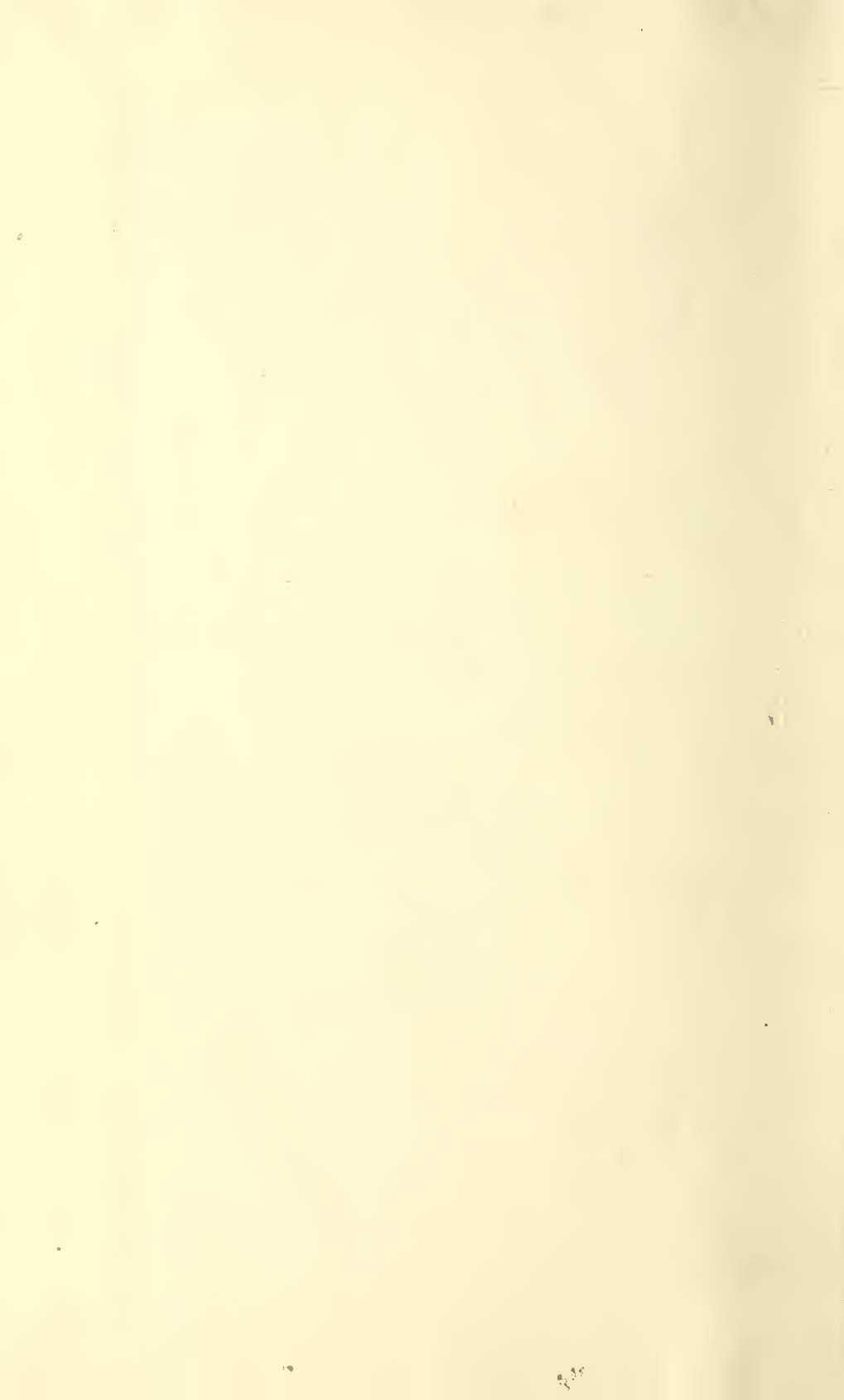
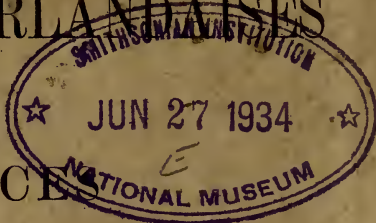


Q
57
H23X
NH



Slip
ARCHIVES NÉERLANDAISES

DES



SCIENCES

EXACTES ET NATURELLES

PUBLIÉES PAR

LA SOCIÉTÉ HOLLANDAISE DES SCIENCES À HARLEM,

ET RÉDIGÉES PAR

E. H. VON BAUMHAUER

Secrétaire de la Société,

AVEC LA COLLABORATION DE

MM. D. Bierens de Haan, C. A. J. A. Oudemans, W. Koster,
C. H. D. Buijs Ballot et C. K. Hoffmann.

