

Chaire de Physiologie générale

Professeur : Monsieur J. TISSOT



CHAUVEAU

Nouveau procédé de détermination des échanges respiratoires de l'Homme

Par M. J. TISSOT
Professeur de physiologie générale.

Les mesures du métabolisme de l'Homme sont effectuées actuellement par deux procédés :

1^o Dans l'un, on adapte sur le visage du sujet un masque ou un appareil respiratoire à deux soupapes qui permet de conduire l'air expiré dans un gazomètre, où on le mesure et où l'on prend un échantillon pour l'analyse dans un eudiomètre de précision.

Ce procédé est exact, mais il impose l'usage d'un eudiomètre de précision, appareil coûteux, encombrant et exigeant de l'opérateur des connaissances techniques assez étendues et des calculs.

Ce procédé est réalisé par le spiromètre à compensation automatique que j'ai décrit antérieurement (1) et soit par l'appareil respiratoire à deux soupapes que j'ai également décrit, soit par le masque que je décris plus loin.

Ce procédé permet d'obtenir à la fois la quantité d'oxygène absorbée par le sujet, la quantité d'acide carbonique exhalée et, par suite, le quotient respiratoire.

2^o L'autre procédé consiste à mesurer seulement la quantité d'oxygène absorbée par le sujet. Par exemple, dans le procédé de BÉNÉDICT, le sujet dont les narines sont obturées par une pince respire au moyen d'un embout relié par deux tubes de caoutchouc à un gazomètre dont la cloche est remplie d'oxygène. Le gazomètre contient un réservoir rempli de chaux sodée granulée à travers laquelle passe l'air expiré amené par l'un des tubes. L'air expiré, ainsi privé d'acide carbonique, est repris dans la cloche par l'autre tube qui le ramène au poumon. Ainsi, dans ce procédé, c'est le même volume de gaz, très riche en oxygène, qui sert à la respiration pendant six minutes. Une aiguille fixée à la cloche enregistre directement les mouvements de celle-ci sur un cylindre garni d'une feuille de papier enfumé.

On peut calculer la valeur du métabolisme soit à l'aide de la lecture directe du volume

(1) J. TISSOT, Nouvelle méthode de mesure et d'inscription du débit et des mouvements respiratoires de l'Homme et des animaux (*Journ. de Phys. et Path. gén.*, juillet 1904, t. VI, p. 688).

d'oxygène disparu, soit à l'aide de la courbe de la vitesse d'absorption de l'oxygène et au moyen d'une abaque établie spécialement dans ce but.

Ce procédé a le défaut d'utiliser un mode respiratoire défectueux et très gênant, la respiration buccale, qui fausse en partie les résultats. Le procédé ne donne pas la mesure de l'acide carbonique exhalé, autre défaut grave, car la connaissance du quotient respiratoire est très importante dans les maladies de la nutrition.

Enfin, l'emploi d'oxygène pur, qui détermine la saturation de l'hémoglobine du sang en oxygène, introduit une condition nouvelle qui, à mon avis, est de nature à modifier les résultats par l'action que ce sang suroxygéné peut exercer sur les centres nerveux, par exemple, sans parler des autres tissus. On sait en effet que, tandis que le sang artériel normal ne contient que 16 à 18 centimètres cubes d'oxygène pour 100 centimètres cubes de sang, en moyenne, il arrive à en fixer 23 à 25 centimètres cubes, quelquefois plus encore, si on l'agite vivement avec de l'air.

L'introduction dans le poumon d'air contenant 70 à 80 p. 100 d'oxygène détermine encore mieux la saturation de l'hémoglobine du sang par l'oxygène.

Cette suroxygénation a pour effet de diminuer la valeur de la mécanique respiratoire, diminution qui peut se manifester aussi bien par la diminution de l'amplitude des mouvements respiratoires que par les périodes d'apnée.

Cet appareil de BÉNÉDICT est, en somme, l'appareil de REGNAULT et REISET modifié et appliqué à l'Homme grâce à des emprunts à d'autres appareils auxquels n'a pas été rendue l'antériorité qui leur est due.

