre de respirations par minute = 65; volume d'une respiration = 163 cm. cub.

Volume de la trachée = 60 cm. cub.

Air de la bifurcation:

$O = 18,11\%$; $CO^2 = 2,36\%$

et tension dans le même air:

$O = 127,4$ mm.; $CO^2 = 16,6$ mm.

Dans l'aréomètre: temp. = 37°,5; air à l'origine:

$O = 20,40\%$; $CO^2 = 0,14\%$.

Après un afflux de sang pendant 18 minutes et un séjour de 45 secondes dans l'appareil:

$O = 20,44\%$; $CO^2 = 1,43\%$;

tension dans le sang artériel:

$O = 143,9$ mm.; $CO^2 = 10,1$ mm.

Dans cette expérience, la tension de l'oxygène a donc été plus forte et celle de l'acide carbonique plus faible dans le sang artériel que dans l'air des poumons.

II. Poids de l'animal = 31,5 kilog.; temp. = 38°,6; injection de peptone; cours du sang, de l'extrémité centrale de la carotide *d.* à l'extrémité périphérique de la carotide *s.*

Par kilog. et par heure: oxygène absorbé = 280,7 cm. cub.; acide carbonique éliminé = 158,7 cm. cub.; quotient respiratoire = 0,57.

Pendant l'expérience:

Air expiré: $O = 19,06\%$; $CO^2 = 1,07\%$; baromètre = 764,5; nombre de respirations par minute = 17; volume d'une respiration = 457 cm. cub.

Volume de la trachée = 100 cm. cub.

Air de la bifurcation:

$O = 18,51\%$; $CO^2 = 1,37\%$

et tension dans le même air:

$O = 132,1$ mm.; $CO^2 = 9,9$ mm.

Dans l'aréomètre: temp. = 37°,6; air à l'origine:

$O = 21\%$; $CO^2 = 0$;

après un afflux de sang pendant 13 minutes et un séjour de 34 secondes dans l'appareil:

$$O = 19,84 \text{ \%}; \quad CO^2 = 0;$$

tension dans le sang artériel:

$$O = 142,1 \text{ mm.}; \quad CO^2 = 0.$$

Dans cette expérience, la tension de l'oxygène a donc été plus forte et celle de l'acide carbonique plus faible dans le sang artériel que dans l'air des poumons.

III. Poids de l'animal = 13,5 kilog.; temp. = $37^{\circ},3$; injection d'une infusion de sangsues; cours du sang, de l'extrémité centrale de la carotide *d.* à l'extrémité périphérique de la carotide *s.*

Par kilog. et par heure: oxygène absorbé = 663,6 cm. cub.; acide carbonique éliminé = 555 cm. cub.; quotient respiratoire = 0,836.

Pendant l'expérience:

Air expiré: $O = 17,30 \text{ \%}$; $CO^2 = 2,71 \text{ \%}$; baromètre = 758,5; nombre de respirations par minute = 20; volume d'une respiration = 246 cm. cub.

Volume de la trachée = 50 cm. cub.

Air de la bifurcation:

$$O = \quad \text{\%}; \quad CO^2 = 3,40 \text{ \%}$$

et tension dans le même air:

$$O = \quad \text{mm.}; \quad CO^2 = 24,2 \text{ mm.}$$

Dans l'aréomètre: temp. = $37^{\circ},7$; air à l'origine:

$$O = 18,40 \text{ \%}; \quad CO^2 = 0.$$

Après un afflux de sang pendant 10 minutes et un séjour de 12 secondes dans l'appareil:

$$O = \quad \text{\%}; \quad CO^2 = 1,54 \text{ \%};$$

tension dans le sang artériel:

$$O = \quad \text{mm.}; \quad CO^2 = 10,9 \text{ mm.}$$

La rupture de l'eudiomètre a empêché de déterminer l'oxygène dans l'aréomètre; la tension de l'acide carbonique dans le sang artériel a été plus faible que dans l'air des poumons.

IV. Poids de l'animal = 15,5 kilog.; temp. = $38^{\circ},9$; injection d'une infusion de sangsues; cours du sang, de l'extrémité centrale de la carotide *d.* à l'extrémité périphérique de la carotide *s.*

Par kilog. et par heure: oxygène absorbé = 633,8 cm. cub.; acide carbonique éliminé = 544,6 cm. cub.; quotient respiratoire = 0,859.

Pendant l'expérience:

Air expiré: $O = 19,11 \text{ \%}$; $CO^2 = 1,54 \text{ \%}$; baromètre = 761 mm.; nombre de respirations par minute = 36; volume d'une respiration = 275 cm. cub.

Volume de la trachée = 65 cm. cub.

Air de la bifurcation:

$$O = 18,52 \text{ \%}; \quad CO^2 = 2,11 \text{ \%},$$

et tension dans le même air:

$$O = 131,4 \text{ mm.}; \quad CO^2 = 14,3 \text{ mm.}$$

Dans l'aréomètre: temp. = $37^{\circ},8$; air à l'origine:

$$O = 14,54 \text{ \%}; \quad CO^2 = 1,87 \text{ \%};$$

après un afflux de sang pendant 8 minutes et un séjour de 11 secondes dans l'appareil:

$$O = 14,73 \text{ \%}; \quad CO^2 = 1,93 \text{ \%};$$

après un afflux de sang pendant $10\frac{1}{2}$ minutes:

$$O = 14,79 \text{ \%}; \quad CO^2 = 2,34 \text{ \%};$$

tension dans le sang artériel:

$$O = 105,4 \text{ mm.}; \quad CO^2 = 16,7 \text{ mm.}$$

La tension de l'oxygène a été ici plus faible et celle de l'acide carbonique plus forte dans le sang artériel que dans l'air des poumons. Si le second échantillon d'air de l'aréomètre n'a été pris que $2\frac{1}{2}$ minutes après le premier, c'est que le sang, dans l'aréomètre, commençait à montrer des signes de coagulation.

