

Bibliothèque numérique

medic@

TISSOT, J. - Nouvelle méthode de mesure et d'inscription du débit et des mouvements respiratoires de l'homme et des animaux

In : Journal de physiologie et de pathologie générale, 1904, vol 6, pp. 688-700



(c) Bibliothèque interuniversitaire de médecine (Paris)
Adresse permanente : <http://www.bium.univ-paris5.fr/hist/med/medica/cote?110619x1904x01>

VI

NOUVELLE MÉTHODE DE MESURE ET D'INSCRIPTION DU DÉBIT ET DES MOUVEMENTS RESPIRATOIRES de l'homme et des animaux ;

Par M. J. TISSOT

(Travail du laboratoire de M. Chauveau, au Muséum.)

Les méthodes actuellement en usage pour la mesure du débit respiratoire présentent de nombreuses déficiences. Les compteurs offrent au passage de l'air inspiré ou expiré une résistance notable qui fatigue rapidement le sujet, indépendamment de la gêne apportée par le mode de respiration buccale généralement employé avec ces appareils.

Les gazomètres présentent aussi une résistance variable à la pénétration de l'air par suite du défaut d'équilibration de la cloche.

Quant aux procédés d'inscription de l'amplitude et de la forme des mouvements respiratoires, ils présentent encore plus de déficiences. Les pneumographes, quelle que soit leur forme, présentent de nombreux inconvénients que je vais énumérer :

1° Leur mode de fixation enlève beaucoup de valeur à leurs indications déjà peu précises, car la tension des liens qui les fixent est sujette à variations et d'autre part ils ne conservent pas exactement la même position au cours d'une expérience ; leurs indications ne sont donc pas exactement comparables au commencement et à la fin d'une expérience ;

2° Ils sont une cause de gêne pour la respiration par leur mode de fixation au moyen des liens qui enserrant le thorax ;

3° Leurs indications sont inexactes parce que les mouvements respiratoires ne conservent pas toujours le même type. La respiration qui présente le type thoracique au moment où l'on fixe le pneumographe peut devenir presque uniquement diaphragmatique et abdominale au cours d'une expérience ; à ce moment le pneumographe posé sur le thorax donne des indications d'une valeur insignifiante bien que la respiration puisse continuer à s'effectuer dans des conditions presque normales. Ces variations sont extrêmement fréquentes chez les animaux anesthésiés ;

4° Les pneumographes donnent des graphiques qui manquent de proportionnalité avec le volume d'air inspiré.

Ces nombreux inconvénients suffisent à rendre désirable la possession d'une méthode qui permette d'obtenir des courbes présentant une proportionnalité parfaite avec le volume d'air introduit dans le poumon à chaque mouvement respiratoire. La méthode que je vais décrire réalise ces conditions et fournit en outre un moyen de mesurer et d'inscrire de façon précise le débit respiratoire en évitant les critiques que j'ai adressées plus haut aux compteurs et aux spiromètres mal équilibrés.

Cette méthode nécessite l'emploi de quatre systèmes différents :

- 1° Un appareil à séparation des courants d'air inspiré et expiré, adapté à l'orifice des voies respiratoires ;
- 2° Un spiromètre ou gazomètre relié à l'appareil à séparation des courants d'air ;
- 3° Un système permettant d'inscrire les mouvements respiratoires de façon continue et proportionnellement au volume d'air introduit dans le poumon ;
- 4° Un système permettant d'inscrire le débit respiratoire en unités de volume et en fonction du temps.

Appareil à séparation des courants d'air inspiré et expiré.

Cet appareil a déjà été décrit¹, mais de façon assez sommaire pour qu'il soit utile d'en dire quelques mots et d'en donner des figures. La légende placée en dessous des figures 1, 2 et 4 en donne une description suffisante



Fig. 1.



Fig. 2.

a b c, cordons servant à fixer solidement l'appareil à la calotte au moyen de la mentonnière *d*.

pour qu'il soit inutile de la répéter. Je dirai seulement que la disposition spéciale des soupapes enlève toute possibilité d'adhérence entre elles et les tubes qu'elles sont destinées à fermer.

Le rebord de ces tubes est taillé en biseau et tranchant ; la lame métallique de la soupape n'est donc en contact avec le tube que par une surface extrê-

¹ A. CHAUVÉAU et J. TISSOT. Outillage très simple et très sûr d'application aussi rapide que facile, etc. (*C. R. de l'Acad. des sc.*, 24 juin 1901, t. CXXXII, p. 1532).

mement petite, mais qui néanmoins suffit à l'occlusion du tube; si l'on considère que, lorsque deux surfaces planes sont séparées par une mince lame d'eau, la résistance que la pression atmosphérique oppose à leur écartement est proportionnelle à leur surface de contact, on se rend compte que les causes d'adhérence de la soupape sont ici réduites au minimum; en fait, le sujet qui respire à l'aide de l'appareil n'arrive jamais, à aucun moment, à percevoir la moindre résistance dans le jeu des soupapes, même si elles sont complètement recouvertes d'eau. On pourrait craindre à première vue que l'occlusion du tube soit défectueuse en raison de l'extrême réduction de la surface d'adhérence de la soupape avec le tube; mais c'est là une crainte mal fondée; au contraire, l'adhérence de deux surfaces peut être rendue d'autant plus parfaite que ces surfaces sont plus petites.