Le procédé que je vais décrire permet d'obtenir :

- 1° La quantité totale d'oxygène absorbé par le sujet en un temps donné, dix minutes, par exemple ;
- 2° La quantité totale d'acide carbonique exhalée pendant le même temps ;
- 3° Par suite le quotient respiratoire.

Ces résultats sont obtenus sans analyse de l'air et sans autre calcul que la réduction, à 0 et 760 millimètres, des chiffres obtenus.

L'exactitude du procédé est excellente parce que les volumes totaux d'oxygène absorbé et d'acide carbonique exhalé sont lus directement sur les spiromètres ; il n'y a donc pas, dans ce cas, de coefficient d'erreur comme dans le cas de la mesure par échantillonnage et analyse.

L'exactitude ne dépend que de celle de la graduation de la cloche du spiromètre. Elle dépend également des qualités du masque d'un nouveau modèle qui isole les voies respiratoires du sujet et lui permet de conserver une respiration normale sans trace de la moindre gêne.

Le procédé est réalisé au moyen des appareils suivants :

- 1° Un masque spécial V (fig. 1 et 2), isolant les voies respiratoires du sujet et relié par deux tuyaux de caoutchouc à deux spiromètres à compensation automatique ;
- 2° Un spiromètre inspireur à compensation automatique (spir. 1) dans lequel on isole le volume d'air qui servira à la respiration ;

3° Un spiromètre expirateur (spir. 2) dans lequel s'accumulera l'air expiré par le sujet ;

4° Un laboratoire l dans lequel sera absorbé l'acide carbonique de l'air expiré.

L'expérience est réalisée de la manière suivante : Le sujet, muni du masque, inspire l'air du spiromètre n° 1 dont le volume V est connu, et il envoie l'air expiré dans le spiromètre n° 2. On lit le volume v de l'air expiré ; le volume d'oxygène absorbé est donc $V - v$. On fait ensuite passer lentement l'air expiré du spiromètre n° 2 dans le laboratoire l , où l'acide carbonique s'absorbe, et on accumule à nouveau cet air dans le spiromètre n° 1. On lit à nouveau le volume v' et on obtient ainsi le volume d'acide carbonique exhalé $v - v'$.

Voici la description de ces diverses parties.

1° MASQUE. — C'est une feuille de caoutchouc à laquelle on a donné, par découpage sur un gabarit spécial, et soudure de différentes pièces, la forme du visage de l'Homme. A cette feuille de caoutchouc V (fig. 2 et 3) sont adaptées : une bride médiane en caoutchouc s (fig. 2), se rendant derrière la tête et, sur laquelle viennent se souder, de chaque côté, deux brides latérales passant l'une Q exactement au-dessus de l'oreille, l'autre r en dessous. L'effet de ces trois brides est d'appliquer très intimement le pourtour du masque sur le front, les tempes, sur les côtés du visage, en avant des oreilles et sous le menton.

Deux œillères en caoutchouc L (fig. 3) permettent le sertissage hermétique de deux vitres circulaires E, E (fig. 2 et 3). De chaque œillère part un petit tube en caoutchouc dans lequel s'engage un tube métallique m (fig. 2 et 3) relié à un tube transversal n (fig. 2 et 3), qui lui-même est ajusté dans le tube de caoutchouc N (fig. 2) en rapport avec le spiromètre inspirateur n° 1.

Le masque porte, en face de la bouche, un autre tube de caoutchouc N (fig. 3), dans lequel vient s'ajuster le tube métallique p (fig. 2 et 3), fixé sur le tube de caoutchouc T (fig. 2) en rapport avec le spiromètre inspirateur. Deux soupapes sont placées au voisinage du masque, l'une S sur le tube inspirateur N (fig. 1), l'autre U sur le tube expirateur T (fig. 1). Ces soupapes, dont le clapet extrêmement léger est en mica, n'offrent aucune résistance et ne collent pas quand elles sont mouillées, car elles s'appliquent sur un siège mince et presque tranchant, principe que j'ai déjà décrit depuis longtemps (1).