V. Poids de l'animal = 27,2 kilog.; temp. = $38^{\circ},4$; injection de peptone; cours du sang, de l'extrémité centrale de la carotide *d.* à l'extrémité périphérique de la carotide *s.*

Par kilog. et par heure: oxygène absorbé = cm. cub.; acide carbonique éliminé = 202,8 cm. cub.

Pendant l'expérience:

Air expiré, en même temps que la première prise d'air de l'appareil:

$$O = \text{ \%} \text{ et } CO^2 = 0,68 \text{ \%},$$

et qu'une seconde prise d'air:

$$O = \text{ \%} \text{ et } CO^2 = 1,14 \text{ \%}.$$

Nombre de respirations par minute = 18; volume d'une respiration = 585 cm. cub.

Volume de la trachée = 108 cm. cub.

Air de la bifurcation:

$$CO^2 = 1) 0,83 \text{ \%} = 2) 1,39 \text{ \%},$$

et tension dans le même air:

$$CO^2 = 1) 5,8 \text{ mm.} = 2) 9,7 \text{ mm.}$$

Dans l'aréomètre: temp. = $37^{\circ},2$; air à l'origine:

$$O = \text{ \%}; \quad CO^2 = 3,38 \text{ \%};$$

après un afflux de sang pendant $18\frac{1}{2}$ minutes et un séjour de 60 secondes dans l'appareil:

$$O = 16,93 \text{ \%}; \quad CO^2 = 2,83 \text{ \%};$$

tension dans le sang artériel:

$$O = 118,3 \text{ mm.}; \quad CO^2 = 19,8 \text{ mm.};$$

après un afflux de sang pendant 30 minutes:

$$O = 16,63 \text{ } \%, \quad CO^2 = 2,99 \text{ } \%;$$

tension dans le sang artériel:

$$O = 116,3 \text{ mm.}; \quad CO^2 = 20,9 \text{ mm.}$$

Par suite d'un accident, il manque plusieurs déterminations de l'oxygène et l'expérience ne nous apprend que peu de chose sur sa tension; mais elle montre avec une grande certitude que la tension de l'acide carbonique est beaucoup plus forte dans le sang artériel que dans l'air de la bifurcation. Digne d'attention est la variation dans la teneur en acide carbonique de l'air expiré dans les deux parties de l'expérience (de 0,68 à 1,14 %), variation qui se retrouve aussi, mais à un bien moindre degré, dans la tension de l'acide carbonique dans le sang (de 2,83 à 2,99 %).

VI. Poids de l'animal = 18,91 kilog.; temp. = 38°,5; injection intraveineuse d'une infusion de sangsues; cours du sang, de l'extrémité centrale de la carotide *d.* à l'extrémité périphérique de la carotide *s.*

Par kilog. et par heure: oxygène absorbé = 847,9 cm. cub.; acide carbonique éliminé = 453,9 cm. cub.; quotient respiratoire = 0,54.

Pendant l'expérience:

Air expiré: $O = 18,43 \text{ } \%$; $CO^2 = 1,686 \text{ } \%$; baromètre = 753 mm.; nombre de respirations par minute = 150; volume d'une respiration = 61 cm. cub.

Volume de la trachée = 40 cm. cub.

Air de la bifurcation:

$$O = 13,52 \text{ } \%; \quad CO^2 = 4,05 \text{ } \%$$

et tension dans le même air:

$$O = 95,4 \text{ mm.}; \quad CO^2 = 34,6 \text{ mm.}$$

Dans l'aréomètre: temp. = 37°,3; air à l'origine:

$$O = 11,64 \text{ } \%; \quad CO^2 = 6,07 \text{ } \%;$$

après un afflux de sang pendant 4½ minutes et un séjour de 10 secondes dans l'appareil:

$$O = 13,97 \text{ } \%; \quad CO^2 = 2,25 \text{ } \%,$$

et après un afflux de sang pendant 7½ minutes:

$$O = 14,35 \text{ } \%; \quad CO^2 = 2,47 \text{ } \%;$$

tension dans le sang artériel:

$$O = 101,2 \text{ mm.}; \quad CO^2 = 17,4 \text{ mm.}$$

La tension de l'oxygène a donc été plus forte et celle de l'acide carbonique plus faible dans le sang artériel que dans l'air des poumons. L'expérience montre qu'il est nécessaire

de calculer la composition de l'air de la bifurcation, lorsque la respiration est superficielle et rapide.

VII. Poids de l'animal = 31,1 kilog.; temp. = $38^{\circ},5$; injection intra-veineuse d'une infusion de sangsues; cours du sang, de l'extrémité centrale de l'artère fémorale s. à l'extrémité centrale de la veine fémorale s.

Par kilog. et par heure: oxygène absorbé = 450,8 cm. cub.; acide carbonique éliminé = 362,7 cm. cub.; quotient respiratoire = 0,81.

Pendant l'expérience il a été pris deux échantillons de l'air expiré, en même temps que deux autres, dont il sera question plus bas, de l'air de l'aréomètre. Air expiré:

$$1) O = 17,30 \text{ \%}; \quad CO^2 = 2,72 \text{ \%}$$

$$2) O = 17,43 \text{ \%}; \quad CO^2 = 2,64 \text{ \%}$$

nombre de respirations par minute = 21; volume d'une respiration = 361 cm. cub.

Volume de la trachée = 100 cm. cub.

