

|                     |   |
|---------------------|---|
| <b>Zeitschrift:</b> | Bulletin der Schweizerischen Akademie der Medizinischen Wissenschaften = Bulletin de l'Académie suisse des sciences médicales = Bollettino dell' Accademia svizzera delle scienze mediche |
| <b>Herausgeber:</b> | Schweizerische Akademie der Medizinischen Wissenschaften  |
| <b>Band:</b>        | 11 (1955)   |
| <b>Heft:</b>        | 1-2   |
| <b>Artikel:</b>     | Considérations cliniques au sujet de l'organisation d'un laboratoire pour l'étude de la fonction cardio-pulmonaire  |
| <b>Autor:</b>       | Vannotti, A. / Baudraz, B. / Nicod, F.  |
| <b>DOI:</b>         | <a href="https://doi.org/10.5169/seals-307208">https://doi.org/10.5169/seals-307208</a>   |

### Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 30.01.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

Clinique médicale universitaire, Lausanne

## **Considérations cliniques au sujet de l'organisation d'un laboratoire pour l'étude de la fonction cardio-pulmonaire**

**Par A. Vannotti, B. Baudraz, F. Nicod et J.-L. Rivier**

Le cœur et les poumons représentent une unité fonctionnelle telle qu'il est souvent impossible d'établir entre eux une limite précise. En clinique, il est souvent indispensable de connaître les relations étroites qui existent entre ces deux organes et d'étudier les répercussions qui peuvent se manifester sur l'un de ces systèmes à la suite d'une lésion, d'une surcharge ou d'une intervention sur l'autre.

Il est donc nécessaire aujourd'hui de réunir dans un laboratoire commun l'équipement indispensable pour l'exploration clinique des fonctions respiratoire et cardiaque.

L'étude clinique approfondie et précise de ce que nous appellerons la fonction cardio-pulmonaire nécessite toute une série d'examens, souvent délicats, qui nous permettent d'analyser les différents éléments et mécanismes réglant la fonction ventilatoire du poumon, la répartition des gaz dans les différentes parties du poumon, les échanges alvéolo-capillaires, le transport des gaz par le sang, les phénomènes circulatoires au niveau du cœur et des vaisseaux et même l'action catalytique des ferments respiratoires cellulaires.

Aujourd'hui, ces examens sont d'autant plus importants que l'on exige tous les jours de la clinique des renseignements plus précis dans des situations toujours plus diverses et nombreuses. D'une part, on lui demande d'apprécier le degré de l'atteinte fonctionnelle respiratoire et circulatoire lors d'un emphysème, d'une silicose ou de toute autre pneumopathie. D'autre part, il incombe à la clinique d'établir un bilan fonctionnel pré-opératoire qui permettra de fixer les risques d'une intervention chirurgicale sur le poumon (exérèse pulmonaire), la nécessité d'une chirurgie cardiaque réparatrice, ou enfin le diagnostic exact d'un vice cardiaque congénital en vue d'une éventuelle intervention. C'est encore la clinique qui devra se prononcer sur les conséquences lointaines et les répercussions fonctionnelles d'une opération pulmonaire sur le système circulatoire ou vice-versa.

Enfin, l'utilisation récente d'appareils de prothèse ventilatoire dans le traitement du cœur pulmonaire chronique et dans les cas de paralysie respiratoire bulinaire d'origine poliomyélitique, toxique ou traumatique et dans le traitement du tétranos, pose des problèmes extrêmement délicats en ce qui concerne le contrôle de la circulation et des échanges respiratoires. Ce contrôle ne peut être réalisé que par l'examen exact et répété du chimisme sanguin et des pressions intrathoraciques.

L'insuffisance respiratoire manifeste se caractérise par une baisse de la saturation oxyhémoglobinée du sang artériel et, le plus souvent, par une rétention concomitante de  $\text{CO}_2$  qui peut aller jusqu'à l'acidose respiratoire. Les analyses des gaz du sang et du pH sanguin au repos suffisent à démontrer l'existence d'une telle insuffisance.

