



HAL
open science

Histoire de la spirométrie au XIX e siècle: du spiromètre de Hutchinson jusqu'au spiromètre de Dupont utilisé par le psychologue Alfred Binet pour mesurer la capacité respiratoire et l'intelligence des enfants d'école primaire

Serge Nicolas

► To cite this version:

Serge Nicolas. Histoire de la spirométrie au XIX e siècle: du spiromètre de Hutchinson jusqu'au spiromètre de Dupont utilisé par le psychologue Alfred Binet pour mesurer la capacité respiratoire et l'intelligence des enfants d'école primaire. 2018. hal-01923566

HAL Id: hal-01923566

<https://u-paris.hal.science/hal-01923566>

Preprint submitted on 15 Nov 2018

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial - NoDerivatives 4.0 International License

Document technique

Histoire de la spirométrie au XIX^e siècle

Du spiromètre de Hutchinson jusqu'au spiromètre de Dupont utilisé par le psychologue Alfred Binet pour mesurer la capacité respiratoire et l'intelligence des enfants d'école primaire

Serge Nicolas

Institut Universitaire de France

Paris Descartes University

Laboratoire Mémoire et Cognition ó Institut de Psychologie

Centre de Psychiatrie et Neurosciences, INSERM UMR U894, France

Résumé. Cet article retrace l'histoire de la spirométrie et des spiromètres utilisés au cours du XIX^e siècle. Une attention toute particulière a été portée à l'évolution trop peu connue des techniques spirométriques en France. Après l'invention du spiromètre par le médecin anglais John Hutchinson (1811-1861) au cours des années 1840, l'instrument va être utilisé par de nombreux médecins et savants, notamment à l'étranger. Les milieux médicaux et scientifiques français ne seront pas démentés séduits par la nouvelle technique de mesure de la capacité pulmonaire proposée par Hutchinson. Il faudra attendre le milieu des années 1850 pour que les savants français proposent de nouveaux appareils moins imposants, moins coûteux et plus maniables que celui inventé par Hutchinson ou transformé par d'autres chercheurs étrangers. L'article présente en détail l'évolution technique des spiromètres en France et à l'étranger. Certains de ces appareils seront même utilisés par les psychologues. A la fin du siècle le psychologue Alfred Binet fut le premier à réaliser une étude systématique chez les enfants d'école afin de contrôler si la capacité respiratoire mesurée à l'aide du spiromètre de Dupont était bien un bon indicateur du développement physique d'un individu. Son objectif était également de voir si le spiromètre pouvait servir d'instrument de mesure de l'intelligence !

Mots clés : Histoire de la psychologie, spiromètre, instruments, Alfred Binet (1857-1911), John Hutchinson (1811-1861)

Note 1 Pour toute correspondance prière de s'adresser à Serge Nicolas, Institut de Psychologie, Laboratoire Mémoire et Cognition, 71 avenue Edouard Vaillant, 92774 Boulogne-Billancourt Cedex, France, ou email : serge.nicolas@parisdescartes.fr

Histoire de la spirométrie au XIX^e siècle

Du spiromètre de Hutchinson jusqu'au spiromètre de Dupont utilisé par le psychologue Alfred Binet pour mesurer la capacité respiratoire et l'intelligence des enfants d'école primaire

« Dans l'investigation scientifique, les moindres procédés sont de la plus haute importance. Le choix heureux d'un [] instrument construit d'une certaine façon [] suffit souvent pour résoudre les questions générales les plus élevées. » (Claude Bernard, 1865, *Introduction à l'étude de la médecine expérimentale*, p. 27)¹

Lorsque le directeur du laboratoire de psychologie physiologique de la Sorbonne Alfred Binet (1857-1911 ; Wolf, 1973²), futur inventeur du premier test d'intelligence, décide d'entreprendre ses travaux de recherche sur la spirométrie chez les jeunes enfants d'une école primaire de Paris (V^e arrondissement), il s'adresse pour l'appareillage au jeune médecin psychiatre Edouard Toulouse (1865-1947) avec qui il est en contact depuis quelque temps pour des investigations engagées par ce dernier sur la psychologie du génie. Binet écrit ainsi le 25 mars 1897 dans une lettre adressée à Toulouse : « *Je compte sur vous pour le spiromètre ; prière de me donner une indication écrite de la manière de s'en servir, pour que je ne me trompe pas* ». Différents types de spiromètres existaient à l'époque et le choix de Binet s'était porté sur un appareil simple et peu coûteux : le spiromètre de Dupont. Pourtant il existait sur le marché français de nombreux spiromètres en vente chez les constructeurs d'instruments de précision depuis celui de Hutchinson (1846) le plus ancien connu jusqu'à ceux développés par les entreprises Collin, Mathieu, Galante et Verdin à Paris.

Le premier spiromètre a en effet été construit dans le but de mesurer la *capacité vitale*, un terme introduit dans la science par le médecin anglais John Hutchinson (1811-1861 ; cf. Spriggs, 1977)³. On sait aujourd'hui que les poumons humains d'un sujet adulte sain contiennent environ 6 litres d'air. Mais sur ces 6 litres, il y a 1,5 litres qui se trouve dans les différents conduits respiratoires (volume mort). Seuls les 4,5 litres restants correspondent à la capacité vitale. Il s'agit du volume d'air maximum qu'on peut par une inspiration et une expiration prolongée faire sortir de ses poumons (environ 4 à 5 litres). La capacité vitale correspond ainsi à la somme de trois quantités ; elle représente la quantité d'air normalement inspiré et expiré (environ 0,5 litre), plus l'air complémentaire introduit dans le poumon par une inspiration très forte, plus la réserve expiratoire expirée du poumon par une expiration très forte. En effet, à chaque respiration, il y a une certaine quantité d'air qui entre dans le poumon par l'inspiration et une certaine quantité qui en sort par l'expiration. Cette quantité est en moyenne de 500 centimètres cubes (0,5 litre). Dans les conditions normales, le poumon conserve en outre, après une expiration, une certaine quantité d'air, qu'on pourrait en chasser au moyen d'une expiration forcée ;

¹ Bernard, C. (1865). *Introduction à l'étude de la médecine expérimentale*. Paris : J.-B. Baillière.

² Wolf, T. H. (1973). *Alfred Binet*. Chicago: The University of Chicago Press.

³ Spriggs, E. A. (1977). John Hutchinson, the inventor of the spirometer ó his North country background, life in London, and scientific achievements. *Medical History*, 21, 357-364.

cette quantité d'air porte le nom de réserve respiratoire. De même, quand nous inspirons normalement, nous n'introduisons pas dans notre poumon tout l'air qu'il pourrait contenir ; si nous faisons une inspiration plus énergique et plus profonde que la normale, nous augmenterons l'air contenu dans nos poumons d'une quantité qui porte le nom d'air complémentaire.

La spirométrie consiste dans une mesure directe de la capacité respiratoire. Après une profonde inspiration, le sujet fait (**figure 1**) une expiration forcée dans une embouchure, et tout l'air qu'il a réussi à faire sortir de ses poumons dans un grand effort se réunit dans le spiromètre, où on le mesure habituellement en centimètres cubes, sous une pression connue. Après Hutchinson, on a trouvé des partisans trop ardents notamment en Angleterre et en Allemagne qui ont voulu voir avec le spiromètre un moyen de diagnostic pouvant servir pour toutes les maladies de poitrine. C'était aller trop loin ; aussi bientôt un mouvement en sens inverse s'est prononcé, et bon nombre de praticiens judicieux et éminents ont rejeté le spiromètre comme donnant des résultats inutiles, d'ailleurs entachés d'erreurs inévitables. A la fin du siècle le psychologue Alfred Binet fut le premier à réaliser une étude systématique de la capacité vitale chez les enfants d'école afin de voir 1° s'il s'agissait bien là d'un bon indicateur du développement physique d'un individu et, 2° si le spiromètre pouvait même aller jusqu'à donner une mesure de l'intelligence ! Nous proposons d'abord une présentation historique des instruments (pour de brefs éléments historiques : cf., Gibson, 2005⁴ ; Spriggs, 1978⁵)⁶ utilisés au XIX^e siècle pour mesurer la capacité vitale avant de nous intéresser plus spécifiquement aux travaux de Binet sur la spirométrie.



Figure 1. Expérience de spirométrie grâce au Spiromètre de Dupont, destinée à mesurer la capacité respiratoire ; à droite, l'enfant debout tient avec la main droite l'embouchure d'un tube appliquée contre ses lèvres, et il fait un effort d'expiration ; l'air chassé de ses poumons circule dans un tube de caoutchouc et arrive dans un premier flacon rempli d'eau ; le niveau d'eau s'abaisse, et l'eau remonte, par un large tube, dans un second flacon (à droite), qui est gradué et permet de mesurer en centimètres cubes la quantité d'air expirée. (au centre se trouve l'expérimentateur N. Vaschide ; cf. Binet & Vaschide, 1898b, p. 105)

⁴ Gibson, G. J. (2005). Spirometry: then and now. *Breathe*, 1, n° 3, 207-216.

<http://breathe.ersjournals.com/content/breathe/1/3/206.full.pdf>

⁵ Spriggs, E. A. (1978). The history of spirometry. *British Journal of the Diseases of the Chest*, 72, 165-180

⁶ Pour un site historique illustré sur les spiromètres : <https://www.pftforum.com/history/>

1 6 L'INVENTION DU SPIROMÈTRE ET PREMIERS DÉVELOPPEMENTS

Si c'est au médecin anglais John Hutchinson (1811-1861) que l'on doit le nom de l'instrument (le spiromètre) destiné à mesurer la capacité vitale, de nombreuses tentatives avaient été réalisées avant lui au moyen de techniques obscures et peu fiables. Son spiromètre révélé aux sociétés savantes au cours des années 1844-1846 allait permettre à ses contemporains et à ses successeurs d'explorer scientifiquement la respiration humaine.

Premières tentatives de mesure de la respiration

Concernant l'appréciation du volume d'air inspiré et expiré pendant l'acte calme et normal de la respiration, on ne trouve dans les écrits antérieurs au XIX^e siècle que de vagues tentatives scientifiques dont les résultats n'offrent rien de bien précis (pour des historiques : Schnepf, 1856b⁷, 1857⁸ ; Spriggs, 1978⁹). En effet, les écrits de Borelli (1679)¹⁰, renouvelés en Angleterre par Jurin (1718)¹¹, Keill (1718)¹², Hales (1727)¹³, Fontana (1779)¹⁴, Abernethy (1793)¹⁵, Kite (1795)¹⁶, Menzies (1796)¹⁷, Davy (1800)¹⁸, Dalton (1813)¹⁹, etc. n'ont fourni que des données approximatives appuyées sur des dispositifs peu fiables ou insuffisamment décrits. Les résultats qu'ils ont obtenus présentent en effet des différences si grandes qu'il serait difficile de pouvoir les admettre comme exacts. Ces différences, indépendamment des erreurs d'observation et de l'emploi de mauvais instruments pour mesurer le volume d'air, peuvent dépendre de la méthode suivie par chacun des expérimentateurs, et des circonstances différentes dans lesquelles ils ont opéré. En effet, ils n'ont pas pu s'entendre sur une situation fournissant un terme commun de comparaison. Pour déterminer la capacité vitale des poumons avec une certaine garantie d'exactitude, il ne pouvait être question de mouvements respiratoires ordinaires, car il faut un critérium uniforme et comparable, une inspiration et une expiration forcées aussi

⁷ Schnepf, B. (1856b). La spirométrie et les spiromètres. *Gazette Médicale de Paris*, n° 49, 6 décembre, 761-763 ; n° 50, 13 décembre, 775-777 ; n° 52, 27 décembre, 811-816.

⁸ Schnepf, B. (1857). *Capacité vitale du poumon, ses rapports physiologiques et pathologiques avec les maladies de la poitrine*. Paris : J.-B. Baillière.

<https://archive.org/stream/b22298150#page/n1/mode/2up>

⁹ Spriggs, E. A. (1978). The history of spirometry. *British Journal of Diseases of the Chest*, 72, 165-180.

¹⁰ Borelli, I. A. (1681). *De motu animalium* (vol. 2, pp. 163-164). Romae : Angelo Bernabo.

¹¹ Jurin, J. (1718). De motu aquarum fluentium. *Philosophical Transactions [of the Royal Society]*, 30, n° 355, 748-766. [p. 757].

<https://babel.hathitrust.org/cgi/pt?id=uva.x001264199;view=2up;seq=222>

¹² Keill, J. (1718). *Tentamina medico-physica*. London: G. Strahan. [p. 80]

¹³ Hales, S. (1727). *Vegetable staticks, or, an account of some statical experiments on the sap in vegetables: being an essay towards a natural history of vegetation: also, a specimen of an attempt to analyse the air, by a great variety of chymio-statical experiments, which were read at several meetings before the Royal Society*. London: Innys & Woodward. [p. 239 & p. 262]

<https://archive.org/stream/vegetablestatick00hale#page/238/mode/2up>

<https://archive.org/stream/vegetablestatick00hale#page/262/mode/2up>

¹⁴ Fontana, A. (1779). Experiments and observations on the inflammable air. *Philosophical Transactions of the Royal Society*, 69, 337-361. [p. 349].

<https://babel.hathitrust.org/cgi/pt?id=pst.000054592308;view=2up;seq=376>

¹⁵ Abernethy, J. (1793). *Surgical and physiological essays*. London: James Evans. [p. 142]

<https://archive.org/stream/surgicalphy02aber#page/142/mode/2up>

¹⁶ Kite, Ch. (1795). *Essays and observations, physiological and medical, on the submersion of animals, and on the resin of the acoroides resinifera, or yellow resin from Botany Bay: to which are added, select histories of diseases; with remarks*. London: G. Woodfall. [pp. 47-48]

<https://archive.org/stream/b21442046#page/46/mode/2up>

¹⁷ Menzies, R. (1796). *A dissertation on respiration* [1790] (trans. Ch. Sugrue). Edinburgh: G. Mudie. [pp. 21-32]

<https://archive.org/stream/b22268571#page/n7/mode/2up>

<https://archive.org/stream/b22268571#page/20/mode/2up>

¹⁸ Davy, H. (1800). *Researches, chemical and philosophical, chiefly concerning nitrous oxide*. London: J. Johnson. [pp. 402-404; p. 410]

<https://archive.org/stream/b22039703#page/410/mode/2up>

¹⁹ Dalton, J. (1813). On respiration and animal heat. *Memoirs of the Literary and Philosophical Society of Manchester*, series 2, 2, 15-44. [p.26].

<https://archive.org/stream/memoirliterary02mancgoog#page/n28/mode/2up>

grandes que possible. C'est un médecin anglais à Bristol et Clifton, Edward Kentish (1814)²⁰, qui imagine le premier appareil spécial pouvant servir à cette détermination. Il appelle cet instrument le *pulmomètre ou pneumomètre* (**Figure 2**). C'était une cloche de verre pouvant contenir 12 mesures (pintes), portant sur la surface externe une échelle divisée en 12 degrés, dont chacun correspondait à une mesure ; elle était munie à sa partie supérieure d'un orifice où s'ajustait un tube recourbé à angle droit, garni d'un robinet, ayant, à partir de cette courbure, une longueur de 6 pouces et se terminant par une véritable embouchure. Pour faire les expériences, cette cloche est posée sur un appareil pneumatique, dont l'eau remplit les différents degrés de celle-là, à mesure qu'on en retire l'air par le tube recourbé ; le niveau de l'eau baisse, au contraire, quand on expire dans la cloche par le tube, après avoir ouvert le robinet. Les données collectées indiquent qu'un homme ayant les poumons sains inspire sept fois plus d'air qu'un homme ayant les poumons malades. Mais les erreurs auxquelles un semblable appareil donne lieu sont faciles à comprendre, quand on pense que l'air introduit dans la cloche doit supporter une pression atmosphérique plus le poids de la colonne d'eau qui remplit plus ou moins la cloche.

C'est cependant encore à l'aide de l'appareil de Kentish que le physiologiste allemand Gustav Herbst (1828)²¹ entreprit quelques années plus tard de déterminer la quantité d'air inspiré et expiré dans la respiration calme et dans les fortes respirations. Il trouva que, dans la première condition, elle était de 328 à 410 cm³, mais que cette quantité s'élevait dans les fortes respirations jusqu'à 3286 cm³. Ces données semblaient à peu près en accord avec celles proposées par nombre de ses devanciers. Herbst est par ailleurs le premier à souligner l'influence de la taille sur la capacité pulmonaire tout en tenant compte de la force musculaire des individus. « *Les personnes d'une grande taille, dit-il, introduisent dans leurs poumons une plus grande quantité d'air ; mais ce résultat ne tient pas seulement à la grandeur totale du corps, il a aussi un rapport intime avec la capacité de la poitrine et avec la force musculaire* » (Herbst, 1829, p. 416)²². L'auteur montre également que la capacité pulmonaire est comparativement moins importante chez les enfants et les femmes que chez les hommes adultes. Enfin, il note des différences de performances considérables entre les sujets sains et atteints de troubles pulmonaires. Des appareils semblables à celui de Kentish, appelés également pulmomètres, furent décrits ultérieurement par Thackrah (1831)²³ et Maddock (1844)²⁴ (**voir Figure 2**).

²⁰ Kentish, E. (1814). *An account of baths and of a Madeira-House at Bristol, with a drawing and description of a pulmometer and cases showing its utility in ascertaining the state of the lungs in diseases of the chest*. London: Longman, Hurst, Rees, Orme, and Browne.

²¹ Herbst, E. F. G. (1828). Ueber die Capacität der Lungen für Luft, im gesunden und kranken Zustande. *Archiv für Anatomie und Physiologie*, 83-106.

²² Herbst, E. F. G. (1829). Capacité des poumons dans l'état de santé et de maladie. *Archives Générales de Médecine*, série 1, n° 21, 412-418.

²³ Thackrah, C. T. (1831). *The effects of the principal arts, trades, and professions, and of civic states and habits of living, on health and longevity with a particular reference to the trades and manufacturers of Leeds and suggestions for the removal of many of the agents, which produce disease, and shorten the duration of life*. London : Longman, Rees, Orme, Brown & Green. [16-22]

²⁴ Maddock, A. B. (1844). The pulmometer. *Lancet*, 43, n° 1086, June 22, 414.
<https://babel.hathitrust.org/cgi/pt?id=njp.32101074830280;view=1up;seq=420>

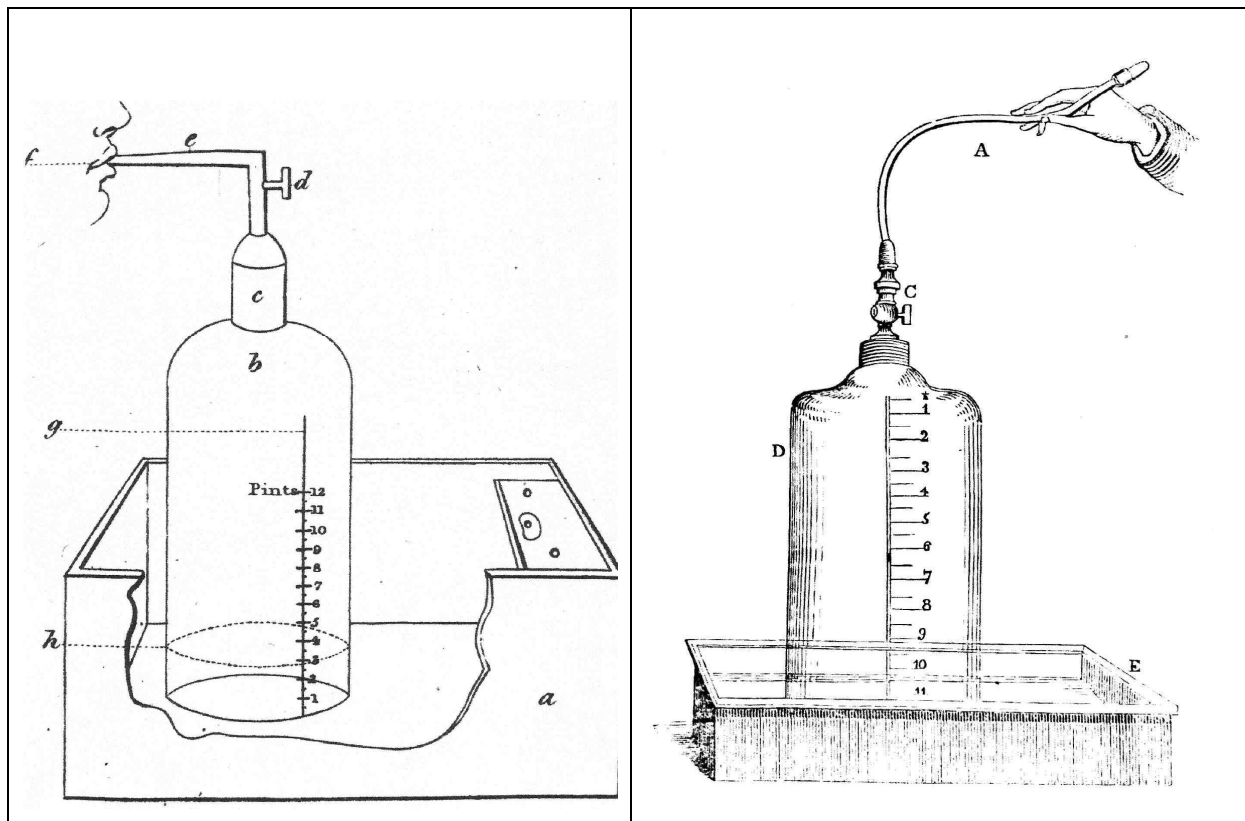


Figure 2. A. Pulmomètre de Edward Kentish (1814)²⁵. B. Pulmomètre de A. B. Maddock (1844)²⁶. Le pneumomètre est très facile à manier et très propre à donner la mesure à peu près exacte des quantités d'air inspirées et expirées. Il consiste en une cloche de verre graduée, munie à son sommet d'une garniture en cuivre, à laquelle est adapté un robinet destiné à ouvrir et à fermer la cloche, et auquel est fixé un tube recourbé. Pour se servir de cet instrument on place la cloche dans un vase à bords peu élevés, et contenant de l'eau ; en inspirant par le tube, le robinet étant ouvert, l'eau monte dans la cloche ; on ferme le robinet, et on mesure l'ascension du liquide (ce qu'il est facile de faire avec précision à l'aide de l'échelle graduée dont elle est munie). Pour mesurer la quantité d'air expiré, on fait monter l'eau dans la cloche jusqu'à une certaine hauteur, dont on prend note ; on ferme le robinet ; on fait ensuite une inspiration à l'air libre puis on expire dans la cloche (après avoir ouvert le robinet qu'on referme aussitôt). La différence des niveaux donne le volume de l'air expiré.

Le fameux spiromètre de Hutchinson (1846)

Les premiers efforts tentés jusqu'à cette époque pour doter la pathologie d'un procédé capable d'éclairer le diagnostic des maladies de poitrine vont ensuite être oubliés. Il se passe un grand nombre d'années sans que les publications scientifiques enregistrent de nouveaux travaux. Seules quelques nouvelles expériences furent réalisées par le physiologiste allemand Karl von Vierordt (1818-1884), entreprises sur lui-même à l'aide de la cloche graduée de Kentish (1814). Les résultats furent consignés dans le *Dictionnaire de Physiologie* de Wagner (Vierordt, 1844)²⁷. Mais comme avec les travaux précédents, les valeurs relevées étaient très fluctuantes (voir aussi Valentin, 1846)²⁸. La seule manière de procéder était de faire exécuter sur les sujets des mouvements

²⁵ Kentish, E. (1814). *An account of baths and of a Madeira-House at Bristol, with a drawing and description of a pulmometer and cases showing its utility in ascertaining the state of the lungs in diseases of the chest*. London: Longman, Hurst, Rees, Orme, and Browne.

²⁶ Maddock, A. B. (1844). The pulmometer. *Lancet*, 43, n° 1086, June 22, 414.

<https://babel.hathitrust.org/cgi/pt?id=njp.32101074830280;view=1up;seq=420>

²⁷ Vierordt, K. von (1844). Respiration. In R. Wagner (Ed.), *Handwörterbuch der Physiologie mit Rücksicht auf physiologische Pathologie* (vol. 2, pp. 828-916). Braunschweig: Fr. Vieweg.

https://archive.org/stream/b21510441_0002#page/828/mode/2up

²⁸ Valentin, G. G. (1846). *Lehrbuch der Physiologie des Menschen für Aerzte und Studierende*. Braunschweig: Fr. Vieweg und Sohn.

respiratoires les plus amples possibles en se servant d'un dispositif approprié. Cela fut réalisé par le médecin et physiologiste anglais John Hutchinson (1811-1861 ; cf. Spriggs, 1977)²⁹.

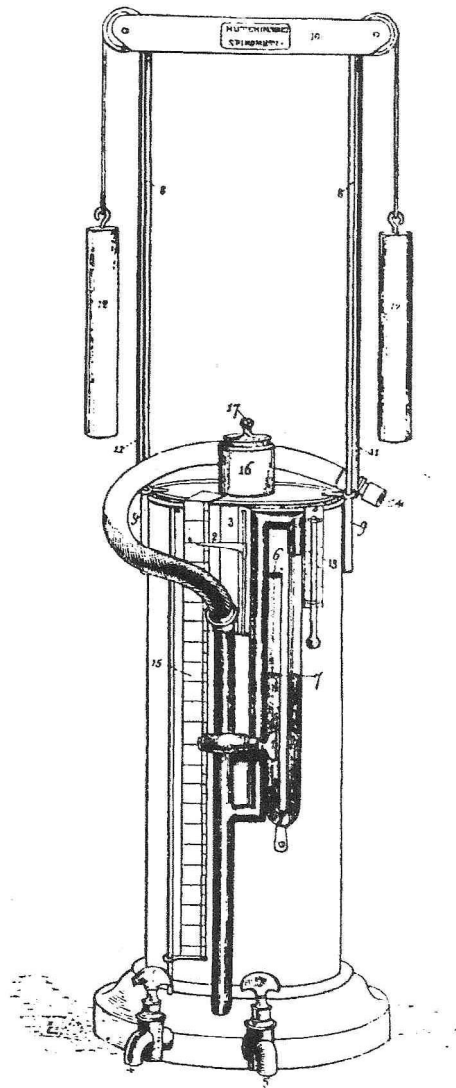


Figure 3. Spiromètre de Hutchinson.

Les travaux de Hutchinson (1846)³⁰ portant sur les phénomènes mécaniques de la respiration et sur la capacité pulmonaire ont été rendus possibles grâce à son invention d'un nouvel instrument, le spiromètre (Petty, 1987)³¹, dont l'existence était déjà attestée depuis 1844 (**Figure 3**) par des publications de l'auteur dans *The Lancet* (Hutchinson, 1844a³², 1844b³³) et d'autres journaux anglais (Hutchinson, 1844c³⁴, 1845³⁵) de l'époque.

²⁹ Spriggs, E. A. (1977). John Hutchinson, the inventor of the spirometer ó his North country background, life in London, and scientific achievements. *Medical History*, 21, 357-364.

³⁰ Hutchinson, J. (1846). On the capacity of the lungs, and on the respiratory functions, with a view of establishing a precise and easy method of detecting disease by the spirometer. *Medico-Chirurgical Transactions*, 29, 137-252.

³¹ Petty, T. L. (1987). John Hutchinson's mysterious machine. *Transactions of the American Clinical and Climatological Association*, 98, 11-20.

³² Hutchinson, J. (1844a). Society of arts. Pneumatic apparatus for valuing the respiratory powers. *Lancet*, 43, n° 1085, June 15, 390-391. <https://babel.hathitrust.org/cgi/pt?id=njp.32101074830280;view=1up;seq=396>

³³ Hutchinson, J. (1844b). Lecture on vital statistics, embracing an account of a new instrument for detecting the presence of disease in the system. *Lancet*, 43, n° 1091, July 27, 567-570; n° 1092, August 3, 594-597. <https://babel.hathitrust.org/cgi/pt?id=njp.32101074830280;view=1up;seq=573>

Cet instrument (**Figure 4**) repose sur le système des gazomètres ; mais il diffère de ceux-là, en ce que la cloche, graduée et cylindrique, est équilibrée, au 0 de l'échelle, par deux contrepoids qui nécessitent moins d'efforts musculaires pendant les mouvements respiratoires. Le fond de la cloche est percé d'un orifice assez large, par lequel on laisse échapper l'air ; le tube d'inspiration du récipient est garni d'un robinet ; il communique avec un manomètre, qui indique le moment où l'égalité de pression, dans l'atmosphère et dans l'instrument, a rétabli le niveau de l'eau dans le récipient et dans la cloche, niveau d'après lequel on lit sur l'échelle le nombre de pouces cubes correspondant au volume d'air recueilli. C'est à l'aide de cet instrument que Hutchinson a réalisé toute une série de recherches d'importance (Hochberg, 1946³⁶ ; Bishop, 1977)³⁷.

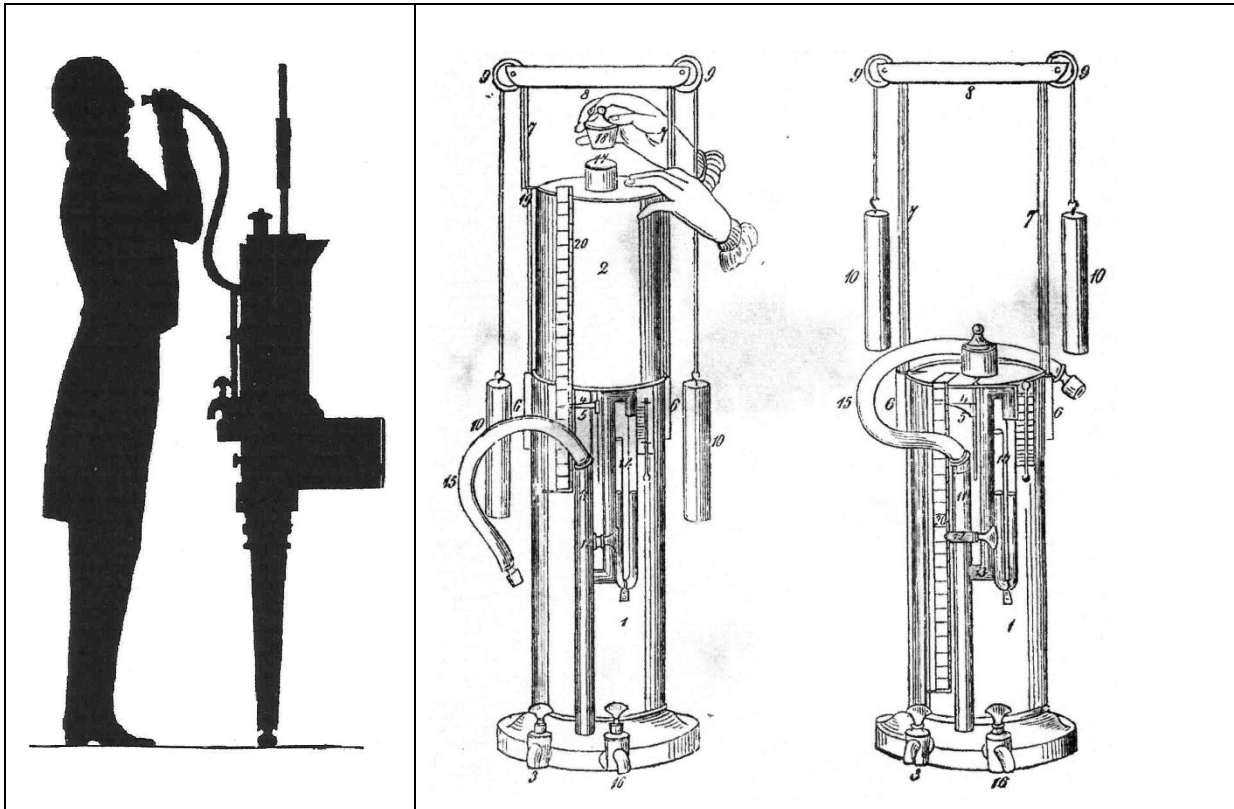


Figure 4. Le spiromètre de Hutchinson (1846) est construit sur le principe des gazomètres d'usine à gaz. Il se compose d'un réservoir rempli d'eau dans lequel plonge une cloche renversée (2) munie à sa partie supérieure d'une ouverture (17) qui se ferme à volonté par un bouchon (18). Cette cloche est suspendue par des cordes qui s'enroulent sur des poulies (9) et équilibrée par des poids (10) de façon à se maintenir en équilibre à quelque hauteur qu'elle soit placée. Un tube en U est ajouté à l'appareil ; une de ses branches est intérieure, située dans l'axe du réservoir et remonte jusqu'au niveau de l'eau du réservoir et jusqu'à la partie supérieure de la cloche ; l'autre branche, extérieure au réservoir, se continue avec un tube de caoutchouc (15) terminé par un embout. Après avoir fait une inspiration la plus profonde possible, la personne en expérience adapte l'embout à sa bouche et fait une expiration forcée, le tube étant hermétiquement fermé, l'air expiré arrive dans la cloche par le tube en U, la soulève, et la quantité du soulèvement, mesurée par une règle graduée (20) mobile avec la cloche, donne le volume d'air expiré ou la capacité vitale.