Air de la bifurcation (2^e échantillon):

$$O = 16,06 \text{ \%}; \quad CO^2 = 3,65 \text{ \%}$$

et tension dans le même air:

$$O = 114,1 \text{ mm.}; \quad CO^2 = 25,9 \text{ mm.}$$

Dans l'aréomètre: temp. = $37^{\circ},6$; air à l'origine:

$$O = 16,88 \text{ \%}; \quad CO^2 = 4,62 \text{ \%};$$

après un afflux de sang pendant $2\frac{1}{2}$ minutes et un séjour de 5 secondes dans l'appareil:

$$O = 16,72 \text{ \%}; \quad CO^2 = 3,95 \text{ \%},$$

et après un afflux de sang pendant 14 minutes:

$$O = 16,05 \text{ \%}; \quad CO^2 = 4,39 \text{ \%}.$$

tension dans le sang artériel:

$$O = 115,9 \text{ mm.}; \quad CO^2 = 31,7 \text{ mm.}$$

La tension de l'oxygène, comme celle de l'acide carbonique, a par conséquent été un peu plus forte dans le sang artériel que dans l'air de la bifurcation. Le sang sorti d'une artère revenait dans une veine; on verra plus loin les conséquences que cet arrangement peut avoir pour les expériences.

VIII. Poids de l'animal = 15,3 kilog.; temp. = $37^{\circ},9$; injection de peptones; cours du sang, de l'extrémité centrale de l'artère fémorale s. à l'extrémité centrale de la veine fémorale s.

Par kilog. et par heure: oxygène absorbé = 545,4 cm. cub.; acide carbonique éliminé = 417,4 cm. cub.; quotient respiratoire = 0,77.

Pendant l'expérience:

Air expiré: $O = 19,32 \text{ \%}; \quad CO^2 = 1,29 \text{ \%}$; nombre de respirations par minute = 27; volume d'une respiration = 325 cm. cub.

Volume de la trachée = 75 cm. cub.

Air de la bifurcation: $CO^2 = 1,68 \%$
 et tension dans le même air: $CO^2 = 12 \text{ mm.}$
 Dans l'aréomètre: temp. = $37^{\circ},7$; air à l'origine:
 $CO^2 = 3,6 \%$;
 après un afflux de sang pendant 29 minutes et un séjour de 10 secondes
 dans l'appareil: $CO^2 = 2,64 \%$;
 tension dans le sang artériel:
 $CO^2 = 20,5 \text{ mm.}$

Cette expérience ne donne aucun renseignement sur l'oxygène. La tension de l'acide carbonique est beaucoup plus forte dans le sang artériel que dans l'air des poumons.

IX. Poids de l'animal = 20,6 kilog.; temp. = $39^{\circ},5$; morphinarhose; injection de peptones; cours du sang, de l'extrémité centrale de la carotide *d.* à l'extrémité périphérique de la carotide *s.*

Par kilog. et par heure: oxygène absorbé = 823 cm. cub.; acide carbonique éliminé = 524 cm. cub.; quotient respiratoire = 0,63.

Pendant l'expérience:

Air expiré: $O = 19,46 \%$; $CO^2 = 1,06 \%$; baromètre = 766,5 mm.;
 nombre de respirations par minute = 140; volume d'une respiration = 150 cm. cub.

Volume de la trachée = 100 cm. cub.

Air de la bifurcation:

$O = 16,38 \%$; $CO^2 = 3,19 \%$

et tension dans le même air:

$O = 116,8 \text{ mm.}$; $CO^2 = 22,8 \text{ mm.}$

Dans l'aréomètre: temp. 38° ; air à l'origine:

$O = 17,0 \%$; $CO^2 = 4,1 \%$;

après un afflux de sang pendant $18\frac{1}{2}$ minutes et un séjour de 13 secondes dans l'appareil:

$O = 16,44 \%$; $CO^2 = 5,29 \%$;

tension dans le sang artériel:

$O = 117,9 \text{ mm.}$; $CO^2 = 38 \text{ mm.}$

La tension de l'oxygène a donc été un peu plus forte et celle de l'acide carbonique beaucoup plus forte dans le sang artériel que dans l'air des poumons.

X. Poids de l'animal = 41,5 kilog.; temp. = $38^{\circ},7$; injection intraveineuse d'une infusion de sangsues; cours du sang, de l'extrémité centrale de la carotide *d.* à l'extrémité périphérique de la carotide *s.*

Par kilog. et par heure: oxygène absorbé = 880,7 cm. cub.; acide carbonique éliminé = 527,5 cm. cub.; quotient respiratoire = 0,60.

Pendant l'expérience il a été pris deux échantillons de l'air expiré, en même temps que deux autres, dont il sera question plus bas, de l'air de l'aréomètre. Air expiré:

$$1) O = 18,81 \text{ } \%; \quad CO^2 = 1,197 \text{ } \%$$

$$2) O = 19,16 \text{ } \%; \quad CO^2 = 0,763 \text{ } \%$$

nombre de respirations par minute = 148; volume d'une respiration = 187 cm. cub.

Volume de la trachée = 120 cm. cub.

Air de la bifurcation:

$$1) O = 14,88 \text{ } \%; \quad CO^2 = 3,34 \text{ } \%$$

$$2) O = 15,87 \text{ } \%; \quad CO^2 = 2,13 \text{ } \%$$

Tension dans le même air:

$$1) O = 103 \text{ mm.}; \quad CO^2 = 23,2 \text{ mm.}$$

$$2) O = 109,8 \text{ mm.}; \quad CO^2 = 14,8 \text{ mm.}$$

Dans l'aréomètre: temp. = 37°,1; air à l'origine:

$$O = 21 \text{ } \%; \quad CO^2 = 0;$$

après un afflux de sang pendant 5 minutes et un séjour de 5 secondes dans l'appareil:

$$O = 20,23 \text{ } \%; \quad CO^2 = 1,61 \text{ } \%;$$

tension dans le sang artériel:

$$O = 144 \text{ mm.}; \quad CO^2 = 11,2 \text{ mm.}$$

Sans interrompre l'expérience, on a alors ouvert un récipient jusque là fermé, ce qui a donné à l'air de l'appareil la composition:

$$O = 17,07 \text{ } \%; \quad CO^2 = 2,5 \text{ } \%.$$

Après un afflux de sang pendant 15 minutes et un séjour de 5 secondes dans l'appareil:

$$O = 17,8 \text{ } \%; \quad CO^2 = 3,97 \text{ } \%;$$

tension dans le sang artériel:

$$O = 121,7 \text{ mm.}; \quad CO^2 = 27,6 \text{ mm.}$$

Dans les deux parties de l'expérience, la tension de l'oxygène a été plus forte dans le sang artériel que dans l'air des poumons. L'acide carbonique présente cette particularité que sa tension croît dans le sang en même temps qu'elle décroît dans l'air des poumons. A la fin de l'expérience, elle est beaucoup plus forte dans le sang artériel que dans l'air des poumons.

XI. Poids de l'animal = 28,6 kilog.; temp. = 38°,9; injection intra-veineuse d'une infusion de sangsues; cours du sang, de l'extrémité centrale de la carotide *d.* à l'extrémité périphérique de la carotide *s.*

Par kilog. et par heure: oxygène absorbé = 658,3 cm. cub.; acide carbonique éliminé = 503,7 cm. cub.; quotient respiratoire = 0,77.

Pendant l'expérience:

Air expiré: $O = 16,65\%$; $CO^2 = 3,04\%$; nombre de respirations par minute = 25; volume d'une respiration = 450 cm. cub.

Volume de la trachée = 100 cm. cub.

Air de la bifurcation:

$O = 15,41\%$; $CO^2 = 3,91\%$

et tension dans le même air:

$O = 112,2$ mm.; $CO^2 = 28,4$ mm.

Dans l'aréomètre: temp. = $38^{\circ},3$; air à l'origine:

$O = 21\%$; $CO^2 = 0$;

après un afflux de sang pendant 17 minutes et un séjour de $5\frac{1}{2}$ secondes dans l'appareil:

$O = 17,80\%$; $CO^2 = 3,79\%$

et tension dans le même air:

$O = 121,7$ mm.; $CO^2 = 27,7$ mm.

La tension de l'acide carbonique a été un peu plus faible et celle de l'oxygène beaucoup plus forte dans le sang artériel que dans l'air des poumons.

B. Expériences où l'air inspiré renferme de l'acide carbonique.

XII. Poids de l'animal = 26 kilog.; temp. = $38^{\circ},8$; injection intra-veineuse d'une infusion de sangsues; cours du sang, de l'extrémité centrale de l'artère fémorale s. à l'extrémité centrale de la veine fémorale s.

Air inspiré: $O = 18,77\%$; $CO^2 = 4,85\%$; $A_z = 76,38\%$.

Par kilog. et par heure: oxygène absorbé = 817,4 cm. cub.; acide carbonique éliminé = 423,7 cm. cub.; quotient respiratoire = 0,52.

Pendant l'expérience:

Air expiré: $O = 16,69\%$; $CO^2 = 5,66\%$; baromètre = 757 mm.; nombre de respirations par minute = 30; volume d'une respiration = 651 cm. cub.

Volume de la trachée = 65 cm. cub.

Air de la bifurcation:

$O = 16,46\%$; $CO^2 = 5,75\%$

et tension dans le même air:

$O = 116,1$ mm.; $CO^2 = 40,6$ mm.

Dans l'aréomètre: temp. = $38^{\circ},1$; air à l'origine:

$O = 16\%$; $CO^2 = 8,5\%$;

au bout de $2\frac{1}{2}$ minutes:

$O = 14,87\%$; $CO^2 = 5,41\%$;

après un afflux de sang pendant 6 minutes et un séjour de 4 secondes dans l'appareil:

$O = 15\%$; $CO^2 = 4,2\%$

et tension dans le sang artériel:

$O = 106,1$ mm.; $CO^2 = 29,7$ mm.

La tension de l'acide carbonique dans l'aréomètre est descendue pendant l'expérience de 8,5 % à 4,20 % et est ainsi devenue moindre que dans l'air inspiré (4,85 %). La tension de l'oxygène est plus faible dans le sang artériel que dans l'air des poumons.

XIII. Poids de l'animal = 14,7 kilog.; temp. = 37°,8; injection intra-veineuse d'une infusion de sangsues; cours du sang, de l'extrémité centrale de la carotide *d.* à l'extrémité périphérique de la carotide *s.*

Air inspiré: $O = 19,99\%$; $CO^2 = 3,17\%$; $A_z = 76,84\%$.

Par kilog. et par heure: oxygène absorbé = 423 cm. cub.; acide carbonique éliminé = 469,7 cm. cub.; quotient respiratoire = 1,11.

Pendant l'expérience:

Air expiré: $O = 18,78\%$; $CO^2 = 3,92\%$; baromètre = 752; nombre de respirations par minute = 41; volume d'une respiration = 373 cm. cub.

Volume de la trachée = 60 cm. cub.

Air de la bifurcation:

$O = 18,55\%$; $CO^2 = 4,06\%$

et tension dans le même air:

$O = 130,4$ mm.; $CO^2 = 28,5$ mm.

Dans l'aréomètre: temp. = 37°,5; air à l'origine:

$O = 19,2\%$; $CO^2 = 0$;

après un afflux de sang pendant 6 minutes:

$O = 20,67\%$; $CO^2 = 0$;

après un afflux de sang pendant 12 minutes et un séjour de 18 secondes dans l'appareil:

$O = 20,40\%$; $CO^2 = 0,14\%$;

tension dans le sang artériel:

$O = 143,6$ mm.; $CO^2 = 0,9$ mm.