L'insuffisance circulatoire prononcée est définie par un abaissement du débit cardiaque, par une baisse relative de la saturation oxyhémoglobinée du sang veineux mêlé, par des modifications des pressions intracardiaques et intravasculaires. Au repos déjà, l'étude de ces différentes variables permet le diagnostic d'une telle insuffisance. Par contre, les examens des gaz du sang et de l'hémodynamique au repos ne suffisent plus à déceler une insuffisance latente apparaissant seulement lorsque le métabolisme s'accroît. Dans ces cas, les épreuves d'effort sont indispensables.

L'étude de la fonction pulmonaire comporte tout d'abord les tests spirographiques ; ceux-ci permettent la détermination de la capacité vitale et de ses subdivisions (volume courant, volume de réserve inspiratoire, volume de réserve expiratoire), la recherche de la ventilation maxima (appelée à tort capacité respiratoire maxima), enfin, par l'épreuve de Tiffenau (timed capacity), la mesure de la partie de la capacité vitale utilisable à l'effort.

La mesure du volume de l'air résiduel échappe à la spirographie ; elle peut se faire par des méthodes de lavage à l'oxygène ou par des procédés de mélange à l'hélium ou à l'hydrogène.

Les volumes pulmonaires et les réserves ventilatoires une fois connus, il faut analyser les échanges à la hauteur de l'alvéole. Ils se font dans deux directions : de l'alvéole au sang capillaire pour l'oxygène, du capillaire à l'alvéole pour le  $\text{CO}_2$ . Il s'agit en fait de déterminer le rendement métabolique de la ventilation, qui presuppose la connaissance des échanges gazeux tels qu'on peut les mesurer à la bouche, et les tensions partielles de l' $\text{O}_2$  et du  $\text{CO}_2$  dans le sang veineux mêlé, dans le sang artériel et dans l'alvéole.

On devra donc être en mesure de pratiquer la détermination continue de la consommation d' $\text{O}_2$  et de l'élimination du  $\text{CO}_2$ , de l'équivalent ventilatoire pour l'oxygène, soit au repos, soit à l'effort. La détermination des

tensions partielles d' $O_2$  dans le sang et dans l'air alvéolaire dépend de mesures directes. L'estimation exacte de la tension partielle du  $CO_2$  peut être réalisée par voie indirecte dans le sang par l'application de la formule de Hasselbach-Henderson dans l'air alvéolaire, en tenant compte de l'équivalence des pressions partielles de ce gaz dans le sang artériel et dans l'alvéole, comme l'a bien démontré *Rossier*.

La stabilité du milieu alvéolaire est liée au maintien d'un rapport fixe: entre la ventilation alvéolaire et la perfusion capillaire. C'est dire que deux ordres de phénomènes s'opposent constamment: la ventilation qui tend à rapprocher les tensions des gaz alvéolaires de celles de l'air atmosphérique, la circulation pulmonaire qui les en éloigne constamment par l'arrivée du sang veineux mêlé riche en  $CO_2$  et pauvre en  $O_2$ . C'est dire aussi que l'étude de la respiration comporte obligatoirement un prélèvement au niveau de l'artère pulmonaire, seul moyen d'analyser les caractères du sang veineux mêlé et de calculer le débit cardiaque.

Ce prélèvement dans l'artère pulmonaire ne peut se faire que par le cathétérisme cardiaque. Ce dernier permet, en outre, d'obtenir des renseignements précieux au sujet de la circulation au niveau du cœur et des poumons, particulièrement en ce qui concerne:

a) la pression auriculaire droite et la pression diastolique ventriculaire droite dont l'élévation, en l'absence de sténose tricuspidienne, de péri-cardite constrictive ou de vice congénital, indique une insuffisance droite;

b) la pression dans l'artère pulmonaire qui s'élève lorsque les résistances s'accroissent en aval (destruction du lit capillaire ou hypoxémie) ou quand le débit augmente très notablement;

c) la pression capillaire pulmonaire qui correspond à la pression auriculaire gauche, tout au moins quand elle est augmentée, par exemple, dans la sténose mitrale ou dans l'insuffisance ventriculaire gauche;

d) le débit cardiaque, mesuré en appliquant directement le principe de *Fick*:

$$\frac{\text{cons. } O_2/\text{min.}/\text{cm}^3}{\text{vol. } O_2 \% \text{ art. périph.} - \text{vol. } O_2 \% \text{ a.p.}}$$

e) en cas de sténose mitrale, la surface de l'orifice mitral, calculée selon la formule de *Gorlin* et *Gorlin*.