Comme on le voit par ce dispositif, l'air inspiré amené dans le masque, au niveau des œillères, vient frapper les vitres qui y sont serties et empêche ainsi la vapeur d'eau de s'y déposer au moment de l'expiration. La vue reste ainsi continuellement nette. L'air expiré suit d'ailleurs un autre chemin. Il est conduit au spiromètre n° 2, expirateur, par le tube T (fig. 1 et 2).

Le masque s'adapte au visage avec la plus grande facilité. Il est rigoureusement hermétique. Il ne détermine aucune gêne par la tension des attaches, et cela quelle que soit la durée pendant laquelle il reste en place ; il ne détermine pas la moindre gêne dans tout le système, la pression de l'air y étant complètement négligeable et imperceptible pour le sujet.

Ainsi, la respiration utilise les voies normales et sans aucune modification des conditions normales.

(1) *Jour. de Phys. et Path. gén.* juillet 1904, p. 688.

2° SPIROMÈTRE INSPIRATEUR A COMPENSATION AUTOMATIQUE. — Ce spiromètre ayant

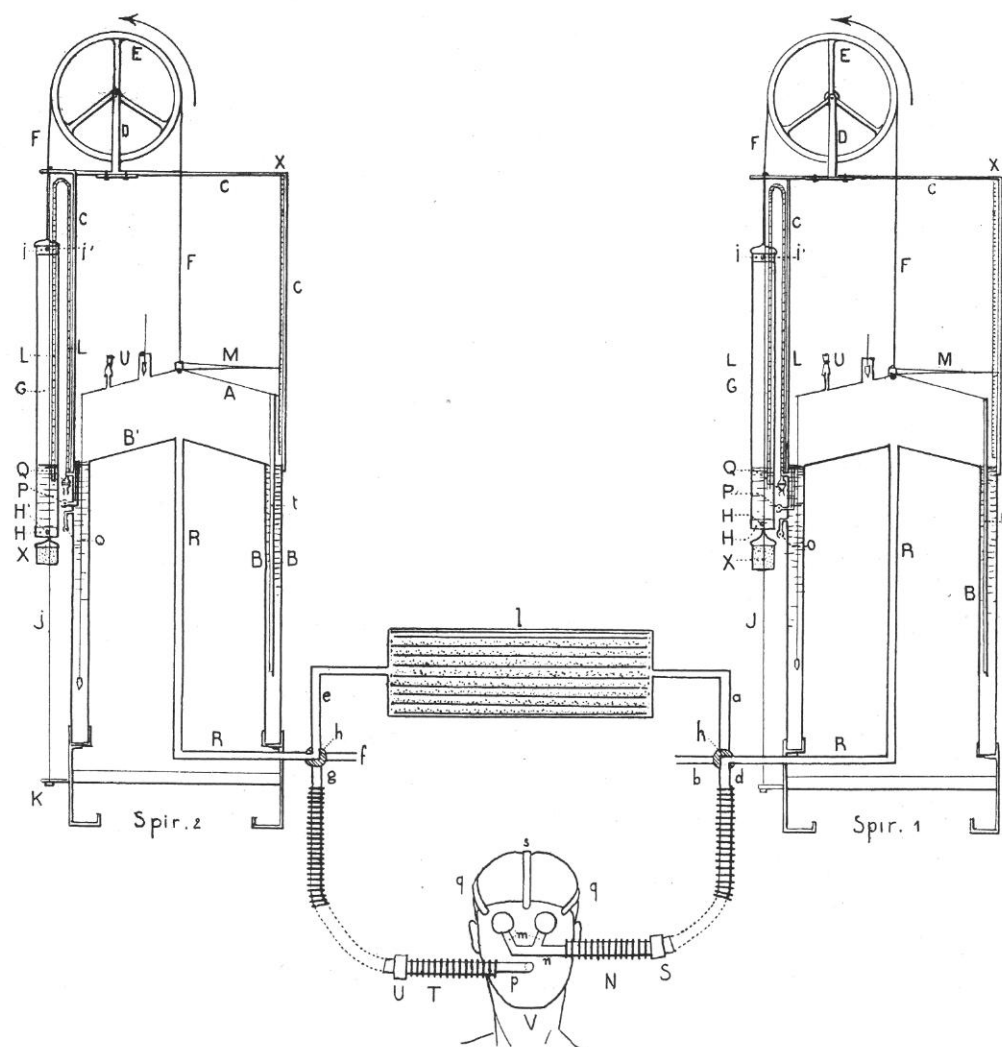


Fig. 1.