La tension de l'oxygène a ainsi été plus forte et celle de l'acide carbonique plus faible dans le sang artériel que dans l'air des poumons.

XIV. Poids de l'animal = 13,5 kilog.; temp. = 37°,3; injection intra-veineuse d'une infusion de sangsues; cours du sang, de l'extrémité centrale de la carotide *d.* à l'extrémité périphérique de la carotide *s.*

Air inspiré: $O = 20,24\%$; $CO^2 = 2,03\%$; $A_z = 77,73\%$.

Par kilog. et par heure: oxygène absorbé = 560,1 cm. cub.; acide carbonique éliminé = 604,2 cm. cub.; quotient respiratoire = 1,08.

Pendant l'expérience:

Air expiré: $O = 18,18\%$; $CO^2 = 3,79\%$; baromètre = 758,5; nombre de respirations par minute = 21; volume d'une respiration = 384 cm. cub.

Volume de la trachée = 50 cm. cub.

Air de la bifurcation :

$$O = 17,87 \text{ } \text{‰}; \quad CO^2 = 4,05 \text{ } \text{‰}$$

et tension dans le même air :

$$O = 127,1 \text{ mm.}; \quad CO^2 = 28,8 \text{ mm.}$$

Dans l'aréomètre : temp. = $37^{\circ},7$; air à l'origine :

$$O \text{ non dosé}; \quad CO^2 = 1,54 \text{ } \text{‰};$$

après un afflux de sang pendant 14 minutes et un séjour de 21 secondes dans l'appareil :

$$O = 17,97 \text{ } \text{‰}; \quad CO^2 = 2,80 \text{ } \text{‰};$$

tension dans le sang artériel :

$$O = 127,6 \text{ mm.}; \quad CO^2 = 19,9 \text{ mm.}$$

Dans cette expérience, la tension de l'oxygène dans le sang artériel n'a guère été plus forte que dans l'air des poumons, tandis que celle de l'acide carbonique a été beaucoup plus faible.

XV. Poids de l'animal = 29,5 kilog ; temp. = $38^{\circ},7$; injection de peptones; cours du sang, de l'extrémité centrale de l'artère fémorale s. à l'extrémité centrale de la veine fémorale s.

Air inspiré : $O = 18,85 \text{ } \text{‰}; \quad CO^2 = 8,89 \text{ } \text{‰}; \quad A_z = 72,26 \text{ } \text{‰}$.

Par kilog. et par heure : oxygène absorbé = 543,6 cm. cub.; acide carbonique éliminé = 280,2 cm. cub.; quotient respiratoire = 0,52.

Pendant l'expérience il a été pris deux échantillons de l'air expiré, en même temps que deux autres, dont il sera question plus bas, de l'air de l'appareil. On a trouvé :

$$1) \quad O = 17,49 \text{ } \text{‰}; \quad CO^2 = 9,70 \text{ } \text{‰}$$

$$2) \quad O = 17,15 \text{ } \text{‰}; \quad CO^2 = 10 \text{ } \text{‰}$$

Baromètre = 756,5.

Le nombre des respirations par minute a constamment augmenté pendant l'expérience; il était d'abord de 15 et on en a ensuite, toutes les 3 minutes, compté 25, 40, 42, 42, 40, soit en moyenne 34. Volume d'une respiration = 500 cm. cub.

Volume de la trachée = 100 cm. cub.. Air de la bifurcation :

$$1) \quad O = 17,08 \text{ } \text{‰}; \quad CO^2 = 9,90 \text{ } \text{‰}$$

$$2) \quad O = 16,72 \text{ } \text{‰}; \quad CO^2 = 10,25 \text{ } \text{‰}$$

et tension dans le même air :

$$1) \quad O = 120,5 \text{ mm.}; \quad CO^2 = 69,8 \text{ mm.}$$

$$2) \quad O = 117,9 \text{ mm.}; \quad CO^2 = 72,5 \text{ mm.}$$

Dans l'aréomètre : temp. = $38^{\circ},4$; air à l'origine :

$$O = 17,59 \text{ } \text{‰}; \quad CO^2 = 4,12 \text{ } \text{‰};$$

après un afflux de sang pendant $7\frac{1}{2}$ minutes :

$$O = 16,72 \text{ } \text{‰}; \quad CO^2 = 5,12 \text{ } \text{‰}$$

et tension dans le sang artériel :

$$O = 122,3 \text{ mm.}; \quad CO^2 = 37,4 \text{ mm.};$$

après un afflux de sang pendant $17\frac{1}{2}$ minutes et un séjour de 7 secondes dans l'appareil:

$$O = 16,19 \text{ } \%; \quad CO^2 = 7,90 \text{ } \%$$

et tension dans le sang artériel:

$$O = 118,4 \text{ mm.}; \quad CO^2 = 57,8 \text{ mm.}$$

La tension de l'oxygène est à peine plus forte dans le sang artériel que dans l'air des poumons. Celle de l'acide carbonique a été beaucoup plus faible dans le sang artériel que dans l'air des poumons, et même plus faible que dans l'air inspiré. La richesse de ce dernier en acide carbonique a rendu la respiration très difficile, et le nombre des respirations a constamment augmenté au commencement; l'animal n'a non plus pu maintenir au même degré, pendant toute la durée de l'expérience, la tension relativement faible que l'acide carbonique avait à l'origine.

XVI. Poids de l'animal = 40 kilog.; temp. = $38^{\circ},1$; injection de peptones; cours du sang, de l'extrémité centrale de l'artère fémorale à l'extrémité centrale de la veine fémorale.

Air inspiré: $CO^2 = 3,18 \text{ } \%$; les déterminations de l'oxygène manquent, l'eudiomètre, par suite d'une méprise, ayant été vidé avant que l'analyse fût terminée.