Dans le but de réaliser ces différentes investigations, aussi bien au repos que durant l'effort et pour conserver l'unité de la fonction cardio-pulmonaire, nous avons installé à la Clinique Médicale Universitaire de Lausanne un ensemble d'appareils formant un tout, dont nous allons vous décrire rapidement l'essentiel:

Le malade à examiner repose sur une table spéciale, munie d'une installation radioscopique et radiographique. A la tête, est placé un système

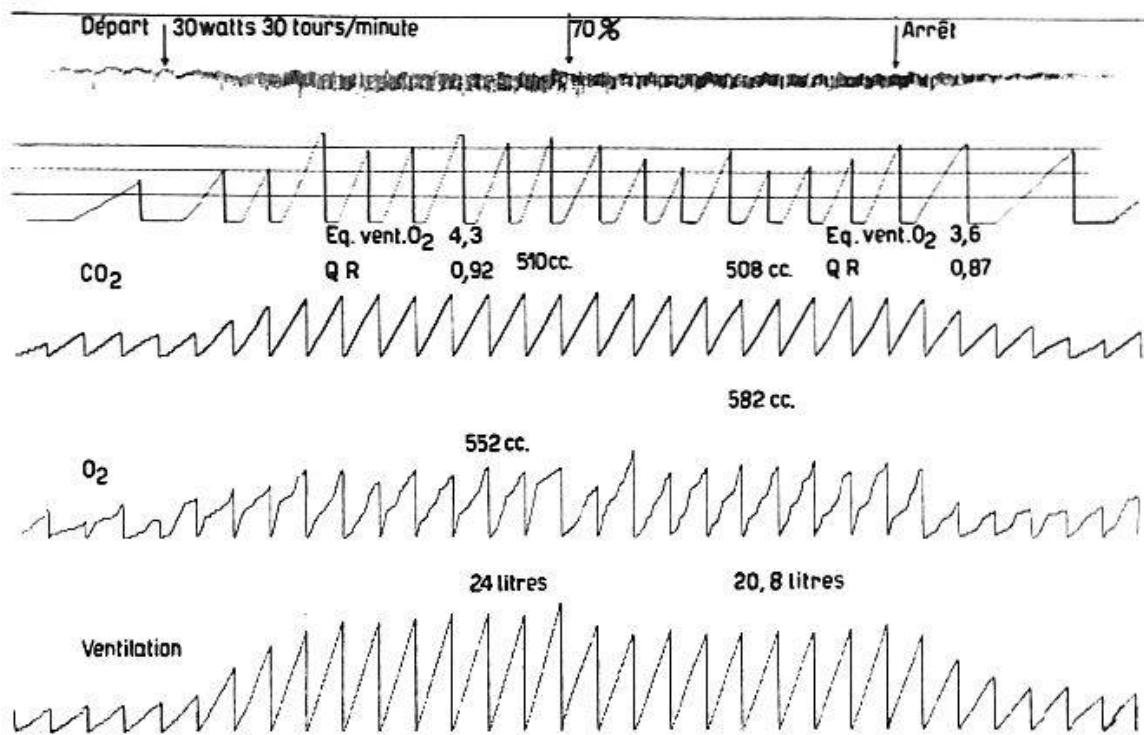


Fig. 1. Enregistrement des échanges respiratoires à l'aide du métabographe pendant un cathétérisme cardiaque comportant une épreuve d'effort (Madame M. M., 44 ans). Diagnostic: sténose mitrale. Débit cardiaque: 3,5 l/min. au repos, 4,91 l. à l'effort. Pression moyenne dans l'artère pulmonaire: 60 mm Hg au repos, 90 mm Hg à l'effort. Surface mitrale calculée: environ 1 cm<sup>2</sup>. A noter l'hyperpnée considérable à l'effort.

de contention des épaules qui permet au malade d'accomplir, couché, une épreuve d'effort, les membres supérieurs étant parfaitement libres. L'effort est réalisé par un travail des membres inférieurs à l'ergostat de *Fleisch*, modifié par son auteur sur nos indications et solidaire de la table. Cet appareil permet un travail constant, déterminable à l'avance, comme à chaque instant, avec précision et reproductible. Les pressions intracavitaires sont enregistrées à l'aide de manomètres de *Sanborn* reliés à un électrocardiographe à 4 canaux de la même maison, à enregistrement direct.