<https://babel.hathitrust.org/cgi/pt?id=njp.32101074830280;view=1up;seq=600>

³⁴ Hutchinson, J. (1844c). Contributions to vital statistics, obtained by means of a pneumatic apparatus for valuing the respiratory powers in relation to health. *Journal of the Statistical Society (Quarterly Journal of the Statistical Society)*, 7, 193-212.

³⁵ Hutchinson, J. (1845). On a pneumatic apparatus for valuing the respiratory powers with relation to health. *Transactions of the Society for the Encouragement of Arts, Manufactures, and Commerce*, 55, 199-203.

³⁶ Hochberg, L. A. (1946). The capacity of the lungs as conceived by John Hutchinson a century ago. *Quarterly Bulletin of the Sea View Hospital*, 8, 142-155.

³⁷ Bishop, P. J. (1977). A bibliography of John Hutchinson. *Medical History*, 21, 384-396.

Le travail de recherche de Hutchinson (1846)³⁸, présenté à la Société royale médicale et chirurgicale de Londres (*Royal Medical and Chirurgical Society of London*) le 28 avril 1846, a été réalisé sur un nombre impressionnant de sujets, plus de 2000 (cf. Hutchinson, 1852)³⁹. Il a d'abord porté sur la mesure de la quantité d'air qui peut être chassée des poumons. Dans une première section de son long mémoire (115 p.), Hutchinson (1846) va ainsi montrer que cette quantité varie selon trois circonstances principales : la taille de l'individu, son poids et son âge. Ainsi la quantité d'air que l'homme respire varie beaucoup suivant les individus et principalement suivant la taille⁴⁰. Selon la loi empirique de Huntington, l'accroissement de la capacité vitale est proportionnel à l'accroissement de la taille (cette loi fut vérifiée par la suite par de nombreux observateurs : cf. Schneevogt, 1854⁴¹ ; Arnold, 1855⁴² ; Hecht, 1855⁴³ ; Regnard, 1879⁴⁴). L'influence du poids et de l'âge sur la capacité vitale sont moindres. Par exemple, tant que le poids du corps ne dépasse pas 10% du poids moyen calculé pour chaque taille, il n'exerce pas d'influence notable sur la capacité respiratoire vitale ; mais dès que le poids du corps excède de plus de 10%, alors chaque kilogramme entraîne une diminution de 33 cm³ de la capacité respiratoire. Dans la seconde section, Hutchinson montre que : 1° le volume de la poitrine et la quantité d'air qu'un homme peut introduire dans ses poumons ne sont nullement en relation l'un avec l'autre ; 2° la circonférence de la poitrine n'a non plus aucune relation avec la capacité respiratoire vitale ; mais elle est en rapport exact avec le poids de l'individu (elle augmente de 1 pouce par 10 livres) ; il n'y a pas de rapport entre le poids des individus et la capacité cubique du thorax (un homme d'un poids considérable peut avoir de petits poumons et réciproquement) ; 3° le volume de la poitrine et sa mobilité sont en relation exacte avec la quantité d'air que nous respirons ; 4° la mobilité cubique de la poitrine peut dépasser sa capacité cubique ; 5° il n'y a aucun rapport entre la taille des individus et les dimensions cubiques de leur thorax. Dans la troisième section, étudiant les mouvements respiratoires proprement dits Hutchinson a été conduit aux résultats suivants : 1° la respiration ordinaire diffère suivant le sexe (chez l'homme, elle est principalement diaphragmatique ; chez la femme, principalement costale) ; 2° la respiration extraordinaire s'opère de la même manière pour les deux sexes ; etc. La quatrième section est consacrée à l'étude de la puissance inspiratrice et expiratrice volontaire chez

³⁸ Hutchison, J. (1846). On the capacity of the lungs, and on the respiratory functions, with a view of establishing a precise and easy method of detecting disease by the spirometer. *Medico-Chirurgical Transactions*, 29, 137-252.

³⁹ Hutchinson, J. (1852). Thorax. In R. B. Todd (Ed.), *The cyclopaedia of anatomy and physiology* (vol. 4, pp. 1016-1087). London: Longmans et al.

https://archive.org/stream/cyclopaediaofan4184todd_0#page/1016/mode/2up

⁴⁰ Rapport entre la taille et la capacité respiratoire vitale chez l'homme adulte, d'après Hutchinson (réduit en mesures françaises). [Nous avons admis dans les calculs le pied anglais = 0^m,303 ; le pouce anglais = 0^m,025 ; le pouce cube anglais = 16,4 cm³.]

Taille (cm).	Capacité vitale (cm ³).
152,5 à 154,5	2 850
154,5 à 157,0	2 920
157,0 à 159,5	3 090
159,5 à 162,0	3 160
162,0 à 164,5	3 290
164,5 à 167,0	3 400
167,0 à 169,5	3 750
169,5 à 172,0	3 710
172,0 à 174,5	3 880
174,5 à 177,0	3 930
177,0 à 179,5	4 060
179,5 à 182,0	4 240

⁴¹ Schneevogt, V. (1854). Ueber den praktischen Werth des Spirometer. *Zeitschrift für Rationelle Medicin*, ns, 5, 9-28.

<https://babel.hathitrust.org/cgi/pt?id=mdp.39015023952511;view=1up;seq=17>

⁴² Arnold, F. (1855). *Ueber die Athmungsgrösse des Menschen : ein Beitrag zur Physiologie und zur Diagnostik der Krankheiten der Athmungswerkzeuge*. Heidelberg : J.C.B. Mohr.

<https://archive.org/stream/b21991170#page/n0/mode/2up>

⁴³ Hecht, L.-É. (1855). *Essai sur le spiromètre*. Thèse présentée à la Faculté de médecine de Strasbourg le jeudi 10 mai 1855. Strasbourg : G. Silbermann.

⁴⁴ Regnard, P. (1879). *Recherches expérimentales sur les variations pathologiques des combustions respiratoires*. Paris : Progrès Médical & Vve A. Dalahaye.

divers individus. Il résulte de ces recherches utilisant un tube barométrique (renfermant du mercure), dont on adapte l'ouverture à la narine de l'individu en ayant soin de boucher la narine du côté opposé (une planchette graduée, placée le long du tube, indique le niveau d'élévation du mercure), que la puissance expiratrice est de beaucoup supérieure à la puissance inspiratrice. La cinquième et la sixième section sont relatives au rôle que jouent dans la respiration l'élasticité des côtes et des muscles intercostaux (c'est à l'élasticité des côtes qu'est surtout due la différence qui existe entre la puissance inspiratrice et la puissance expiratrice). La partie pathologique du mémoire montre une diminution nette de la capacité vitale chez les individus atteints d'une affection des organes respiratoires. Ce n'est pas seulement la mesure de la capacité vitale qui peut fournir des renseignements importants sur le diagnostic des maladies de poitrine. Les puissances expiratrices et inspiratrices donnent des résultats analogues.

Travaux ultérieurs de spirométrie (1848-1856)

Le mémoire de Hutchinson (1846), résumé dans de nombreux journaux anglais, va susciter très rapidement un grand intérêt dans les milieux médicaux au point que le spiromètre va devenir un instrument de référence, notamment en Angleterre et en Allemagne (Valentin, 1851)⁴⁵. En Angleterre, divers médecins (Walshe, Pereira, Green, Davies, etc.) adoptent le spiromètre comme moyen de diagnostic des maladies de poitrine, et constatent son utilité (cf., Hecht, 1855, p. 6⁴⁶ ; 1883⁴⁷). En Allemagne, le texte majeur de Hutchinson sera présenté dans de brefs comptes rendus (Hutcheson, 1847a⁴⁸ ; 1847b⁴⁹) avant d'être intégralement traduit en allemand (Hutchinson, 1849)⁵⁰ par le Dr Salomon Samosch (1817-1887). A cette époque le spiromètre de Hutchinson commence à être employé dans les cliniques allemandes. Hutchinson (1852)⁵¹ lui-même publiera un mémoire spécial où il décrit avec précision son fameux instrument ainsi qu'une version compacte de celui-ci (**Figure 5**). Mais il s'agissait d'un appareil à la fois insuffisant et trop compliqué dans sa conception. Dès que les expériences de Hutchinson furent connues en Allemagne, le professeur Julius Vogel (1814-1880) de Giessen voulut les répéter, afin de les juger sous le rapport de leur valeur au lit du malade et d'apprécier ainsi l'utilité réelle que la spirométrie pourrait avoir en médecine. Il modifia ainsi l'appareil du savant anglais en transformant la cloche qui prend la forme d'un cône qu'il munit d'un robinet destiné à laisser échapper l'air et à l'équilibrer par un contrepoids unique soutenu par un cordon qui se fixe au cône de la cloche et qui passe sur une seule poulie (**Figure 6**). Il supprima le manomètre, et introduisit malheureusement ainsi une légère cause d'erreur dans les données des expériences que réalise son élève Gustav Simon (1848⁵²). A la même époque, le professeur de médecine et de pharmacologie Philipp Phoebus (1804-1880) de Giessen proposa, avec l'objectif de répliquer les

⁴⁵ Valentin, G. (1851). *Rachträge zur zweiten Auflage vom Lehrbuche der physiologie des Menschen*. Braunschweig: Vieweg.

<https://archive.org/stream/lehrbuchderphys01valegoog#page/n391/mode/2up>

⁴⁶ Hecht, L.-É. (1855). *Essai sur le spiromètre. Thèse présentée à la Faculté de médecine de Strasbourg le jeudi 10 mai 1855*. Strasbourg : G. Silbermann.

⁴⁷ Hecht, L.-É. (1883). Spiromètre. In A. Dechambre (Ed.), *Dictionnaire encyclopédique des sciences médicales* (série 3, tome 11, pp. 295-304). Paris : G. Masson & P. Asselin.

⁴⁸ Hutchinson, J. (1847a). Über die function der intercostalmuskeln und die Respirationsbewegungen des Menschen. *Neue Notizen aus dem Gebiete der Natur und Heilkunde*, 4, 149-150.

⁴⁹ Hutchinson, J. (1847b). Studien über die mecanische Phänomene der Athmungsprocesses und der Lungencapacität; ein neues diagnostisches Mittel in Brustkrankheiten. *Archiv für Physiologische und Pathologische Chemie und Mikroskopie*, 4, 169-180.

⁵⁰ Hutchinson, J. (1849). *Von der Capacität der Lungen und von den Athmungsfuntionen mit Hinblick auf die Begründung einer genauen und leichten Methode, Krankheiten der Lungen durch das Spirometer zu entdecken. Aus dem Engischen übersetz und mit Anmerkung versehen von Dr. Samosch*. Braunschweig: Frierich Vieweg und Sohn.

⁵¹ Hutchinson, J. (1852). *The spirometer, the stethoscope, & scale-balance; their use in discriminating diseases of the chest, and their value in life offices; with remarks on the selection of lives for life assurance companies*. London : John Churchill.

⁵² Simon, G. (1848). *Über die Menge der ausgeathmeten Luft bei verschiedenen Menschen und ihre Messung durch das Spirometer: ein Beitrag zur medicinischen Diagnostik*. Giessen: sn.

https://archive.org/stream/bub_gb_HjBPAAAACAAJ#page/n1/mode/2up

principaux résultats de Hutchinson, un spiromètre simplifié (Phoebus, 1848⁵³, 1853a⁵⁴, 1853b⁵⁵) inspiré des dispositifs de Kentish (1814)⁵⁶ et de Herbst (1828)⁵⁷ vus plus haut et qui consistent à recueillir, sous une cloche graduée et remplie d'eau, l'air expiré après une forte inspiration (on a vu plus haut que les erreurs auxquelles un semblable appareil donne lieu sont faciles à comprendre quand on pense que l'air introduit dans la cloche doit supporter une pression atmosphérique plus le poids de la colonne d'eau qui remplit plus ou moins la cloche).

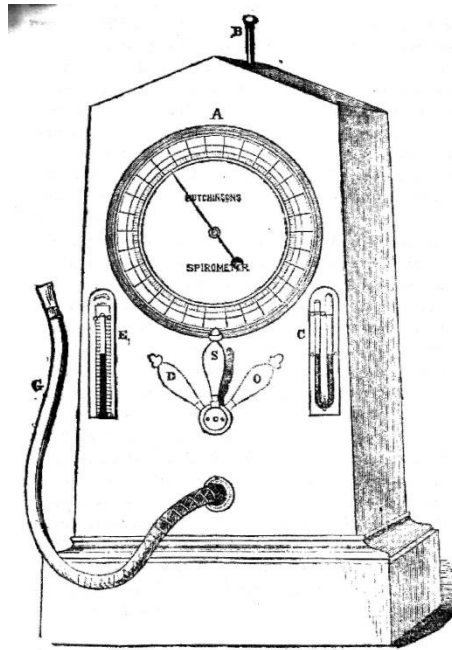


Figure 5. Version compacte du spiromètre de Hutchinson (1852). C'est sous le nom de spiromètre à cadran (*dial face spirometer*), que Hutchinson a fait construire un instrument dans lequel toutes les dispositions intérieures du spiromètre sont cachées dans une cage en bois très léger, ayant la forme d'une pyramide tronquée à quatre faces. La capacité respiratoire vitale est marquée par une aiguille mobile sur un cadran A placé à la partie antérieure de l'appareil. Les trois positions, D, S, O, qu'on peut donner à un robinet placé sous le cadran, interrompent ou permettent l'entrée de l'air dans l'appareil, ou y facilitent la sortie. Enfin G est le tube d'entrée de l'air, B, une tige en fer qui abaisse le réservoir mobile. Cet instrument ne diffère du spiromètre ordinaire que par sa forme extérieure et quelques légers détails de mécanique. Il a sur ce dernier le grand avantage de pouvoir être beaucoup moins facilement endommagé.

⁵³ Phoebus, Ph. (1848). Ueber Pneumometrie als diagnostisches Hilfsmittel. *Allgemeine Medicinische Central-Zeitung*, 17, n°32, 22 April, 249-251; n°33, 26 April, 257-264.

<https://babel.hathitrust.org/cgi/pt?id=hvd.32044097073100;view=1up;seq=133>

<https://babel.hathitrust.org/cgi/pt?id=hvd.32044097073100;view=1up;seq=137>

⁵⁴ Phoebus, Ph. (1853a). Zur Pneumometrie. *Allgemeine Medicinische Central-Zeitung*, 22, n°15, 23 Februar, 113-116.

<https://babel.hathitrust.org/cgi/pt?id=hvd.32044097071153;view=1up;seq=69>

⁵⁵ Phoebus, Ph. (1853b). Noch einige Bemerkungen zur Pneumometrie. *Allgemeine Medicinische Central-Zeitung*, 22, n°74, 17 September, 585-587.

<https://babel.hathitrust.org/cgi/pt?id=hvd.32044097071153;view=1up;seq=305>

⁵⁶ Kentish, E. (1814). *An account of baths and of a Madeira-House at Bristol, with a drawing and description of a pulmometer and cases showing its utility in ascertaining the state of the lungs in diseases of the chest*. London: Longman, Hurst, Rees, Orme, and Browne.

⁵⁷ Herbst, E. F. G. (1828). Ueber die Capacität der Lungen für Luft, im gesunden und kranken Zustande. *Archiv für Anatomie und Physiologie*, 83-106.

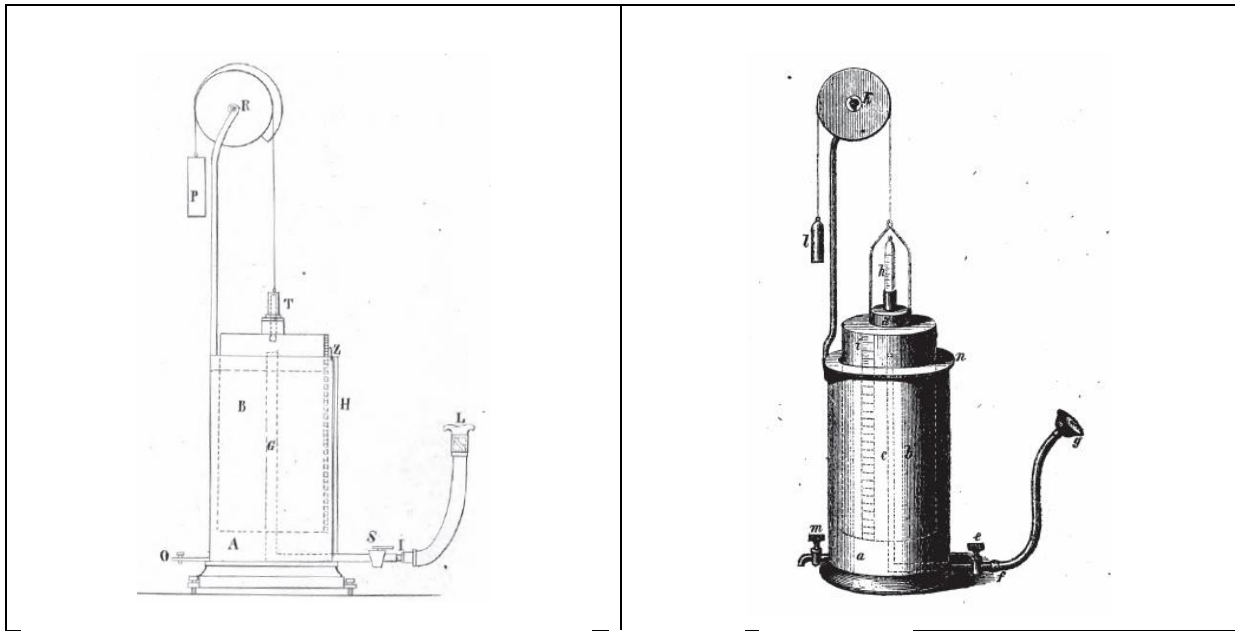


Figure 6. Spiromètre de Vogel d'après Simon (1848)⁵⁸ et Jochheim (1865, p. 18)⁵⁹.

Divers appareils, souvent directement inspirés de celui de Hutchinson, vont être utilisés ou mis au point par les chercheurs notamment anglais, allemands et américains de l'époque (e. g. Albers, 1850⁶⁰, 1852⁶¹; Davies, 1850⁶²; Jackson, 1851⁶³; Radclyffe Hall, 1851⁶⁴; Phoebus, 1853a⁶⁵; Fabius, 1853⁶⁶, 1854⁶⁷; Wintrich, 1854⁶⁸; Donders, 1854⁶⁹; Schneevogt, 1854⁷⁰; Arnold, 1855⁷¹; Harless, 1855⁷²; Smith, 1857⁷³, 1859⁷⁴;

⁵⁸ Simon, G. (1848). *Über die Menge der ausgeathmeten Luft bei verschiedenen Menschen und ihre Messung durch das Spirometer: ein Beitrag zur medicinischen Diagnostik*. Giessen: sn.

⁵⁹ Jochheim, P. (1865). *Die chronische Lungenschwindsucht ist heilbar*. Darmstadt: W. Ollweiler.

⁶⁰ Albers, J. F. H. (1850). *Die Erkenntniss der Krankheiten der Brustorgane aus physikalischen Zeichen oder Auscultation, Percussion und Spirometrie*. Bonn: A. Marcus.

⁶¹ Albers, J. F. H. (1852). Über einige nothwendige Correctionen bei Anwendung des Spirometers. Über einige Correctionen beim Gebrauch des Spirometers. *Wiener Medizinische Wochenschrift*, 2, n° 39, 25 September, 617-60; n° 44, 30 Oktober, 701-703.

⁶² Davies, H. (1850). Physical diagnosis of diseases of the chest. *Lancet*, 1, January 5, 4-8; January 12, 39-41.

⁶³ Jackson (1851). The spirometer. *The Medical Examiner, and Record of Medical Science*, 7, 51-57. [page 52]

⁶⁴ Radclyffe Hall, R. (1851). Observations with Hutchinson's spirometer. *Transactions of the Provincial Medical and Surgical Association*, 18, 169-194.

⁶⁵ Phoebus, Ph. (1853a). Zur Pneumometrie. *Allgemeine Medicinische Central-Zeitung*, 22, n°15, 23 Februar, 113-116.

⁶⁶ Fabius, H. (1853). *De spirometro ejusque usu observationibus cum aliorum, tum propriis illustrato. Quam, annuente summo numine, ex auctoritate rectoris magnifici Francisci Corneli Donders... pro gradu doctoratus*. Amstelodami: J. H. & G. Van Heteren.

⁶⁷ Fabius, H. (1854). Neuere Beiträge zur Spirometrie. I. Spirometrische Beobachtungen. *Zeitschrift für Rationelle Medicin*, 4, ns, n° 2, 281-304.

⁶⁸ Wintrich, M. A. (1854). Krankheiten der Respirationorgane. In R. Virchow (Ed.), *Handbuch der speciellen Pathologie und Therapie* (Vol. 1; fasc. 5, n°1, 384 p.). Erlangen: F. Enke. [page 94]

⁶⁹ Donders, F. C. (1854). Neuere Beiträge zur Spirometrie. II. Bedenken gegen die von Buy-Ballot und Fabius gegebene Formel zur Berechnung der vitalen Capacität. *Zeitschrift für Rationelle Medicin*, 4, ns, n° 2, 304-309.

⁷⁰ Schneevogt, V. (1854). Ueber den praktischen Werth des Spirometer. *Zeitschrift für Rationelle Medicin*, ns, 5, 9-28.

Donders [& Bauduin], 1859⁷⁵ ; Mitchell, 1859⁷⁶). Mais celui qui, après Hutchinson, a le plus étudié toutes les questions relatives à la spirométrie, est le professeur Max Anton Wintrich (1812-1882), de l'Université d'Erlangen en Allemagne. Il a examiné la capacité pulmonaire de près de 4000 individus, parmi lesquels se trouvaient 500 malades. Les expériences, commencées en 1848 (Wintrich, 1854)⁷⁷, furent réalisées à l'aide de l'instrument (**figure**) du professeur Vogel modifié (la cloche de verre était graduée et deux fenêtres de verre avaient été soudées dans le récipient métallique, permettant ainsi de rétablir les niveaux dans ce dernier et dans la cloche, après chaque respiration). Les résultats de Hutchinson (1846) montrant que la capacité vitale d'un individu croît avec la taille dans une progression presque mathématique sont reproduits, mais l'augmentation est moins considérable qu'attendue puisque pour 2 centimètres en sus dans la taille, il ne trouve que ½ décilitre d'accroissement (1 décilitre pour Hutchinson). Etudiant avec le plus grand soin l'influence de l'âge sur la capacité vitale, il est arrivé aux mêmes résultats généraux que Hutchinson (1846). Il montre plus précisément 1° que la capacité respiratoire vitale la plus forte s'observe chez les personnes âgées de 20 à 40 ans ; 2° que chez les enfants des deux sexes, depuis l'âge de six ans, cette capacité croît d'une manière régulièrement proportionnelle ; 3° que la capacité vitale diminue de manière marquée entre l'âge de 50 et 60 ans, bien que des exceptions existent. Grâce à son instrument il étudiera l'influence d'autres facteurs (le sexe, le poids, etc.). Mais l'instrument utilisé par Wintrich (**Figure 7**) est encore compliqué de robinets placés sur le trajet du tube d'inspiration ; la personne soumise à l'examen les ouvre au moment d'expirer, et les ferme dès que l'expiration est terminée. En plus du calcul compliqué à réaliser après chaque essai de la part de l'expérimentateur, les manœuvres exigées du sujet exposent à des causes d'erreurs. Pourtant ce spiromètre a été utilisé par d'autres chercheurs de l'époque, comme le professeur Friedrich Arnold (1803-1890) de l'université de Heidelberg qui a composé un véritable traité (Arnold, 1855)⁷⁸ sur la détermination de la capacité vitale du poumon en utilisant le spiromètre de Vogel modifié par Wintrich. Mais si au cours des années 1850-1860 les spiromètres de type Hutchinson furent certainement les plus utilisés en Allemagne (cf. Müller, 1868a⁷⁹, 1868b)⁸⁰, ce ne fut pas le cas en France comme on va maintenant le voir.

⁷¹ Arnold, F. (1855). *Ueber die Athmungsgrösse des Menschen : ein Beitrag zur Physiologie und zur Diagnostik der Krankheiten der Athmungswerkzeuge*. Heidelberg : J.C.B. Mohr.
<https://archive.org/stream/b21991170#page/n0/mode/2up>

⁷² Harless, E. (1855). *Theorie und Anwendung des "Seitendruckspirometers", eines neuen Instrumentes zur Bestimmung der Respirationsluft*. München: Verlag der Bayerischen Akademie der Wissenschaften.
https://books.google.fr/books?id=rIpCAAAAcAAJ&printsec=frontcover&hl=fr&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false

⁷³ Smith, E. (1857). On the quantity of air inspired at every 5, 15, & 30 minutes of the day and night, and under the influence of exercise, food, and medicines-on the temperature of the body, etc. *The Lancet*, May 9, 480-481.
<https://babel.hathitrust.org/cgi/pt?id=njp.32101074830546;view=1up;seq=488>

⁷⁴ Smith, E. (1859). Inquiries into the phenomena of respiration. *Proceedings of the Royal Society of London*, 9, 611-614.
<https://babel.hathitrust.org/cgi/pt?id=chi.098733621;view=1up;seq=641>

⁷⁵ Donders, F. C., [& Bauduin, A. F.] (1859). *Physiologie des Menschen* (vol. 1). Leipzig : F. Hirszel. [page 410]
<https://archive.org/stream/physiologiedesm00dondgoog#page/n425/mode/2up>

⁷⁶ Mitchell, S. W. (1859). Improved spirometer. *American Journal of the Medical Sciences*, 37, 378-379.
<https://babel.hathitrust.org/cgi/pt?id=uc1.c027320356;view=1up;seq=390>

⁷⁷ Wintrich, M. A. (1854). Krankheiten der Respirationorgane. In Virchow (Ed.), *Handbuch der speciellen Pathologie und Therapie* (Vol. 1; fasc. 5). Erlangen : F. Enke. [page 94]
<https://archive.org/stream/handbuchderspec05virchow#page/n8/mode/2up>

⁷⁸ Arnold, F. (1855). *Ueber die Athmungsgrösse des Menschen : ein Beitrag zur Physiologie und zur Diagnostik der Krankheiten der Athmungswerkzeuge*. Heidelberg : J.C.B. Mohr.
<https://archive.org/stream/b21991170#page/n0/mode/2up>

⁷⁹ Müller, C. W. (1868). Die vitale Lungencapazität und ihre diagnostische Verwerthung. *Zeitschrift für Rationelle Medicin*, 33, n°2-3, 157-206.