J'ai dû, en vue de l'inscription précise des mouvements respiratoires, ajouter à l'appareil le système d'interrupteur que j'ai déjà décrit dans un mémoire antérieur¹.

La figure 3 représente cet interrupteur. Il est constitué par un cylindre en ébonite *a* traversé par deux tiges métalliques *cc* portant à une de leur extrémité une borne *d*, et à l'autre un godet en nickel *b b* contenant du mercure. Une lame de clinquant extrêmement mince et légère *g* (1/50 de millimètre d'épaisseur), soudée à un axe très mobile *f*, porte deux pointes fines *n n'* en fil de cuivre très mince qui déterminent la fermeture d'un courant en s'appliquant sur le mercure des godets *b b*. La lame *g* est tellement légère qu'elle se soulève et rompt le circuit dès que le courant d'air inspiré (ou expiré) vient frapper sa face inférieure.

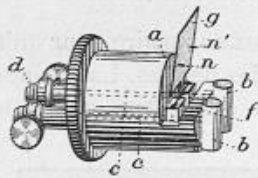


Fig. 3.

Je fais remarquer que ce résultat est obtenu sans apporter de résistance aux mouvements de l'air, le passage restant toujours libre.

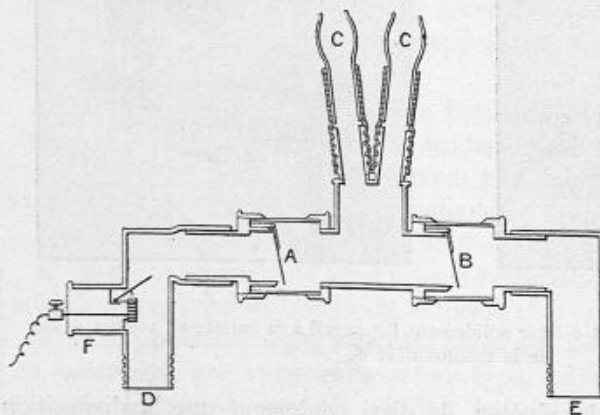


Fig. 4.

A, soupape inspiratrice; B, soupape expiratrice; C, embouts de verre s'ajustant dans les narines; D, tube inspireur; E, tube expirateur; F, interrupteur électrique.

duquel on inscrit les mouvements (fig. 4). Si l'on veut inscrire les mouve-

On verra plus loin que le système d'inscription ne permet d'inscrire que le mouvement inspiratoire ou le mouvement expiratoire. Lorsqu'on veut inscrire le mouvement inspiratoire, l'interrupteur est placé sur le trajet du tube expiratoire de l'appareil et le sujet inspire l'air du spiromètre au moyen

¹ J. Tissot. Appareil pour mesurer le débit et les échanges respiratoires, etc. (*Arch. de Physiol.*, juillet 1896).

ments expiratoires, l'interrupteur est placé sur le trajet du tube inspirateur de l'appareil et le sujet expire dans le spiromètre (*fig. 5*). Si l'on a deux spiromètres à sa disposition on peut ajuster à l'appareil deux interrupteurs, un sur le tube inspirateur, l'autre sur le tube expirateur, et inscrire séparément et simultanément les mouvements inspiratoires et expiratoires, le sujet inspirant l'air d'un spiromètre pour expirer dans l'autre.

Lorsqu'il s'agit d'expérimenter sur le chien, l'appareil

présente deux types différents suivant que l'on veut expérimenter à l'aide de la respiration trachéale ou à l'aide de la respiration nasale et normale. Dans le premier cas, l'appareil, modifié comme le montre la figure 6, s'ajuste au moyen du tube A sur la canule trachéale B, et l'interrupteur se place sur le tube inspirateur ou sur le tube expirateur suivant le mouvement que l'on veut inscrire.

Lorsqu'on veut conserver à la respiration sa forme normale, on se sert d'une muselière spéciale à laquelle est adapté l'appareil à séparation des courants d'air (*fig. 7*). Cette muselière est constituée par une partie conique A en laiton et qui a la forme du

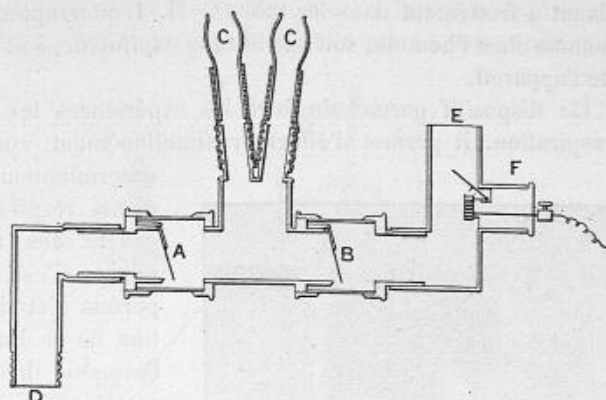


Fig. 5.