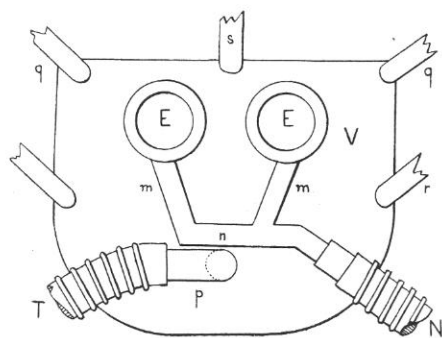


Fig. 2.

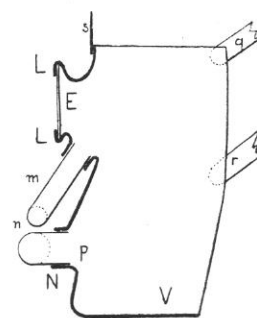


Fig. 3.

déjà été décrit antérieurement, je ne donnerai ici que quelques indications sommaires. Il est constitué :

1° Par une cuve à eau à double paroi BB dans le fond de laquelle B' vient s'aboucher le tube d'arrivée d'air B' ;

2° Par une cloche très légère A, suspendue à un fil métallique F passant sur une poulie très légère E, en aluminium. A l'autre extrémité du fil est suspendu un contrepoids creux G, en verre, et de même hauteur que la cloche A. Un siphon LL fait communiquer l'intérieur de ce contrepoids avec l'eau de la cuve B.

Le principe de l'appareil est le suivant : à mesure que la cloche se remplit d'air et se soulève, son poids augmente d'une quantité égale à sh , s étant la surface de la section de la cloche et h la hauteur de soulèvement. Pour que la cloche soit toujours équilibrée de façon parfaite, il faut donc que le poids du contrepoids augmente aussi de la même quantité sh . Pour cela, il suffit de donner à la section intérieure du contrepoids une surface égale à s , la section de la paroi de la cloche. Cette section étant trop faible pour cette réalisation, avec une cloche en métal de un ou deux dixièmes de millimètre d'épaisseur, on l'augmente artificiellement en soudant à l'intérieur plusieurs tubes creux et fermés ayant même hauteur que la cloche et un diamètre extérieur de 10 millimètres.

Ainsi construite, la cloche est équilibrée parfaitement dans toutes les positions, et la sensibilité de l'appareil est si grande que la cloche se soulève ou se vide sous l'effet d'une variation de pression de 1 ou 2 dixièmes de millimètre d'eau.

Au tube d'entrée de l'air RR est soudé un gros robinet métallique h dont le boisseau porte quatre tubes et la clef deux voies à angle droit, de telle façon que l'air du spiromètre 1 puisse être envoyé dans les directions Ra (laboratoire l) ou Rd, et que le sujet puisse respirer soit l'air atmosphérique venant par les tubes bd , soit l'air du spiromètre 1 par les tubes dR .

La surface de l'eau de la cuve de ce spiromètre *doit rester exempte d'huile de vaseline*.

3° SPIROMÈTRE EXPIRATEUR N° 2. — Il est identique au précédent ; le robinet à quatre voies h permet de faire expirer le sujet soit au dehors par les voies gf , soit dans le spiromètre expirateur n° 2, ou encore de faire passer l'air de ce spiromètre dans le laboratoire l par les voies Re .

A la surface de l'eau de la cuve de ce spiromètre, on met de l'huile de vaseline occupant une hauteur de 1 centimètre environ, afin d'éviter la dissolution de l'acide carbonique dans l'eau.

4° LABORATOIRE. — C'est une boîte métallique l d'une capacité d'environ 5 litres, contenant 2 kilogrammes de soude caustique granulée répartie uniformément dans ce volume. La capacité d'absorption de cette quantité de soude caustique est de plus de 500 litres d'acide carbonique. Un homme à jeun, de poids moyen, exhale, en dix minutes, une quantité d'acide carbonique voisine de 21,500. On voit donc que le laboratoire permet une centaine de mesures en utilisant seulement la moitié de sa capacité d'absorption.