⁸⁰ Müller, C. W. (1868). *Die vitale Lungencapazität und ihre diagnostische Verwerthung*. Leipzig: E. Polz.
https://books.google.fr/books?id=88xMAAAAcAAJ&printsec=frontcover&hl=fr&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false

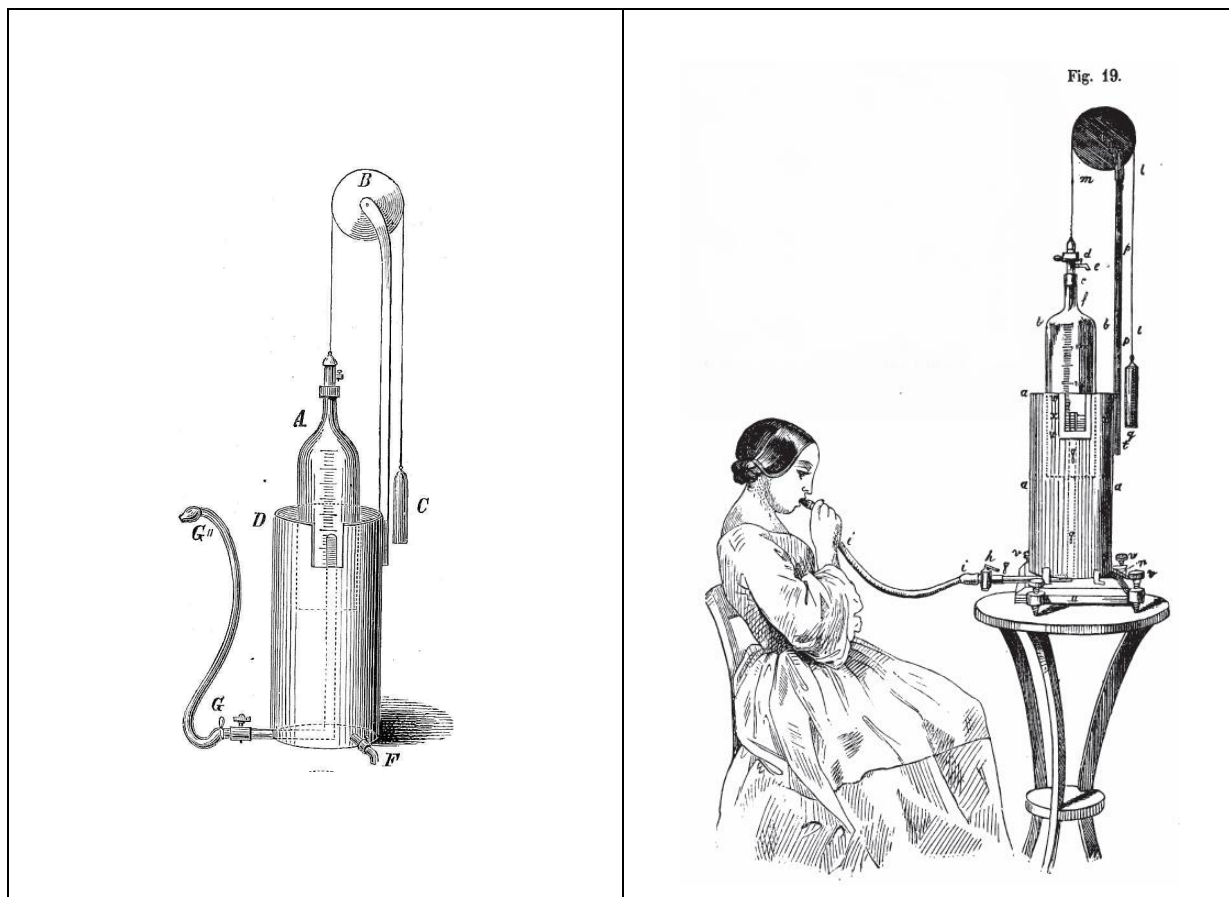


Figure 7. Spiromètre de Wintrich (1854, p. 94)

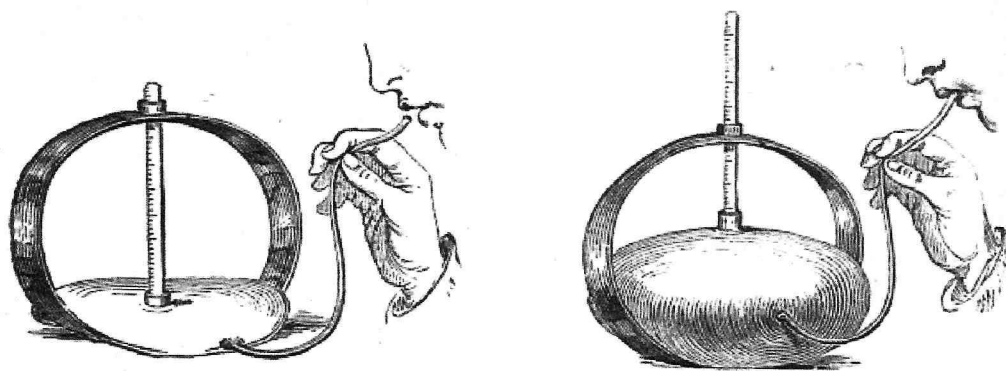
2 6 HISTOIRE DES DEBUTS DE LA SPIROMETRIE EN FRANCE

Dans un premier temps, les scientifiques français avaient négligé à peu près complètement les questions relatives à la détermination de la capacité vitale du poumon qui, depuis 1846, préoccupaient cependant assez sérieusement les physiologistes et les pathologistes anglais et allemands. Malgré la présentation détaillée par Charles Lasègue (1816-1883) du contenu du mémoire de Hutchinson (1846), d'ailleurs publié l'année suivante, en février 1847, dans les *Archives Générales de Médecine* (cf., Hutchinson, 1847)⁸¹, les traités français de physiologie et de pathologie gardaient un silence à peu près complet sur l'importante question de la capacité vitale du poumon. C'est Jean Christian Marc Boudin (1806-1867), médecin en chef de l'hôpital militaire du Roule à Paris, qui fut le premier à entreprendre, dès la fin des années 1840, une série d'expériences avec le spiromètre de Hutchinson qui confirmèrent les résultats du savant anglais (Boudin, 1851)⁸², à savoir que l'on trouve un accroissement moyen de la capacité pulmonaire d'environ 60 cm³ pour chaque accroissement de 1 cm de la taille (cf. également, Simon, 1848). Boudin était convaincu que la spirométrie deviendrait très utile dans la médecine militaire, soit pour rejeter les volontaires porteurs de troubles pulmonaires, soit pour éloigner de l'armée des militaires inaptes au service. Sans critiquer l'instrument dont il s'était servi jusqu'alors, il pensait qu'il fallait, avant tout, le rendre plus maniable et surtout d'une pratique plus expéditive, tout en lui conservant

⁸¹ Hutchinson, J. (1847). Etudes sur les phénomènes mécaniques de la respiration et sur la capacité pulmonaire ; nouveau moyen de diagnostic dans les maladies de poitrine. *Archives Générales de Médecine*, 4^e série, 13, 204-220.

⁸² Boudin, J. C. M. (1851). Recrutement militaire. In A. Tardieu (Ed.), *Dictionnaire des dictionnaires de médecine français et étrangers ou traité complet de médecine et de chirurgie pratiques* (supplément, pp. 690-714). Paris : Germer Baillière.

une précision aussi approximative que possible. C'est pourquoi il imagine au début des années 1850 un instrument en caoutchouc vulcanisé, fabriqué par M. Gariel et commercialisé chez Henry Galante à Paris (28, place Dauphine)⁸³. Il est composé (**Figure 8**) d'une vessie de caoutchouc entourée d'une portion de cercle métallique, d'où part une tige très mobile et graduée qui suit les dilatations de la vessie et qui indique ainsi le volume d'air qu'on y lance lors de chaque expiration. Cet instrument, qui a l'avantage d'être un des plus portatifs de tous les spiromètres imaginés jusqu'alors, ne donnait cependant que des appréciations approximatives. Mais les données d'un élève de F. C. Donders, Henri Fabius (1853)⁸⁴ (cf. Richter, 1853)⁸⁵, montrent que les résultats obtenus avec le spiromètre de Boudin ne diffèrent pas beaucoup de ceux fournis par le spiromètre de Hutchinson⁸⁶. Pourtant cet optimisme ne sera pas partagé par Schnepf (1856b, pp. 80-81)⁸⁷ qui trouve que le spiromètre de Boudin donne des chiffres trop bas qui font penser que des individus sains présentent une affection des poumons. Il est curieux de constater qu'à la même époque en Allemagne, selon Schnepf (1856b)⁸⁸, le professeur Jaehne a conçu un spiromètre de poche composé d'une portion de l'intestin d'un ruminant. Il le séchait et l'enroulait sur un cylindre, d'où il se déroulait quand on y soufflait (la graduation était faite sur l'intestin même au moyen de raies transversales). Mais Jaehne a bientôt rejeté lui-même son instrument comme étant trop peu précis (reproche qui s'adresse également à celui de Boudin). Ce type d'appareil a été critiqué par plusieurs auteurs (e. g. Jeannel, 1877)⁸⁹ qui considèrent que les mouvements d'expansion de la vessie en caoutchouc ne sont pas assez précis (la pression intérieure dans la vessie varie à chaque instant de l'expérience et fausse les résultats) ; de plus le sac en caoutchouc subit l'influence de la température et se remplit avec bien moins d'efforts dans la saison chaude que dans la saison d'hiver (Rey, 1875)⁹⁰. Malgré ces critiques, le spiromètre de Boudin sera largement diffusé dans les catalogues de vente d'instruments de précision jusqu'à la fin du XIX^e siècle certainement à cause de sa facilité d'utilisation et de son prix modique.



⁸³ On le trouve aussi dans la liste des instruments du catalogue Charrière de 1856.

⁸⁴ Fabius, H. (1853). *De spirometro ejusque usu observationibus cum aliorum, tum propriis illustrato. Quam, annuente summo numine, ex auctoritate rectoris magnifici Francisci Cornelii Donders... pro gradu doctoratus*. Amstelodami: J. H. & G. Van Heteren. <http://objects.library.uu.nl/reader/index.php?obj=1874-319002&lan=en#page/92/02/54/92025458948776615254932655651198995537.jpg/mode/1up>

⁸⁵ Richter, H. E. (1853). *De Spirometro ejusque usu etc.*, H. Fabius. *Jahrbücher der in- und ausländischen gesammten Medicin*, 79, n°3, 360-362.

<https://babel.hathitrust.org/cgi/pt?id=hvd.32044103002374;view=1up;seq=364>

⁸⁶ Fabius montre que la capacité vitale des chanteurs est souvent supérieure à la normale, ce n'est pas le cas des joueurs d'instruments à vent ou de certains athlètes.

⁸⁷ Schnepf, B. (1856b). La spirométrie et les spiromètres. *Gazette Médicale de Paris*, n° 49, 6 décembre, 761-763 ; n° 50, 13 décembre, 775-777 ; n° 52, 27 décembre, 811-816.

⁸⁸ Schnepf, B. (1856b). La spirométrie et les spiromètres. *Gazette Médicale de Paris*, n° 49, 6 décembre, 761-763 ; n° 50, 13 décembre, 775-777 ; n° 52, 27 décembre, 811-816.

⁸⁹ Jeannel, M. (1877). *Arsenal du diagnostic medical*. Paris : J.-B. Baillière.

⁹⁰ Rey, H. (1875). De la dynamométrie et de la spirométrie appliquées au recrutement des équipages. *Revue Maritime et Coloniale*, 44, 82-93.

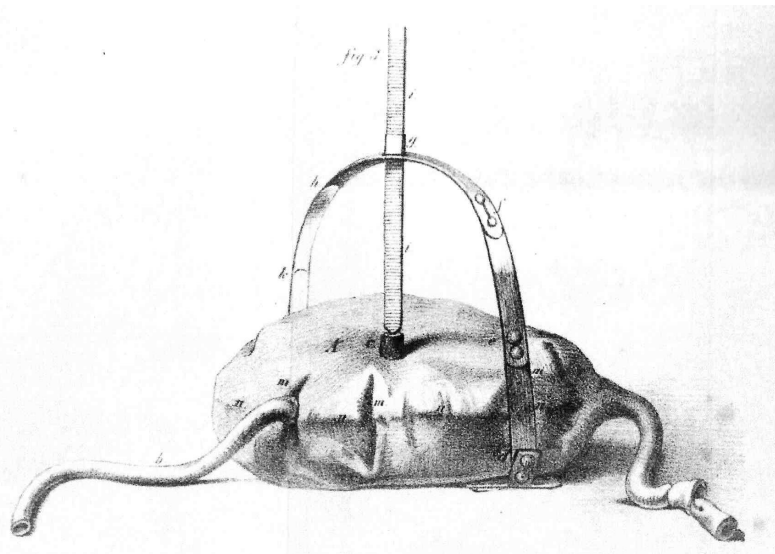


Figure 8. Spiromètre du Dr Boudin datant du début des années 1850 (cf., Varnout et Galante, 1854⁹¹ ; voir aussi : Fabius, 1853⁹² ; Schnepf, 1856b⁹³, p. 776 ; Galante, 1885⁹⁴, p. 18)

Dès le début des années 1850, des essais spirométriques furent également réalisées en France sous la direction de Charles Schützenberger (1809-1881), professeur de clinique médicale à la Faculté de Strasbourg, lequel était constamment à la recherche de nouvelles méthodes pour diagnostiquer et traiter les maladies. C'était alors la seule clinique française où l'examen spirométrique était appelé au secours des autres moyens de diagnostic dans les maladies de l'appareil respiratoire. Le spiromètre de la clinique de Strasbourg fut construit en 1851, d'après celui de Hutchinson, par un habile mécanicien, Joseph Ignace Elser, fabricant d'instruments de chirurgie à Strasbourg. Le savant professeur exposait tous les ans dans ses leçons cliniques l'importance pratique de la spirométrie (Schnepf, 1856b⁹⁵). Deux de ses élèves, Frédéric Wieger (1821-1890) et Louis-Emile Hecht (1830-1906), ont fait connaître quelques-unes des données obtenues ainsi que les résultats cliniques de leur maître. C'est lors de la séance du 4 mars 1852 à la Société de médecine de Strasbourg que Wieger (1852)⁹⁶ présente le spiromètre de Hutchinson et souligne l'importance de cet instrument pour le diagnostic et le pronostic des maladies de poitrine. La discussion qui s'ensuit montre les réticences de certains participants, notamment celles de Mathieu Hirtz (1909-1878). Ce dernier avait soutenu quelques années plus tôt une thèse sur la phthisie pulmonaire (Hirtz, 1836)⁹⁷ et doutait fortement que la taille soit en rapport avec la capacité pulmonaire. Il considérait également le spiromètre comme peu fiable, ne donnant que des faits bruts contestables : « *votre instrument ne pourra jamais servir au diagnostic des maladies, parce que des lésions anatomiques les plus*

⁹¹ Varnout & Galante (1854). *Catalogue des appareils et instruments de chirurgie en caoutchouc vulcanisé fabriqués sous la direction immédiate de M. le docteur Gariel* (p. 39). Paris : P. Dupont.

⁹² Fabius, H. (1853). *De spirometro ejusque usu observationibus cum aliorum, tum propriis illustrato. Quam, annuente summo numine, ex auctoritate rectoris magnifici Francesci Cornelii Donders... pro gradu doctoratus*. Amstelodami: J. H. & G. Van Heteren.

<http://objects.library.uu.nl/reader/index.php?obj=1874-319002&lan=en#page/92/02/54/92025458948776615254932655651198995537.jpg/mode/1up>

⁹³ Schnepf, B. (1856b). La spirométrie et les spiromètres. *Gazette Médicale de Paris*, n° 49, 6 décembre, 761-763 ; n° 50, 13 décembre, 775-777 ; n° 52, 27 décembre, 811-816.

⁹⁴ Galante, H. (1885). *Catalogue illustré des instruments de chirurgie*. Paris : sn.

⁹⁵ Schnepf, B. (1856b). La spirométrie et les spiromètres. *Gazette Médicale de Paris*, n° 49, 6 décembre, 761-763 ; n° 50, 13 décembre, 775-777 ; n° 52, 27 décembre, 811-816.

⁹⁶ Wieger, F. (1852). Notice sur le spiromètre de Hutchinson. *Gazette Médicale de Strasbourg*, 156-158.

⁹⁷ Hirtz, M. (1836). *Recherches cliniques sur quelques points du diagnostic de la phthisie pulmonaire (thèse inaugurale)*. Strasbourg : F. G. Levrault.

différentes peuvent donner le même résultat en diminuant la capacité vitale » (p. 157). Intervenant dans la discussion, Schützenberger souligne que les expériences faites à la clinique ont complètement confirmé les assertions que Hutchinson a tirées de 4000 observations sous le rapport de la taille avec la capacité respiratoire. Répondant aux différentes critiques de Hirtz, il admet que « le spiromètre ne sera jamais un instrument usuel pour le praticien, vu son prix et son volume ; mais une de ses applications les plus importantes serait celle au recrutement où il arrive au détriment de pauvres conscrits d'être enrégimentés avec des cavernes bien constatée. » (pp. 157-158). La thèse de Hecht (1855)⁹⁸ réalisée sous la direction de Schützenberger est le premier travail d'importance sur la spirométrie en France ; plus de 800 sujets⁹⁹ furent testés avec une version très peu modifiée du spiromètre de Hutchinson. L'auteur donne d'abord un historique de la question en résumant les principaux résultats du mémoire de Hutchinson et les travaux de ses successeurs. La suite de la thèse est centrée autour des questions suivantes : Quelle est à l'état normal la capacité respiratoire vitale ? Quelles sont les causes qui peuvent la faire varier ? C'est ainsi que Hecht prend en considération la taille, le sexe, l'âge, le poids, la profession et l'état de santé. Concernant la taille, il montre que ses résultats se rapprochent de ceux de Hutchinson, avec cette différence que les valeurs trouvées sont un peu plus élevées. Des observations sont également fournies pour des enfants âgés de 8 à 15 ans¹⁰⁰ ; celles-ci montrent une augmentation importante de la capacité vitale avec la taille¹⁰¹. Pour ce qui est du sexe, il souligne que la capacité vitale de la femme (464 sujets interrogés) est de 5 décilitres plus faible que chez l'homme (Wintrich avait trouvé en 1854 une différence de 1 décilitre seulement pour 500 femmes interrogées). Quant à l'influence exercée par l'âge sur la capacité respiratoire vitale, les résultats de Hecht concordent avec ceux de Hutchinson (1846) et Wintrich (1854)¹⁰², à savoir que c'est entre 30 et 35 ans que cette capacité atteint son maximum. En effet, la capacité respiratoire vitale varie selon l'âge (cependant cette cause modératrice est moins puissante que la taille et le sexe), elle augmente jusqu'à 30-35 ans puis décroît à partir de cette période, subissant une diminution marquée à partir de 50-60 ans. Ces données vont servir à l'auteur comme point de comparaison avec des patients ; ici c'est la taille qui va être prise comme point de comparaison par l'auteur car elle est à l'époque proclamée par la majorité des auteurs comme influant de la manière la plus puissante sur la capacité respiratoire vitale. Les données recueillies par l'auteur sur des patients montrent qu'en l'absence de troubles avérés, le spiromètre permet à lui seul de détecter la présence d'une phtisie pulmonaire. L'utilité du spiromètre est ainsi attestée par Hecht qui en recommande l'utilisation dans les hôpitaux, les grands établissements industriels, les conseils de révision, les compagnies d'assurance (p. 61).

⁹⁸ Hecht, L.E. (1855). *Essai sur le spiromètre (thèse présentée à la Faculté de médecine de Strasbourg le 10 mai 1855)*. Strasbourg : G. Silbermann.

⁹⁹ 558 ouvriers de la manufacture de tabacs de Strasbourg (92 hommes, 439 femmes et 27 enfants) ; 247 personnes de position sociale différente (206 hommes, 25 femmes, 16 enfants).

¹⁰⁰ Hutchinson n'avait pas examiné d'enfants.

¹⁰¹ Rapport entre la taille et la capacité respiratoire vitale chez 43 enfants, d'après Hecht (1855)

Taille (cm).	Capacité vitale (cm ³).
114	1 000
118	-
120	-
124	1 250
126	1 350
130	1 450
132	1 500
134	-
138	1 650

¹⁰² Wintrich, M. A. (1854). Krankheiten der Respirationorgane. In Virchow (Ed.), *Handbuch der speciellen Pathologie und Therapie* (Vol. 1; fasc. 5). Erlangen : F. Enke. [page 94]

<https://archive.org/stream/handbuchderspec05virgoog#page/n8/mode/2up>

Les premières expériences de spirométrie réalisées à Paris par Boudin et les travaux de l'École de Strasbourg n'eurent que peu de retentissement, et encore moins d'effet stimulant. Il fallut attendre le milieu des années 1850 pour que les questions relatives à la détermination de la capacité vitale du poumon préoccupent les médecins et les savants. C'est certainement la publication par Charles Lasègue (1816-1883), alors rédacteur en chef des *Archives générales de la médecine*, qui va susciter l'intérêt en France sur la spirométrie. Dans la revue critique qu'il donne en avril 1856 de la spirométrie (Lasègue, 1856)¹⁰³, il présente les travaux récents déjà évoqués de Hutchinson (1846, 1852¹⁰⁴), Wintrich (1854)¹⁰⁵, Schneevogt (1854)¹⁰⁶ et Hecht (1855)¹⁰⁷. Il note tout d'abord que la tendance actuelle en médecine est de faire appel à tous les moyens auxiliaires qui lui permettent de pénétrer plus avant dans les profondeurs de l'organisme. L'instrumentation en médecine est devenue nécessaire pour atteindre la rigueur qu'elle n'avait pas jusqu'alors. Or, il note que tout dernièrement deux appareils ont été imaginés : le spiromètre inventé par Hutchinson (1844, 1846) et plus récemment le sphymomètre inventé par Vierordt (1855)¹⁰⁸. C'est au spiromètre qu'il va s'intéresser dans son article, un appareil servant à mesurer non pas la capacité totale de la poitrine, mais seulement la quantité d'air inspiré et expiré. Il note que tous les observateurs ont montré que la capacité vitale d'un individu est constante et dépend de sa stature, et qu'elle n'est pas profondément influencée ni par l'exercice ni par l'habitude. Les travaux de Hutchinson (1846, 1852¹⁰⁹), Wintrich (1854)¹¹⁰, Schneevogt (1854)¹¹¹ et Hecht (1855)¹¹² montrent à l'évidence qu'il est possible, grâce au spiromètre, d'établir la loi qui règle la capacité vitale du thorax à l'état normal, en prenant pour terme unique de comparaison, avec l'échelle spirométrique, la taille de l'individu. La spirométrie peut donc répondre à deux indications au point de vue du diagnostic : d'abord servir à reconnaître, au premier examen, une maladie pulmonaire, ensuite fournir les moyens de mesurer sous une de ses formes le progrès ou l'amélioration de l'affection qu'on avait constatée. D'après Hutchinson, un abaissement de 16% de la capacité vitale doit éveiller les soupçons. Reprenant les conclusions énoncées par Schneevogt (1854)¹¹³, il note que la spirométrie ne se substitue pas, mais s'ajoute aux autres méthodes d'investigation du médecin. Elle est d'un secours utile pour diagnostiquer les affections organiques du poumon à leur début, et pour dissiper la crainte d'une tuberculisation commençante ; elle devrait également être employée dans les conseils de révision, les

¹⁰³ Lasègue, Ch. (1856). De l'emploi des instruments de précision en médecine : de la spirométrie. *Archives Générales de Médecine*, 5^e série, 7, avril, 464-476.

¹⁰⁴ Hutchinson, J. (1852). Thorax. In R. B. Todd (Ed.), *The cyclopaedia of anatomy and physiology* (vol. 4, pp. 1016-1087). London: Longmans et al.

https://archive.org/stream/cyclopaediaofan4184todd_0#page/1016/mode/2up

¹⁰⁵ Wintrich, M. A. (1854). Krankheiten der Respirationorgane. In Virchow (Ed.), *Handbuch der speciellen Pathologie und Therapie* (Vol. 1; fasc. 5). Erlangen : F. Enke. [page 94]

<https://archive.org/stream/handbuchderspec05virchow#page/n8/mode/2up>

¹⁰⁶ Schneevogt, V. (1854). Ueber den praktischen Werth des Spirometer. *Zeitschrift für Rationelle Medicin*, ns, 5, 9-28.

<https://babel.hathitrust.org/cgi/pt?id=mdp.39015023952511;view=1up;seq=17>

¹⁰⁷ Hecht, L.E. (1855). *Essai sur le spiromètre (thèse présentée à la Faculté de médecine de Strasbourg le 10 mai 1855)*. Strasbourg : G. Silbermann.

¹⁰⁸ Vierordt, K. von (1855). *Die Lehre vom Arterienpuls in gesunden und kranken Zuständen, gegründet auf eine neue Methode der bildlichen Darstellung des menschlichen Pulsus*. Braunschweig : F. Vieweg.

¹⁰⁹ Hutchinson, J. (1852). Thorax. In R. B. Todd (Ed.), *The cyclopaedia of anatomy and physiology* (vol. 4, pp. 1016-1087). London: Longmans et al.

https://archive.org/stream/cyclopaediaofan4184todd_0#page/1016/mode/2up

¹¹⁰ Wintrich, M. A. (1854). Krankheiten der Respirationorgane. In Virchow (Ed.), *Handbuch der speciellen Pathologie und Therapie* (Vol. 1; fasc. 5). Erlangen : F. Enke. [page 94]

<https://archive.org/stream/handbuchderspec05virchow#page/n8/mode/2up>

¹¹¹ Schneevogt, V. (1854). Ueber den praktischen Werth des Spirometer. *Zeitschrift für Rationelle Medicin*, ns, 5, 9-28.

<https://babel.hathitrust.org/cgi/pt?id=mdp.39015023952511;view=1up;seq=17>

¹¹² Hecht, L.E. (1855). *Essai sur le spiromètre (thèse présentée à la Faculté de médecine de Strasbourg le 10 mai 1855)*. Strasbourg : G. Silbermann.

¹¹³ Schneevogt, V. (1854). Ueber den praktischen Werth des Spirometer. *Zeitschrift für Rationelle Medicin*, ns, 5, 9-28.

<https://babel.hathitrust.org/cgi/pt?id=mdp.39015023952511;view=1up;seq=17>

sociétés d'assurance sur la vie, etc. Mais il est clair que les instruments utilisés jusqu'alors sont soit trop volumineux soit trop imprécis. C'est dans ce contexte que l'Académie des sciences et l'Académie de médecine de Paris vont être sollicitées par plusieurs jeunes savants (Bonnet, 1856¹¹⁴ ; Guillet, 1856a¹¹⁵ ; Schnepf, 1856a¹¹⁶ ; Poiseuille, 1856)¹¹⁷ pour présenter des instruments novateurs. On trouve dans les comptes rendus écrits de ces académies, dès l'année 1856, la description de quelques nouveaux appareils spirométriques, tels que le pneumatomètre¹¹⁸ de Bonnet (1856)¹¹⁹, basé sur le principe du compteur à gaz, et le pneumomètre à hélice de Guillet (1856a¹²⁰, 1856b¹²¹ ; cf. Bouchut, 1868, p. 872¹²²), construit sur le modèle des anémomètres.

Construit par M. Scholefield à Paris, le spiromètre d'Amédée Bonnet (1809-1858), professeur de clinique chirurgicale à l'École préparatoire de médecine de Lyon, s'inspire d'une tentative déjà faite en 1850 par un mécanicien allemand de Holzappel, Franz Forstmann, de substituer aux gazomètres, instruments fragiles, volumineux et d'un usage incommode dans un cabinet de médecin comme dans une salle d'hôpital, le compteur à gaz en usage dans les compagnies d'éclairage de l'époque. Plusieurs types de compteurs à gaz furent d'ailleurs utilisés et décrits par Wintrich (1854, p. 106)¹²³ dans son mémoire sur la spirométrie ; ces instruments permettaient à l'aide d'aiguilles marchant sur des cadrans, de reconnaître, par une inspection rapide, quelle est la quantité de gaz qui traverse un tuyau (pour une présentation Jeannel, 1877, pp. 87-88)¹²⁴. Celui utilisé par Bonnet (1856)¹²⁵ pesait 1 kilogramme. Il avait tout au plus 18 centimètres de diamètre et portait un cadran ayant deux aiguilles : l'une marquait les décilitres et l'autre les centilitres. Un compteur de ce genre, convenablement rempli d'eau et muni d'un tube avec une embouchure, permet de reconnaître en un instant la quantité d'air que l'on y fait pénétrer par une série d'expirations, quelque faible qu'elles soient. Pendant que l'on souffle dans le tube, les aiguilles marchent simultanément sur le cadran qui marque les valeurs correspondantes ; elles s'arrêtent dès que cesse l'impulsion, et permettent de juger immédiatement de la quantité d'air qui est sortie de la poitrine. Bien que Bonnet ait pu vérifier la justesse des observations de Hutchinson sur le rapport de la capacité pulmonaire avec l'âge et la taille, ce type de spiromètre avait déjà été mis en défaut par Wintrich (1854) qui ne le recommandait pas à cause de son manque de précision (cf. également Poiseuille, 1856¹²⁶ ; Schnepf, 1856b¹²⁷, pp. 811-812).

¹¹⁴ Bonnet, A. (1856). Application du compteur à gaz à la mesure de la respiration. *Comptes Rendus Hebdomadaires des Séances de l'Académie des Sciences*, 42, 825-827 ; 43, 519-521.

¹¹⁵ Guillet, J. (1856a). Description d'un spiromètre. *Comptes Rendus Hebdomadaires des Séances de l'Académie des Sciences*, 43, 214-216.

¹¹⁶ Schnepf, B. (1856a). Note sur un nouveau spiromètre d'une sensibilité et d'une simplicité extrêmes. *Comptes Rendus Hebdomadaires des Séances de l'Académie des Sciences*, 43, 1^{er} décembre, 1046-1049.

¹¹⁷ Poiseuille, J. L. M. (1856). Rapport sur un nouveau spiromètre de M. Guillet (commissaires : MM. Bouillaud et Poiseuille, rapporteur). *Bulletin de l'Académie Impériale de Médecine*, 22, 21^e année, 2 décembre, 203-213.

¹¹⁸ Cet instrument était fabriqué par M. Shlotefield, rue Pérelle, 15, à Paris. Comme les montres, cet instrument n'a qu'un seul cadran, sur lequel marchent deux aiguilles ; la plus petite indique les litres, et la plus grande les centilitres ; son volume n'excède pas 25 centimètres dans ses plus grandes dimensions, et son poids, lorsqu'il ne contient pas d'eau, est à peine de 1 kilogramme. Ces modifications le rendent facilement portable ; elles en réduisent le prix des deux tiers.

¹¹⁹ Bonnet (1856). Application du compteur à gaz à la mesure de la respiration. *Comptes Rendus Hebdomadaires des Séances de l'Académie des Sciences*, 42, 825-827 ; 43, 519-521.

¹²⁰ Guillet, J. (1856a). Description d'un spiromètre. *Comptes Rendus Hebdomadaires des Séances de l'Académie des Sciences*, 43, 214-216.

¹²¹ Guillet, J. (1856b). Nouveau spiromètre. *Gazette des Hôpitaux Civils et Militaires*, 29^e année, 363-364.

¹²² Bouchut, E. (1868). *Nouveaux éléments de pathologie générale et de séméiologie* (2^e édition). Paris : J.-B. Baillière.

<https://archive.org/stream/b28112064#page/872/mode/2up>

¹²³ Wintrich, M. A. (1854). Krankheiten der Respirationorgane. In Virchow (Ed.), *Handbuch der speciellen Pathologie und Therapie* (Vol. 1; fasc. 5). Erlangen : F. Enke. [page 106]

<https://archive.org/stream/handbuchderspec05virgoog#page/n8/mode/2up>

¹²⁴ Jeannel, M. (1877). *Arsenal du diagnostic médical*. Paris : J.-B. Baillière.

¹²⁵ Bonnet, A. (1856). Application du compteur à gaz à la mesure de la respiration. *Comptes Rendus Hebdomadaires des Séances de l'Académie des Sciences*, 42, 825-827 ; 43, 519-521.

¹²⁶ Poiseuille, J. L. M. (1856). Rapport sur un nouveau spiromètre de M. Guillet (commissaires : MM. Bouillaud et Poiseuille, rapporteur). *Bulletin de l'Académie Impériale de Médecine*, 22, 21^e année, 2 décembre, 203-213.

Le spiromètre de Jules Guillet (1834-1891), ancien élève de l'école polytechnique, fut construit par la maison Charrière à Paris. Il se compose d'un gros tube dans lequel on fait souffler le sujet (**Figure 9**). Dans l'intérieur du tube se trouve une hélice que le passage d'air fait tourner ; cette hélice communique avec un compteur gradué : il est donc très facile de savoir le nombre de litres expirés dans le tube (Regnard, 1879). Etablissant un rapport circonstancié sur cet appareil pour le compte de l'Académie de médecine, Poiseuille (1856)¹²⁸ souligne que contrairement au spiromètre de Bonnet, il s'agit d'un instrument précieux pour la physiologie et la médecine (voir aussi Jeannel, 1877, pp. 88-90)¹²⁹. Dans sa thèse de médecine Guillet (1859)¹³⁰ utilisera son pneumomètre pour étudier les modifications des volumes respiratoires sous l'influence de la voix et du chant, mais il ne confirmera pas la loi de Hutchinson selon laquelle la capacité vitale croît avec la stature des individus.

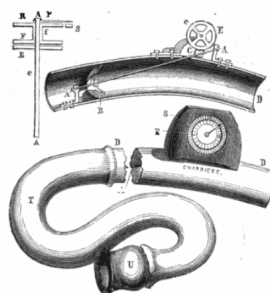


Fig. 207. — Spiromètre de Guillet.