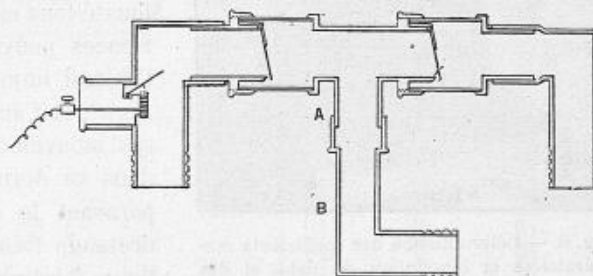


Fig. 6.

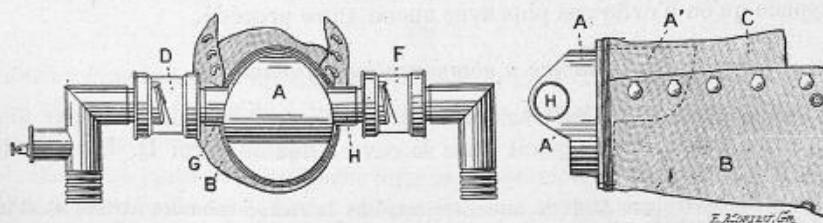


Fig. 7.

museau de l'animal sur lequel elle s'emboîte parfaitement. Deux larges lames de cuir B C, munies d'anneaux et de crochets permettent de fixer hermétiquement cette muselière sur le museau en empêchant toute sortie ou

rentrée d'air¹. Deux cordons qui viennent s'attacher en arrière de la tête, sous la protubérance occipitale maintiennent solidement l'appareil. Les deux boîtes D F, qui contiennent les soupapes inspiratrice ou expiratrice s'adaptent à volonté sur la muselière ou peuvent en être détachées, parce qu'elles se fixent à frottement dans les tubes G H. L'interrupteur électrique se place, comme chez l'homme, soit sur le tube expirateur, soit sur le tube inspirateur de l'appareil.

Ce dispositif permet de faire les expériences les plus délicates sur la respiration. Il permet d'effectuer simultanément, comme chez l'homme, la



Fig. 8. — Détermination des coefficients respiratoires et inscription du débit et des mouvements respiratoires chez le chien libre de ses mouvements.

détermination précise des coefficients respiratoires et l'inscription exacte des mouvements respiratoires. C'est ce dispositif qui m'a permis d'étudier sur le chien, l'action de la diminution de tension de l'oxygène dans l'air inspiré sur les gaz du sang et sur les coefficients respiratoires; il s'agissait là d'expériences infiniment plus délicates que les expériences ordinaires, car la moindre rentrée d'air ordinaire par la muselière aurait complètement faussé tous mes résultats. Les expériences peuvent se faire soit sur l'animal immobilisé sur une gouttière², soit sur l'animal libre de tous ses mouvements; il est nécessaire, dans ce dernier cas, de faire auparavant le dressage de l'animal, dressage très simple et rapide. La figure 8 représente un animal dressé et libre de ses mouvements, sur lequel on détermine les coefficients

respiratoires tout en effectuant l'inscription de la mécanique respiratoire.

Je tiens à insister sur ce fait que l'appareil ne détermine aucune gêne respiratoire chez l'animal. Le seul inconvénient, chez le chien, est la polypnée qu'on n'évite pas plus avec aucun autre procédé.

Spiromètre à compensation automatique.

Cet appareil, déjà décrit sommairement ailleurs³ est constitué par une cloche en laiton A, plongeant dans la cuve à double paroi B. Lorsque la

¹ La partie métallique A de la muselière empêche la compression des narines et évite toute gêne respiratoire qui pourrait résulter du mode de fixation de la muselière.

² Dans ce cas on peut fixer la muselière après avoir immobilisée la tête de l'animal au moyen d'un mors. Il suffit de pratiquer deux trous latéraux dans les lames de cuir pour permettre l'ajustage de la muselière sur le mors; cependant il est encore plus simple de fixer la tête par un autre procédé, en particulier en engageant le museau de l'animal dans un anneau fixe et l'y maintenant par des liens.

³ J. Tissot, in *Traité de physique biologique* de MM. Bouchard, Chauveau, d'Arsonval et Marey, t. I, p. 755.

cloche est au bas de sa course, sa partie supérieure A' vient s'appliquer exactement sur la partie supérieure B' de la cuve, qui a exactement la même forme. Une armature métallique solide C, C, C, fixée à la cuve B porte la chape D et la poulie E. Cette poulie est en aluminium, c'est-à-dire très légère; son grand diamètre (27 centimètres dans l'appareil qui a servi à mes expériences)