Pendant l'expérience il a été pris deux échantillons de l'air expiré, en même temps que deux autres, dont il sera question plus bas, de l'air de l'aréomètre. Air expiré:

$$1) CO^2 = 4,28 \text{ } \%; \quad 2) CO^2 = 4,53 \text{ } \%$$

baromètre = 760; nombre de respirations par minute = 30; volume d'une respiration = 684 cm. cub.

Volume de la trachée = 125 cm. cub.; air de la bifurcation:

$$1) CO^2 = 4,53 \text{ } \%; \quad 2) CO^2 = 4,84 \text{ } \%$$

et tension dans le même air:

$$1) CO^2 = 32,2 \text{ mm.}; \quad 2) CO^2 = 34,4 \text{ mm.}$$

Dans l'aréomètre: temp. = $38^{\circ},3$; air à l'origine:

$$CO^2 = 5,24 \text{ } \%;$$

au bout de $6\frac{1}{4}$ minutes:

$$CO^2 = 4,81 \text{ } \%,$$

et tension dans le sang artériel:

$$CO^2 = 34,9 \text{ mm.}$$

Après un afflux de sang pendant $14\frac{1}{4}$ minutes et un séjour de 18 secondes dans l'appareil:

$$CO^2 = 5,02 \text{ } \%$$

et tension dans le sang artériel:

$$CO^2 = 36,3 \text{ mm.}$$

Dans les deux cas, la tension de l'acide carbonique a donc été plus grande dans le sang artériel que dans l'air des poumons.

Parmi les grandeurs déterminées dans les expériences qui précèdent, les plus importantes à notre point de vue, à savoir la tension des gaz dans le sang artériel et dans l'air de la bifurcation, sont réunies dans les deux tableaux suivants. Les colonnes intitulées «Différence» renferment les différences de tension entre les gaz du sang artériel et de l'air de la bifurcation. **Pour l'oxygène, une différence positive** signifie que les poumons ont porté la tension dans le sang artériel à un degré plus élevé qu'elle ne l'est dans l'air des vésicules pulmonaires, qui est la source d'où provient l'oxygène, et par conséquent qu'ils ont joué un rôle actif; **une différence négative** signifie que l'oxygène peut simplement avoir été diffusé dans le sang. **Pour l'acide carbonique, les signes ont une signification inverse**, le signe négatif indiquant le rôle actif des poumons dans l'élimination de l'acide carbonique. Pour plus de clarté, les différences, dans les cas où une simple diffusion ne suffit pas à expliquer les phénomènes, sont imprimées en plus gros caractères. On trouve aussi dans les tableaux les valeurs concernant l'absorption de l'oxygène et l'élimination de l'acide carbonique par kilogramme et par heure, ainsi que le quotient respiratoire. Le tableau II donne en outre la composition de l'air inspiré. Dans la colonne intitulée «Remarques», la lettre *A* indique que le sang a afflué dans l'aréomètre de l'extrémité centrale d'une artère et est revenu à l'animal par l'extrémité périphérique de la même artère, et la lettre *V*, que le sang sorti de l'extrémité centrale d'une artère est rentré par l'extrémité centrale d'une veine. Quant aux lettres *P* et *J*, elles signifient que, pour maintenir le sang fluide, on y a injecté des peptones ou une infusion de sangsues.

Tableau I.

Expériences avec inspiration d'air atmosphérique ne renfermant pas d'acide carbonique.

Num° des expérien- ces.	Tension de l'oxygène dans			Tension de CO ² dans			Par kilog. et par heure.		Quotient respira- toire.	Remarques.	
	l'air de la bifurca- tion.	le sang artériel.	Diffé- rence.	l'air de la bifurca- tion.	le sang artériel.	Diffé- rence.	O absorbé.	CO ² éliminé.			
I	127,4	143,9	+ 16,5	16,6	10,1	- 6,5	592	588	1,01	A	J
II	132,1	142,1	+ 10	9,9	0	- 9,9	159	281	0,57	A	P
III	"	"	"	24,2	10,9	- 13,3	555	664	0,84	A	J
IV	131,4	105,4	- 26,0	14,3	16,7	+ 2,4	545	634	0,86	A	J
Va	"	118,3	"	5,8	19,8	+ 14	203	}			P
Vb	"	116,3	"	9,7	20,9	+ 11,2					
VI	95,4	101,2	+ 5,8	34,6	17,4	- 17,2	454	848	0,54	A	J
VII	114,1	115,9	+ 1,8	25,9	31,7	+ 5,8	363	451	0,81	V	J
VIII	"	"	"	12,0	20,5	+ 8,5	417	545	0,77	V	P
IX	116,8	117,9	+ 1,1	22,8	38,0	+ 16,8	524	823	0,63	A	P
Xa	103,0	141,0	+ 38	23,2	11,2	- 12	}	}	}		morphine
Xb	109,8	121,7	+ 11,9	14,8	27,6	+ 12,8					
XI	112,2	121,7	+ 9,5	28,4	27,7	- 0,7	504	658	0,60	A	J
									0,77	A	J

Tableau II.
Expériences avec inspiration d'air atmosphérique mélangé d'acide carbonique.