Figure 9. Le spiromètre (pneusimètre ou hélicimètre) de Guillet (1856b, p. 364)¹³¹ fabriqué par la maison Charrière à Paris (voir Charrière, 1862, p. 4)¹³² est constitué d'un tube en laiton formé d'une partie cylindrique, se raccordant avec une autre partie légèrement courbée. L'axe de la portion cylindrique vient rencontrer la paroi de la partie recourbée après un trajet de 40 mm environ dans l'intérieur du tube. Une hélice à ailes très légères (petit moulinet analogue à celui des anémomètres) est placée dans la partie cylindrique et montée sur un axe dont l'une des extrémités sort du tube à travers la paroi, et porte une vis sans fin qui donne le mouvement à un compteur. Le compteur enregistre le nombre de tours du moulinet, de 0 à 1200, au moyen d'une seule aiguille, qui marque sur un cadran fixe les unités, et sur un cadran mobile les cinquantaines du nombre des tours. La vis sans fin et le compteur sont enfermés dans une boîte fenestrée. La figure représente l'instrument sur trois plans. 1° Coupe passant par l'axe parallèlement aux roues dentées du compteur ; 2° Elévation ; 3° Plan explicatif de la disposition du compteur. AA, (coupe) axe. ó B, hélice. ó C, vis sans fin. ó D, tube. ó E, roue dentée de 30 dents portant l'aiguille P sur son axe e. ó F, roue dentée de 48 dents, montée sur un cadran f qui porte le cadran mobile R. ó S, cadran fixe. N.B. ó La vis sans fin C devrait être représentée parallèle à l'axe AA. C'est par erreur qu'on a mis dans ce dessin les lettres AA aux extrémités de l'axe e. (voir catalogue Charrière, 1862¹³³, p. 4).

Mais le plus apprécié des appareils de cette époque (Longet, 1861, p. 511)¹³⁴ fut, semble-t-il, le spiromètre de Schnepf (1856a¹³⁵, 1856b)¹³⁶ présenté par Claude Bernard (1813-1878) le 1^{er} décembre 1856 à l'Académie des Sciences de Paris, très proche dans sa conception de celui de Hutchinson, mais qui est plus simple et plus précis (**Figure 10**). En effet, le tube respiratoire ne comporte ni robinets ni courbures, et l'air de la

¹²⁷ Schnepf, B. (1856b). La spirométrie et les spiromètres. *Gazette Médicale de Paris*, n° 49, 6 décembre, 761-763 ; n° 50, 13 décembre, 775-777 ; n° 52, 27 décembre, 811-816.

¹²⁸ Poiseuille, J. L. M. (1856). Rapport sur un nouveau spiromètre de M. Guillet (commissaires : MM. Bouillaud et Poiseuille, rapporteur). *Bulletin de l'Académie Impériale de Médecine*, 22, 21^e année, 2 décembre, 203-213.

¹²⁹ Jeannel, M. (1877). *Arsenal du diagnostic médical*. Paris : J.-B. Baillière.

¹³⁰ Guillet, J. (1859). *Sur quelques différences individuelles des organes respiratoires (thèse de médecine, Paris)*. Paris : sn.

¹³¹ Guillet, J. (1856b). Nouveau spiromètre. *Gazette des Hôpitaux Civils et Militaires*, 29^e année, 363-364.

¹³² Charrière, J. (1862). *Catalogue d'instruments*. Paris : Charrière.

¹³³ Charrière, J. (1862). *Catalogue d'instruments*. Paris : J. Charrière.

¹³⁴ Longet, F. A. (1861). *Traité de physiologie (vol. 1)*. Paris : Masson.

¹³⁵ Schnepf, B. (1856a). Note sur un nouveau spiromètre d'une sensibilité et d'une simplicité extrêmes. *Comptes Rendus Hebdomadaires des Séances de l'Académie des Sciences*, 43, 1^{er} décembre, 1046-1049.

¹³⁶ Schnepf, B. (1856b). La spirométrie et les spiromètres. *Gazette Médicale de Paris*, n° 49, 6 décembre, 761-763 ; n° 50, 13 décembre, 775-777 ; n° 52, 27 décembre, 811-816.

cloche avant l'inspiration et après l'expiration se trouve avoir la même tension, sous la même pression, de là l'utilité d'un manomètre, le rétablissement spontané du niveau de l'eau dans le récipient et la cloche, et la possibilité d'avoir une échelle immobile. Grâce à cet appareil, Schnepf (1857)¹³⁷ a fait connaître dans un ouvrage intéressant le résultat de ses nombreuses recherches de spirométrie.

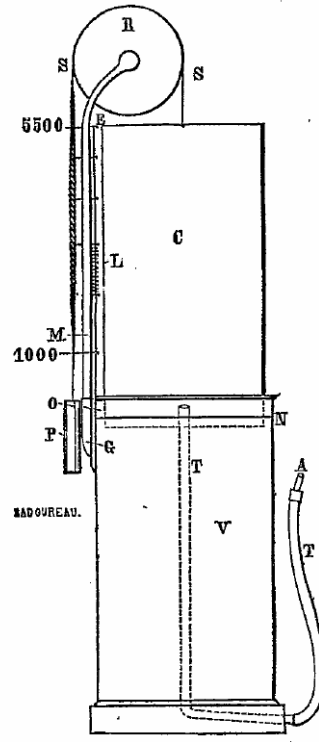


Figure 10. Le spiromètre de Schnepf (1856a¹³⁸, 1856b¹³⁹, p. 1047 ; 1857¹⁴⁰) est une version modifiée et améliorée du spiromètre de Hutchinson. La construction est la même, mais la cloche n'est équilibrée que par un seul contrepois, et la chaîne qui le supporte est formée d'anneaux inégaux qui compensent les variations que subit le poids de la cloche suivant qu'elle plonge plus ou moins dans l'eau du réservoir. V, cylindre de laiton. T, T, tube respiratoire. A, embout. C, cloche ou gazomètre. P, contrepois. S, chaîne. R, poulie. L, échelle graduée. M, montant. G, gaine qui soutient l'échelle. N, niveau du liquide du réservoir. E, fond du gazomètre. O, partie inférieure ouverte du gazomètre. Un cylindre en laiton V, ayant 35 centimètres de haut et 18 centimètres de diamètre, fermé seulement à sa partie inférieure, à laquelle est soudé un socle également cylindrique, sert de récipient ; un tube T, de 15 millimètres de diamètre, s'élève verticalement dans l'axe du récipient, traverse le fond, se coude dans le socle, d'où il sort sous une légère inclinaison pour se continuer avec un tube en caoutchouc vulcanisé, de longueur variable, mais terminé par une embouchure légèrement conique A ; c'est le tube respiratoire. Une cloche C cylindrique, en laiton également, de 30 centimètres de haut et de 16 centimètres de diamètre, est renversée dans le récipient plein d'eau ; elle est maintenue, dans toutes ses positions, dans un équilibre stable, au moyen d'un contrepois P et d'une chaîne S, qui passe sur une poulie R, et dont les anneaux, inégaux en poids, compensent les variations que subit le poids de la cloche suivant qu'elle plonge plus ou moins dans l'eau du récipient. L'échelle L, dont les divisions de 0 à 5500 correspondent à des centimètres cubes, est fixée sur le montant M, qui soutient la poulie et qui s'adapte avec précision par la gaine G sur le récipient.

¹³⁷ Schnepf, B. (1857). *Capacité vitale du poumon, ses rapports physiologiques et pathologiques avec les maladies de la poitrine*. Paris : J.-B. Baillière.

<https://archive.org/stream/b22298150#page/n1/mode/2up>

¹³⁸ Schnepf, B. (1856a). Note sur un nouveau spiromètre d'une sensibilité et d'une simplicité extrêmes. *Comptes Rendus Hebdomadaires des Séances de l'Académie des Sciences*, 43, 1^{er} décembre, 1046-1049.

¹³⁹ Schnepf, B. (1856b). La spirométrie et les spiromètres. *Gazette Médicale de Paris*, n° 49, 6 décembre, 761-763 ; n° 50, 13 décembre, 775-777 ; n° 52, 27 décembre, 811-816.

¹⁴⁰ Schnepf, B. (1857). *Capacité vitale du poumon, ses rapports physiologiques et pathologiques avec les maladies de la poitrine*. Paris : J.-B. Baillière.

<https://archive.org/stream/b22298150#page/n1/mode/2up>

La même année, Eugène Bouchut (1818-1891) fut l'un des premiers à parler longuement de la spirométrie dans un ouvrage de pathologie générale (Bouchut, 1857)¹⁴¹ en soulignant son intérêt pour le diagnostic des maladies de poitrine. Il note cependant que « *la spirométrie ne deviendra jamais une chose usuelle, mais elle peut rendre service, et à ce titre le médecin doit connaître les résultats qu'il peut tirer de son emploi.* » (p. 730). Dans les éditions ultérieures de son livre, Bouchut (1869¹⁴², 1875¹⁴³) va faire une large place aux instruments utilisés en présentant notamment les spiromètres de Hutchinson, Guillet, Boudin et Schnepf. Il fit état également d'un nouvel appareil mis au point par [Marie Firmin] Jules Maréchal (1832-1897), médecin chirurgien de la marine à Brest. Etant intéressé par les modalités de recrutement des matelots affectés à la manœuvre de l'artillerie Maréchal (1868)¹⁴⁴ souligne que leur résistance dépend fortement de leur capacité respiratoire. Afin de la mesurer, l'auteur souligne dans son article qu'il a utilisé le spiromètre de Boudin mais également un autre appareil dont il est le concepteur : le pneumomètre. Il est constitué d'un tube aplati et courbe dont les branches s'écartent ou se rapprochent suivant la pression intérieure qu'il supporte. Au milieu de sa longueur est soudé un petit tube cylindrique communiquant d'une part avec sa cavité, de l'autre avec un récipient (pour égaliser les pressions) qui a une capacité 200 fois supérieure environ à la sienne. Un tube de caoutchouc muni d'un embouchure assez large communique à son tour avec le récipient, mais auparavant il bifurque, et des robinets peuvent à volonté faire passer l'air par l'une ou l'autre voie, suivant qu'il s'agit de mesurer la force d'inspiration ou celle de l'expiration. Des soupapes de caoutchouc convenablement disposées au-dessous des robinets ont pour but de remédier à la cessation brusque de l'effort maximum qui presse sur l'instrument dans un sens ou dans l'autre. Une aiguille inductrice, reliée aux deux extrémités du tube barométrique dont elle traduit la course, se meut sur un cadran en entraînant avec elle des aiguilles. Celles-ci permettent de lire le nombre de degrés qui représentent la force inspiratrice ou expiratrice. Chaque degré est équivalent au poids de 1 centimètre cube de mercure. Cet instrument traduit donc la valeur exacte des puissances inspiratrices ou expiratrices. Cette donnée est importante à connaître, puisque, dans toutes les manœuvres réclamant de la force ou de l'agilité, c'est sur le thorax que les muscles des membres prennent leur appui, et que de son volume variable ou de sa fixité à un moment dépendent la précision, la rapidité et surtout la quantité de l'effort produit. Jeannel (1877)¹⁴⁵ considère qu'il ne s'agit pas là d'un spiromètre car s'il traduit la valeur exacte des puissances inspiratrices et expiratrices (comme le pneumo-dynamomètre de Mathieu), il ne peut pas donner une valeur exacte de la capacité respiratoire.

A la même époque, Léon Bergeon (1840-1912), qui sera nommé ultérieurement professeur suppléant à l'Ecole préparatoire de médecine et de pharmacie de Lyon, présentera à l'Académie des Sciences de Paris en septembre 1868 le premier spiromètre inscrivant (Bergeon et Kastus, 1868a¹⁴⁶). Il note (Bergeon, 1869, p. 17)¹⁴⁷

¹⁴¹ Bouchut, E. (1857). *Nouveaux éléments de pathologie générale et de sémiologie*. Paris : J.-B. Baillière.

¹⁴² Bouchut, E. (1869). *Nouveaux éléments de pathologie générale et de sémiologie (2^e édition revue, corrigée et augmentée)*. Paris : J.-B. Baillière.

¹⁴³ Bouchut, E. (1875). *Nouveaux éléments de pathologie générale, de sémiologie et de diagnostic (3^e édition revue, corrigée et augmentée)*. Paris : J.-B. Baillière.

<https://play.google.com/books/reader?id=BLVUAAAQAAJ&printsec=frontcover&output=reader&hl=fr&pg=GBS.PR5>

¹⁴⁴ Maréchal, J. (1868). Considérations médicales sur les apprentis canonnières du vaisseau-école le Louis XIV. *Archives de Médecine Navale*, 9, juin, 453-477.

¹⁴⁵ Jeannel, M. (1877). *Arsenal du diagnostic médical*. Paris : J.-B. Baillière.

¹⁴⁶ Bergeon, L., & Kastus, Ch. (1868a). Note sur un nouvel appareil enregistreur de la respiration, ou anapnographie. *Comptes Rendus Hebdomadaires des Séances de l'Académie des Sciences*, 67, 2^e semestre, n° 10, 15 septembre, 553-555.

<http://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k3024c/f553.item.r=kastus>

¹⁴⁷ Bergeon, L. (1869). *Recherches sur la physiologie médicale de la respiration à l'aide d'un nouvel appareil enregistreur : l'anapnographie (spiromètre écrivain)*. Paris : Adrien Delahaye.

que malgré leur utilité incontestable, les instruments aujourd'hui disponibles sur le marché en France sont cependant très peu répandus et leur usage est loin d'être aussi fréquent qu'ils le mériteraient. Les causes de ce discrédit sont multiples ; souvent impossible au lit du malade, le spiromètre est ordinairement d'un usage difficile dans la salle d'hôpital. La plupart d'entre eux sont lourds, volumineux, et exigent un certain volume d'eau pour fonctionner. De plus, les résultats sont souvent entachés d'erreur pour deux raisons différentes ; la première est inhérente aux embouts dont on se sert, la seconde tient aux manœuvres délicates qu'on exige du malade. En effet, les embouts de spiromètre s'appliquent à la bouche ; or la respiration par la bouche n'est pas la respiration normale ; le nez est le véritable conduit des voies respiratoires. C'est dans ce contexte qu'il propose avec son collègue Kastus de Lyon (Bergeon et Kastus, 1868a¹⁴⁸, 1868b¹⁴⁹) d'appliquer à l'étude de la respiration un appareil susceptible de donner des indications précises sur les signes physiques de cette fonction et capable d'éclairer le médecin dans le diagnostic parfois si difficile à l'époque des maladies de poitrine. L'appareil proposé, appelé *anapnographie* (**Figure 11**), est construit sur le même principe que le sphygmographe de Marey (1859)¹⁵⁰ : il traduit les courants d'air qui pénètrent dans la poitrine ou qui s'en échappent à chaque respiration, de la même manière que le sphygmographe traduit la pulsation artérielle du sujet. Il consiste (Bergeon, 1869¹⁵¹) dans sa partie inférieure en un appareil enregistreur déroulant une bande de papier, sur laquelle la plume inscrit les mouvements de l'air qui traverse le tube dont l'embouchure totalement hermétique (construite par la maison Robert & Collin) est appliquée sur le nez du sujet (qui reste la bouche fermée). La partie supérieure a la forme d'une petite boîte à section rectangulaire. Unie aux voies respiratoires par le tube, elle présente vers son milieu une plaque qui joue le rôle d'une valve formée d'une feuille d'aluminium réduite à une extrême minceur. Cette plaque, maintenue dans l'immobilité verticale par deux ressorts opposés et d'égale force, se déplace sous l'action de chaque courant respiratoire, entraînant avec elle le levier inscrivant, qui traduit sur le papier, par des traits successivement verticaux et horizontaux, les mouvements de la plaque, c'est-à-dire les impressions qu'elle subit, en même temps que le ressort, de la part des courants d'air plus ou moins intenses et plus ou moins prolongés. L'exquise sensibilité de l'appareil permet d'apprécier non seulement le volume respiratoire (spirométrie), mais également la fréquence des mouvements respiratoires, la durée et l'intensité relative de chacun d'eux, et surtout leur forme (pour une description Jeannel, 1877, pp. 91-94)¹⁵².

¹⁴⁸ Bergeon, L., & Kastus, Ch. (1868a). Note sur un nouvel appareil enregistreur de la respiration, ou anapnographie. *Comptes Rendus Hebdomadaires des Séances de l'Académie des Sciences*, 67, 2^e semestre, n° 10, 15 septembre, 553-555.

<http://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k3024c/f553.item.r=kastus>

¹⁴⁹ Bergeon, L., & Kastus, Ch. (1868b). Nouvel appareil enregistreur de la respiration. *Gazette Hebdomadaire de Médecine et de Chirurgie*, n° 37, 579-582 ; n° 39, 612-614 ; n° 40, 631-633.

¹⁵⁰ Marey, E. J. (1859). Recherches sur le pouls au moyen d'un nouvel appareil enregistreur, le sphygmographe. *Comptes Rendus des Séances et Mémoires de la Société de Biologie*, 3^e série, 1, 281-309.

¹⁵¹ Bergeon, L. (1869). *Recherches sur la physiologie médicale de la respiration à l'aide d'un nouvel appareil enregistreur : l'anapnographie (spiromètre écrivant)*. Paris : Adrien Delahaye.

¹⁵² Jeannel, M. (1877). *Arsenal du diagnostic médical*. Paris : J.-B. Baillière.

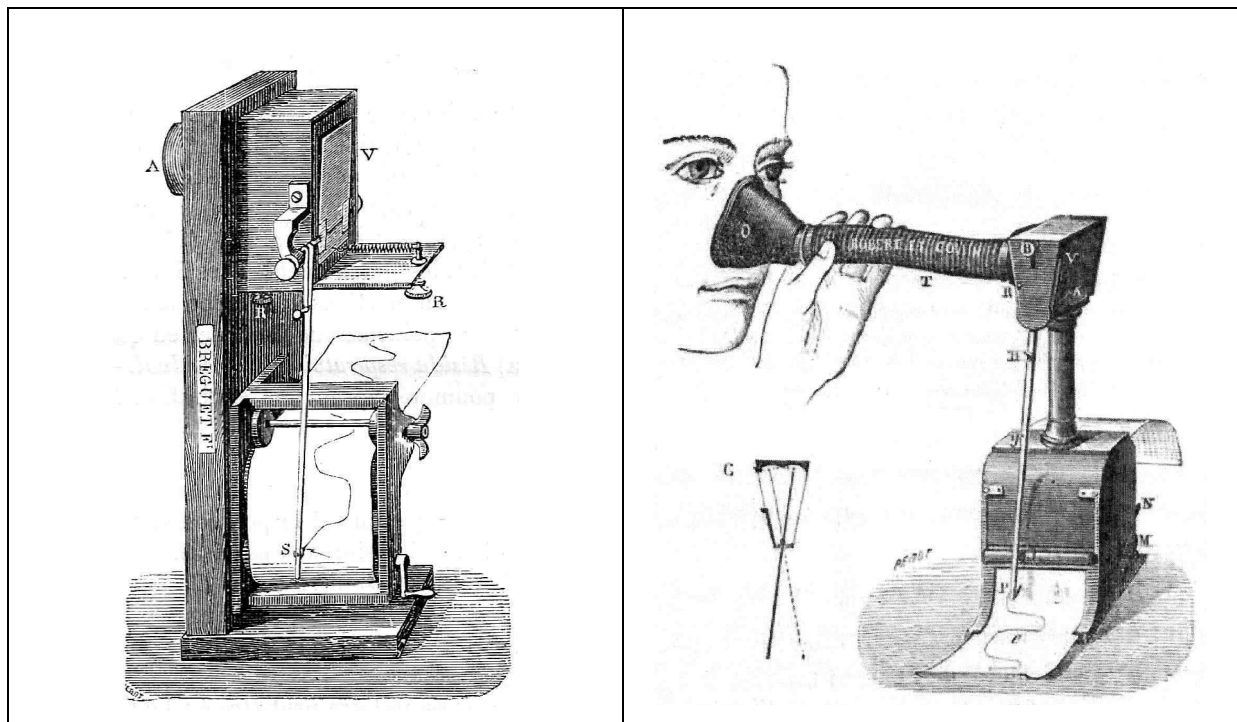


Figure 11. L'anapnographe de Bergeon et Kastus, à gauche, dans sa version originale (1868a¹⁵³, 1868b¹⁵⁴) et, à droite, dans sa version améliorée (Bergeon, 1869¹⁵⁵) construit par la maison Bréguet donne à la fois la durée des mouvements d'inspiration et d'expiration, les variations de pression du courant d'air à tous les instants de la respiration et le débit de la pompe thoracique, c'est-à-dire la quantité d'air inspiré ou expiré. Ainsi, il réunit les indications des spiromètres, des appareils enregistreurs et peut servir de dynamomètre pulmonaire. L'appareil est disposé de la façon suivante : une valve ou lame mobile, V, en aluminium, forme la partie postérieure d'une boîte rectangulaire mise en communication en A avec un tube respiratoire terminé par un embout. L'axe de rotation de la valve porte un levier très léger, S, qui écrit sur une bande de papier animée d'un mouvement uniforme tous les mouvements de la valve. Des ressorts réglés par les boutons R, R, ramènent la valve dans la position d'équilibre. La personne en expérience applique l'embout sur le nez, et à chaque mouvement de respiration (inspiration et expiration), les variations de pression de l'air des voies aériennes se transmettent à l'air de la boîte rectangulaire et amènent des mouvements de va-et-vient de la valve V inscrits par le levier S. L'anapnographe donne non seulement la pression mais la quantité d'air inspiré et expiré, et la vitesse du courant d'air.

¹⁵³ Bergeon, L., & Kastus, Ch. (1868a). Note sur un nouvel appareil enregistreur de la respiration, ou anapnographe. *Comptes Rendus Hebdomadaires des Séances de l'Académie des Sciences*, 67, 2^e semestre, n° 10, 15 septembre, 553-555. <http://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k3024c/f553.item.r=kastus>

¹⁵⁴ Bergeon, L., & Kastus, Ch. (1868b). Nouvel appareil enregistreur de la respiration. *Gazette Hebdomadaire de Médecine et de Chirurgie*, n° 37, 579-582 ; n° 39, 612-614 ; n° 40, 631-633.

¹⁵⁵ Bergeon, L. (1869). *Recherches sur la physiologie médicale de la respiration à l'aide d'un nouvel appareil enregistreur : l'anapnographe (spiromètre écrivant)*. Paris : Adrien Delahaye.

3 6 DEVELOPPEMENT DE LA SPIROMETRIE AU COURS DE LA SECONDE MOITIE DU XIX^e SIECLE

On trouve également de nombreux nouveaux dispositifs (**Figure 12**) décrits à l'étranger au cours des années 1860-1870 (Mitchell, 1859¹⁵⁶ ; Alison, 1861¹⁵⁷, p. 351 ; Hammond, 1863¹⁵⁸, p. 42 ; Lewis, 1863¹⁵⁹ ; Weiss, 1863¹⁶⁰ ; Salter, 1865¹⁶¹ ; Aitken, 1866¹⁶² ; Bain, 1870¹⁶³ ; Rattray, 1872¹⁶⁴ ; Holmgren, 1873¹⁶⁵ ; Holden, 1877¹⁶⁶, 1878¹⁶⁷), et ce malgré des séries de critiques portant sur l'instrument lui-même¹⁶⁸. Certains de ces dispositifs ne sont que des améliorations de détails sur la forme du spiromètre de Hutchinson, un exemple est donné par le spiromètre de Rattray (1880)¹⁶⁹ (**Figure 12**), d'autres sont des dispositifs portatifs novateurs, un exemple est donné par le spiromètre de Maestrelli (1881)¹⁷⁰ (**Figure 13**).

¹⁵⁶ Mitchell, S. W. (1859). Improved spirometer. *American Journal of the Medical Sciences*, 37, 378-379.

<https://babel.hathitrust.org/cgi/pt?id=uc1.c027320356;view=1up;seq=390>

¹⁵⁷ Alison, S. S. (1861). *The Physical examination of the chest in pulmonary consumption and its intercurrent diseases*. London: John Churchill. [page 351]

<https://archive.org/stream/physicalexamina00alisoogoo#page/n377/mode/1up>

¹⁵⁸ Hammond, W. A. (1863). *A treatise on hygiene: with special reference to the military service*. Philadelphia: J. B. Lippincott. [page 42]

<https://archive.org/stream/62510670R.nlm.nih.gov/62510670R#page/n49/mode/2up>

¹⁵⁹ Lewis, D. (1863). *Weak lungs, and how to make them strong: or diseases of the organs of the chest, with their home treatment by the movement cure*. Boston: Ticknor and Fields. [page 259]

<https://archive.org/stream/65440480R.nlm.nih.gov/65440480R#page/n261/mode/2up>

<https://archive.org/stream/proceedingsconn08socigoog#page/n359/mode/2up>

¹⁶⁰ Weiss, J. (1863). *A catalogue of surgical instruments, apparatus, appliances, etc.* London : M.S. Rickerby.

<https://archive.org/stream/catalogueofsurgi00john#page/n153/mode/1up/search/spirometer>

¹⁶¹ Salter, H. (1865). Lectures on dyspnea. *The Lancet*, October 28, n° 2200, 475-478.

¹⁶² Aitken, W. (1866). *The science and practice of medicine*. Philadelphia : Lindsay & Blakiston [p. 553]

<https://archive.org/stream/sciencepractice02aitk#page/552/mode/2up>

¹⁶³ Bain, W. P. (1870). On a portable spirometer. *The British Medical Journal*, February 5, 129.

<https://babel.hathitrust.org/cgi/pt?id=uva.3470160689;view=1up;seq=139>

¹⁶⁴ Rattray, A. (1872). A combined spirometer, aspirator, and aeroscope. *The Lancet*, n° 2574, December 28, 915.

¹⁶⁵ Holmgren, F. (1873). Om en spirograph. *Uppsala Läkareförenings Förhandlingar*, 8, 465-473.

¹⁶⁶ Holden, E. (1877). New investigations in respiratory physiology. *American Journal of the Medical Sciences*, 73, 389-395.

<https://babel.hathitrust.org/cgi/pt?id=uc1.c075216540;view=1up;seq=431>

¹⁶⁷ Holden, E. (1878). A practical pneumatometer. *The Medical Record*, 13, June 1, 438.

¹⁶⁸ Nous laisserons de côté les critiques sur la valeur diagnostique de la spirométrie. En effet, on a objecté que le spiromètre ne fournit qu'un fait brut, celui de la diminution de la capacité respiratoire vitale ; il ne renseigne ni sur la nature du mal, ni sur la lésion anatomique qui le constitue. Le spiromètre nous donne un symptôme au même titre que le stéthoscope. Il est vrai également que la capacité respiratoire vitale varie selon la volonté de l'individu.

¹⁶⁹ Rattray, A. (1880). Description of a new form of spirometer. *Pacific Medical and Surgical Journal*, 23, n°1, June, 17-20. [p. 17]

<https://babel.hathitrust.org/cgi/pt?id=uc1.b2949758;view=1up;seq=31>

¹⁷⁰ Maestrelli, D. (1881). L'esponente più corretto della capacità vitale. *Archivio per L'Antropologia e la Etnologia*, 11, 1-47.

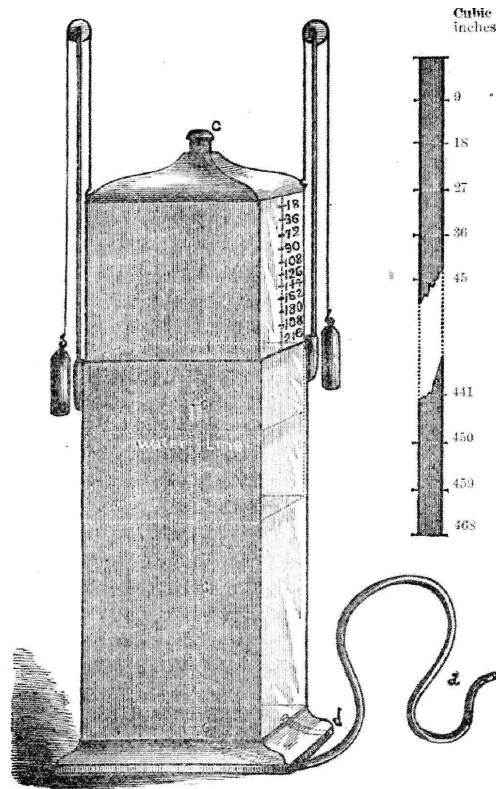


Figure 12. Spiromètre de Rattray (1880, p. 17)¹⁷¹

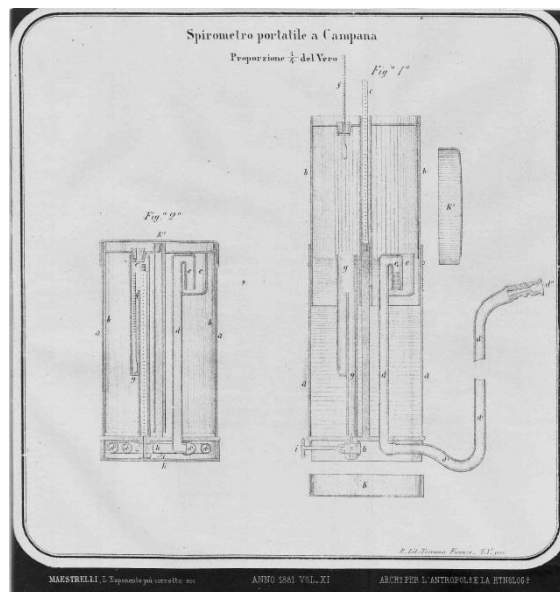


Figure 13. Spiromètre de Maestrelli (1881)¹⁷²

En effet, on a dit que le spiromètre ne deviendrait jamais pour le praticien un instrument usuel, vu l'œnormité de son prix et de son volume (bien que les spiromètres de Boudin, Guillet et Maestrelli aient considérablement diminué la valeur de cette critique). La seconde critique a porté sur la variabilité des

¹⁷¹ Rattray, A. (1880). Description of a new form of spirometer. *Pacific Medical and Surgical Journal*, 23, n°1, June, 17-20. [p. 17] <https://babel.hathitrust.org/cgi/pt?id=uc1.b2949758:view=1up:seq=31>

¹⁷² Maestrelli, D. (1881). L'œsponente più corretto della capacità vitale. *Archivio per L'Antropologia e la Etnologia*, 11, 1-47.

indications spirométriques, selon les différentes pressions du baromètre (Hutchinson avait déjà prévu cette remarque, aussi a-t-il adapté à son instrument un manomètre ouvert qui permet de soumettre l'air contenu dans le gazomètre à la même pression que l'air extérieur). Quoiqu'il en soit, les dispositifs spirométriques vont se développer et de nouveaux appareils vont apparaître comme le montre le catalogue de la maison fondée par George Tiemann (1793-1868) aux Etats-Unis datant de la fin des années 1870 (**Figure 14**).