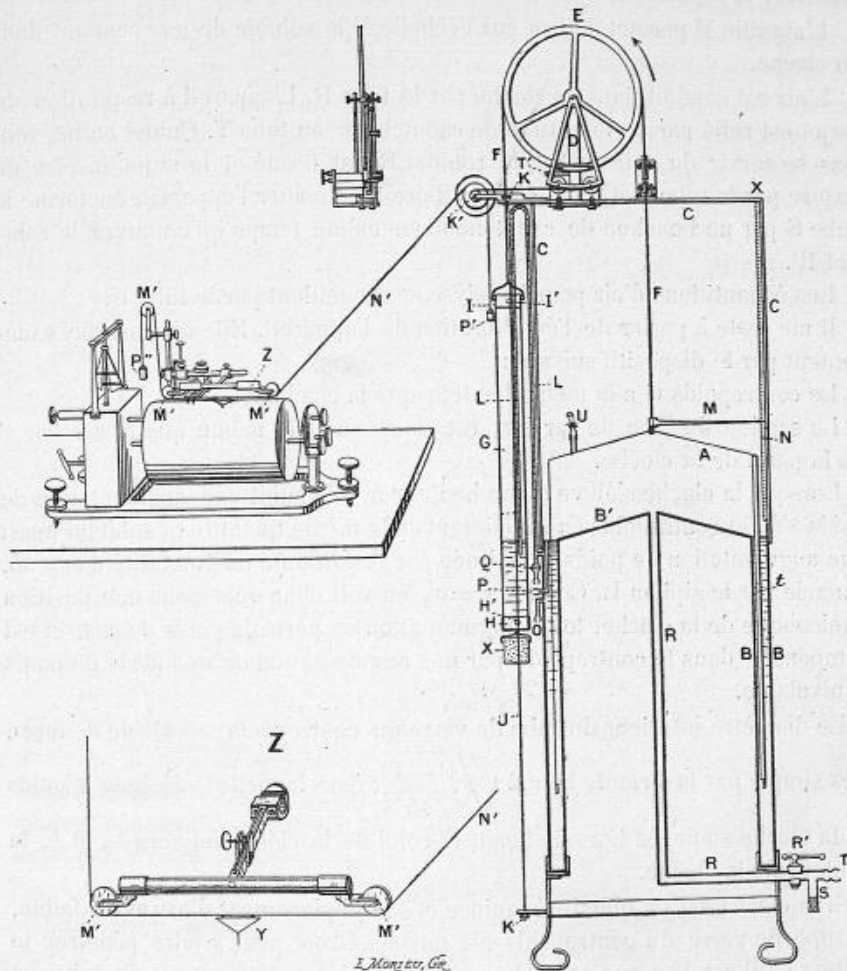


Fig. 9.

ainsi qu'une monture délicate sur pointes la rendent très sensible; un poids de 5 grammes suspendu à un fil placé sur sa gorge lui imprime un mouvement de rotation assez rapide.

La gorge plate de cette poulie loge un ruban métallique FF large de 4 millimètres et épais de 5/10 de millimètres, auquel est suspendu d'un côté la cloche A, de l'autre le contrepoids G. Ce contrepoids est constitué par un tube de verre cylindrique d'un diamètre déterminé, fermé à son extrémité inférieure par l'armature métallique H et portant à son extrémité supérieure l'armature I munie d'un crochet de suspension; chaque armature porte deux anneaux latéraux (H', I'), dans lequel s'engagent deux guides verticaux J, en fil métallique très fort, tendus par les vis K.

Le tube métallique L est un siphon destiné à maintenir au même niveau l'eau contenue dans la cuve B et dans le contrepoids G. Le niveau de l'eau dans la cuve B est maintenu constant, soit au moyen d'un vase de Mariotte, soit plus simplement au moyen d'un écoulement continu d'eau. L'eau arrivant par le tube O, s'écoule par le tube de niveau P. Le robinet Q sert à amorcer le siphon L.

L'aiguille M permet de lire sur l'échelle N le volume de gaz contenu dans la cloche.

L'air est conduit dans la cloche par le tube R. L'appareil à respiration du sujet est relié par un long tube de caoutchouc au tube T. Quand on ne veut pas se servir du spiromètre, le robinet R est fermé et le sujet inspire ou expire par le tube S. Quand on veut faire fonctionner l'appareil, on ferme le tube S par un bouchon de caoutchouc en même temps qu'on ouvre le robinet R'.

Les échantillons d'air pour l'analyse se recueillent par le tube U.

Il me reste à parler de l'équilibration de l'appareil. Elle est assurée exactement par le dispositif suivant :

Le contrepoids G a la même hauteur que la cloche A.

La section du tube de verre s , est exactement la même que la section s' de la paroi de la cloche.

Lorsque la cloche s'élève d'une hauteur h , elle subit une augmentation de poids $s'h$; le contrepoids en s'abaissant de la même quantité h , subit lui aussi une augmentation de poids constituée par l'addition d'une quantité d'eau sh , amenée par le siphon L. Comme $s = s'$, on voit donc que, pour une position quelconque de la cloche, toute augmentation ou perte de poids de celle-ci est compensée dans le contrepoids par une augmentation ou une perte de poids équivalente.

Le diamètre intérieur du tube de verre du contrepoids se calcule de façon très simple par la formule $D = 2 \sqrt{\frac{P - P'}{sh}}$, dans laquelle P désigne le poids de la cloche soulevée hors de l'eau, P' celui de la cloche immergée, et h , la hauteur de la cloche.