Num ^o des expérien- ces.	Tension de l'oxygène dans			Tension de CO ² dans			Par kilog. et par heure.		Quotient respira- toire.	Air inspiré.		Remarques.	
	l'air de la bifur- cation.	le sang artériel.	Diffé- rence.	l'air de la bifur- cation.	le sang artériel.	Diffé- rence.	O absorbé.	CO ² éliminé.		CO ²	O		
XII	116,1	106,1	— 10	40,6	29,7	— 10,9	424	817	0,52	4,9	18,8	V	J
XIII	130,4	143,6	+ 13,2	28,5	0,9	— 27,6	470	423	1,11	3,2	20,0	A	J
XIV	127,1	127,6	+ 0,5	28,8	19,9	— 8,9	604	560	1,08	2,0	20,2	A	J
XV a	120,5	122,3	+ 1,8	69,8	37,4	— 32,4	280	544	0,52	8,9	18,9	V	P
XV b	117,9	118,4	+ 0,5	72,5	57,8	— 14,7							
XVI a	"	"	"	32,2	34,9	+ 2,7	369	"	"	3,2	"	V	P
XVI b	"	"	"	34,4	36,3	+ 1,9							

Ce qui frappe tout d'abord dans les tableaux ci-contre, c'est la grande variation des tensions, tant dans l'air de la bifurcation que dans le sang artériel, même lorsque l'air inspiré ne renferme pas d'acide carbonique, comme dans les expériences du tableau I. Dans ce tableau, la tension de l'oxygène dans le sang artériel varie entre 101 et 144 mm. et celle de l'acide carbonique entre 0 et 38 mm. Dans le tableau II (expériences avec de l'air inspiré renfermant de l'acide carbonique), la tension de l'acide carbonique dans le sang artériel varie entre 0,9 et 58 mm. Il ne saurait naturellement être question de prendre la moyenne de valeurs à ce point variables, pour en tirer ensuite des conclusions sur la nature de la fonction des poumons; chaque cas doit être considéré à part, et c'est là une règle qu'il n'est pas inutile de rappeler, car on trouve de temps à autre dans la littérature de pareilles moyennes.

Il résulte en outre des tableaux que, dans la plupart des cas, les différences de pression des deux côtés des parois des vésicules pulmonaires ne peuvent être la force qui produit les mouvements de l'air dans le tissu des poumons. Dans 23 cas sur 34, ces mouvements se sont faits en allant de la pression la plus basse vers la pression la plus élevée. Avec inspiration d'air atmosphérique ne renfermant pas d'acide carbonique, la différence de pression, pour l'oxygène, a été 8 fois positive (rôle actif du tissu pulmonaire) et 1 fois négative, et pour l'acide carbonique 6 fois négative (rôle actif du tissu pulmonaire) et 7 fois positive. Avec inspiration d'air mélangé d'acide carbonique, cette différence pour l'oxygène a été 4 fois positive et 1 fois négative, et pour l'acide carbonique 5 fois négative et 2 fois positive.

La plus grande différence positive pour l'oxygène a été de + 38 mm., et la plus grande négative pour l'acide carbonique de - 32,4 mm.; ces pressions, les gaz dont il s'agit ont donc pu les surmonter dans leur marche à travers les

poumons, et il faut encore se rappeler que les valeurs ci-dessus sont des valeurs minima, puisqu'elles sont basées sur l'air de la bifurcation au lieu de l'être sur celui des vésicules pulmonaires.

Quant à calculer la moyenne des différences, cela n'aurait évidemment, pour le but que nous nous proposons, pas plus d'utilité que de calculer celle des tensions elles-mêmes.

On n'observe aucun rapport déterminé entre la valeur des différences de tension et celle de l'échange gazeux respiratoire, tel qu'il se manifeste dans l'absorption de l'oxygène et l'élimination de l'acide carbonique par kilogramme du poids de l'animal et par heure. Pour traiter cette question, il faut recourir au tableau I, où l'air inspiré a la même composition dans toutes les expériences. Dans le tableau II, l'échange gazeux respiratoire est naturellement influencé par la teneur plus ou moins grande de l'air inspiré en acide carbonique. En comparant les différences pour l'oxygène du tableau I avec l'absorption de ce gaz par kilogramme et par heure, on voit que la plus grande différence positive + 38 (n° X) correspond à une absorption d'oxygène de 881 cm. cub., et la plus grande différence négative — 26 (n° IV) à une absorption de 634 cm. cub. Dans ces deux cas, l'absorption a donc été maximum là où l'oxygène a eu à vaincre une pression pour pénétrer dans le sang; mais ce n'est pas une règle générale, car dans l'expérience II, où la différence est + 10 et tient à peu près le milieu entre les deux précédentes, la valeur de l'absorption, 281 cm. cub., est la plus faible qui ait été trouvée dans toutes les expériences. Il n'y a pas non plus pour l'acide carbonique de relation fixe entre les grandeurs dont il s'agit ici. Dans les expériences III et IX, où l'élimination de ce gaz par kilogramme et par heure est respectivement de 555 et de 524 cm. cub., valeurs assez voisines l'une de l'autre, les différences de tension, — 13,3 et + 16,8 mm., présentent un très grand écart. L'élimination la plus grande de l'acide carbonique,

592 cm. cub., est celle de l'expérience I, où la différence de tension est de — 6,5 mm.

Que la valeur de l'échange gazeux par kilog. n'influe pas davantage sur celles des différences, cela n'a du reste rien qui doive surprendre. Des relations fixes entre l'échange gazeux et les différences (qui sont une expression de la grandeur du travail du tissu pulmonaire pendant l'échange gazeux) ne pourraient s'établir que dans la supposition qu'un échange gazeux plus grand coïnciderait toujours avec un effort relativement plus grand des organes en fonction; tel peut bien être le cas s'il s'agit seulement de diverses phases de l'échange gazeux chez le même individu, mais il en est autrement lorsque, comme dans nos expériences, on soumet à ces recherches des individus différents.

Notre tâche aurait été singulièrement facilitée si, pendant les expériences, on avait pu produire un état dans lequel l'organisme aurait dû mettre en jeu tous ses ressorts pour imprimer à l'échange gazeux l'activité requise, si, par exemple, il avait été possible de faire exécuter à l'animal soumis à l'expérience un travail musculaire forcé. Mais des raisons techniques ne l'ont pas permis, et il a même fallu se résigner à voir l'échange gazeux notablement réduit (par exemple dans les nos II et V) par l'immobilisation et souvent aussi par l'injection de peptones.