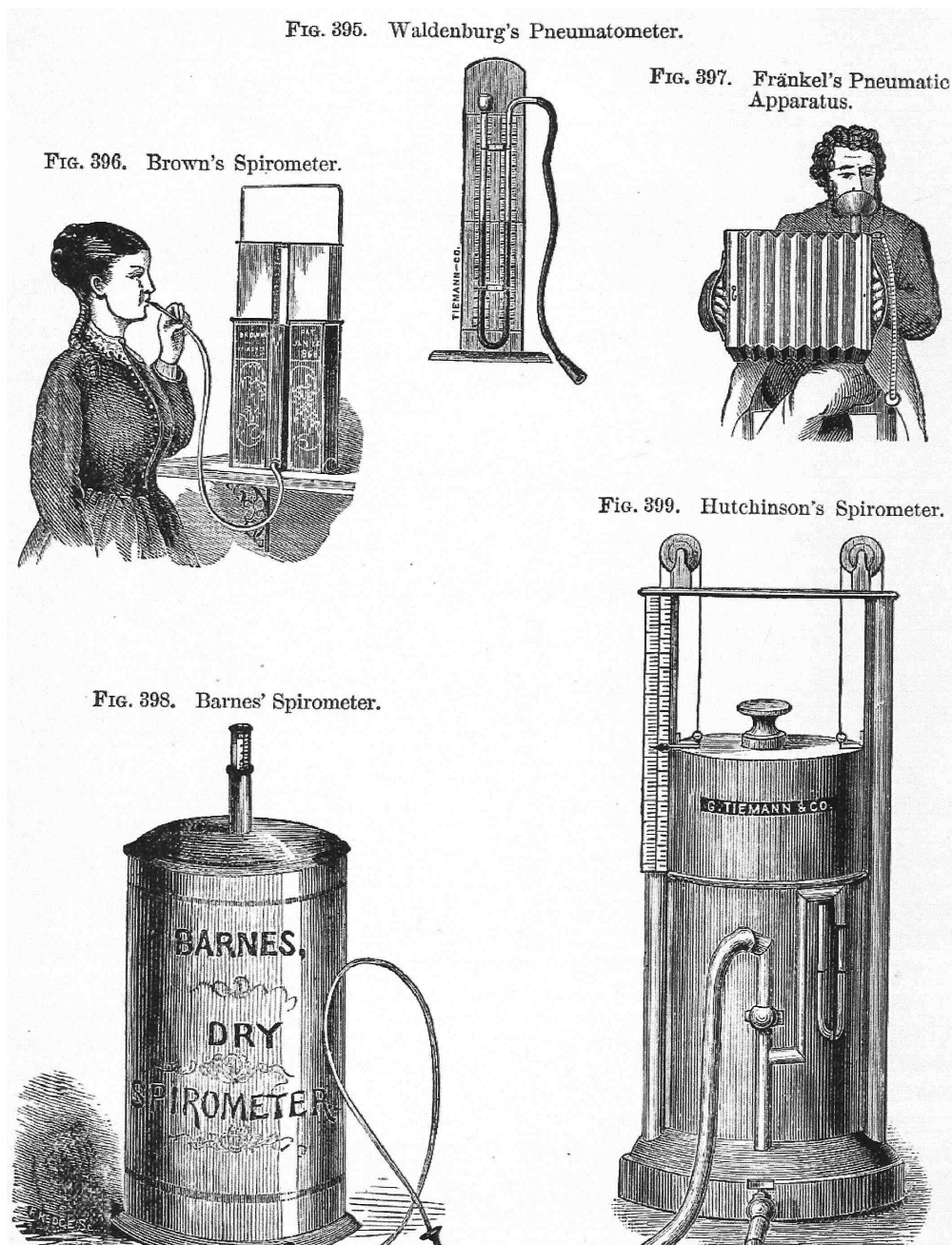


Figure 14. Divers spiromètres du fameux catalogue américain d'instruments médicaux et chirurgicaux de George Tiemann (1879, p. 97)¹⁷³. Dans ce catalogue, on remarque notamment l'apparition du spiromètre de Waldenburgh (1875, p. 128, p. 150)¹⁷⁴ non représenté ici (voir plus bas dans le catalogue Zimmermann).

¹⁷³ Tiemann, G. (1879). *The American armamentarium chirurgicum*. New York: Charles H. Ludwig.

¹⁷⁴ Waldenburg, L. (1875). *Die pneumatische Behandlung der Respirations- und Circulationskrankheiten im Anschluss an die Pneumatometrie, Spirometrie und Brustmessung*. Berlin: August Hirschwald. [p. 128, p. 150] <https://archive.org/stream/diepnematistische00waldgoog#page/n7/mode/2up>

Certains appareils sont restés célèbres, tel est le cas du spiromètre de Phoebus (1848¹⁷⁵, 1853a¹⁷⁶, 1853b¹⁷⁷ ; cf., Goldschmidt, 1853¹⁷⁸) évoqué plus haut et dont on trouve plusieurs représentations jusqu'au début des années 1900 (cf., Phoebus, 1853a¹⁷⁹ ; Mendelsohn, 1901)¹⁸⁰. Alternative simple au spiromètre de Hutchinson ou de Vögel, ce spiromètre fut notamment utilisé en Allemagne et en France au cours de la seconde moitié du XIX^e siècle (**Figure 15**).

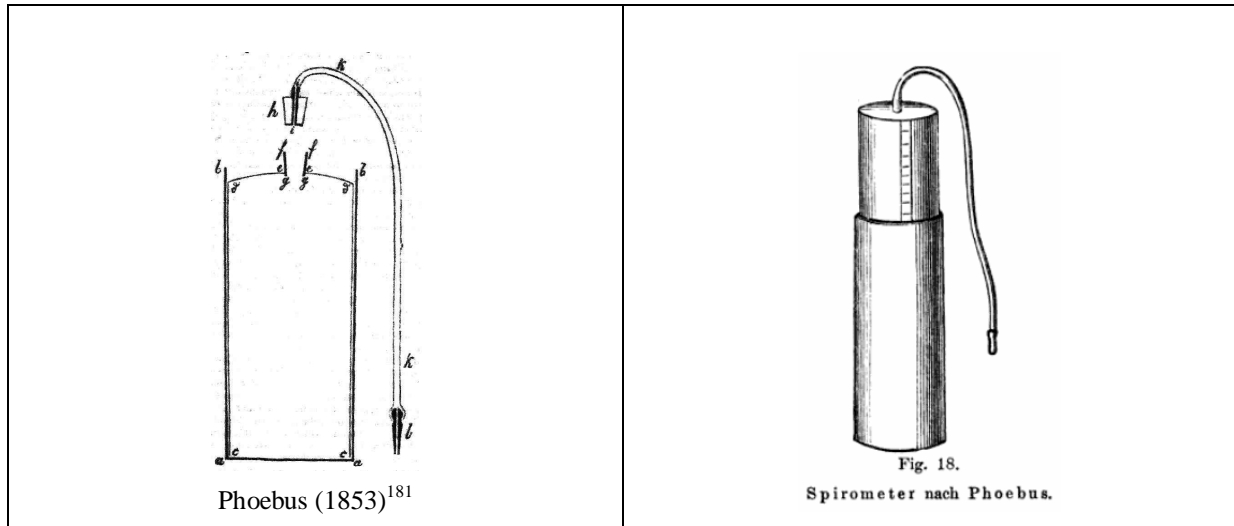


Figure 15. Spiromètre de Phoebus (1853)¹⁸² utilisé au cours de la seconde moitié du XIX^e siècle pour des usages cliniques. Cet appareil semble-t-il très connu, consiste en un cylindre rempli d'eau, dans lequel on plonge une cloche cylindrique graduée en cm³ et ayant à son extrémité supérieure un orifice muni d'un tube en caoutchouc avec une embouchure par laquelle on souffle dans l'appareil. Le cylindre intérieur se soulève alors d'une certaine hauteur et on visualise la valeur sur l'échelle (cf. Mendelsohn, 1901¹⁸³ ; Binet, 1881, p. 18)¹⁸⁴.

Une mention spéciale doit également être attribuée au spiromètre utilisé par Etienne-Jules Marey (1830-1904) et son préparateur Georges Demeny (1850-1915) dans leur laboratoire au Collège de France. C'est lors d'une communication à l'Académie des Sciences le 7 mai 1888 que Marey présente au nom de son collaborateur Demeny des appareils de mesure destinés à déterminer notamment le débit d'air inspiré et expiré (Demeny,

¹⁷⁵ Phoebus, Ph. (1848). Ueber Pneumometrie als diagnostisches Hilfsmittel. *Allgemeine Medicinische Central-Zeitung*, 17, n°32, 22 April, 249-251; n°33, 26 April, 257-264.

<https://babel.hathitrust.org/cgi/pt?id=hvd.32044097073100:view=1up:seq=133>

<https://babel.hathitrust.org/cgi/pt?id=hvd.32044097073100:view=1up:seq=137>

¹⁷⁶ Phoebus, Ph. (1853a). Zur Pneumometrie. *Allgemeine Medicinische Central-Zeitung*, 22, n°15, 23 Februar, 113-116.

<https://babel.hathitrust.org/cgi/pt?id=hvd.32044097071153:view=1up:seq=69>

¹⁷⁷ Phoebus, Ph. (1853b). Noch einige Bemerkungen zur Pneumometrie. *Allgemeine Medicinische Central-Zeitung*, 22, n°74, 17 September, 585-587.

<https://babel.hathitrust.org/cgi/pt?id=hvd.32044097071153:view=1up:seq=305>

¹⁷⁸ Goldschmidt, S. (1853). Ueber Hutchinsons spirometer. *Allgemeine Medicinische Central-Zeitung*, 22, 1 Juni, 343-344.

<https://babel.hathitrust.org/cgi/pt?id=hvd.32044097071153:view=1up:seq=184>

¹⁷⁹ Phoebus, Ph. (1853a). Zur Pneumometrie. *Allgemeine medicinische Central-Zeitung*, 22, n°15, 23 Februar, 113-116.

<https://babel.hathitrust.org/cgi/pt?id=hvd.32044097071153:view=1up:seq=69>

¹⁸⁰ Mendelsohn, M. (1901). *Der Ausbau im diagnostischen Apparat der klinischen Medizin*. Wiesbaden: J. F. Bergmann. [page 131].

<https://archive.org/stream/derausbauimdiag00mendgoog#page/n7/mode/2up>

¹⁸¹ Phoebus, Ph. (1853). Zur Pneumometrie. *Allgemeine medicinische Central-Zeitung*, 22, n°15, 23 Februar, 113-116.

<https://babel.hathitrust.org/cgi/pt?id=hvd.32044097071153:view=1up:seq=69>

¹⁸² Phoebus, Ph. (1853). Zur Pneumometrie. *Allgemeine medicinische Central-Zeitung*, 22, n°15, 23 Februar, 113-116.

<https://babel.hathitrust.org/cgi/pt?id=hvd.32044097071153:view=1up:seq=69>

¹⁸³ Mendelsohn, M. (1901). *Der Ausbau im diagnostischen Apparat der klinischen Medizin*. Wiesbaden: J. F. Bergmann. [page 131].

<https://archive.org/stream/derausbauimdiag00mendgoog#page/n7/mode/2up>

¹⁸⁴ Binet, M. (1881). *Etude clinique et climatologique sur Saint-Honoré-les-Bains (Nièvre)*. Paris : Octave Doin.

<http://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k6128471x/f2.item.r=spirom%C3%A8tre>

1888)¹⁸⁵. Durant les années précédentes Marey avait montré que des modifications permanentes de fréquence et d'amplitude des mouvements respiratoires se produisaient chez les sujets entraînés aux exercices musculaires et en particulier à la course. La capacité respiratoire avait également été mesurée grâce à un nouveau spiromètre inscripteur que Demeny venait de perfectionner (voir **Figure 16**).

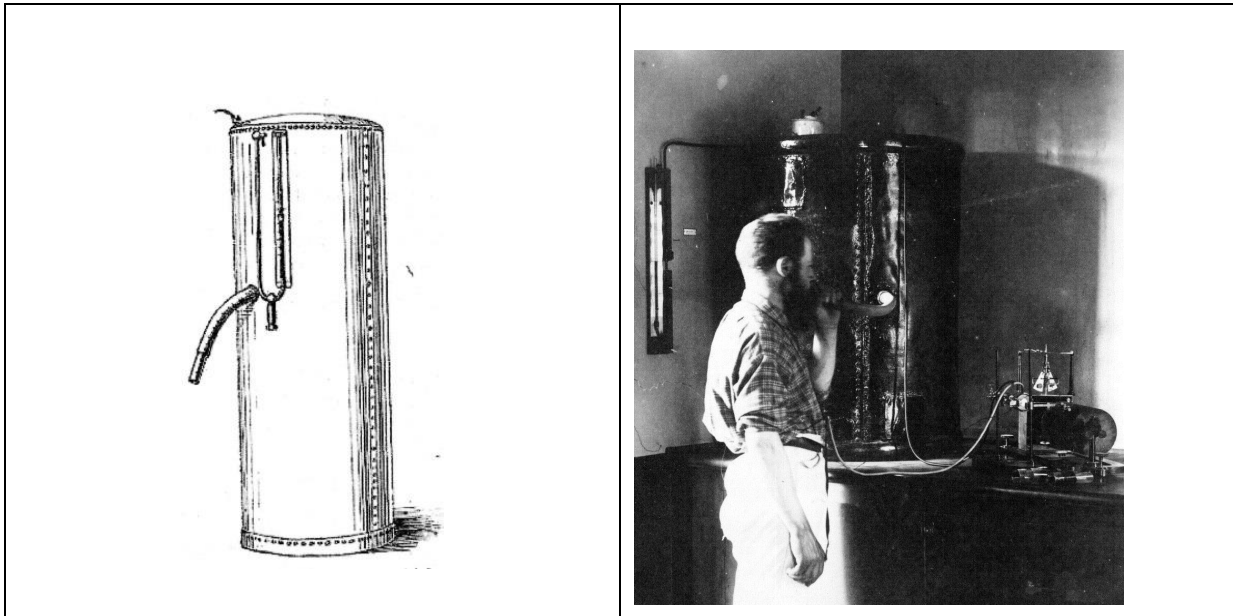


Figure 16. Spiromètre de Demeny (1888¹⁸⁶, 1902¹⁸⁷, 1911¹⁸⁸, p. 302) [cf. Marey, 1886¹⁸⁹]. Ce spiromètre enregistreur est le perfectionnement d'un dispositif déjà employé par Marey. Un réservoir étanche et inextensible en tôle, d'une capacité de 300 à 400 litres, est muni d'une embouchure d'un diamètre au moins égal à celui de la trachée. On insuffle l'air par cette embouchure, la pression monte de quelques centimètres d'eau qu'un manomètre indique. A cette pression correspond un volume d'air injecté, et une échelle empirique permet de lire immédiatement ce volume. Une disposition spéciale facilite le réglage du niveau du liquide dans le manomètre et, pour faciliter la lecture, un robinet peut maintenir ce niveau à son maximum après insufflation. L'appareil est rendu inscripteur en faisant communiquer l'air qu'il contient avec un tambour à levier. Les mouvements de celui-ci, inscrits sur un cylindre enregistreur, donnent toutes les indications désirables sur les phases du débit d'air inspiré et expiré, la valeur de ce débit et même le rythme des mouvements respiratoires.

Le développement de la spirométrie au plan international se révèle nettement dans les catalogues de vendeurs d'instruments de l'époque, comme l'attestent les dispositifs présents aux Etats-Unis et en Angleterre au cours des années 1860 (voir **Figure 17**) et au cours des années 1880-1890 (voir **Figure 18**). Nous allons prendre l'exemple dans la suite de deux fameux constructeurs d'instruments de physiologie et de psychologie : Charles Verdin en France et Ernst Zimmermann en Allemagne.

¹⁸⁵ Demeny, G. (1888). Appareils de mesure ayant pour but de déterminer avec précision la forme extérieure du thorax, l'étendue des mouvements respiratoires, les profils et les sections du tronc, ainsi que le débit d'air inspiré et expiré (présentation par M. Marey). *Comptes Rendus Hebdomadaires des Séances de l'Académie des Sciences*, 106, 1363-1365.

<http://www.biusante.parisdescartes.fr/histoire/medica/resultats/index.php?p=120&cote=extcdf005&do=page>

¹⁸⁶ Demeny, G. (1888). Appareils de mesure ayant pour but de déterminer avec précision la forme extérieure du thorax, l'étendue des mouvements respiratoires, les profils et les sections du tronc, ainsi que le débit d'air inspiré et expiré (présentation par M. Marey). *Comptes Rendus Hebdomadaires des Séances de l'Académie des Sciences*, 106, 1363-1365.

<http://www.biusante.parisdescartes.fr/histoire/medica/resultats/index.php?p=120&cote=extcdf005&do=page>

¹⁸⁷ Demeny, G. (1902). *Les bases scientifiques de l'éducation physique*. Paris : F. Alcan.

¹⁸⁸ Demeny, G. (1911). *Les bases scientifiques de l'éducation physique* (5^e édition). Paris : F. Alcan.

¹⁸⁹ Marey, E.-J. (1886). *Station physiologique : Méthodes et appareils*. Manuscrit Collège de France n° 162.

<http://www.biusante.parisdescartes.fr/histoire/medica/resultats/index.php?p=121&cote=extcdf004&do=page>

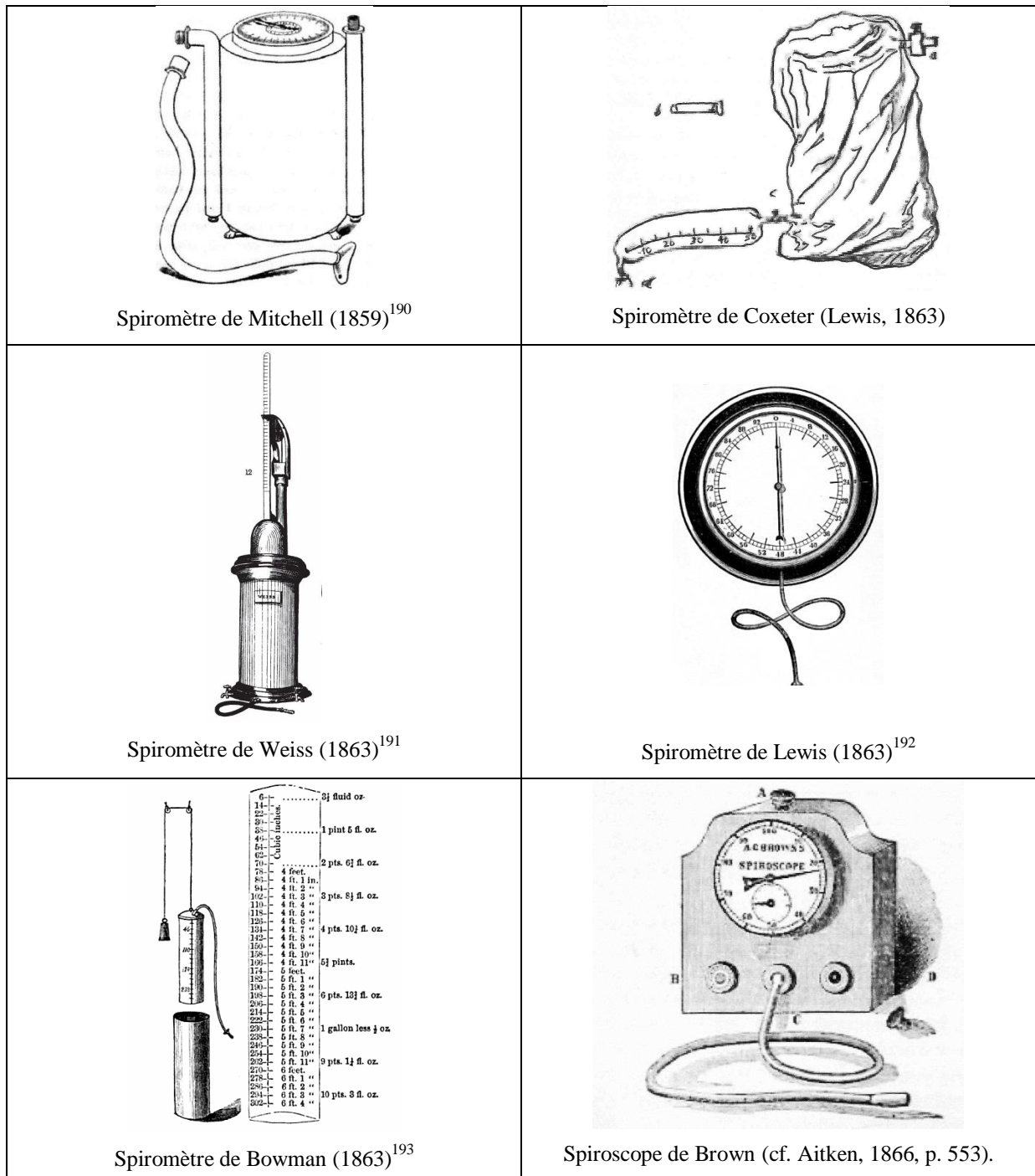


Figure 17. Divers types de spiromètres mis au point au cours des années 1860 en Amérique et en Angleterre.

¹⁹⁰ Mitchell, S. W. (1859). Improved spirometer. *American Journal of the Medical Sciences*, 37, 378-379.
<https://babel.hathitrust.org/cgi/pt?id=uc1.c027320356;view=1up;seq=390>

¹⁹¹ Weiss, J. (1863). *A catalogue of surgical instruments, apparatus, appliances, etc.* London : M.S. Rickerby.
<https://archive.org/stream/catalogueofsurgic00john#page/n153/mode/1up/search/spirometer>

¹⁹² Lewis, D. (1863). *Weak lungs, and how to make them strong: or diseases of the organs of the chest, with their home treatment by the movement cure.* Boston: Ticknor and Fields. [page 259]

<https://archive.org/stream/65440480R.nlm.nih.gov/65440480R#page/n261/mode/2up>
<https://archive.org/stream/proceedingsconn08socigoog#page/n359/mode/2up>

¹⁹³ Bowman, W. E. (1863). A cheap spirometer. *Canada Lancet*, 1, n° 4, June 15, 27-28. [p. 27]

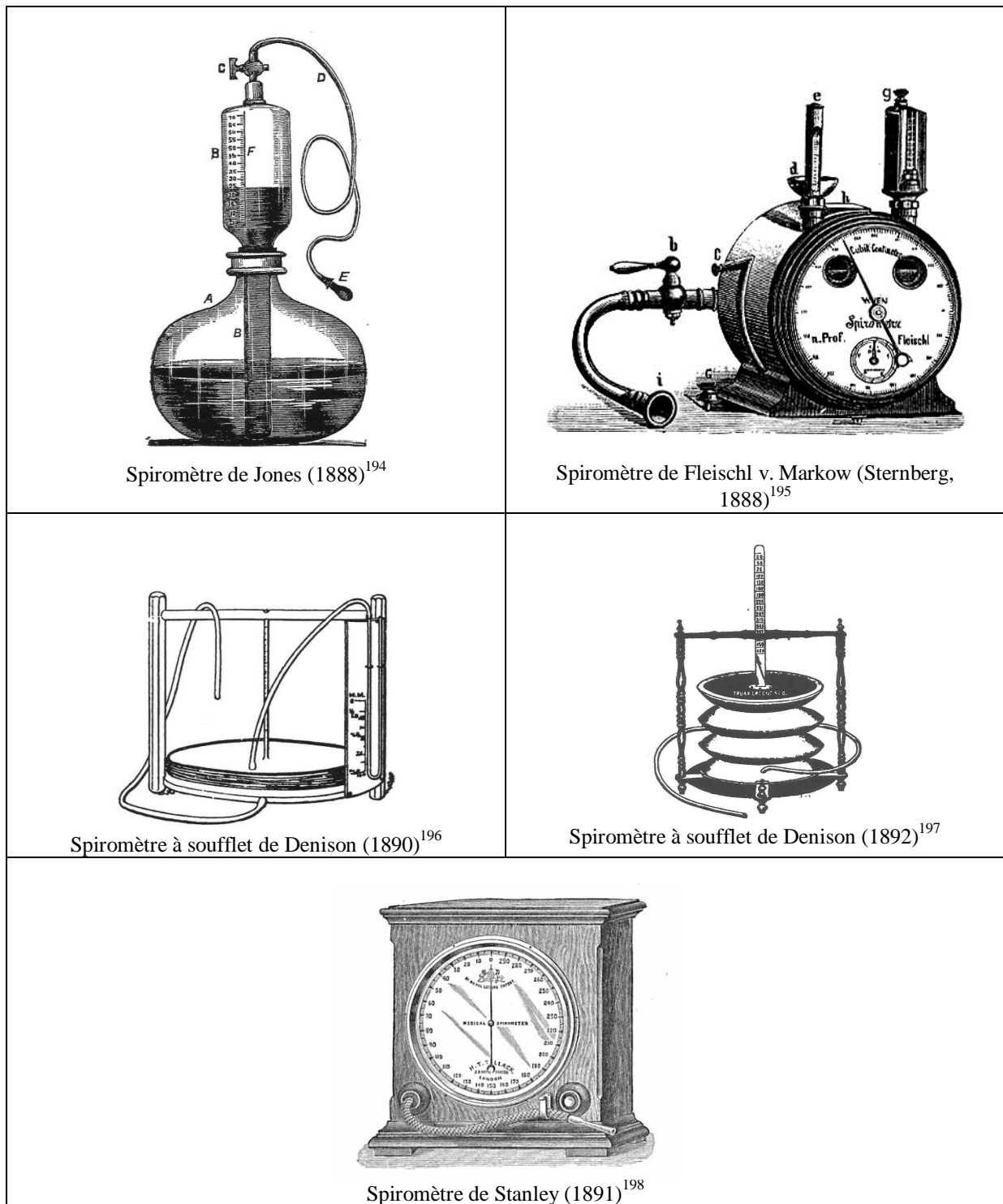


Figure 18. Divers types de spiromètres mis au point au cours des années 1880-1890.

¹⁹⁴ Jones, J. (1888). Vaccum-Pneumatic spirometer. *Transactions of the Louisiana State Medical Society*, 10, 219-225.

<https://babel.hathitrust.org/cgi/pt?id=mdp.39015058591531;view=1up;seq=221>

¹⁹⁵ Sternberg, M (1888). Professor Fleischl v. Marxow's neues Spirometer. *Centralblatt für Physiologie*, 2, 39-41. [page 40]

<https://www.biodiversitylibrary.org/item/52090#page/48/mode/1up>

¹⁹⁶ Denison, C. (1890). Abnormal intra-thoracic air pressures, and their treatment. *The Sanitarian*, 25, November, n° 252, 406-446. [p. 408]

<https://babel.hathitrust.org/cgi/pt?id=mdp.39015073470109;view=1up;seq=412>

¹⁹⁷ Denison, C. (1892). A new spirometer. *Journal of the American Medical Association*, 18, n° 19, May 7, 577-578. [p. 577]

<https://babel.hathitrust.org/cgi/pt?id=coo.31924067334510;view=1up;seq=591>

¹⁹⁸ Stanley, W. F. (1891). Note on a new spirometer. *Journal of the Anthropological Institute of Great Britain and Ireland*, 20, 28- [29]

4 6 LES SPIROMETRES DES CATALOGUES VERDIN ET ZIMMERMANN

Avant de devenir un constructeur français d'instruments célèbre, Charles Verdin (1848-1907) fut à ses débuts l'ingénieur mécanicien d'Étienne-Jules Marey (1830-1904). Le seul spiromètre en vente dans le premier catalogue Verdin datant de 1882 est celui du professeur Paul Regnard (1850-1927), élève et collaborateur de Paul Bert (1833-1886) et directeur adjoint du laboratoire de physiologie de la Sorbonne. Ce médecin et physiologiste de formation avait installé dans le laboratoire de J.-M. Charcot (1825-1893) à la Salpêtrière un dispositif complexe pour ses recherches expérimentales sur les variations pathologiques des combustions respiratoires. On voit (**Figure 19**) que le spiromètre utilisé est simplement composé d'un compteur à gaz amélioré. Le spiromètre sera représenté dans le catalogue Verdin (1882, p. 43) comme appartenant à un dispositif permettant l'enregistrement des mouvements de la poitrine, la quantité d'air expiré et le temps durant lequel se passent les phénomènes.

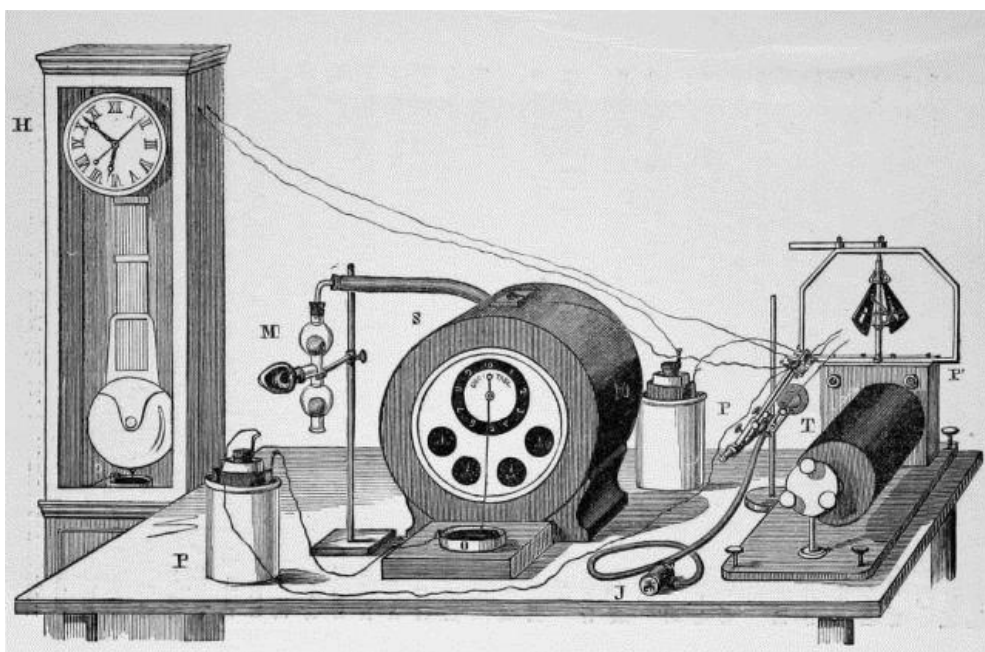


Figure 19. Spiromètre de Regnard (1879, p. 135)¹⁹⁹. En M on voit un masque de caoutchouc qui pénètre dans l'intérieur même de la bouche. A la suite du masque M se trouve un tube à boules de Jolyet, grâce auquel l'inspiration se fait à l'air libre et l'expiration seule se fait dans le spiromètre (le malade peut donc respirer dans l'appareil sans avoir à enlever la muselière à chaque expiration). A la suite de l'appareil à boules, se trouve un tube de caoutchouc qui aboutit à un compteur à gaz gradué en centilitres, décilitres, litres et centaines de litres. L'air est chassé dans le compteur, puis il s'échappe au dehors.

C'est dans le second catalogue de 1888, réalisé pour l'Exposition Universelle de Paris, que Verdin (1888, p. 65) présente un nouveau spiromètre de son invention. Cet appareil était destiné à remplacer le vieux gazomètre d'Hutchinson. C'est le 25 juin 1887 que le physicien et chimiste Maurice Hanriot (1854-1933) et le physiologiste futur prix Nobel Charles Richet (1850-1935) présentent le spiromètre de Verdin à la Société de

¹⁹⁹ Regnard, P. (1879). *Recherches expérimentales sur les variations pathologiques des combustions respiratoires*. Paris : V. A. Delahaye.

biologie de Paris (Hanriot & Richet, 1887)²⁰⁰. Cet appareil (**Figure 20**) fut construit par Charles Verdin sous la direction des deux savants dans le but de proposer un spiromètre qui soit maniable et moins coûteux que les appareils alors disponibles. Ce spiromètre est basé sur le système des compteurs à gaz, déjà proposé par Bonnet (1856)²⁰¹ en France et par bien d'autres après lui à l'étranger. Ce qui rend commode ce nouveau spiromètre, c'est qu'il est fondé sur le principe des compteurs à gaz secs. Cet appareil connaîtra un grand succès, même si son prix était encore un peu élevé (=90 frs ; pour comparaison : 1 litre de vin coûtait à l'époque 0,10 fr ; une cuisinière gagnait 350 frs par an ; un professeur d'université 4000 francs par an).