Si la cloche est en métal très mince et son déplacement d'eau assez faible, le tube de verre du contrepoids est un peu étroit pour y faire pénétrer le siphon L; il est bon que ce siphon ne touche jamais les parois du tube, ce qui ajouterait la résistance d'un frottement au fonctionnement de l'appareil.

Pour obvier à cet inconvénient on augmente le déplacement d'eau de la cloche en soudant à sa paroi intérieure plusieurs tubes métalliques cylindriques creux et hermétiquement clos. Un tube ajouté dans ce but (t) est indiqué sur la figure.

Le contrepoids de dimension convenable étant suspendu au ruban F (fig. 9) on fait fonctionner le siphon L, puis on ajoute dans le vase X des grains de plomb jusqu'à ce que la cloche n'ait aucune tendance ni à monter, ni à descendre, c'est-à-dire jusqu'à ce qu'elle reste en équilibre dans toutes les positions qu'on lui donne.

Lorsque le spiromètre a été équilibré de cette manière, il est sensible à une pression de $1/10$ de millimètres d'eau.

On peut se rendre compte de son absence totale de résistance en faisant expirer un sujet alternativement et à son insu dans le spiromètre ou par le tube S ouvert à l'air libre :

Il lui est absolument impossible d'indiquer le moment pendant lequel il fait fonctionner le spiromètre. On peut cependant objecter que, à chaque expiration, l'air subit une légère compression dans la cloche avant que celle-ci ait pris sa position d'équilibre, puisque c'est en vertu de cette compression que la cloche monte. — Mais on peut éviter cet inconvénient, si toutefois c'en est un, en ajoutant au vase X un poids déterminé, 50 grammes par exemple, qui a pour effet de solliciter le mouvement d'ascension de la cloche et d'éviter la compression. Mais cette addition ne peut être faite que si le sujet respire à l'aide d'un appareil qui détermine une occlusion parfaite du tube expirateur pendant l'inscription ¹.

L'addition d'un poids supplémentaire dans le vase X a en outre l'avantage d'obvier à un autre inconvénient, léger du reste, mais qui tend à rendre un peu moins parfaite l'équilibration du spiromètre ; c'est l'entraînement d'eau par les parois de la cloche à mesure qu'elle s'élève. Cet entraînement d'eau est d'autant plus faible que les parois de la cloche sont plus propres et plus polies.

Afin de diminuer au maximum les résistances au passage de l'air, il est bon que le tube R n'ait pas un diamètre intérieur inférieur à 20 millimètres, et que les tubes conducteurs en caoutchouc n'aient pas un diamètre intérieur de moins de 22 à 25 millimètres. Quant à leur longueur, elle peut sans inconvénient dépasser 10 mètres sans que le sujet perçoive de résistance.

Inscription du débit respiratoire.

Elle s'effectue au moyen d'un système très simple. Le ruban d'acier A (fig. 10) auquel est suspendue la cloche du spiromètre porte sur l'un de ses côtés des encoches P. P. dont l'espacement correspond exactement à celui des divisions en litres ou demi-litres de la règle de graduation de la cloche. A mesure que le ruban se déplace, les encoches viennent passer devant l'extrémité O d'une lame d'acier H articulée sur l'axe J et deux fois recourbée sur elle-même ; cette lame porte à son autre extrémité un fil de platine I dont les deux pointes sont recourbées et viennent tremper dans les godets à

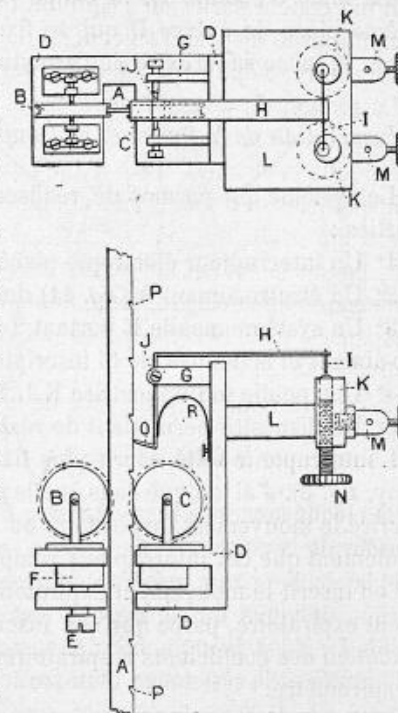


Fig. 10.

¹ Dans le cas où le sujet inspire l'air du gazomètre, c'est au contraire une décharge de 50 gr. du vase X qu'il faut effectuer.

mercure K. K. à chaque mouvement de bascule de la lame H. Un ressort très léger R fait appuyer continuellement l'extrémité O de la lame H contre le ruban P. Chaque fois qu'une encoche passe devant cette extrémité O, celle-ci pénètre dans l'encoche, la lame A bascule et le fil de platine I ferme un courant entre les bornes M. M. Si ces bornes sont reliées à une pile et à un signal électromagnétique, on obtient à l'aide de ce dernier une inscription semblable à celle de la figure 123(C). Sur cette courbe C, chaque dent ou l'écartement entre deux dents représente un volume égal à un litre. Si à côté de cette courbe on a fait l'inscription du temps, rien de plus facile que de connaître la valeur du débit respiratoire pendant un temps déterminé.