Dans les cas où le sang artériel rentre dans l'animal par une veine, le travail des poumons est certainement encore plus réduit par la forte artérialité donnée au sang. Toutes les expériences du tableau I ont ainsi été exécutées dans des circonstances qui doivent être regardées comme peu favorables à l'activité spécifique des poumons, si l'on admet que cette activité croît en raison du travail qu'on leur impose. Il était donc à supposer qu'en opérant avec de l'air inspiré renfermant de l'acide carbonique, ou amènerait peut-être le tissu pulmonaire à déployer une plus grande énergie, et c'est dans ce but

qu'il a été procédé aux expériences du tableau II. Elles ont en effet montré que l'air mélangé d'acide carbonique agit comme un stimulant dans l'élimination de ce dernier gaz par les poumons, car, tandis que l'air pur a donné une différence négative dans 6 cas sur 13 et que la plus grande n'a pas dépassé $-17,2$, on a obtenu avec l'air mélangé d'acide carbonique une différence négative dans 5 cas sur 7 et la plus grande s'est élevée à $-32,4$. L'exemple suivant montre plus directement l'action stimulante de l'acide carbonique sur la fonction sécrétoire des poumons. On a soumis un chien à deux expériences consécutives en lui faisant d'abord respirer de l'air renfermant $3,2\%$ d'acide carbonique et puis de l'air pur. Dans le premier cas, la tension de l'acide carbonique dans le sang a été de $0,9$ mm. et la différence pour ce gaz de $-27,6$ mm. (tableau II, n° XIII); dans le second, cette tension s'est élevée à $10,1$ mm. et la différence n'a été que de $-6,5$ mm. Les valeurs de ces tensions ont été déterminées avec une grande certitude.

Pour ce qui regarde les expériences où les tensions sont telles que les gaz se dirigent du côté de la pression la plus faible, on peut bien admettre une simple diffusion à travers les parois des vésicules pulmonaires; mais ce n'est nullement nécessaire et c'est même à peine naturel, puisque dans plusieurs autres cas analogues l'activité spécifique du tissu pulmonaire a été positivement constatée. Quelques-unes des expériences ci-dessus mentionnées présentent en outre des circonstances qui se laissent difficilement concilier avec l'hypothèse de la diffusion, bien que les valeurs des tensions la rendent possible. Tel est le n° X. Dans la première partie (a) de l'expérience, la teneur en acide carbonique de l'air expiré est de $1,20\%$, et l'air de l'aréomètre en renferme en même temps $1,61\%$ (tension dans le sang = $11,2$ mm., différence pour l'acide carbonique = -12 mm.). Dans la seconde partie (b), la tension dans le sang a augmenté, la proportion

de l'acide carbonique dans l'air de l'aréomètre s'étant élevée à 3,97 % (tension dans le sang = 27,6 mm., différence pour l'acide carbonique = + 12,8 mm.), mais la teneur en acide carbonique de l'air expiré est en même temps tombée à 0,76 %. La circonstance que la tension de l'acide carbonique dans le sang a plus que doublé, tandis que, dans l'air expiré, elle est tombée au-dessous de la moitié de sa valeur primitive, semble indiquer dans les poumons un état qui a produit une rétention de l'acide carbonique; en tout cas, ce résultat serait difficile à expliquer par l'hypothèse de la diffusion.

Les résultats de nos recherches peuvent se résumer dans les propositions suivantes:

1) La tension des gaz dans le sang artériel et dans l'air expiré en même temps des poumons a, dans la plupart des cas, présenté des valeurs telles que les différences de tension des deux côtés des parois des vésicules pulmonaires ne peuvent être la force qui détermine la marche des gaz à travers le tissu des poumons.

2) Ce fait se manifeste surtout très clairement dans l'inspiration d'un air renfermant de l'acide carbonique.

3) La tension dans le sang artériel, tant en ce qui concerne l'acide carbonique que l'oxygène, est très variable chez les différents individus, même s'ils sont placés dans des conditions extérieures identiques; elle peut même, pendant de courtes périodes, varier chez le même individu, sans qu'il se produise un changement appréciable dans les conditions extérieures.

D'après ce qui précède, il est bien permis de considérer l'absorption et l'élimination des gaz à travers les poumons comme analogues aux phénomènes qui, dans l'organisme, sont compris sous le nom de sécrétions glandulaires. De même que les autres organes, les poumons ne peuvent déployer leur activité spéciale que dans les limites étroites marquées par

les conditions physiques extérieures, comme le montrent les phénomènes connus qui se produisent lorsque l'organisme se trouve exposé à un air très pauvre en oxygène ou très riche en acide carbonique. Mais en dehors de ces cas extrêmes, l'action spéciale du tissu pulmonaire est la principale cause déterminante de la tension des gaz dans le sang.

L'influence que le tissu pulmonaire exerce sur le rapport entre la tension des gaz dans le sang et dans l'air des poumons, peut s'expliquer soit par une absorption directe de l'oxygène et une élimination directe de l'acide carbonique par les cellules épithéliales des parois des vésicules pulmonaires, soit par une action qui modifie la tension des gaz du sang au moment où il quitte les poumons, l'un de ces modes d'action n'excluant naturellement pas l'autre. Les intéressantes expériences de coloration de M. Ehrlich¹⁾, d'après lesquelles les poumons vivants exercent une action réductrice, semblent parler en faveur de la première hypothèse. La seconde trouve un appui dans quelques expériences sur la tension des gaz du sang que j'espère pouvoir bientôt publier.

¹⁾ Ehrlich, Sauerstoffbedürfniss des Organismus. Berlin 1885, p. 143.