Les échantillons de sang, prélevés avec les précautions habituelles aux différents étages du cœur et des vaisseaux, sont transportés rapidement dans la chambre voisine. Les dosages se font immédiatement, en utilisant conjointement les appareils de *Van Slyke*, de *Beckman*, de *Brinkman* et un pH-mètre *Metrohm*.

Les échanges gazeux sont enregistrés directement au repos et à l'effort par le métabographe de *Fleisch* à l'aide d'un masque et d'un système de tuyaux qui relie le malade à l'appareil lui-même, situé également dans la chambre voisine (fig. 1 et 2).

La détermination du volume résiduel est effectuée en circuit ouvert en appliquant la méthode de *Baldwin*, *Cournand* et *Richards*. Les analyses

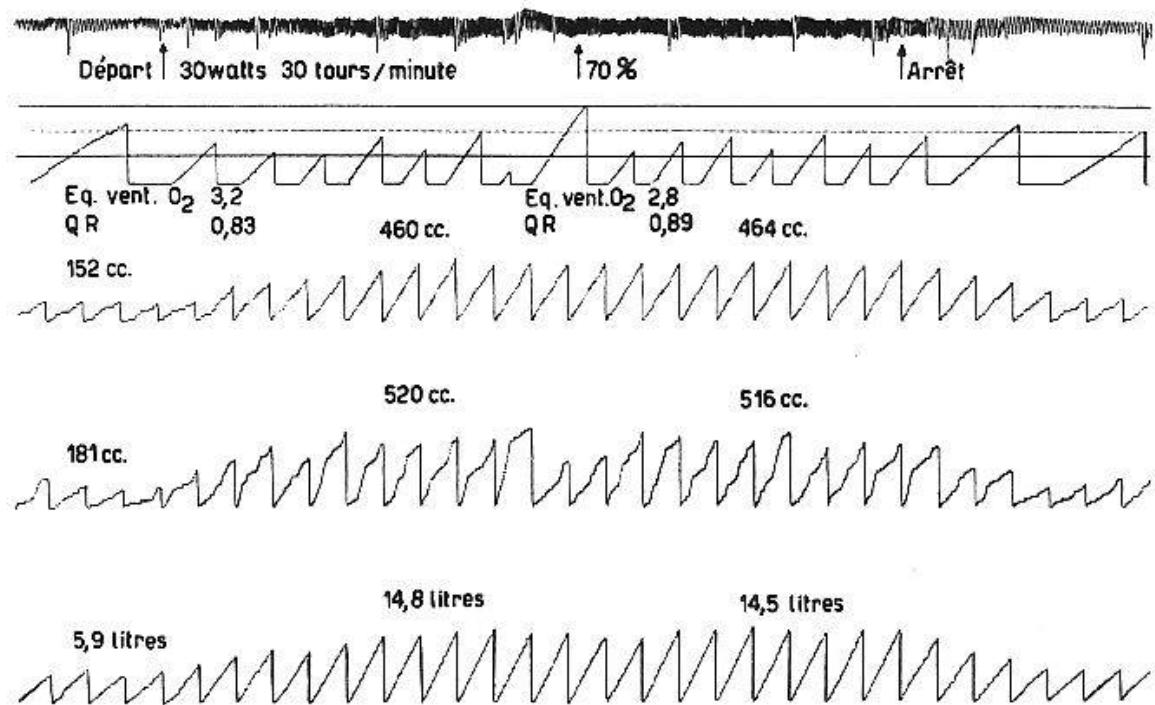


Fig. 2. Enregistrement au métabographe des échanges respiratoires pendant une épreuve d'effort à la même charge, chez la même malade qu'à la figure 1, 6 mois après commissurotomie mitrale (sténose mitrale confirmée, surface mitrale estimée par le chirurgien à  $1 \text{ cm}^2$ ). On constate une forte réduction de l'hyperpnée à l'effort, que la malade accomplit maintenant en steady state, donc un abaissement de l'équivalent ventilatoire. L'hyperpnée préopératoire et sa régression postopératoire s'expliquent par une modification du rapport ventilation alvéolaire/perfusion capillaire: avant l'opération, l'hyperpnée tend à compenser la diminution du débit cardiaque; après l'opération, le débit ventilatoire proche de la normale permet de penser que le débit cardiaque s'est élevé.