Pour rendre l'inscription plus régulière et aussi pour supprimer les frottements du ruban A, celui-ci est maintenu entre deux galets très mobiles, B. C.

Les godets KK sont en fer et fixés sur une pièce en ébonite L. Ils portent à la partie inférieure une vis N qui permet de faire monter ou descendre le mercure dans les godets.

La lame d'ébonite L, la chape G et les galets BC sont montés sur une même pièce de cuivre D qui se fixe à volonté au moyen de la vis E, sur la règle F, pièce supérieure de l'armature du spiromètre (C, fig. 9 et 11).

Inscription de la forme et de l'amplitude des mouvements respiratoires.

Le système qui permet de réaliser cette inscription comprend plusieurs parties :

- 1° Un interrupteur électrique placé dans l'appareil respiratoire (fig. 3);
- 2° Un électro-aimant A (fig. 11) dont le jeu est réglé par l'interrupteur;
- 3° Un système mobile E portant 2 plaques de fer doux actionnées par l'électro-aimant et actionnant le fil inscripteur (fig. 11);
- 4° Une poulie multiplicatrice K.L.M;
- 5° Un dispositif permettant de réaliser l'inscription horizontale.

L'interrupteur a été décrit plus haut, à propos de l'appareil respiratoire (voy. fig. 3). J'ai indiqué dans quelle position il doit être placé selon qu'on veut inscrire le mouvement inspiratoire ou le mouvement expiratoire. Je rappelle seulement que cet interrupteur rompt le circuit pendant l'inspiration, lorsqu'on inscrit le mouvement expiratoire; je ne m'occuperai ici que du mouvement expiratoire, parce que son inscription permet en même temps la détermination des coefficients respiratoires au moyen de l'air expiré recueilli dans le spiromètre.

L'électro-aimant A (fig. 11) est ajusté sur une plaque de laiton en équerre fixée à l'armature supérieure du spiromètre. La pièce triangulaire E est un des éléments essentiels du système; elle est en aluminium et ajourée pour augmenter sa légèreté; elle est ajustée comme une poulie folle sur l'axe S de la poulie U et est très mobile sur cet axe; son mouvement est donc indépendant de celui de la poulie U dont l'axe ne lui sert que de point d'appui et de centre de mouvement. Le côté inférieur H du triangle est constitué par un arc de cercle parallèle à la circonférence de la poulie U, et porte comme cette poulie une gorge dans laquelle passe le fil J qu'on peut fixer à l'aide de la vis I.

La pièce E porte une tige transversale S' sur laquelle sont fixées deux

lames d'acier F.F. recourbées en équerre et dont le bord libre vient s'appliquer contre la jante de la poulie U; ce bord libre porte des dents aiguës (comme une scie) qui viennent se fixer lorsque l'appareil fonctionne, sur une lame de caoutchouc très mince collée contre la jante de la poulie U.

Le bord inférieur H du triangle E porte deux rondelles de fer doux BB qui, lorsqu'elles sont attirées par l'électro-aimant A, déterminent l'application du triangle E contre la poulie U et une adhérence parfaite entre ces deux parties au moyen des lames dentées FF, qui empêchent tout dérapement.

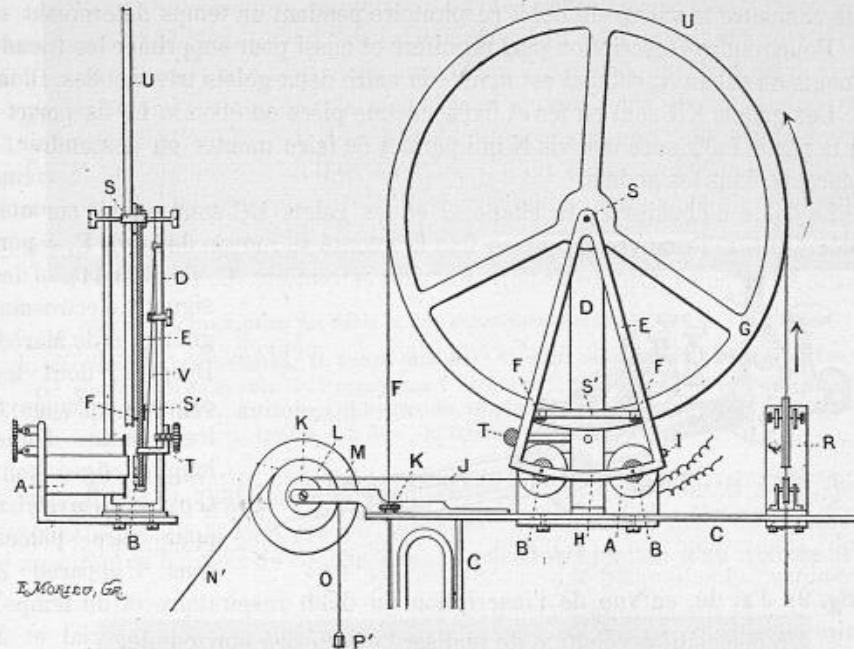


Fig. 11.