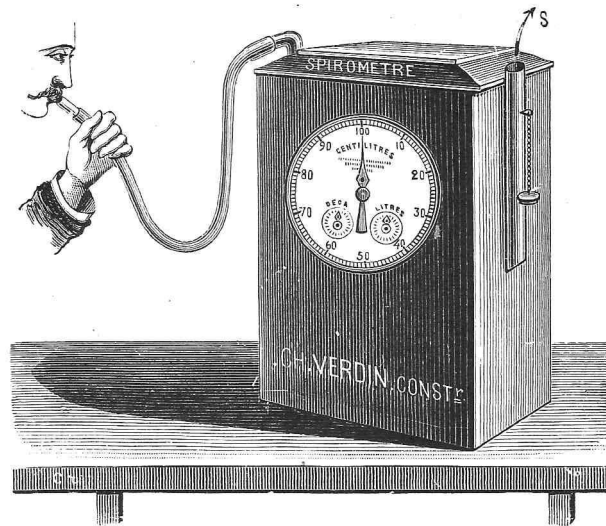


Figure 20. Spiromètre de Verdin (1888, p. 65 ; 1890, p. 55 ; 1895, p. 107 ; Hanriot & Richet, 1887). Il peut être déplacé et emporté sans inconvénient à cause de sa composition en métal léger (5 kgs) et grâce à une poignée dont il est muni. Il n'est pas d'un volume considérable (hauteur = 45 cm ; largeur = 25 cm ; profondeur = 18 cm) et il est très robuste. Selon Verdin, il s'agit sans conteste du modèle le plus pratique et le plus précis de tous les spiromètres ordinairement employés. Les indications sont d'une lecture très simple : les centième de litre sont inscrits par l'aiguille principale qui fait le tour du cadran. Les deux petits cadrans inférieurs marquent, l'un les dixièmes de litres, l'autre les centièmes de litre. On a ainsi, en lecture décimale, les trois chiffres importants : litres, dixièmes et centièmes de litre. Cet appareil était encore utilisé dans le laboratoire physiologique de l'armée française en 1920 (Boyer, 1920)²⁰².

La grande nouveauté des catalogues suivants est l'apparition du fameux spiromètre de Tissot (1901²⁰³, 1904²⁰⁴). En effet, le catalogue Verdin de 1904 fait état pour la première fois de ce spiromètre (**voir Figure 21**), jamais vendu encore, dont le constructeur estime le prix à 200 francs. Il est constitué d'une cloche en cuivre très mince de 100 litres. Cette cloche porte, soudés longitudinalement à son intérieur, des tubes métalliques creux très légers et d'un diamètre assez fort destinés à augmenter le déplacement d'eau sans augmenter sensiblement le poids de la cloche. Celle-ci est suspendue par un fil d'acier s'enroulant sur des poulies d'aluminium *P* très légères et dont l'axe est finement monté sur pointes. A l'autre extrémité du fil est suspendu le contrepois *T*. Ce contrepois est constitué par un tube de verre cylindrique fermé à sa partie inférieure et dont la section intérieure

²⁰⁰ Hanriot, M., & Richet, Ch. (1887). Présentation d'un spiromètre. *Comptes Rendus Hebdomadaires des Séances et Mémoires de la Société de Biologie*, 39, 405-406.

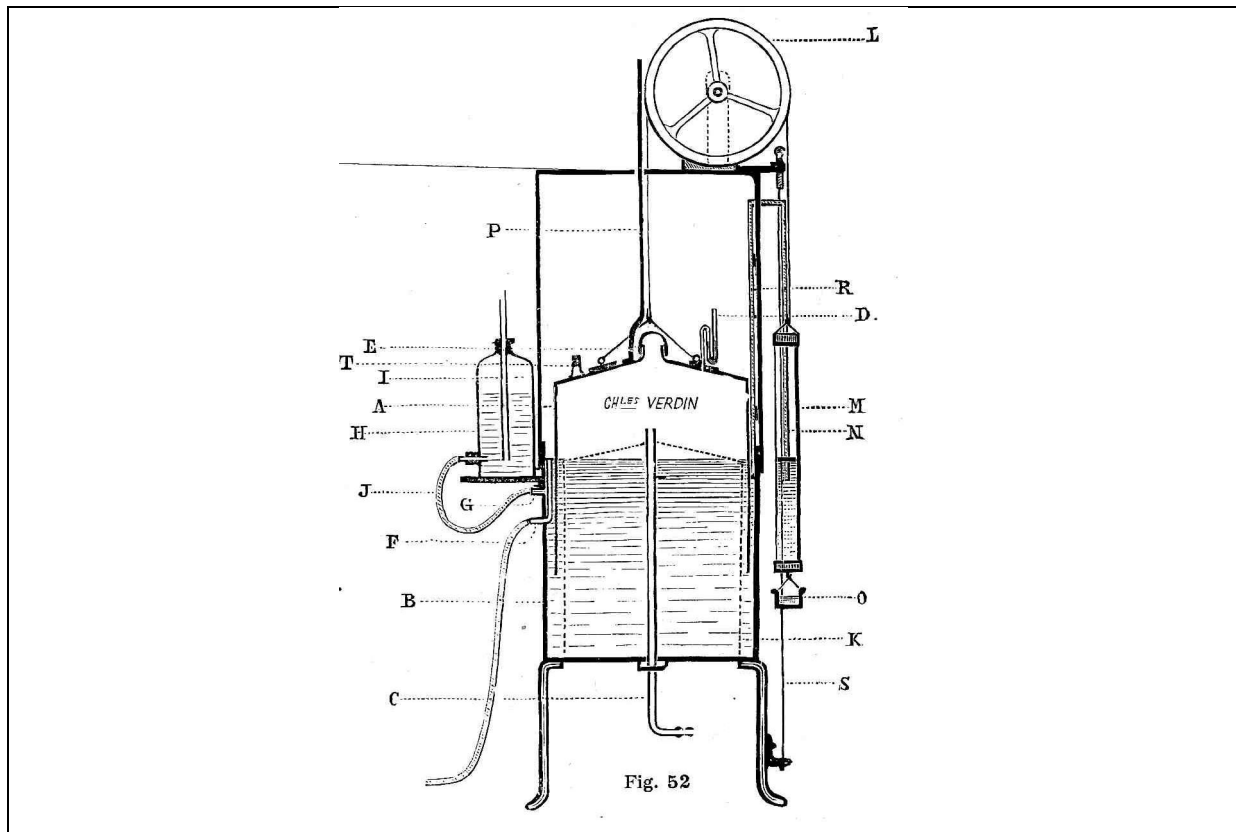
²⁰¹ Bonnet, A. (1856). Application du compteur à gaz à la mesure de la respiration. *Comptes Rendus Hebdomadaires des Séances de l'Académie des Sciences*, 42, 825-827 ; 43, 519-521.

²⁰² Boyer, J. (1920). Le laboratoire physiologique de l'armée française. *La Nature*, 48^e année, 2^e semestre, n° 2435, 359-364.

²⁰³ Tissot, J. (1901). Phénomènes physiques de la respiration. In D'Arsonval, Chauveau, Gariel & Marey (Eds.), *Traité de physique biologique* (vol. 1, pp. 738-755). Paris : Masson. [p. 754]

²⁰⁴ Tissot, J. (1904). Nouvelle méthode de mesure et d'inscription du débit et des mouvements respiratoires de l'homme et des animaux. *Journal de Physiologie et de Pathologie Générale*, 6, 688-702. [p. 693]

a exactement la même surface que la section $s\phi$ du métal constituant la cloche. Un siphon S met en communication la cuve avec le tube T . Un flacon de Mariotte F communique avec la cloche et assure un niveau constant dans celle-ci. Le siphon étant amorcé, on voit que si la cloche C s'élève d'une hauteur h , le tube T s'abaisse de h et la longueur de la colonne d'eau dans l'intérieur de ce tube augmente de la même quantité h (puisque la cuve est à niveau constant). Or, comme $s=s\phi$ on a $sh=s\phi h$; donc l'augmentation de poids qu'a subie la cloche en se soulevant de h et qui est équivalente au poids d'un volume d'eau $s\phi h$ est exactement compensée dans le contrepois par l'addition d'un volume d'eau équivalent sh . Le spiromètre est donc exactement équilibré pour toutes les positions de la cloche, et cela d'une façon automatique et excessivement précise. On introduit dans la cloche, avant l'expérience, de l'huile de vaseline qui forme une couche à la surface de l'eau de la cuve et empêche l'absorption des gaz. On place aussi près que possible du tube d'arrivée au spiromètre l'appareil respiratoire de Chauveau et Tissot. Le tube inspirateur étant relié au spiromètre, le sujet introduit les embouts dans ses narines et respire sans éprouver aucune gêne. Une fois l'expérience terminée, on ferme le tube d'arrivée à la cloche et on fait une prise de gaz pour l'analyse par le tube D situé à la partie supérieure de celle-ci. Le volume d'air envoyé au spiromètre est lu sur une règle divisée verticale E disposée à cet effet.



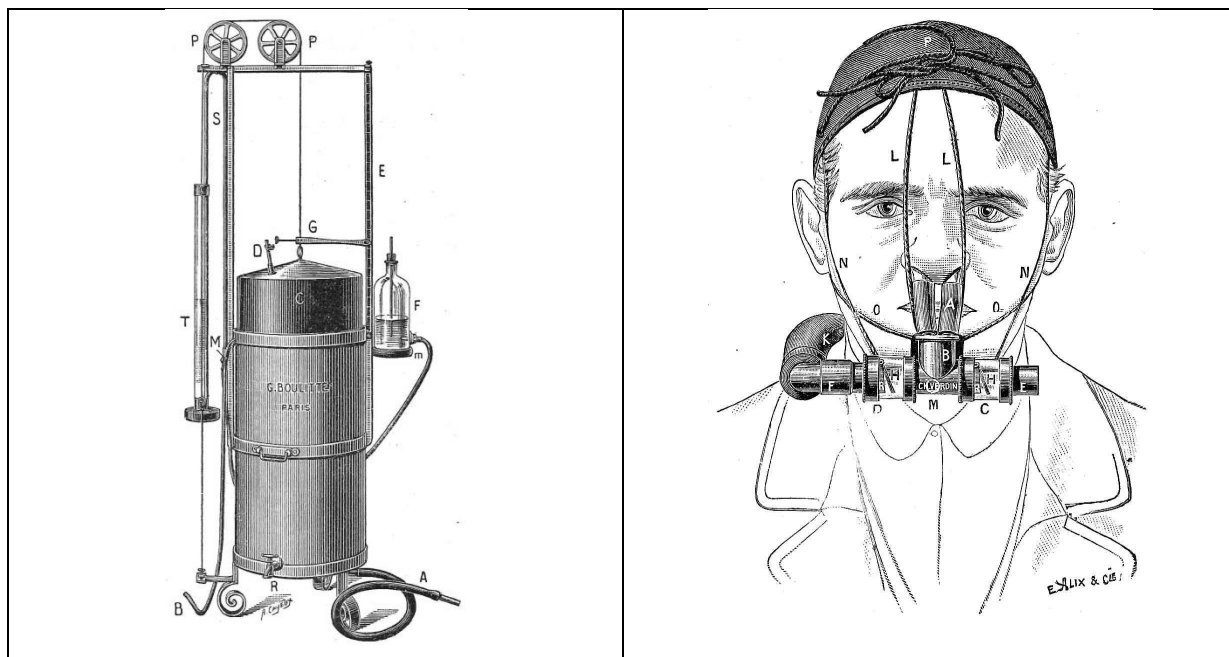
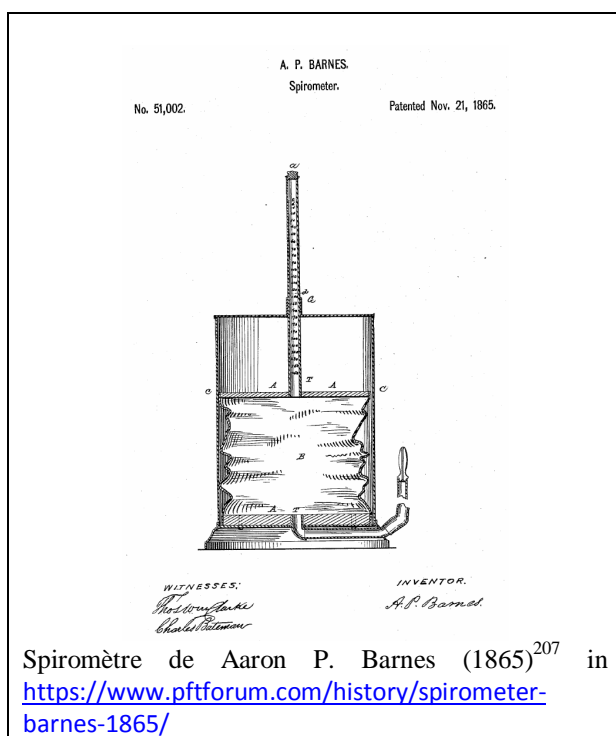
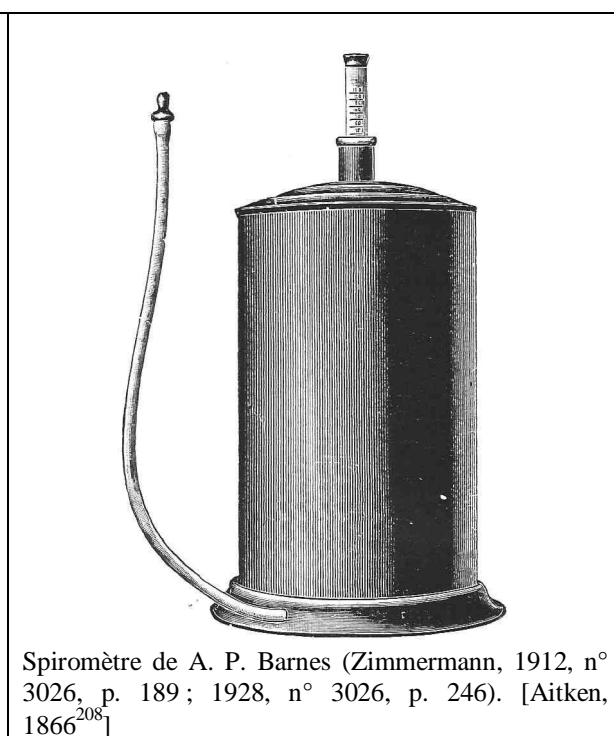


Figure 21. Spiromètre à compensation automatique de Tissot (1901²⁰⁵, 1904)²⁰⁶. En haut : le dessin du spiromètre tel qu'il a paru dans le catalogue Verdin de 1904 (p. 29). En bas à gauche : l'image du spiromètre publiée dans le catalogue de la maison Boullitte (1913, p. 145), successeur de la maison Verdin. En bas à droite : l'appareil respiratoire de Chauveau et Tissot s'adaptant au spiromètre.



Spiromètre de Aaron P. Barnes (1865)²⁰⁷ in <https://www.pftforum.com/history/spirometer-barnes-1865/>



Spiromètre de A. P. Barnes (Zimmermann, 1912, n° 3026, p. 189; 1928, n° 3026, p. 246). [Aitken, 1866²⁰⁸]

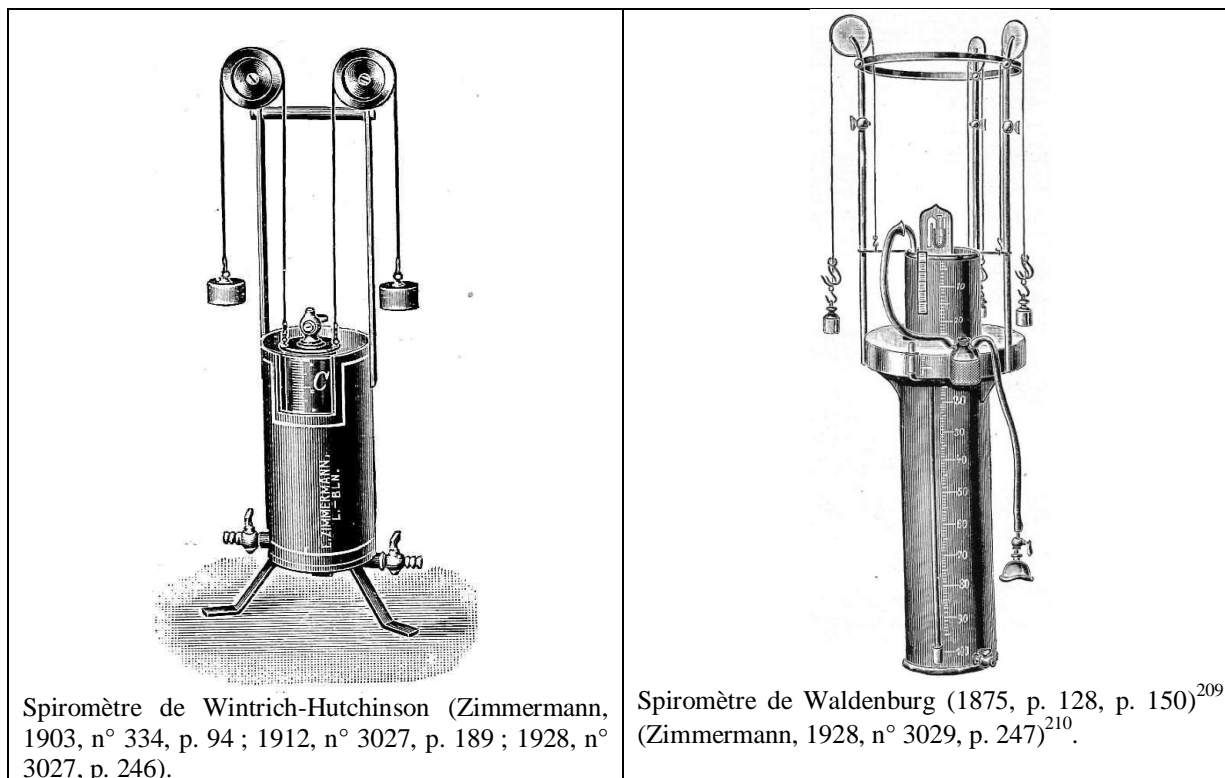
²⁰⁵ Tissot, J. (1901). Phénomènes physiques de la respiration. In D'Arsonval, Chauveau, Gariel & Marey (Eds.), *Traité de physique biologique* (vol. 1, pp. 738-755). Paris : Masson. [p. 754]

²⁰⁶ Tissot, J. (1904). Nouvelle méthode de mesure et description du débit et des mouvements respiratoires de l'homme et des animaux. *Journal de Physiologie et de Pathologie Générale*, 6, 688-702. [p. 693]

²⁰⁷ Voir également :

https://books.google.fr/books?id=zHFBAAAAYAAJ&pg=PA894&lpg=PA894&dq=Barnes+Dry+Spirometer.invention&source=bl&ots=XB-U42yAh1&sig=BQkbdvoaSzD_6O9sq2LRr3vJpUE&hl=en&sa=X&ei=ZKuCUKHAE-nWvQHEhIDIDw&redir_esc=y#v=onepage&q=spirometer&f=false (p. 894)

²⁰⁸ Aitken, W. (1866). *The science and practice of medicine*. Philadelphia : Lindsay & Blakiston [p. 553] <https://archive.org/stream/sciencepractice02aitk#page/552/mode/2up>



Spiromètre de Wintrich-Hutchinson (Zimmermann, 1903, n° 334, p. 94 ; 1912, n° 3027, p. 189 ; 1928, n° 3027, p. 246).

Spiromètre de Waldenburg (1875, p. 128, p. 150)²⁰⁹ (Zimmermann, 1928, n° 3029, p. 247)²¹⁰.

Figure 22. Spiromètres vendus par l'entreprise allemande Zimmermann.

Les catalogues de vente d'instruments de la fin du XIX^e siècle et du début du XX^e siècle présentent de nombreux types de spiromètres comme l'attestent les divers catalogues allemands de la maison Zimmermann (voir **Figure 22**) qui exposent notamment les spiromètres de Barnes et de Waldenburg (1875, p. 128, p. 150)²¹¹, ce dernier étant construit sur le principe des spiromètres de la classe Hutchinson. Pour ne citer que les catalogues français des firmes les plus connues du tournant du siècle (voir **Figure 23**) on trouve chez la maison Collin le spiromètre de Boudin et celui plus récent de Joal (1890²¹², p. 261 ; 1893²¹³, p. 95 ; 1895²¹⁴, p. 84), chez la maison Mathieu le spiromètre de Boudin et celui fabriqué par l'entreprise, chez la maison Rainal un spiromètre inspiré de celui de Boudin, chez la maison Galante le spiromètre de Boudin, le spiromètre portatif de Maurice Binet (1888²¹⁵, 1892²¹⁶) et le spiromètre à soufflet (Bouchut, 1883²¹⁷, p. 37 ; Galante, 1885²¹⁸, p. 17 ; 1891²¹⁹, p. 92). Malgré ses imperfections, le spiromètre de Boudin est omniprésent dans les catalogues français de l'époque

²⁰⁹ Waldenburg, L. (1875). *Die pneumatische Behandlung der Respirations- und Circulationskrankheiten im Anschluss an die Pneumatometrie, Spirometrie und Brustmessung*. Berlin: August Hirschwald. [p. 128, p. 150] <https://archive.org/stream/diepneumatische00waldgoog#page/n7/mode/2up>

²¹⁰ Zimmermann, E. (1928). *Psychologische und physiologische Apparate (Liste 50)*. Leipzig & Berlin

²¹¹ Waldenburg, L. (1875). *Die pneumatische Behandlung der Respirations- und Circulationskrankheiten im Anschluss an die Pneumatometrie, Spirometrie und Brustmessung*. Berlin: August Hirschwald. [p. 128, p. 150] <https://archive.org/stream/diepneumatische00waldgoog#page/n7/mode/2up>

²¹² Joal, J. (1890). Recherches spirométriques dans les rhinopathies. *Revue de Laryngologie, d'Otologie et de Rhinologie*, 10, 11^e année, n°8, 15 avril, 257-273 ; n°9, 15 mai, 310-320.

²¹³ Joal, J. (1893). *De la respiration dans le chant*. Paris : Rueff.

<http://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k63877170/f115.item.r=joal%20de%20la%20respiration%20dans%20le%20chant.zoom>

²¹⁴ Joal, J. (1895). *On respiration in singing (trans. and edit. by R. Norris Wolfenden)*. London : F. J. Rebman.

²¹⁵ Binet, M. (1888). Spiromètre portatif. *Gazette des Hôpitaux Civils et Militaires*, 61^e année, 942.

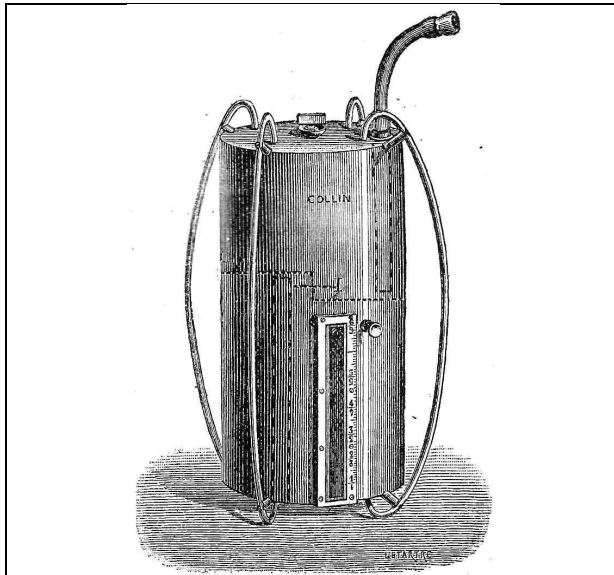
²¹⁶ Binet, M. (1891). Spiromètre. *Revue des Instruments de Chirurgie*, 2, 75-76.

²¹⁷ Bouchut, E. (1883). *Traité de diagnostic et de sémiologie*. Paris : J.-B. Baillière.

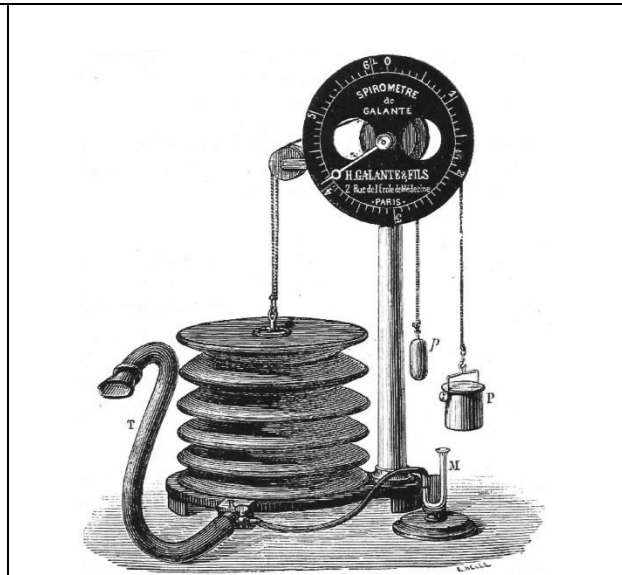
²¹⁸ Galante, H. (1885). *Catalogue illustré des instruments de chirurgie*. Paris : sn.

²¹⁹ Galante, E. (1891). Spiromètre. *Revue des Instruments de Chirurgie*, 1, 91-92.

; son prix modique en faisait un instrument de prédilection pour la mesure de la capacité pulmonaire même si sa précision laissait à désirer.



Spiromètre de Joal (1890²²⁰, p. 261 ; 1893²²¹, p. 95) présenté par l'auteur en 1887 au Congrès de l'association française des sciences à Toulouse²²² et commercialisé par Collin (ancienne maison Charrière) dans son catalogue (cf. Collin, 1890²²³, p. 11 ; 1908, p. 12).



Spiromètre à soufflet de Galante (1885²²⁴, p. 17 ; 1891²²⁵, p. 92)

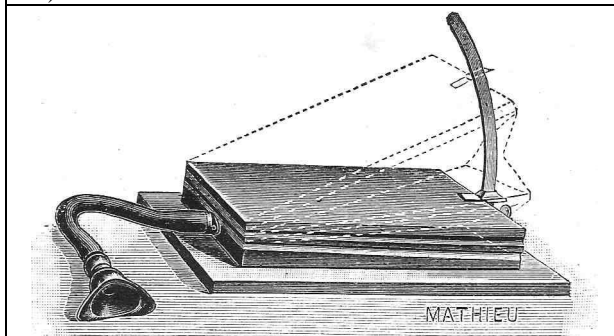
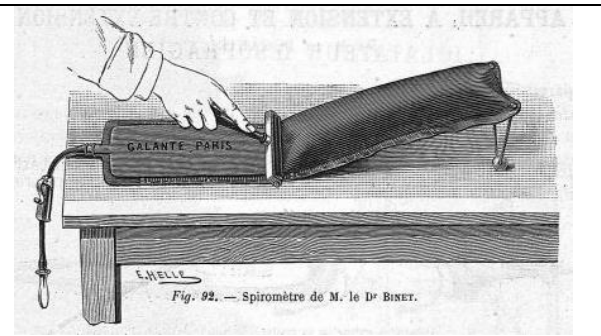


Figure. Spiromètre (pneumomètre) de Broca²²⁶ par Mathieu (1873, p. 7)²²⁷ en forme de soufflet (Rey,



Spiromètre portatif de Maurice Binet (1888²³², 1892²³³) commercialisé par Galante

²²⁰ Joal, J. (1890). Recherches spirométriques dans les rhinopathies. *Revue de Laryngologie, d'Otologie et de Rhinologie*, 10, 11^e année, n°8, 15 avril, 257-273 ; n°9, 15 mai, 310-320.

²²¹ Joal, J. (1893). *De la respiration dans le chant*. Paris : Rueff.

²²² In *Revue des Sciences Médicales de la France et de l'Étranger*, 1888, p. 322.

<https://books.google.fr/books?id=CQDAAAAYAAJ&pg=PA322&lpg=PA322&dq=spirom%C3%A8tre+joal&source=bl&ots=9iA3pNTc7z&sig=jV51rEO3guytzvQwrvuHMuxmxl&hl=fr&sa=X&ved=0ahUKEwirwsm4sPXAhUFmBoKHW6GA6sQ6AEIOzAI#v=onepage&q=spirom%C3%A8tre%20joal&f=false>

²²³ Collin (1890). *Catalogue*. Paris : C. Motteroz.

²²⁴ Galante, H. (1885). *Catalogue illustré des instruments de chirurgie*. Paris : sn.

²²⁵ Galante, E. (1891). Spiromètre. *Revue des Instruments de Chirurgie*, 1, 91-92.

²²⁶ D'après Hecht, L. (1883). Spiromètre. In A. Dechambre (Ed.), *Dictionnaire encyclopédique des sciences médicales* (série 3, tome 11, pp. 295-304). Paris : G. Masson & P. Asselin. Il s'agit d'un grand soufflet dans l'angle duquel l'air expiré pénètre par un tuyau en caoutchouc avec embout. La lame inférieure du soufflet est fixe ; la lame supérieure, en se relevant, pousse en haut un curseur, lequel marque le volume d'air expiré sur une échelle portant une graduation correspondant aux litres et quarts de litre. D'un mouvement facile, cet instrument peut rendre des services toutes les fois que, sans poursuivre des résultats d'une précision absolument rigoureuse, on sera dans le cas d'examiner au spiromètre, dans un court délai, un certain nombre de personnes, comme dans les conseils de révision. (p. 299).

²²⁷ Mathieu, L. (1873). *Catalogue des instruments anthropologiques*. Paris : H. Plon.


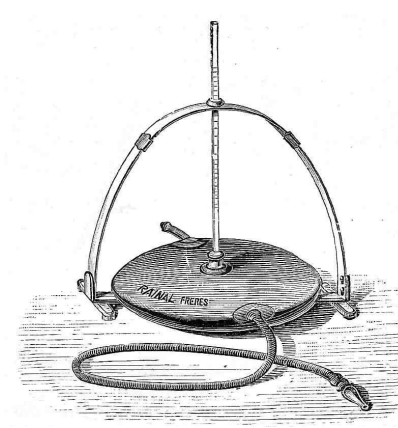
1875 ²²⁸ ; Robin, 1887 ²²⁹ ; Garnault, 1896 ²³⁰ ; Mathieu, 1905, p. 16) ²³¹	
 <p data-bbox="183 728 774 795">Spiromètre de Georges Bellangé (1883)²³⁴ commercialisé par Mathieu</p>	 <p data-bbox="805 728 1396 795">Spiromètre de Léon et Jules Rainal (1905, p. 380)²³⁵ inspiré du spiromètre de Boudin et de Broca.</p>

Figure 23. Spiromètres français vendus par diverses entreprises.