d'air se font avec l'appareil de *Haldane*. Un simple spiromètre de *Knipping* modifié et monté sur une table spécialement adaptée permet la réalisation de l'épreuve de *Tiffenau* en position debout.

Les appareils de prothèse ventilatoire sont de deux espèces:

Le respirateur corporel, du type poumon d'acier, dont les indications se sont élargies et que l'on utilise avec profit dans les cas de cœur pulmonaire chronique;

les respirateurs adaptés à la ventilation au masque ou à travers un orifice de trachéotomie tels que l'appareil *To and Fro Dameca* ou l'appareil très complet mis au point par *C. G. Engström* (Universal Respirator). (Fig. 3 et 4.)

Lors d'une lésion pulmonaire unilatérale ou avec prédominance d'un côté, on peut utiliser la broncho-spirométrie séparée qui permet de préciser pour chaque poumon: l'air courant et le débit respiratoire minute, la capacité vitale, la consommation d'oxygène (fig. 5).

Associée à l'appareil de *Fleisch*, la broncho-spirométrie séparée permet de déterminer pour chaque poumon l'équivalent et le quotient respira-

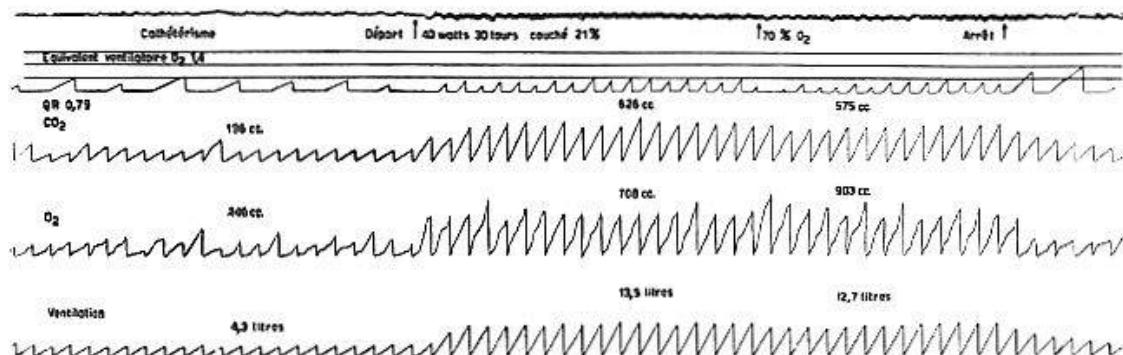


Fig. 3. Enregistrement des échanges respiratoires au métabographe pendant un cathétérisme cardiaque chez un malade de 39 ans (G. M.). Diagnostic: asthme bronchique, cœur pulmonaire chronique. Débit cardiaque au repos: 8,2 l/min., à l'effort: 11,2 l/min. Pression moyenne dans l'artère pulmonaire: au repos: 18 mm Hg, à l'effort: 25 mm Hg. Saturation oxy-hémoglobinée du sang artériel: au repos: 69%, à l'effort: 79% (sous air atmosphérique). A noter la respiration superficielle et rapide et l'équivalent ventilatoire très bas, au repos comme à l'effort.