Cette pièce triangulaire E peut donc à volonté, ou rester immobile quand la poulie U tourne, ou s'appliquer contre cette poulie et tourner exactement comme elle. C'est l'idée directrice du procédé : pendant que le sujet respire, c'est-à-dire pendant que la poulie U tourne, la pièce E est appliquée contre elle par l'électro-aimant et tourne avec elle. Elle s'en détache dès que la poulie s'arrête et que le sujet a fini d'expirer, parce que l'électro-aimant cesse de fonctionner. C'est le ressort *UV* qui, attirant la pièce E en arrière, la détache de la poulie *U* dès que cesse l'attraction de l'électro-aimant. La pièce E devenue libre est alors sollicitée en sens contraire du mouvement qu'elle vient d'effectuer par les fils J et N' tendus par un poids suffisant pour entrainer la pièce. Cette pièce E effectue au retour un mouvement de même amplitude qu'à l'aller parce qu'elle est toujours arrêtée au même point qui est son point de départ, par le buttoir T. L'électro-aimant est éloigné des rondelles de fer doux BB et les attire à distance sans jamais les appliquer contre lui, ce qui déterminerait un frottement et augmenterait les résistances de l'appareil.

Ainsi donc, pour résumer, la pièce E qui est appuyée contre le buttoir T

au début de l'expiration, s'applique pendant toute la durée de l'expiration contre la poulie U et suit son mouvement parce que l'électro-aimant fonctionne lui-même pendant toute la durée de l'expiration; l'expiration terminée, l'électro-aimant cesse d'attirer la pièce E qui se détache de la poulie V et revient au buttoir; la même manœuvre se répète à chaque mouvement expiratoire.

La poulie K sert à multiplier le mouvement; le fil J étant placé sur la plus petite gorge, le fil N' qui porte le style inscripteur s'ajuste sur la gorge L ou sur la gorge M, selon la multiplication cherchée.

Pour comprendre le procédé d'inscription proprement dit, il faut se reporter à la figure 9. Le fil N' se réfléchit sur 3 poulies M', M''M' et est tendu par le poids P''; il porte un fil métallique léger replié en triangle Y, et dont la pointe inscrit sur l'enregistreur la courbe respiratoire; le poids P' sert à maintenir le fil N' tendu pendant que la pièce E (*fig. 12*) revient au buttoir.

Le système de poulies qui permet l'inscription horizontale est le même que celui du manomètre à mercure de M. Chauveau auquel il a été emprunté.

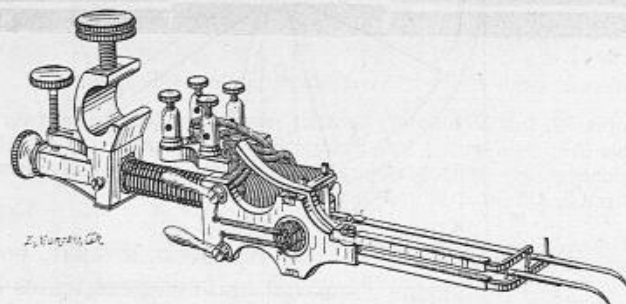


Fig. 12.

Ce système ne permet pas l'emploi des signaux électro-magnétiques de Marcel Desprez, dont les organes groupés à l'extrémité d'une longue tige sont trop volumineux pour être placés sous l'appareil Z

(*fig. 9*). J'ai dû, en vue de l'inscription du débit respiratoire et du temps, faire construire un signal électro-magnétique d'un modèle spécial et à inscription double. Le dessin ci-contre le représente (*fig. 12*). Son emploi est très commode parce que les styles inscripteurs sont longs et, d'autre part, parce que j'y ai fait adapter les deux systèmes de réglage qui existent dans les tambours à levier de M. Chauveau.

Il me reste à résumer le mode de fonctionnement du système; l'interrupteur électrique de l'appareil respiratoire et l'électro-aimant sont placés au préalable sur le même circuit d'un élément de pile au bichromate; la respiration du sujet détermine automatiquement, au moyen de l'interrupteur électrique que porte l'appareil respiratoire, une rupture du circuit à chaque inspiration et la fermeture de ce circuit pendant toute la durée de l'expiration.

L'électro-aimant applique donc la pièce E contre la poulie U (*fig. 11*) pendant toute la durée de l'expiration. Comme cette poulie tourne pendant l'expiration et se déplace dans le sens de la flèche puisque le spiromètre monte, la pièce E suit son mouvement et entraîne les fils J et N; le style Y inscrit le mouvement imprimé à tout le système; dès que l'inspiration commence, le circuit est rompu et la pièce E n'étant plus attirée par l'électro-aimant devient libre et est ramenée en arrière contre son buttoir.

On voit donc par cet exposé :

1° Que l'inscription est continue;

2° Que la hauteur des courbes inscrites est exactement proportionnelle aux déplacements verticaux de la cloche du spiromètre, c'est-à-dire au volume d'air expiré.