5 6 LA SPIROMÉTRIE DANS L'ŒUVRE DE ALFRED BINET

C'est au cours du printemps 1897 que Binet se décida à engager des travaux novateurs dans le cadre de sa physiologie individuelle. Il écrit (Binet & Vaschide, 1898a)²³⁶ dans le texte d'un article publié dans *l'Année Psychologique* : « Dans nos précédentes Années, nous avons attiré l'attention sur l'importance pratique de la psychologie individuelle ; nous avons exposé son but et son caractère²³⁷ ; nous avons donné quelques exemples de tests²³⁸. Nous complétons maintenant ces premières données en exposant tout un ensemble de recherches sur l'individu physiologique. » (p. 1) Le but que Binet s'est proposé était double : d'abord étudier séparément certains aspects de la force physique, comme la force au dynamomètre, les temps de réactions, etc. ; ensuite, chercher les corrélations qui peuvent exister entre les différentes qualités physiques d'un individu, par exemple sa force de pression au dynamomètre et sa capacité vitale, ou sa rapidité à la course. Le problème était pour Binet de trouver une relation entre la force physique des individus et certains signes physiques stables et faciles à explorer ; l'objectif étant de trouver le meilleur indicateur de la force physique. La capacité respiratoire va devenir pour Binet un des meilleurs signes de force physique et d'endurance.

Même si à l'époque en France le plus connu des spiromètres est celui de Hutchinson, il ne semble guère utilisé. Bien d'autres spiromètres sont disponibles sur le marché à l'époque comme nous l'avons vu plus haut. Mais pour les besoins de ses travaux, Binet va faire le choix d'acquérir un spiromètre peu connu, celui de

²³² Binet, M. (1888). Spiromètre portatif. *Gazette des Hôpitaux Civils et Militaires*, 61^e année, 942.

²³³ Binet, M. (1891). Spiromètre. *Revue des Instruments de Chirurgie*, 2, 75-76.

²²⁸ Rey, H. (1875). De la dynamométrie et de la spirométrie appliquées au recrutement des équipages. *Revue Maritime et Coloniale*, 44, 82-91.

²²⁹ Robin, P. (1887). *L'anthropométrie à l'école* (Extrait du Bulletin de l'Orphelinat Prévest). Cempuis (Oise) : Impr. de l'orphelinat Prévest.

²³⁰ Garnault, P. (1896). *Cours théorique et pratique de physiologie, d'hygiène et de thérapeutique de la voix parlée et chantée*. Paris : A. Maloine & E. Flammarion. [p. 172]

²³¹ Mathieu (1905). *Catalogue d'instruments de chirurgie (15^e édition)*. Paris : E. Crété.

²³⁴ Bellangé, G. (1883). Spiromètre et carbonimètre. *Bulletin Général de Thérapeutique Médicale et Chirurgicale*, n° 105, 40-41.

²³⁵ Rainal, L., & Rainal, J. (1905). *Catalogue général*. Paris : Lahure.

²³⁶ Binet, A. (1898a). La psychologie à l'école primaire. *L'Année Psychologique*, 4, 1-14.

²³⁷ Binet, A., & Henri, V. (1896). La psychologie individuelle. *L'Année Psychologique*, 2, 411-465.

²³⁸ Binet, A. (1897). Psychologie individuelle. 6 La description d'un objet. *L'Année Psychologique*, 3, 296-332.

Dupont (cf. Binet & Vaschide, 1898b, p. 102)²³⁹, représenté dans plusieurs clichés photographiques pris par Binet lui-même.



Figure 24. Expérience de spirométrie sur des enfants d'école. Cliché de Binet (ca. 1907), archives B. Andrieu.

En effet, le spiromètre (**Figure 24**) de Maurice Dupont (1857- ?) avait été soumis à l'appréciation de l'Académie de Médecine par Jules Bécлар (Dupont, 1881)²⁴⁰, le 22 novembre 1881. Il est décrit en détail par son inventeur dans un travail ultérieur sur le *Traitement de la tuberculose par les inhalations d'acide carbonique* (Dupont, 1882a, pp. 25-27²⁴¹ ; voir aussi Dupont, 1882b²⁴²) (**Figure 25**).

²³⁹ Binet, A., & Vaschide, N. (1898b). Expériences sur la respiration et la circulation du sang chez les jeunes garçons. *L'Année Psychologique*, 4, 99-132.

²⁴⁰ Dupont, M. (1881). Présentation d'un instrument (par J. Bécлар). *Bulletin de l'Académie de Médecine*, séance du 22 novembre, vol. X, 45^e année, 2^e série, 1420-1421.

<https://books.google.fr/books?id=tVY9AQAAMAAJ&pg=PA1420&lpg=PA1420&dq=Maurice+Dupont+acad%C3%A9mie+de+m%C3%A9decine&source=bl&ots=VhIWQOaV5v&sig=A00imWQo8xCzT2gg6lkq22eCKD8&hl=fr&sa=X&ved=0ahUKEwj3M7K7tLhUJNhoKHX1GBroQ6AEIHDA#v=onepage&q=Maurice%20Dupont%20acad%C3%A9mie%20de%20m%C3%A9decine&f=false>

²⁴¹ Dupont, M. (1882a). *Traitement de la tuberculose pulmonaire par les inhalations d'acide carbonique*. Paris : A. Parent.

²⁴² Dupont, M. (1882b). Mesure de la capacité respiratoire à l'état physiologique et à l'état pathologique, à l'aide d'un appareil nouveau. *Tribune Médicale*.

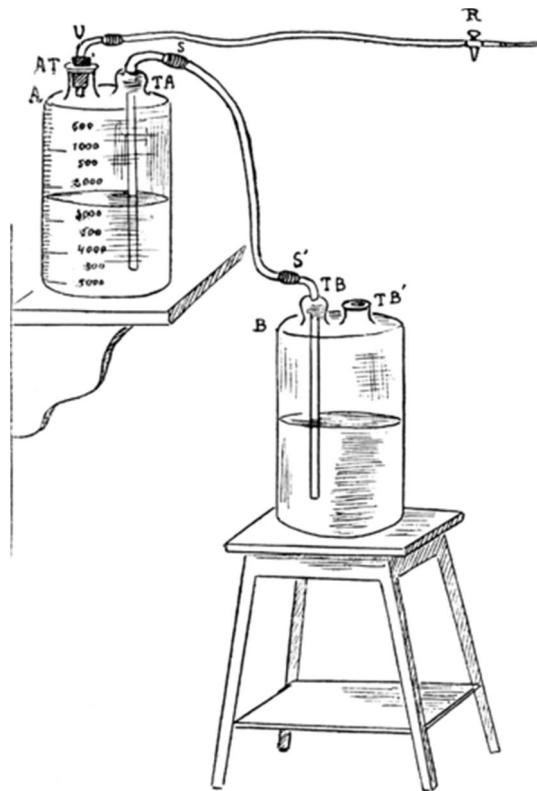


Figure 24. Détail du spiromètre de Dupont (1881, 1882). Chaque vase du spiromètre est muni de deux tubulures AT, TA, TB, TB'. La tubulure TB reste ouverte et met le vase B en communication avec l'extérieur. Les tubulures TB, TA, sont fermées par des bouchons de caoutchouc, à travers lesquels on introduit deux tubes de verre SS de deux centimètres de diamètre ; on fait descendre ces deux tubes de verre SS jusqu'à un centimètre du fond du vase ; ces deux tubes recourbés, dans leur partie supérieure, sont réunis par un tuyau en caoutchouc qui embrasse leur extrémité. La réunion du tube de caoutchouc et des deux tubes de verre constitue un siphon qui met les deux vases en communication. La tubulure AT, est fermée par un bouchon en caoutchouc traversé par un tube de verre U de 10 millimètres de diamètre, auquel est adapté un tuyau de caoutchouc terminé par une embouchure que précède un robinet. Le vase A est gradué de haut en bas de zéro à 5.000 cm³ par fraction de 25 cm³, l'extrémité inférieure du tube correspond au zéro. Pour faire fonctionner l'appareil, on remplit d'eau le vase B, on ouvre le robinet R, puis à l'aide du siphon, on fait passer l'eau dans le vase A jusqu'à ce que le niveau supérieur affleure le zéro ; on ferme alors le robinet. On verse ensuite dans le vase B la quantité d'eau nécessaire pour que l'extrémité inférieure du tube S'y soit toujours plongée, puis on place le vase B à un niveau inférieur, sur une chaise, par exemple, le vase A étant sur une table. Le siphon étant amorcé on peut faire facilement passer l'eau de A en B, en ouvrant le robinet R. Il suffit de fermer le robinet pour arrêter immédiatement l'écoulement.

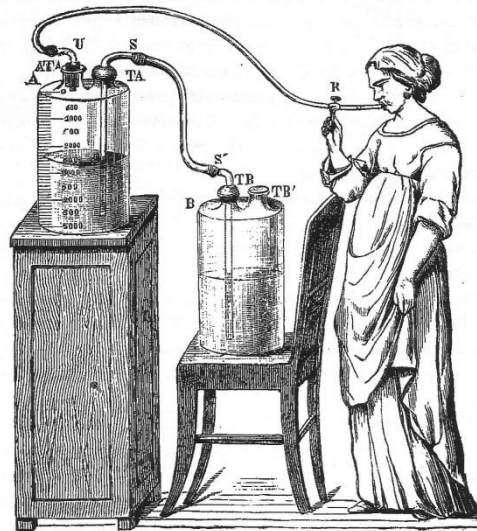


Figure 25. Spiromètre à siphon de Dupont représenté dans sa monographie sur le traitement de la tuberculose pulmonaire (Dupont, 1882, p. 26)²⁴³. Pour apprécier la capacité pulmonaire, on recommande au sujet de faire une large inspiration, puis, avant que l'expiration commence, on adapte l'embouchure à la bouche du sujet, et, en même temps, on ouvre le robinet. Le sujet prolonge l'expiration autant qu'il le peut, et, au moment où elle cesse, l'écoulement s'arrête. On ferme rapidement le robinet. L'air de la respiration a repoussé l'eau du vase A qui s'est écoulé dans le vase B, et le chiffre correspondant au niveau de l'eau exprime le volume de l'air expiré. Grâce au fonctionnement du siphon l'expiration se fait sans effort, sous l'unique influence de l'air atmosphérique pressant sur les parois du thorax ; l'air contenu dans le poumon s'écoulant comme l'eau du siphon est, en réalité, aspiré par le vase A, et le poumon se trouve ainsi vidé plus complètement que par l'expiration la plus énergique.

Pour leurs recherches, Binet et Vaschide (1898b) ont utilisé un dispositif plus simple qui est le résultat de la transformation par Maurice Dupont de son spiromètre à siphon en un spiromètre à vases communicants (voir Figure 26). L'appareil est décrit par Dupont en 1902²⁴⁴. Il se compose de deux vases A et B dont les tubulures inférieures sont réunies par un large tube de caoutchouc CD, l'analogue du tube SS sur le modèle précédent. Le vase B reste à goulot ouvert ; le second a son ouverture fermée hermétiquement par un bouchon de caoutchouc percé d'un orifice par lequel s'engage un tube de caoutchouc ; ce tube est muni sur son trajet d'un robinet de bois, et il est terminé par un tube de verre que le sujet doit mettre à sa bouche. Pour prendre la capacité vitale, on commence par remplir d'eau les deux vases jusqu'à moitié (on verse dans l'appareil cinq litres d'eau, deux litres et demi se trouvent alors dans chaque vase au moment où l'on va disposer l'appareil pour les recherches), les deux vases étant au même niveau, posés sur la même table ; ensuite on soulève le vase B à goulot ouvert et on le maintient à un niveau supérieur à celui du second vase A, de manière à ce que ce dernier se remplisse d'eau entièrement ; l'air qu'il contient se trouve chassé et sort par le tube de caoutchouc engagé dans son bouchon ; quand ce second vase se trouve rempli d'eau, on ferme le robinet du tube de caoutchouc, et on replace le premier vase sur la table. Grâce à cette manœuvre, le second vase (A), gradué de haut en bas de 0 à 5.000, reste rempli d'eau (qui se trouve alors contenir de l'air jusqu'à la division zéro) ; on comprend que si on n'avait pas eu soin de fermer le robinet, l'air entrerait de nouveau dans le second vase quand on abaisse le premier, et par conséquent le niveau de l'eau redeviendrait le même dans les deux vases. Pour donner sa capacité vitale, le sujet prend en main le tube de caoutchouc et approche de sa bouche l'extrémité en verre ; il a le doigt sur le robinet, prêt à le faire manœuvrer. Il commence par faire une profonde inspiration, pour avoir une bonne

²⁴³ Dupont, M. (1882). *Traitement de la tuberculose pulmonaire par les inhalations d'acide carbonique*. Paris : A. Parent.

²⁴⁴ Dupont, M. (1902). Equivalent du poids et de la capacité respiratoire. *Comptes rendus Hebdomadaires des Séances et Mémoires de la Société de Biologie*, 54, 27 décembre, 1538-1540.

provision d'air dans ses poumons ; puis, aussitôt l'inspiration terminée, il applique la bouche sur l'embout de verre et ouvre en même temps le robinet ; il commence à expirer dans le tube de verre, en ayant soin que l'air de ses poumons ne s'échappe pas par les coins de sa bouche ; il souffle d'abord modérément, pour ne pas se fatiguer, puis un peu plus fort ; il prolonge autant que possible son expiration, en donnant à la fin un effort vigoureux ; et quand il se sent à bout de souffle, il ferme lui-même le robinet, pour empêcher l'air de s'échapper. A mesure qu'il a fait son expiration, l'air qu'il soufflait a exercé une pression sur le liquide du vase A, et le liquide se met à baisser ; une graduation marquée sur le flacon indique combien de cm^3 le sujet a expiré.

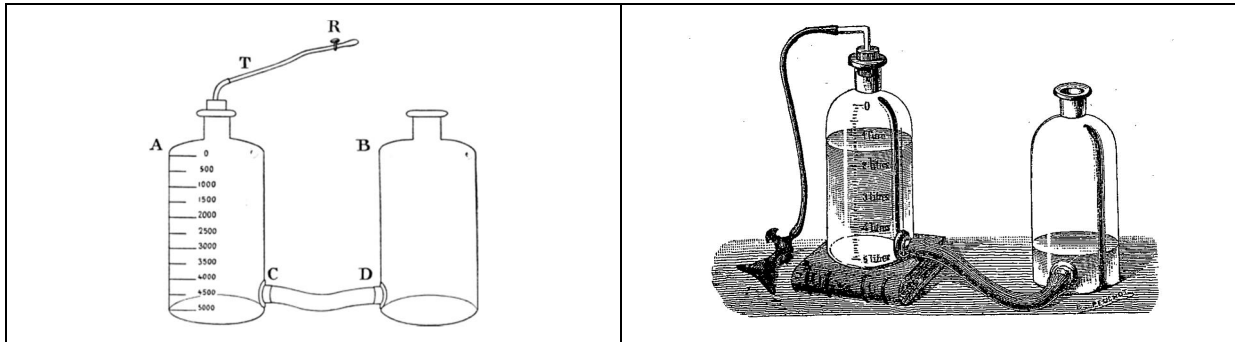


Figure 26. Spiromètre de Dupont utilisé par Binet et Vaschide en 1897. Il se compose de deux vases A et B reliés par la bas par un tuyau C D. Chaque vase possède une capacité égale à 5.000 centimètres cubes. Ce spiromètre est également décrit par Houssay (1896, p. 45)²⁴⁵ à l'époque où Binet entrevoit de développer des travaux sur la respiration. Cette version du spiromètre a été décrite par Maurice Dupont (1902)²⁴⁶, bien que l'appareil ait été utilisé quelques années auparavant.

Binet ne s'est servi du spiromètre de Dupont que pour mesurer l'expiration, mais il est bien conscient des inconvénients de l'appareil. En ce qui concerne l'expiration, on voit que le sujet, pour faire baisser le niveau de l'eau du vase A, n'a à lutter que contre la pression atmosphérique, laquelle agit sur l'eau du vase B ; ce sont là des conditions normales. Elles restent uniformes jusqu'au moment où le niveau de l'eau dans le vase A devient égal au niveau dans le vase B. Mais à partir de ce moment les conditions changent. Si le sujet continue à abaisser le niveau de l'eau dans le vase A, il a alors à lutter non seulement contre la pression atmosphérique, mais contre la pression d'une colonne d'eau égale à la différence de niveau dans les deux vases, et cette pression à vaincre augmentera d'autant plus que le sujet aura une capacité vitale plus considérable. Evidemment c'est une cause d'erreur, et elle est difficile à corriger. Binet en signale encore une autre, mais moins grave et pouvant être corrigée. Quand le souffle expiratoire a rendu le niveau d'eau du vase A inférieur à celui du vase B, l'air contenu dans le vase A ne peut être mesuré d'après la graduation de ce vase, car cet air subit une pression supérieure à celle de l'atmosphère ; il est donc légèrement comprimé ; pour le mesurer à la pression atmosphérique, il faut élever le vase A jusqu'à ce que l'eau qu'il contient soit au même niveau que l'eau de l'autre vase ; dans ce cas, la pression de l'eau devient égale dans les deux vases, et on peut lire sur la graduation le volume d'air expiré.

En interrogeant des dizaines d'individus (élèves de l'école primaire et élèves de l'école normale d'instituteurs) sur lesquels avaient été pratiqués des mesures anthropométriques (taille, poids, périmètre de

²⁴⁵ Houssay, F. (1896). *Contribution à l'étude de l'emploi thérapeutique de l'air comprimé, de sa vulgarisation au moyen d'un appareil transportable*. Romorantin : A. Standachar et C^{ie}. [p. 45]

²⁴⁶ Dupont, M. (1902). Equivalent du poids et de la capacité respiratoire. *Comptes rendus Hebdomadaires des Séances et Mémoires de la Société de Biologie*, 54, 27 décembre, 1538-1540.

poitrine, etc.), Binet et Vaschide (1898b)²⁴⁷ ont donné à réaliser tout un ensemble de tests de force physique (longueur d'un saut, rapidité à la course, ascension à la corde, force au dynamomètre, etc.). En classant les sujets d'après leur force à chaque épreuve (la même valeur étant accordée à toutes les épreuves), ils ont recherché quelle était celle de toutes les épreuves qui donnait l'ordre de mérite le plus rapproché de la liste synthétique (moyenne à l'ensemble des tests physiques). Voici la liste des principales épreuves classées dans l'ordre où elles représentent le mieux la force physique : 1° la capacité vitale (mesurée au spiromètre), 2° le périmètre de poitrine ; 3° le poids de l'individu ; 4° force des reins (mesurée par la traction verticale) ; 5° la force manuelle (mesurée par l'ergographe) ; 6° la taille de l'individu. On voit que la capacité vitale mesurée au spiromètre de Dupont occupe le premier rang. Si on compare deux individus de même taille, et que l'un d'eux ait une capacité respiratoire beaucoup plus grande que le second, il est très vraisemblable que le premier résistera mieux que le second à une grande fatigue. Cette qualité d'endurance est d'autant plus utile à constater qu'elle ne se révèle pas à un examen direct : ni le port, ni la coloration du visage, ni l'anatomie des formes ne peuvent nous renseigner avec précision sur l'endurance des individus. Binet (1899)²⁴⁸ a indiqué avoir vu souvent des gens compétents faire de bien curieuses méprises. « *Dans une école de province, où j'avais longuement étudié les élèves au point de vue de la force physique, j'en avais discerné un qui était un véritable athlète ; comme coureur, comme force au dynamomètre, comme agilité, et aussi et surtout comme force respiratoire, il était sans rival, laissant ses camarades à grande distance. Un jour, un médecin vint visiter l'école ; je lui fis présenter 4 élèves, parmi lesquels était mon athlète, et je lui demandai de me désigner celui des quatre qui lui paraissait avoir le plus de force physique ; il se trompa complètement, mit au premier rang un garçon très faible, et classa troisième mon athlète. Il convint du reste que l'aspect physique était très trompeur.* » (pp. 603-604). Ainsi au terme de toute cette série d'études, Binet et Vaschide (1898c, p. 168²⁴⁹ ; 1898d, p. 243)²⁵⁰ en arrivent à la conclusion que c'est la capacité vitale (plutôt que le tour de poitrine, le poids et la taille) qui fournit les renseignements les plus précis sur l'état des forces d'un individu. Binet rappellera ultérieurement tout au long de son œuvre l'importance de la spirométrie comme meilleure épreuve de la force physique (Binet, 1899²⁵¹ ; 1903²⁵², 1908²⁵³). Les auteurs soulignent également le lien existant entre le développement physique et l'intelligence. « *Nous n'en sommes plus réduits maintenant à penser qu'il n'y a aucune relation entre le développement physique et le développement intellectuel* » (p. 244). Mais si la capacité respiratoire est la meilleure donnée que nous ayons sur la force de résistance d'un individu, elle ne peut être considérée comme un indicateur de l'intelligence. En effet, le développement physique d'un individu d'un âge donné ne nous apprend rien sur son intelligence, même si chez les enfants on trouve qu'en moyenne les sujets intelligents ont plutôt tendance à être développés physiquement et que les enfants retardés ont plutôt tendance à être peu développés physiquement. « *Si un enfant de douze ans a la taille, le poids, la force musculaire d'un enfant de dix ans, s'il a par conséquent deux ans de retard physique, on n'a le droit de rien conclure en ce qui concerne son intelligence.* » (Binet, 1909, p. 57)²⁵⁴. Cependant, il est

²⁴⁷ Binet, A., & Vaschide, N. (1898b). Expériences sur la respiration et la circulation du sang chez les jeunes garçons. *L'Année Psychologique*, 4, 99-132.

²⁴⁸ Binet, A. (1899). Le premier devoir de l'éducation physique. *Revue des Revues*, 28, 15 mars, 597-609.

²⁴⁹ Binet, A., & Vaschide, N. (1898c). Corrélation des épreuves physiques. *L'Année Psychologique*, 4, 142-172.

²⁵⁰ Binet, A., & Vaschide, N. (1898d). Echelle des indications données par les tests. *L'Année Psychologique*, 4, 233-244.

²⁵¹ Binet, A. (1899). Le premier devoir de l'éducation physique. *Revue des Revues*, 28, 15 mars, 597-609.

²⁵² Binet, A. (1903). Revue critique de l'ouvrage de G. Demenÿ, Les bases scientifiques de l'éducation physique, Paris, Alcan, 1902. *L'Année Psychologique*, 9, 452-457.

²⁵³ Binet, A. (1908). Causerie pédagogique. *L'Année Psychologique*, 14, 405-431.

²⁵⁴ Binet, A. (1909). *Les idées modernes sur les enfants*. Paris : Flammarion.

des cas où l'état physique d'un enfant permet de faire des conclusions relatives à son état mental, c'est lorsque ils sont issus d'un milieu très défavorisé proche de la misère sociale.

CONCLUSION

Nous avons vu que depuis les premiers travaux de Hutchinson les spiromètres qui ont été inventés peuvent globalement être divisés en trois grands groupes. 1° Les uns ont pour type l'appareil de Hutchinson lui-même et emmagasinent l'air expiré. Ils sont basés sur le système des gazomètres et consistent en une cloche mobile s'élevant plus ou moins au-dessus du niveau du liquide, suivant le volume d'air expiré. Ces instruments sont volumineux et peu portatifs. Ils manquent de justesse à moins d'être munis de contrepoids exactement gradués, mais même dans ce cas ils sont difficiles à construire et délicats à manier. 2° Les autres ont pour type l'appareil de Boudin et, comme les précédents emmagasinent l'air expiré. Ils se composent habituellement d'une vessie en caoutchouc ou d'un soufflet dont le degré de dilatation est indiqué par une tige ou un cercle métallique. Ces instruments sont portatifs et d'un emploi facile, mais ils ne donnent que des résultats approximatifs, l'élasticité du caoutchouc ou du système ne pouvant fournir des renseignements précis. 3° Les derniers ont pour type le pneumomètre de Bonnet et fonctionnent comme des compteurs à gaz hydrauliques ou à gaz sec (ex. l'hélicimètre de Guillet) où l'air ne fait que passer dans l'appareil. Ils sont influencés par la vitesse avec laquelle l'air y pénètre, et de fait pour un même volume, les chiffres marqués sur le cadran varient suivant la tension de l'air rejeté.

Jusqu'au début des années 1890, deux autres spiromètres se distinguent nettement de ceux que l'on vient de présenter. Il s'agit d'abord du spiromètre de Dupont dont s'est servi Binet. Formé par deux vases en verre gradués, qui communiquent entre eux au moyen d'un siphon, il a l'inconvénient d'aspirer l'air de la poitrine et en outre d'être muni d'un robinet que le sujet doit ouvrir et fermer avant et après l'expérience (on conçoit que ces manœuvres de robinet exposent à des causes d'erreur). L'autre spiromètre est celui de Joal (1890) (**Figure 27**) construit et commercialisé par Collin (1890). Composé de deux vases de Mariotte il est d'une grande précision, d'une grande simplicité, sans robinet, sans rouage ni mécanisme d'aucune sorte.

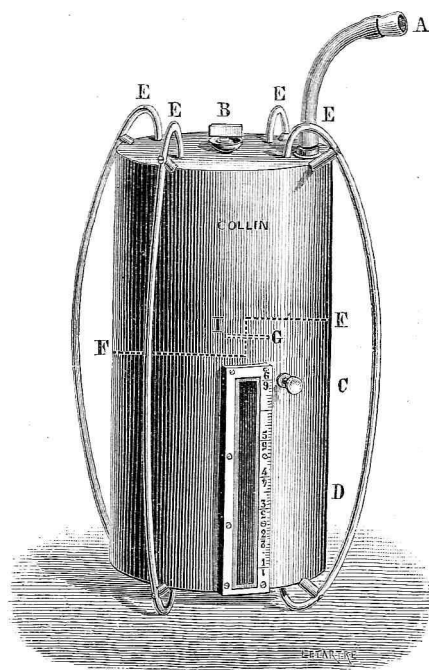


Figure 27. Spiromètre de Joal par Collin (1890). Il est formé d'un récipient en cuivre, de forme cylindrique et d'une capacité de treize litres. Ce récipient est séparé en deux parties égales, par deux diaphragmes semi-circulaires également en cuivre, horizontalement placés l'un au-dessus de l'autre et réunis par une cloison verticale, soit sur la figure, la ligne brisée FH. Les deux parties du cylindre sont mises en communication par un tube I qui est placé en hauteur au milieu de l'appareil.

Mis à part ces appareils et d'autres que l'on retrouve dans les catalogues des constructeurs d'instruments comme Tiemann aux Etats-Unis, Verdin en France ou Zimmermann en Allemagne, beaucoup de spiromètres n'ont pas eu les honneurs d'un développement industriel et ont été construits en nombre d'exemplaires si restreint qu'ils doivent être aujourd'hui d'une valeur inestimable pour les amateurs d'objets rares. En France, outre de spiromètre de Dupont utilisé par Binet qui ne semble pas avoir été très répandu, de nombreux autres spiromètres ont été inventés par des chercheurs désireux de mettre au point un instrument peu coûteux et de manipulation facile. Sans parler de ceux déjà présentés dans cet article, on pourrait encore citer le spiromètre du pédagogue Paul Robin (1902)²⁵⁵ (**Figure 28**), du professeur à l'Institution nationale des sourds-muets de Paris Louis Danjou (1893)²⁵⁶ (**Figure 29**), de celui du médecin-militaire Charles Villemin (1893)²⁵⁷ (**Figure 30**), etc.

²⁵⁵ Robin, P. (1902). Un nouveau spiromètre. *Bulletins et Mémoires de la Société d'Anthropologie de Paris*, 5^e série, 3, 179-180. [p. 179]

²⁵⁶ Danjou, L. (1893). *Idées sur l'éducation de la respiration du jeune sourd-muet à qui l'on veut apprendre à parler. Description d'un nouveau spiromètre. Expériences faites au moyen de cet appareil.* Paris : Georges Carré. [p. 28]

²⁵⁷ Villemin, Ch. (1893). Un nouveau spiromètre (spiromètre-compteur). *Archives de Médecine et de Pharmacie Militaires*, 21, 26-32. [p. 31] <https://archive.org/stream/archivesdemdecio6santgoog#page/n35/mode/2up>

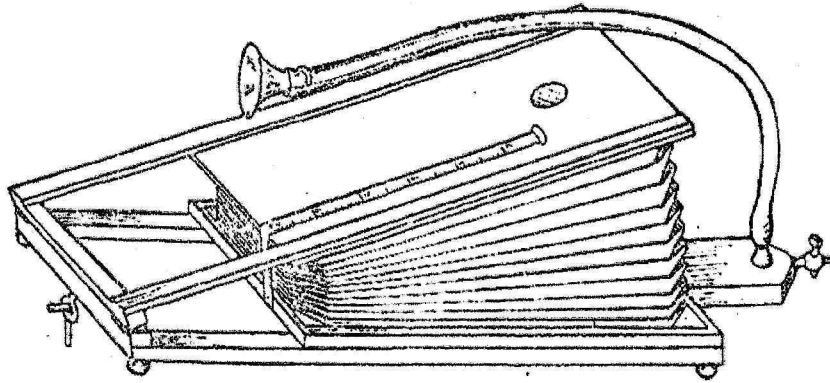


Figure 28. Spiromètre à soufflet de Paul Robin (1902, p. 179) dérivé du spiromètre de Mathieu.

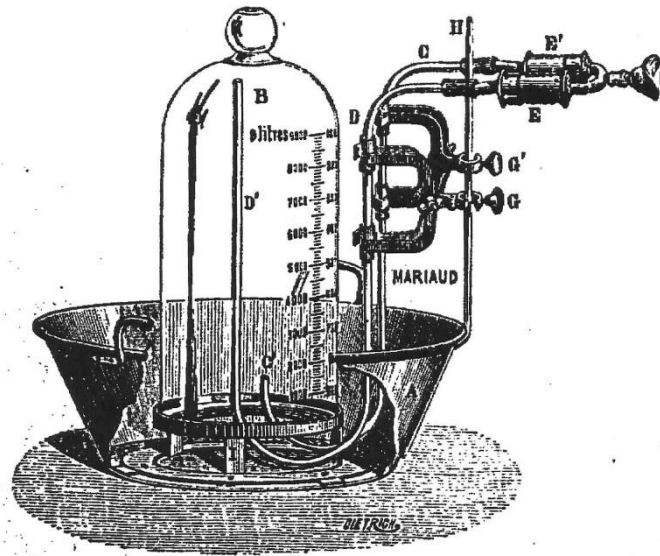


Figure 29. Spiromètre de L. Danjou (1893, p. 28).

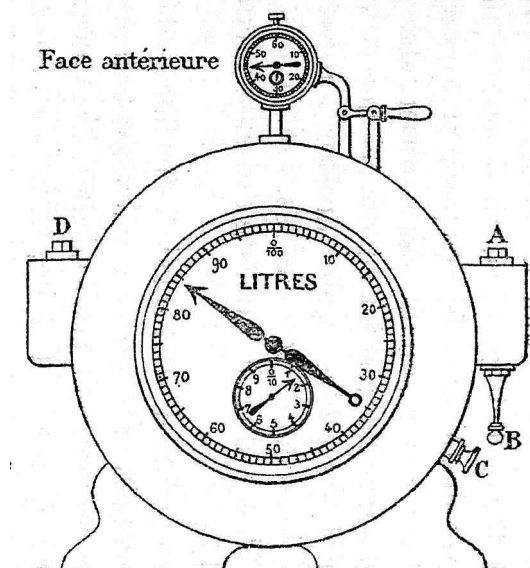


Figure 30. Spiromètre-compteur de Ch. Villemin (1893, p. 31).