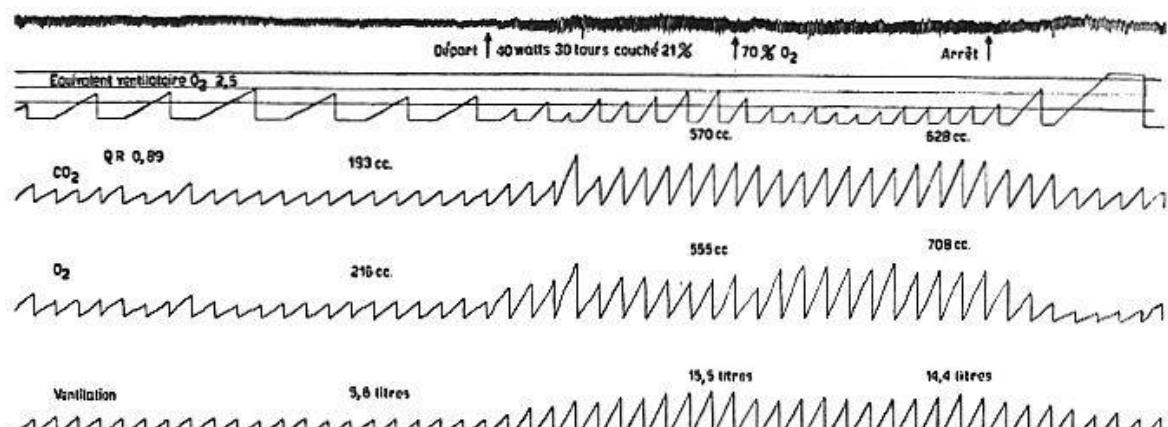


Fig. 4. Répétition de la même épreuve d'effort 9 mois plus tard après traitement anti-asthmatique classique combiné à une rééducation respiratoire au poumon d'acier. La saturation du sang artériel est maintenant de 83% au repos, de 91% à l'effort. Le spirogramme montrait une respiration plus ample et plus lente. L'équivalent ventilatoire est normal. Comme dans le cas précédent, il existait avant le traitement une modification du rapport ventilation alvéolaire/perfusion capillaire, mais cette fois avec hypoventilation et augmentation du débit cardiaque. Après traitement, l'augmentation du débit ventilatoire s'accompagne d'une meilleure saturation artérielle; l'élévation de l'équivalent ventilatoire à une valeur normale permet de penser que le débit cardiaque a diminué en même temps que la ventilation s'améliorait.

toire. Si l'on complète ces données spirographiques avec des examens du taux de l'oxygène dans le sang artériel, il est possible d'étudier les mécanismes de régulation déterminés par l'hypoxie ou l'hyperoxie uni- ou bilatérale.

La complexité des examens interdit toute conclusion précipitée, mais il est possible déjà de décrire:

a) Des cas de dissociation entre ventilation et circulation pulmonaire. Le cancer péri-hilaire, envahissant l'artère pulmonaire, sans nécessairement l'obturer, provoque un arrêt quasi total de la circulation. La

Monsieur Léon V. 28 ans 164 cm. 56,8 kg. 21 avril 1954

Calories théoriques par 24 h: 1478

Capacité vitale théorique : 2394 cc. Courmand: 4018 cc.

Volume respiratoire : 450 cc.

.. de réserve : 780 cc.

.. complémentaire: 1980 cc.

Capacité vitale : 3210 cc.

Capacité respiratoire maxima: 72,1 litres C.R.M. théorique 115 litres. Respirations minute: 42