Les indications du graphique conservent donc toujours entre elles une proportionnalité absolue. Le graphique donne en outre la valeur exacte, en

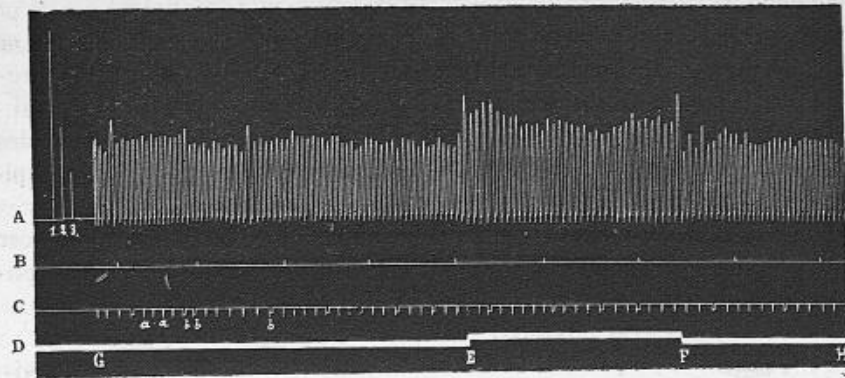


Fig. 13. — Inscription du débit et des mouvements respiratoires de l'homme.

A, mouvements respiratoires; B, temps (minute); C, débit respiratoire [chaque trait vertical simple (*aa*) ou double (*bb*) représente 1 litre d'air]; GE, FH, station assise; EF, station verticale; 1 2 3, étalonnage des courbes respiratoires. Le trait vertical 1 représente un débit du 1 litre; le trait 2, 1/2 litre; le trait 3, 250 cc. d'air.

volume, de la quantité d'air expulsée à chaque expiration. Il suffit, pour connaître cette valeur, d'avoir étalonné l'appareil une fois pour toutes en mesurant la hauteur de courbe donnée par l'introduction d'un volume d'air

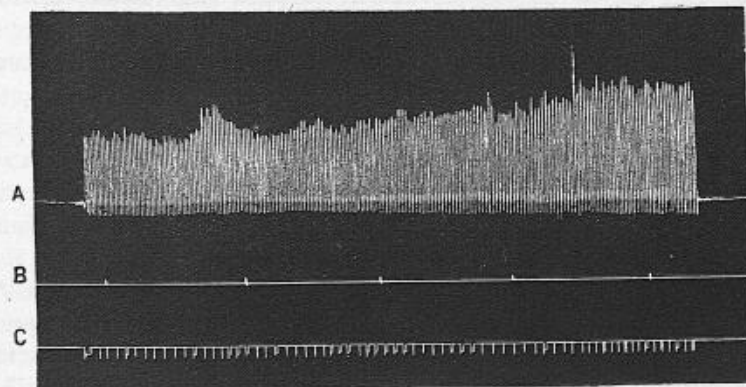


Fig. 14. — Inscription des mouvements et du débit respiratoires du chien pendant une période de polypnée.

A, mouvements respiratoires; B, temps (minute); C, débit respiratoire (chaque cran = 1 litre d'air).

d'un litre dans le spiromètre. Cette hauteur étant connue en millimètres et fractions de millimètre, on construit facilement une échelle à l'aide de laquelle on peut connaître immédiatement à quel volume d'air correspond

une hauteur de courbe quelconque sur le graphique. La figure 13 est un exemple de courbe expiratoire recueillie sur l'homme. L'étalonnage de l'appareil qui est donné au début de la courbe respiratoire montre la proportionnalité absolue des indications fournies par ce procédé.

La figure 14 est un exemple de courbe prise sur le chien. Elle montre que l'appareil fonctionne de façon aussi parfaite avec les animaux qu'avec l'homme.

On voit aussi qu'en donnant assez de vitesse au cylindre enregistreur on obtient facilement la forme exacte du mouvement expiratoire ou du mouvement inspiratoire.

Le seul inconvénient du système est qu'on ne peut obtenir que l'un des deux mouvements, soit le mouvement inspiratoire, soit le mouvement expiratoire.

Pour obtenir l'inscription du mouvement inspiratoire, il suffit de placer l'interrupteur comme il a été indiqué page 690, d'ajuster la poulie multiplicatrice K' en X (fig. 9) et de changer de côté le buttoir T'¹.

Je crois devoir, pour terminer, résumer les avantages du système :

1° Il permet l'inscription du débit et les mouvements respiratoires en évitant l'application de tout appareil sur le thorax de l'homme;

2° Il permet d'effectuer l'inscription de la résultante de toutes les actions des muscles respiratoires, c'est-à-dire de la mécanique respiratoire, en même temps qu'on effectue une détermination des coefficients respiratoires;

3° L'inscription s'effectue sans intervention possible d'aucune cause d'erreur;

4° Les indications des courbes respiratoires sont toujours exactement proportionnelles entre elles et absolument proportionnelles au volume d'air expiré ou inspiré;

5° Les courbes respiratoires obtenues permettent de connaître le volume d'air inspiré ou expiré à chaque mouvement respiratoire;

6° Ce procédé donne la forme exacte du mouvement inspiratoire ou du mouvement expiratoire.

¹ Il est nécessaire, en outre, de remplacer les lames d'acier FF (fig. 11) par deux autres lames dont les dents ont une direction inverse.