Si au début du XX^e siècle, la spirométrie n'était pas si répandue que cela dans la pratique médicale et hospitalière, les spiromètres faisaient néanmoins partie intégrante de l'arsenal des laboratoires de physiologie et de physique médicale (Demonet, 1905)²⁵⁸. La spirométrie fit également l'objet de discussions pour ses potentielles applications dans l'armée, l'école, le sport, les assurances, etc. (e. g. Gleitsmann, 1874)²⁵⁹. Les psychologues de laboratoire ne furent pas de grands utilisateurs des spiromètres pour leurs recherches psychophysiologiques. Ces appareils ne faisaient généralement pas partie de l'arsenal des laboratoires de psychologie puisqu'on n'en trouve aucune trace dans les listes fournies par les plus grandes institutions de recherches du tournant du siècle en Allemagne et aux Etats-Unis. Avant que Binet ne s'intéresse à la spirométrie, on ne peut guère citer que les travaux du psychologue Gilbert (1897)²⁶⁰ aux Etats-Unis qui s'était intéressé aux recherches de Porter (1894)²⁶¹ qui indiquaient que plus un enfant est grand et lourd pour son âge, plus il est intelligent. Utilisant le spiromètre de Barnes, Gilbert montrait que la capacité vitale augmente avec l'âge et que c'est à partir de l'adolescence que la différence filles/garçons s'accroît. Cependant, il ne trouva pas confirmée l'assertion de Porter sur les liens existant entre les capacités physiques et les capacités mentales. Les derniers travaux de Binet (1909)²⁶² sur ce sujet devaient définitivement indiquer que si la capacité respiratoire constitue un indice fiable de la force de résistance physique, elle ne peut en aucun cas devenir un signe de développement mental non équivoque. « *Bien respirer est le signe le plus sûr qu'on est capable, non seulement de donner un gros effort, mais de prolonger cet effort et de fournir, par conséquent, un travail musculaire de quantité considérable. Or, bien respirer, c'est ventiler largement ses poumons ; la quantité de litres d'air qu'on fait passer à chaque respiration par son organe respiratoire mesure cette fonction. Ceux qui sont physiquement forts se reconnaissent à un petit signe, qui échappe au vulgaire, mais que les physiologistes connaissent bien ; il n'y a qu'à les regarder respirer naturellement ; leurs actes respiratoires sont peu nombreux et très profonds ; ils respirent lentement, mais ils vont à fond dans leur souffle. C'est aussi le type de respiration des écoliers qui ont subi un entraînement physique rationnel, et qui sont en forme. Les non entraînés, les débiles du corps respirent, au contraire, par coups pressés et superficiels. Le spiromètre est l'instrument qui exprime le mieux l'ensemble des forces physiques d'un individu. Voulez-vous faire choix d'un être résistant à la fatigue, et capable de briller dans une épreuve de fond ; prenez celui qui a le plus de souffle* » (Binet, 1909, p. 71-72)²⁶³.

²⁵⁸ Demonet, E. (1905). Recherches sur la capacité vitale absolue et relative suivant le sexe et suivant certaines dimensions du corps. *Bulletins et Mémoires de la Société d'Anthropologie de Paris*, 5^e série, 6, 5-100.

²⁵⁹ Gleitsmann, W. (1874). The spirometer ó Its value and utility to life companies. *The Medical Record*, 9, October 15, 555-556.

²⁶⁰ Gilbert, J. A. (1897). Researches upon school children and college students. *The University of Iowa Studies in Psychology*, 1, 1-39.

²⁶¹ Porter, W. T. (1894). The physical basis of precocity and dullness. *Transactions of the Academy of Sciences of Saint Louis*, 6, 161-181. <https://www.biodiversitylibrary.org/item/101319#page/205/mode/1up>

²⁶² Binet, A. (1909). *Les idées modernes sur les enfants*. Paris : Flammarion.

²⁶³ Binet, A. (1909). *Les idées modernes sur les enfants*. Paris : Flammarion.

Références

- Abernethy, J. (1793). *Surgical and physiological essays*. London: James Evans.
- Aitken, W. (1866). *The science and practice of medicine*. Philadelphia : Lindsay & Blakiston.
- Albers, J. F. H. (1850). *Die Erkenntniss der Krankheiten der Brustorgane aus physikalischen Zeichen oder Auscultation, Percussion und Spirometrie*. Bonn: A. Marcus.
- Albers, J. F. H. (1852). Über einige nothwendige Correctionen bei Anwendung des Spirometers. Über einige Correctionen beim Gebrauch des Spirometers. *Wiener Medizinische Wochenschrift*, 2, n° 39, 25 September, 617-60; n° 44, 30 Oktober, 701-703.
- Alison, S. S. (1861). *The Physical examination of the chest in pulmonary consumption and its intercurrent diseases*. London: John Churchill.
- Arnold, F. (1855). *Ueber die Athmungsgrösse des Menschen : ein Beitrag zur Physiologie und zur Diagnostik der Krankheiten der Athmungswerkzeuge*. Heidelberg : J.C.B. Mohr.
- Bain, W. P. (1870). On a portable spirometer. *The British Medical Journal*, February 5, 129.
- Bellangé, G. (1883). Spiromètre et carbonimètre. *Bulletin Général de Thérapeutique Médicale et Chirurgicale*, n° 105, 40-41.
- Bergeon, L. (1869). *Recherches sur la physiologie médicale de la respiration à l'aide d'un nouvel appareil enregistreur : l'anapnographie (spiromètre écrivant)*. Paris : Adrien Delahaye.
- Bergeon, L., & Kastus, Ch. (1868a). Note sur un nouvel appareil enregistreur de la respiration, ou anapnographie. *Comptes Rendus Hebdomadaires des Séances de l'Académie des Sciences*, 67, 2^e semestre, n° 10, 15 septembre, 553-555.
- Bergeon, L., & Kastus, Ch. (1868b). Nouvel appareil enregistreur de la respiration. *Gazette Hebdomadaire de Médecine et de Chirurgie*, n° 37, 579-582 ; n° 39, 612-614 ; n° 40, 631-633.
- Bernard, C. (1865). *Introduction à l'étude de la médecine expérimentale*. Paris : J.-B. Baillière.
- Binet, A. (1897). Psychologie individuelle. 6 La description d'un objet. *L'Année Psychologique*, 3, 296-332.
- Binet, A. (1899). Le premier devoir de l'éducation physique. *Revue des Revues*, 28, 15 mars, 597-609.
- Binet, A. (1903). Revue critique de l'ouvrage de G. Demeny, Les bases scientifiques de l'éducation physique, Paris, Alcan, 1902. *L'Année Psychologique*, 9, 452-457.
- Binet, A. (1908). Causerie pédagogique. *L'Année Psychologique*, 14, 405-431.
- Binet, A. (1909). *Les idées modernes sur les enfants*. Paris : Flammarion.
- Binet, A., & Henri, V. (1896). La psychologie individuelle. *L'Année Psychologique*, 2, 411-465.
- Binet, A., & Vaschide, N. (1898a). La psychologie à l'école primaire. *L'Année Psychologique*, 4, 1-14.
- Binet, A., & Vaschide, N. (1898b). Expériences sur la respiration et la circulation du sang chez les jeunes garçons. *L'Année Psychologique*, 4, 99-132.
- Binet, A., & Vaschide, N. (1898c). Corrélation des épreuves physiques. *L'Année Psychologique*, 4, 142-172.
- Binet, A., & Vaschide, N. (1898d). Echelle des indications données par les tests. *L'Année Psychologique*, 4, 233-244.
- Binet, M. (1881). *Etude clinique et climatologique sur Saint-Honoré-les-Bains (Nièvre)*. Paris : Octave Doin.
- Binet, M. (1888). Spiromètre portatif. *Gazette des Hôpitaux Civils et Militaires*, 61^e année, 942.
- Binet, M. (1891). Spiromètre. *Revue des Instruments de Chirurgie*, 2, 75-76.
- Bishop, P. J. (1977). A bibliography of John Hutchinson. *Medical History*, 21, 384-396.
- Bonnet (1856). Application du compteur à gaz à la mesure de la respiration. *Comptes Rendus Hebdomadaires des Séances de l'Académie des Sciences*, 42, 825-827 ; 43, 519-521.
- Borelli, I. A. (1681). *De motu animalium* (vol. 2, pp. 163-164). Romae : Angelo Bernabo.
- Bouchut, E. (1857). *Nouveaux éléments de pathologie générale et de sémiologie*. Paris : J.-B. Baillière.
- Bouchut, E. (1869). *Nouveaux éléments de pathologie générale et de sémiologie (2^e édition revue, corrigée et augmentée)*. Paris : J.-B. Baillière.
- Bouchut, E. (1875). *Nouveaux éléments de pathologie générale, de sémiologie et de diagnostic (3^e édition revue, corrigée et augmentée)*. Paris : J.-B. Baillière.
- Bouchut, E. (1883). *Traité de diagnostic et de sémiologie*. Paris : J.-B. Baillière.
- Boudin, J. C. M. (1851). Recrutement militaire. In A. Tardieu (Ed.), *Dictionnaire des dictionnaires de médecine français et étrangers ou traité complet de médecine et de chirurgie pratiques* (supplément, pp. 690-714). Paris : Germer Baillière.
- Bowman, W. E. (1863). A cheap spirometer. *Canada Lancet*, 1, n° 4, June 15, 27-28.
- Boyer, J. (1920). Le laboratoire physiologique de l'armée française. *La Nature*, 48^e année, 2^e semestre, n° 2435, 359-364.
- Charrière, J. (1862). *Catalogue d'instruments*. Paris : J. Charrière.
- Collin (1890). *Catalogue*. Paris : C. Motteroz.
- Dalton, J. (1813). On respiration and animal heat. *Memoirs of the Literary and Philosophical Society of Manchester*, series 2, 2, 15-44.

- Danjou, L. (1893). *Idées sur l'éducation de la respiration du jeune sourd-muet à qui l'on veut apprendre à parler. Description d'un nouveau spiromètre. Expériences faites au moyen de cet appareil.* Paris : Georges Carré.
- Davies, H. (1850). Physical diagnosis of diseases of the chest. *Lancet*, 1, January 5, 4-8 ; January 12, 39-41.
- Davy, H. (1800). *Researches, chemical and philosophical, chiefly concerning nitrous oxide.* London: J. Johnson.
- Demeny, G. (1888). Appareils de mesure ayant pour but de déterminer avec précision la forme extérieure du thorax, l'étendue des mouvements respiratoires, les profils et les sections du tronc, ainsi que le débit d'air inspiré et expiré (présentation par M. Marey). *Comptes Rendus Hebdomadaires des Séances de l'Académie des Sciences*, 106, 1363-1365.
- Demeny, G. (1902). *Les bases scientifiques de l'éducation physique.* Paris : F. Alcan.
- Demeny, G. (1911). *Les bases scientifiques de l'éducation physique* (5^e édition). Paris : F. Alcan.
- Demonet, E. (1905). Recherches sur la capacité vitale absolue et relative suivant le sexe et suivant certaines dimensions du corps. *Bulletins et Mémoires de la Société d'Anthropologie de Paris*, 5^e série, 6, 5-100.
- Denison, C. (1890). Abnormal intra-thoracic air pressures, and their treatment. *The Sanitarian*, 25, November, n^o 252, 406-446.
- Denison, C. (1892). A new spirometer. *Journal of the American Medical Association*, 18, n^o 19, May 7, 577-578.
- Donders, F. C. (1854). Neuere Beiträge zur Spirometrie. II. Bedenken gegen die von Buy-Ballot und Fabius gegebene Formel zur Berechnung der vitalen Kapazität. *Zeitschrift für Rationelle Medicin*, 4, ns, n^o 2, 304-309.
- Donders, F. C., [& Bauduin, A. F.] (1859). *Physiologie des Menschen* (vol. 1). Leipzig : F. Hirschel.
- Dupont, M. (1881). Présentation d'un instrument (par J. Béclard). *Bulletin de l'Académie de Médecine*, séance du 22 novembre, vol. X, 45^e année, 2^e série, 1420-1421.
- Dupont, M. (1882a). *Traitement de la tuberculose pulmonaire par les inhalations d'acide carbonique.* Paris : A. Parent.
- Dupont, M. (1882b). Mesure de la capacité respiratoire à l'état physiologique et à l'état pathologique, à l'aide d'un appareil nouveau. *Tribune Médicale*.
- Dupont, M. (1902). Equivalent du poids et de la capacité respiratoire. *Comptes rendus Hebdomadaires des Séances et Mémoires de la Société de Biologie*, 54, 27 décembre, 1538-1540.
- Fabius, H. (1853). *De spirometro ejusque usu observationibus cum aliorum, tum propriis illustrato. Quam, annuente summo numine, ex auctoritate rectoris magnifici Francesci Cornelii Donders... pro gradu doctoratus.* Amstelodami: J. H. & G. Van Heteren.
- Fabius, H. (1854). Neuere Beiträge zur Spirometrie. I. Spirometrische Beobachtungen. *Zeitschrift für Rationelle Medicin*, 4, ns, n^o 2, 281-304.
- Fontana, A. (1779). Experiments and observations on the inflammable air. *Philosophical Transactions of the Royal Society*, 69, 337-361.
- Galante, E. (1891). Spiromètre. *Revue des Instruments de Chirurgie*, 1, 91-92.
- Galante, H. (1885). *Catalogue illustré des instruments de chirurgie.* Paris : sn.
- Garnault, P. (1896). *Cours théorique et pratique de physiologie, d'hygiène et de thérapeutique de la voix parlée et chantée.* Paris : A. Maloine & E. Flammarion.
- Gibson, G. J. (2005). Spirometry: then and now. *Breathe*, 1, n^o 3, 207-216.
- Gilbert, J. A. (1897). Researches upon school children and college students. *The University of Iowa Studies in Psychology*, 1, 1-39.
- Gleitsmann, W. (1874). The spirometer ó Its value and utility to life companies. *The Medical Record*, 9, October 15, 555-556.
- Goldschmidt, S. (1853). Ueber Hutchinsons spirometer. *Allgemeine Medicinische Central-Zeitung*, 22, 1 Juni, 343-344.
- Guillet, J. (1856a). Description d'un spiromètre. *Comptes Rendus Hebdomadaires des Séances de l'Académie des Sciences*, 43, 214-216.
- Guillet, J. (1856b). Nouveau spiromètre. *Gazette des Hôpitaux Civils et Militaires*, 29^e année, 363-364.
- Guillet, J. (1859). *Sur quelques différences individuelles des organes respiratoires (thèse de médecine, Paris).* Paris : sn.
- Hales, S. (1727). *Vegetable staticks, or, an account of some statical experiments on the sap in vegetables: being an essay towards a natural history of vegetation: also, a specimen of an attempt to analyse the air, by a great variety of chymio-statical experiments, which were read at several meetings before the Royal Society.* London: Innys & Woodward.
- Hammond, W. A. (1863). *A treatise on hygiene: with special reference to the military service.* Philadelphia: J. B. Lippincott.
- Hanriot, M., & Richet, Ch. (1887). Présentation d'un spiromètre. *Comptes Rendus Hebdomadaires des Séances et Mémoires de la Société de Biologie*, 39, 405-406.

- Harless, E. (1855). *Theorie und Anwendung des "Seitendruckspirometers", eines neuen Instrumentes zur Bestimmung der Respirationsluft*. München: Verlag der Bayerischen Akademie der Wissenschaften.
- Hecht, L.-É. (1855). *Essai sur le spiromètre. Thèse présentée à la Faculté de médecine de Strasbourg le jeudi 10 mai 1855*. Strasbourg : G. Silbermann.
- Hecht, L.-É. (1883). Spiromètre. In A. Dechambre (Ed.), *Dictionnaire encyclopédique des sciences médicales* (série 3, tome 11, pp. 295-304). Paris : G. Masson & P. Asselin.
- Herbst, E. F. G. (1828). Ueber die Capacität der Lungen für Luft, im gesunden und kranken Zustande. *Archiv für Anatomie und Physiologie*, 83-106.
- Herbst, E. F. G. (1829). Capacité des poumons dans l'état de santé et de maladie. *Archives Générales de Médecine*, série 1, n° 21, 412-418.
- Hirtz, M. (1836). *Recherches cliniques sur quelques points du diagnostic de la phthisie pulmonaire (thèse inaugurale)*. Strasbourg : F. G. Levrault.
- Hochberg, L. A. (1946). The capacity of the lungs as conceived by John Hutchinson a century ago. *Quarterly Bulletin of the Sea View Hospital*, 8, 142-155.
- Holden, E. (1877). New investigations in respiratory physiology. *American Journal of the Medical Sciences*, 73, 389-395.
- Holden, E. (1878). A practical pneumatometer. *The Medical Record*, 13, June 1, 438.
- Holmgren, F. (1873). Om en spirograph. *Upsala Läkareförenings Förhandlingar*, 8, 465-473.
- Houssay, F. (1896). *Contribution à l'étude de l'emploi thérapeutique de l'air comprimé, de sa vulgarisation au moyen d'un appareil transportable*. Romorantin : A. Standachar et C^{ie}.
- Hutchinson, J. (1844a). Society of arts. Pneumatic apparatus for valuing the respiratory powers. *Lancet*, 43, n° 1085, June 15, 390-391.
- Hutchinson, J. (1844b). Lecture on vital statistics, embracing an account of a new instrument for detecting the presence of disease in the system. *Lancet*, 43, n° 1091, July 27, 567-570; n° 1092, August 3, 594-597.
- Hutchinson, J. (1844c). Contributions to vital statistics, obtained by means of a pneumatic apparatus for valuing the respiratory powers in relation to health. *Journal of the Statistical Society (Quarterly Journal of the Statistical Society)*, 7, 193-212.
- Hutchinson, J. (1845). On a pneumatic apparatus for valuing the respiratory powers with relation to health. *Transactions of the Society for the Encouragement of Arts, Manufactures, and Commerce*, 55, 199-203.
- Hutchinson, J. (1846). On the capacity of the lungs, and on the respiratory functions, with a view of establishing a precise and easy method of detecting disease by the spirometer. *Medico-Chirurgical Transactions*, 29, 137-252.
- Hutchinson, J. (1847). Etudes sur les phénomènes mécaniques de la respiration et sur la capacité pulmonaire ; nouveau moyen de diagnostic dans les maladies de poitrine. *Archives Générales de Médecine*, 4^e série, 13, 204-220.
- Hutchinson, J. (1847a). Über die function der intercostalmuskeln und die Respirationsbewegungen des Menschen. *Neue Notizen aus dem Gebiete der Natur und Heilkunde*, 4, 149-150.
- Hutchinson, J. (1847b). Studien über die mechanische Phänomene der Athmungsprocesses und der Lungencapazität ; ein neues diagnostisches Mittel in Brustkrankheiten. *Archiv für Physiologische und Pathologische Chemie und Mikroskopie*, 4, 169-180.
- Hutchinson, J. (1849). *Von der Capacität der Lungen und von den Athmungsfunctionen mit Hinblick auf die Begründung einer genauen und leichten Methode, Krankheiten der Lungen durch das Spirometer zu entdecken. Aus dem Englischen übersetzt und mit Anmerkung versehen von Dr. Samosch*. Braunschweig: Frierich Vieweg und Sohn.
- Hutchinson, J. (1852a). *The spirometer, the stethoscope, & scale-balance; their use in discriminating diseases of the chest, and their value in life offices; with remarks on the selection of lives for life assurance companies*. London : John Churchill.
- Hutchinson, J. (1852b). Thorax. In R. B. Todd (Ed.), *The cyclopaedia of anatomy and physiology* (vol. 4, pp. 1016-1087). London: Longmans et al.
- Jackson (1851). The spirometer. *The Medical Examiner, and Record of Medical Science*, 7, 51-57.
- Jeannel, M. (1877). *Arsenal du diagnostic médical*. Paris : J.-B. Baillière.
- Joal, J. (1890). Recherches spirométriques dans les rhinopathies. *Revue de Laryngologie, d'Otologie et de Rhinologie*, 10, 11^e année, n°8, 15 avril, 257-273 ; n°9, 15 mai, 310-320.
- Joal, J. (1893). *De la respiration dans le chant*. Paris : Rueff.
- Joal, J. (1895). *On respiration in singing (trans. and edit. by R. Norris Wolfenden)*. London : F. J. Rebman.
- Jochheim, P. (1865). *Die chronische Lungenschwindsucht ist heilbar*. Darmstadt : W. Ollweiler.
- Jones, J. (1888). Vacuum-Pneumatic spirometer. *Transactions of the Louisiana State Medical Society*, 10, 219-225.
- Jurin, J. (1718). De motu aquarum fluentium. *Philosophical Transactions [of the Royal Society]*, 30, n° 355, 748-766.

- Keill, J. (1718). *Tentamina medico-physica*. London: G. Strahan.
- Kentish, E. (1814). *An account of baths and of a Madeira-House at Bristol, with a drawing and description of a pulmometer and cases showing its utility in ascertaining the state of the lungs in diseases of the chest*. London: Longman, Hurst, Rees, Orme, and Browne.
- Kite, Ch. (1795). *Essays and observations, physiological and medical, on the submersion of animals, and on the resin of the acoroides resinifera, or yellow resin from Botany Bay: to which are added, select histories of diseases; with remarks*. London: G. Woodfall.
- Lasègue, Ch. (1856). De l'emploi des instruments de précision en médecine : de la spirométrie. *Archives Générales de Médecine*, 5^e série, 7, avril, 464-476.
- Lewis, D. (1863). *Weak lungs, and how to make them strong: or diseases of the organs of the chest, with their home treatment by the movement cure*. Boston: Ticknor and Fields.
- Longet, F. A. (1861). *Traité de physiologie (vol. 1)*. Paris : Masson.
- Maddock, A. B. (1844). The pulmometer. *Lancet*, 43, n° 1086, June 22, 414.
- Maestrelli, D. (1881). L'esponeente più corretto della capacità vitale. *Archivio per L'Antropologia e la Etnologia*, 11, 1-47.
- Maréchal, J. (1868). Considérations médicales sur les apprentis canonniers du vaisseau-école le Louis XIV. *Archives de Médecine Navale*, 9, juin, 453-477.
- Marey, E. J. (1859). Recherches sur le pouls au moyen d'un nouvel appareil enregistreur, le sphygmographe. *Comptes Rendus des Séances et Mémoires de la Société de Biologie*, 3^e série, 1, 281-309.
- Marey, E.-J. (1886). *Station physiologique : Méthodes et appareils*. Manuscrit Collège de France n° 162.
- Mathieu (1905). *Catalogue d'instruments de chirurgie (15^e édition)*. Paris : E. Crété.
- Mathieu, L. (1873). *Catalogue des instruments anthropologiques*. Paris : H. Plon.
- Mendelsohn, M. (1901). *Der Ausbau im diagnostischen Apparat der klinischen Medizin*. Wiesbaden: J. F. Bergmann.
- Menzies, R. (1796). *A dissertation on respiration [1790]* (trans. Ch. Sugrue). Edinburgh: G. Mudie.
- Mitchell, S. W. (1859). Improved spirometer. *American Journal of the Medical Sciences*, 37, 378-379.
- Müller, C. W. (1868). Die vitale Lungencapazität und ihre diagnostische Verwerthung. *Zeitschrift für Rationelle Medicin*, 33, n°2-3, 157-206.
- Müller, C. W. (1868). *Die vitale Lungencapazität und ihre diagnostische Verwerthung*. Leipzig: E. Polz.
- Petty, T. L. (1987). John Hutchinson's mysterious machine. *Transactions of the American Clinical and Climatological Association*, 98, 11-20.
- Phoebus, Ph. (1848). Ueber Pneumometrie als diagnostisches Hülfsmittel. *Allgemeine Medicinische Central-Zeitung*, 17, n°32, 22 April, 249-251; n°33, 26 April, 257-264.
- Phoebus, Ph. (1853a). Zur Pneumometrie. *Allgemeine medicinische Central-Zeitung*, 22, n°15, 23 Februar, 113-116.
- Phoebus, Ph. (1853b). Noch einige Bemerkungen zur Pneumometrie. *Allgemeine Medicinische Central-Zeitung*, 22, n°74, 17 September, 585-587.
- Poiseuille, J. L. M. (1856). Rapport sur un nouveau spiromètre de M. Guillet (commissaires : MM. Bouillaud et Poiseuille, rapporteur). *Bulletin de l'Académie Impériale de Médecine*, 22, 21^e année, 2 décembre, 203-213.
- Porter, W. T. (1894). The physical basis of precocity and dullness. *Transactions of the Academy of Sciences of Saint Louis*, 6, 161-181.
- Radclyffe Hall, R. (1851). Observations with Hutchinson's spirometer. *Transactions of the Provincial Medical and Surgical Association*, 18, 169-194.
- Rainal, L., & Rainal, J. (1905). *Catalogue général*. Paris : Lahure.
- Ratray, A. (1872). A combined spirometer, aspirator, and aeroscope. *The Lancet*, n° 2574, December 28, 915.
- Ratray, A. (1880). Description of a new form of spirometer. *Pacific Medical and Surgical Journal*, 23, n°1, June, 17-20.
- Regnard, P. (1879). *Recherches expérimentales sur les variations pathologiques des combustions respiratoires*. Paris : Progrès Médical & Vve A. Dalahaye.
- Regnard, P. (1879). *Recherches expérimentales sur les variations pathologiques des combustions respiratoires*. Paris : V. A. Delahaye.
- Rey, H. (1875). De la dynamométrie et de la spirométrie appliquées au recrutement des équipages. *Revue Maritime et Coloniale*, 44, 82-93.
- Richter, H. E. (1853). De Spirometro ejusque usu etc., H. Fabius. *Jahrbücher der in- und ausländischen gesammten Medicin*, 79, n°3, 360-362.
- Robin, P. (1887). *L'anthropométrie à l'école* (Extrait du Bulletin de l'Orphelinat Prévost). Cempuis (Oise) : Impr. de l'orphelinat Prévost.
- Robin, P. (1902). Un nouveau spiromètre. *Bulletins et Mémoires de la Société d'Anthropologie de Paris*, 5^e série, 3, 179-180. [p. 179]
- Salter, H. (1865). Lectures on dyspnea. *The Lancet*, October 28, n° 2200, 475-478.

- Schneevogt, V. (1854). Ueber den praktischen Werth des Spirometer. *Zeitschrift für Rationelle Medicin*, ns, 5, 9-28.
- Schnepf, B. (1856a). Note sur un nouveau spiromètre d'une sensibilité et d'une simplicité extrêmes. *Comptes Rendus Hebdomadaires des Séances de l'Académie des Sciences*, 43, 1^{er} décembre, 1046-1049.
- Schnepf, B. (1856b). La spirométrie et les spiromètres. *Gazette Médicale de Paris*, n° 49, 6 décembre, 761-763 ; n° 50, 13 décembre, 775-777 ; n° 52, 27 décembre, 811-816.
- Schnepf, B. (1857). *Capacité vitale du poumon, ses rapports physiologiques et pathologiques avec les maladies de la poitrine*. Paris : J.-B. Baillière.
- Simon, G. (1848). *Über die Menge der ausgeathmeten Luft bei verschiedenen Menschen und ihre Messung durch das Spirometer: ein Beitrag zur medicinischen Diagnostik*. Giessen: sn.
- Smith, E. (1857). On the quantity of air inspired at every 5, 15, & 30 minutes of the day and night, and under the influence of exercise, food, and medicines-on the temperature of the body, etc. *The Lancet*, May 9, 480-481.
- Smith, E. (1859). Inquiries into the phenomena of respiration. *Proceedings of the Royal Society of London*, 9, 611-614.
- Spriggs, E. A. (1977). John Hutchinson, the inventor of the spirometer ó his North country background, life in London, and scientific achievements. *Medical History*, 21, 357-364.
- Spriggs, E. A. (1978). The history of spirometry. *British Journal of the Diseases of the Chest*, 72, 165-180
- Stanley, W. F. (1891). Note on a new spirometer. *Journal of the Anthropological Institute of Great Britain and Ireland*, 20, 28- [29]
- Sternberg, M (1888). Professor Fleischl v. Marxow's neues Spirometer. *Centralblatt für Physiologie*, 2, 39-41. [page 40]
- Thackrah, C. T. (1831). *The effects of the principal arts, trades, and professions, and of civic states and habits of living, on health and longevity with a particular reference to the trades and manufacturers of Leeds and suggestions for the removal of many of the agents, which produce disease, and shorten the duration of life*. London : Longman, Rees, Orme, Brown & Green.
- Tiemann, G. (1879). *The American armamentarium chirurgicum*. New York: Charles H. Ludwig.
- Tissot, J. (1901). Phénomènes physiques de la respiration. In D'Arsonval, Chauveau, Gariel & Marey (Eds.), *Traité de physique biologique* (vol. 1, pp. 738-755). Paris : Masson.
- Tissot, J. (1904). Nouvelle méthode de mesure et d'inscription du débit et des mouvements respiratoires de l'homme et des animaux. *Journal de Physiologie et de Pathologie Générale*, 6, 688-702.
- Valentin, G. (1851). *Rachträge zur zweiten Auflage vom Lehrbuche der physiologie des Menschen*. Braunschweig: Vieweg.
- Valentin, G. G. (1846). *Lehrbuch der Physiologie des Menschen für Aerzte und Studirende*. Braunschweig: Fr. Vieweg und Sohn.
- Varnout & Galante (1854). *Catalogue des appareils et instruments de chirurgie en caoutchouc vulcanisé fabriqués sous la direction immédiate de M. le docteur Gariel* (p. 39). Paris : P. Dupont.
- Vierordt, K. von (1844). Respiration. In R. Wagner (Ed.), *Handwörterbuch der Physiologie mit Rücksicht auf physiologische Pathologie* (vol. 2, pp. 828-916). Braunschweig: Fr. Vieweg.
- Vierordt, K. von (1855). *Die Lehre vom Arterienpuls in gesunden und kranken Zuständen, gegründet auf eine neue Methode der bildlichen Darstellung des menschlichen Pulses*. Braunschweig : F. Vieweg.
- Villemin, Ch. (1893). Un nouveau spiromètre (spiromètre-compteur). *Archives de Médecine et de Pharmacie Militaires*, 21, 26-32.
- Waldenburg, L. (1875). *Die pneumatische Behandlung der Respirations- und Circulationskrankheiten im Anschluss an die Pneumatometrie, Spirometrie und Brustmessung*. Berlin: August Hirschwald.
- Weiss, J. (1863). *A catalogue of surgical instruments, apparatus, appliances, etc*. London : M.S. Rickerby.
- Wieger, F. (1852). Notice sur le spiromètre de Hutchinson. *Gazette Médicale de Strasbourg*, 156-158.
- Wintrich, M. A. (1854). Krankheitein der Respirationorgane. In R. Virchow (Ed.), *Handbuch der speciellen Pathologie und Therapie* (Vol. 1; fasc. 5, n°1, 384 p.). Erlangen : F. Enke.
- Wolf, T. H. (1973). *Alfred Binet*. Chicago: The University of Chicago Press.
- Zimmermann, E. (1928). *Psychologische und physiologische Apparate (Liste 50)*. Leipzig & Berlin.