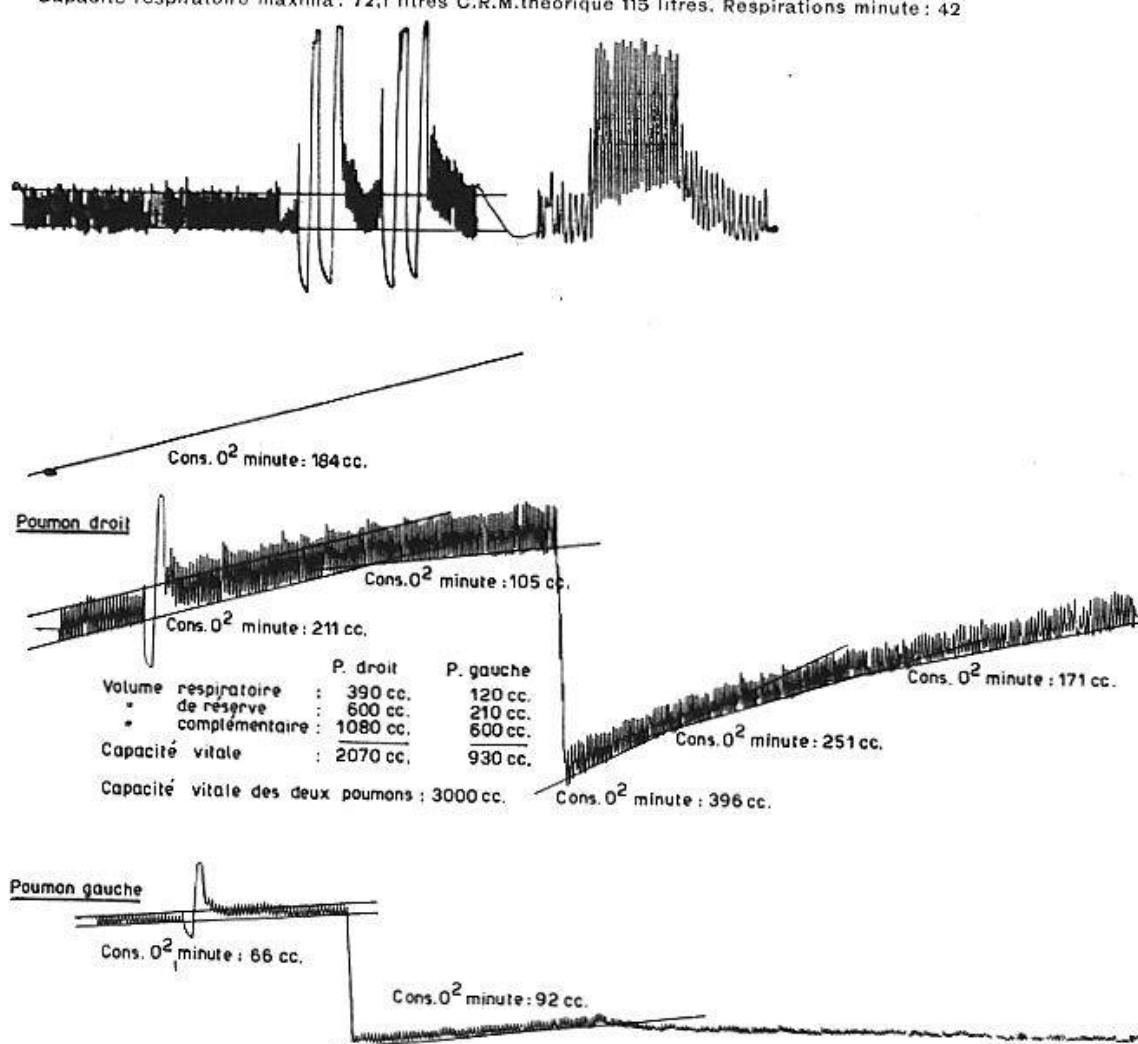


Fig. 5.

bronchosprométrie séparée met alors en évidence une ventilation conservée et une consommation d'oxygène abolie.

b) Des consommations d'oxygène fortement diminuées, bien que la ventilation soit relativement conservée. Dans de tels cas, l'hypoxie contro-latérale peut s'accompagner d'un démarrage de la consommation d'oxygène du poumon malade. Les anciens pneumothorax compliqués d'un exsudat temporaire réagissent fréquemment de cette façon.

Au contraire, l'hypoxie contro-latérale peut rester sans influence sur une consommation d'oxygène déficiente malgré la désaturation progressive du sang artériel en oxygène. Cette situation se retrouve avec assez de constance après les décortications ou les lobectomies ou mieux encore les bilobectomies.