Manœuvres à effectuer pour la mesure de la quantité d'oxygène absorbée et de la quantité d'acide carbonique exhalée.

Dans le spiromètre 1, on emmagasine exactement 80 litres d'air ; le spiromètre 2 est complètement vidé.

On place ensuite les clefs des robinets *h* et *k* dans les positions *bd* et *fg*, puis, le sujet étant au repos depuis dix minutes, on lui ajuste le masque en s'assurant qu'il est bien posé, qu'il ne gêne ni les yeux, ni le nez, et qu'il s'applique parfaitement sur le visage et sur tout le pourtour ; dans cet état, le sujet inspire l'air atmosphérique et expire dans l'atmosphère. On le laisse respirer ainsi cinq minutes.

Instantanément, sans que le sujet en soit prévenu, on tourne les deux robinets *k* et *h* pour diriger l'air suivant les directions *Rd* et *gR* ; en même temps, on déclenche la seconde indépendante d'un chronomètre ; l'opération se fait après un mouvement expiratoire.

Les spiromètres sont si sensibles que le sujet ne doit pas s'apercevoir du changement opéré. On le laisse respirer ainsi six minutes ou dix minutes. La mesure en dix minutes est plus sûre et dispense d'une deuxième détermination.

Au bout de dix minutes, et toujours après la fin d'un mouvement expiratoire, on arrête l'expérience en tournant les robinets *k* et *h* pour que le sujet inspire l'air atmosphérique (direction *bd*) et expire au dehors (direction *gf*).

On lit la température de l'air dans les cloches inspiratrice et expiratrice ; au besoin, on attend quelques minutes que la température soit redevenue normale dans la cloche expiratrice ; on lit le volume de l'air dans les cloches, puis on note la pression barométrique, et on réduit les volumes à 0° et 760 millimètres.

On a ainsi le volume de l'air inspiré *V*, par différence entre le volume au début (80 litres) et le volume restant dans le spiromètre n° 1. On possède le volume de l'air expiré *v* par simple lecture sur le spiromètre n° 2. La différence $V - v$ donne le volume total de l'oxygène consommé par le sujet.

Il reste maintenant à mesurer la quantité d'acide carbonique exhalée. On met un poids de 100 ou 200 grammes sur la cloche du spiromètre n° 2, puis on tourne la clef du robinet *h* pour diriger lentement l'air suivant *Re* dans le laboratoire *l*, puis la clef du robinet *k* suivant *aR*. La cloche du spiromètre n° 2 descend et se vide dans le spiromètre n° 1 en traversant le laboratoire. La cloche du spiromètre n° 2 étant vidée, on la décharge du poids qui la charge et qu'on place sur la cloche du spiromètre n° 1 pour déterminer le déplacement de l'air en sens inverse. Quand le spiromètre n° 1 est vide à son tour, on enlève le poids qui charge la cloche et on le place à nouveau sur la cloche du spiromètre n° 2. Quand il est vide, on lit le volume de l'air dans la cloche n° 1, en s'assurant toutefois que la température ne s'y est pas élevée sensiblement, auquel cas on attendrait quelques minutes avant de faire la lecture. Il est nécessaire d'effectuer ces trois opérations parce que l'air sort sec du laboratoire et qu'il faut le mesurer saturé d'humidité. Cette condition est mieux réalisée dans le spiromètre n° 1 que dans le spiromètre n° 2.

Le volume lu *v'* donne la quantité d'acide carbonique exhalée, par soustraction avec le volume *v*.

On possède ainsi tous les éléments nécessaires pour la détermination du quotient respiratoire et du métabolisme basal, les volumes d'oxygène et d'acide carbonique trouvés étant réduits de 0 et 760 millimètres.

Je souligne, en terminant, que ce dispositif expérimental supprime toutes les erreurs dues, avec d'autres dispositifs, soit aux soupapes résistantes, soit au mode respiratoire anormal (respiration buccale, nez pincé), soit à la respiration d'oxygène pur, et supprime en même temps la complication de l'analyse du gaz avec son coefficient d'erreur.