HARLEM
LES HÉRITIERS LOOSJES.

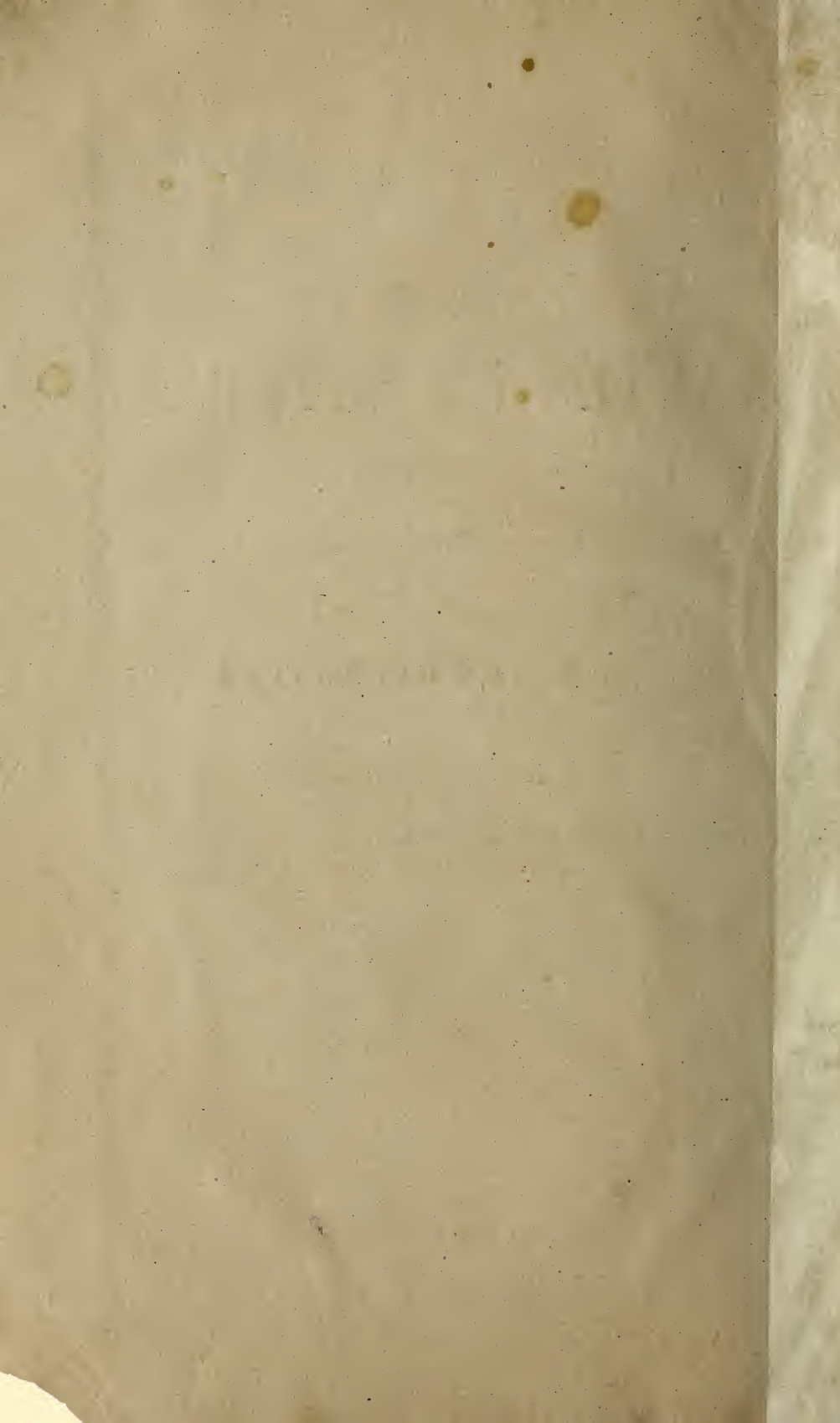
1882.

PARIS

GAUTHIER-VILLARS.

LEIPSIG

G. E. SCHULZE.



ARCHIVES NÉERLANDAISES

DES

Sciences exactes et naturelles.