Ces faits méritent une étude approfondie. Si les examens spirographiques habituels permettent de faire une synthèse de la fonction respiratoire actuelle, ils ne mettent pas en évidence toutes les réserves fonctionnelles qui peuvent être mobilisées. L'hypoxie d'un poumon sain déclenche, par exemple, un démarrage controlatéral de la fonction respiratoire d'un poumon anciennement collabé, recouvert d'une plèvre épaisse et de ce fait déficient. Ceci correspond à des faits cliniques assez connus des phtisiologues. Il est fréquent qu'un poumon, exclu fonctionnellement dans sa majeure partie, supplée à la perte de la fonction du poumon sain atteint ultérieurement d'une pneumonie ou d'une poussée évolutive tuberculeuse extensive. De même, l'on sait que l'induction d'un 2e pneumothorax entraîne une réduction de la fonction respiratoire proportionnellement beaucoup plus faible que lors de la création du premier pneumothorax.

La manipulation de cet ensemble d'appareils exige, enfin, la création d'une équipe très homogène de collaborateurs spécialisés dans ce genre de recherches.

#### *Résumé*

L'étude clinique approfondie de la fonction cardio-pulmonaire nécessite aujourd'hui une série d'examens, qui permettent d'analyser les différents mécanismes réglant la ventilation pulmonaire, les échanges alvéolo-capillaires et le transport des gaz par le système cardiovasculaire. En analysant rapidement les différentes méthodes d'investigation, on décrit l'organisation du laboratoire pour l'étude de la fonction cardio-pulmonaire, créé à la Clinique Médicale de l'Université de Lausanne. A l'examen circulatoire par cathétérisme cardiaque, on associe, au repos et à l'effort, l'examen des échanges gazeux par le métabographe de Fleisch. La détermination du volume résiduel est effectuée par la méthode de *Baldwin, Cournand et Richards*. Enfin, ces examens sont complétés par la bronchospirométrie séparée.

#### *Zusammenfassung*

Die gründliche klinische Prüfung der Herzlungenfunktionen verlangt heute eine Reihe von Untersuchungen zur Analyse der Vorgänge bei der Lungenventilation, beim Gasaustausch zwischen Alveolen und Blutkapillaren und beim Gastransport im Blutkreislauf. Die verschiedenen Untersuchungsmethoden werden kurz dargelegt und die Organisation der in der medizinischen Universitätsklinik von Lausanne neu gegründeten Lungenfunktionsprüfungslaboratorien beschrieben.

Zur Kreislaufuntersuchung durch Herzkatheterisierung gesellt sich die Prüfung des Gaswechsels bei Ruhe und im Arbeitsversuch mit dem

Metabographen von Fleisch. Schließlich werden diese Prüfungen noch durch die getrennte Bronchospirometrie und durch die Residualluftbestimmung nach *Baldwin, Cournand* und *Richards* ergänzt.

### *Riassunto*

Lo studio clinico approfondito della funzione cardiopolmonare necessita oggi una serie di esami che permettono di analizzare i meccanismi che regolano la ventilazione polmonare, gli scambi alveolo-capillari e il trasporto dei gas attraverso il sistema cardiovascolare. Si passano in rassegna rapidamente i differenti metodi di ricerca e si descrive l'organizzazione del laboratorio per lo studio della funzione cardiopolmonare creato alla Clinica medica dell'Università di Losanna. All'esame circolatorio mediante cateterismo cardiaco si associa, a riposo e dopo sforzo, l'esame degli scambi gassosi con il metabografo di Fleisch. La determinazione del volume residuale è effettuata con il metodo di *Baldwin, Cournand* e *Richards*. Questi esami sono infine completati dalla bronchospirometria separata.

### *Summary*

The complete clinical study of the cardio-pulmonary functions requires a series of examinations to permit analysis of the different mechanisms regulating pulmonary ventilation, alveolo-capillary exchanges and the transport of gases by the cardio-vascular system. In a rapid analysis of the different methods of investigation, the laboratory arrangement for studying the cardio-pulmonary function set up by the medical clinic of the University of Lausanne is described. In circulatory examinations by means of cardiac catheterism, the gaseous exchange in rest and work is studied with the metabograph of Fleisch. The determination of residual volume is made by the method of *Baldwin, Cournand* and *Richards*. Finally the examinations are completed by separate broncho-spirometry.