SUR LA

VALEUR DE LA PRESSION NÉGATIVE INTRATHORACIQUE PENDANT LA RESPIRATION NORMALE,

PAR

A. HEYNSIUS.

C'est un des grands mérites de M. Donders d'avoir le premier mis nettement en lumière l'importance de l'élasticité du tissu pulmonaire pour le mouvement veineux du sang ¹⁾.

Après avoir fixé un manomètre dans la trachée d'un cadavre, il ouvrit le thorax. Le manomètre indique alors une pression positive, et M. Donders en conclut que la hauteur à laquelle le manomètre s'élève dans ces conditions donne la mesure de la pression négative dans le thorax, ou de l'aspiration du thorax, pendant la période d'expiration. En effet, lorsque toute action musculaire est exclue, la pression sur la face pleurale des poumons et sur les organes qui, en dehors des poumons, sont situés dans le thorax, doit être la pression atmosphérique dimi-

¹⁾ *Bydrage tot het mechanisme van ademhaling en bloedsomloop*, dans *Ned. Lancet*, 2^e série, 5^e année, 1849—50. La traduction allemande n'a paru qu'en 1853, dans le *Zeitschrift für rationelle Medicin*, t. III, p. 287.

nuée de l'élasticité des poumons, et cette élasticité est déterminée par la hauteur à laquelle monte le manomètre quand on ouvre le thorax.

M. Donders trouva pour cette pression manométrique chez l'homme 30 à 70 mm. d'eau, mais, dans les onze cadavres sur lesquels il expérimenta, les poumons présentaient toujours quelque affection pathologique (adhésions, etc.), de sorte qu'il supposa que, dans les poumons sains, la valeur de la pression manométrique surpasserait encore le maximum trouvé par lui. „Provisoirement”, ainsi conclut-il, „je crois donc pouvoir fixer la force élastique des poumons sains, après une expiration ordinaire, à environ 80 mm. d'eau”.

Cette valeur croît considérablement aussitôt que les poumons sont dilatés par l'inspiration et que les fibres élastiques acquièrent ainsi une tension plus forte. Pour le prouver, M. Donders fixa à la trachée d'un cadavre une pièce en T, dont l'un des bras était relié à un manomètre, l'autre à une seringue double de Weiss. A mesure qu'il introduisait de l'air au moyen de la seringue, le manomètre montait, et lorsque les poumons étaient fortement distendus, la différence de niveau du manomètre pouvait s'élever chez l'homme jusqu'à 18 mm. de mercure, équivalant à 240 mm. d'eau, et, chez le lapin, même jusqu'à 21 mm. de mercure.

Conformément aux idées alors régnantes, M. Donders croyait que la force avec laquelle les poumons tâchent d'expulser l'air devait, à raison de la tonicité, être encore plus grande durant la vie qu'après la mort. „A l'élasticité des poumons, due à une propriété physique des fibres élastiques, s'ajoute alors”, écrivait M. Donders, „la tonicité, qui dépend de l'état de tension des fibres contractiles (tissu musculaire organique) sous l'influence du système nerveux”.

Peut-on mesurer la tonicité, de même qu'on mesure l'élasticité? Directement chez l'homme, cela n'était pas possible. M. Donders expérimenta donc sur des lapins, des chats et des moutons. Chez l'animal vivant, le manomètre fut fixé dans la trachée, de sorte que l'air ne pouvait plus ni entrer, ni sortir. Sous la

menace d'asphyxie, les efforts respiratoires devenaient d'abord de plus en plus énergiques, et, au moment de l'effort le plus violent, M. Donders constatait une pression négative de 40 à 60 mm. de mercure, quelquefois encore plus forte. Bientôt, la respiration s'arrêtait. A ce moment, le mercure occupait en général le même niveau aux deux côtés. Si alors le thorax était immédiatement ouvert, le manomètre indiquait une pression positive de 5—9 mm. de mercure, — plus haute chez le mouton que chez le lapin. Mais, une demi-heure était à peine écoulée, que le mercure avait baissé d'environ $\frac{1}{4}$.

M. Donders attribua cet abaissement de $\frac{1}{4}$ à la disparition de la tonicité, et le phénomène que les poumons, après l'ouverture du thorax, chez l'animal vivant, se réduisent à un volume plus petit, fut également mis par lui sur le compte du tonus. Mais il n'entendait pas qu'une trop grande valeur fût attachée à ce chiffre de $\frac{1}{4}$, les résultats des expériences faites de différentes manières (après asphyxie, après hémorrhagie, après section de la moelle allongée) ayant offert des divergences assez fortes.

D'après ces expériences, M. Donders estima la valeur de la force d'aspiration du thorax, dans la respiration paisible, à $7\frac{1}{2}$ mm. *Hg* pour l'expiration, et à 9 mm. pour l'inspiration. „En ajoutant”, dit-il (*l. c.*, p. 342), „aux 80 mm. d'eau que nous avons admis pour la force élastique des poumons humains, un quart, c'est-à-dire 20 mm., pour la tonicité, nous obtenons 100 mm. d'eau, ou près de $7\frac{1}{2}$ mm. de mercure, pour la résistance des poumons vivants après l'accomplissement d'une expiration ordinaire. Lors d'une inspiration ordinaire, cette résistance croîtra bien jusqu'à 9 mm., et elle atteint indubitablement au moins 30 mm. *Hg* dans une inspiration aussi profonde que possible”.

Depuis les recherches de M. Donders, il s'est écoulé plus de trente ans, circonstance qui ne doit pas être perdue de vue quand on veut apprécier ses expériences. Jugées d'après les exigences du temps présent, ses déterminations quantitatives laissent à désirer, et ce défaut frappe d'autant plus, lorsqu'on

examine la question en détail, qu'insensiblement on en est arrivé à attacher à ces déterminations, sous le rapport *quantitatif*, plus de valeur que M. Donders lui-même ne leur en avait reconnue. A lire les divers Cours de physiologie, on croirait que les chiffres de $7\frac{1}{2}$ mm. *Hg* pour l'expiration et de 9 mm. *Hg* pour l'inspiration reposassent réellement sur des déterminations satisfaisantes, et que la différence de $1\frac{1}{2}$ mm. *Hg* entre l'inspiration et l'expiration ordinaires, paisibles, fût établie d'une manière suffisamment certaine.

Or, il ressort de ce qui précède, qu'il n'en est pas ainsi. Pour ne rien dire de la tonicité des fibres musculaires organiques, qui, comme l'a montré entre autres M. Gerlach, n'exerce aucune influence sensible sur le volume des poumons, le Mémoire de M. Donders ne renferme aucune détermination sur laquelle repose le chiffre de 9 mm. pour l'inspiration ordinaire. M. Donders insufflait les poumons avec une seringue double de Weiss, qui à chaque soulèvement et abaissement du piston déplaçait exactement 100 c.c. d'air. Probablement, le chiffre de 9 mm. a été obtenu par M. Donders après qu'il eut insufflé une quantité d'air correspondant, au juger, à la capacité respiratoire ordinaire. Mais, à cet égard, le Mémoire ne nous apprend rien.

En ce qui concerne le volume d'air déplacé dans la respiration ordinaire, paisible, les opinions, en 1850, divergeaient beaucoup. Nulle part, chez M. Donders, on ne trouve une indication de la valeur qu'il a adoptée pour ce volume et on ne peut donc pas même conjecturer combien d'air environ avait été insufflé dans les poumons lorsque le nombre moyen de 9 mm. *Hg* était obtenu pour leur élasticité.

Si je ne me trompe, l'incertitude qui régnait en 1850 au sujet de la capacité respiratoire normale est la première cause pour laquelle le Mémoire de M. Donders ne contient pas de chiffres dont on puisse déduire la valeur de la pression négative durant l'inspiration; mais, en second lieu, les déterminations de l'élasticité des poumons à différents degrés d'expansion doivent avoir fourni à M. Donders, vu la méthode suivie par lui —

insufflation d'air dans la trachée — des résultats assez variables, et pour cette raison aussi il n'aura pas attaché une grande valeur aux chiffres qu'il donnait pour la force d'aspiration dans l'inspiration et l'expiration normales. Lui-même ne les regardait pas comme suffisants : „*provisoirement*, toutefois, il crut pouvoir en déduire que, dans une inspiration ordinaire, l'élasticité croît bien jusqu'à 9 mm., donc de $1\frac{1}{2}$ mm. Hg”.

Pour le principe que M. Donders voulait mettre en lumière, la détermination précise de la différence d'élasticité dans l'inspiration et l'expiration ordinaires n'était pas une condition de rigueur ; aussi, quant aux points essentiels, les conséquences que M. Donders tira de ses expériences sont-elles encore vraies aujourd'hui. Il conclut justement : 1° que dans la respiration ordinaire et paisible, où l'expiration se fait passivement, sans action musculaire, en vertu de l'élasticité des poumons, la face pleurale des poumons et tous les organes situés en dehors d'eux, dans le thorax, se trouvent sous une pression moindre que celle de l'atmosphère, la différence étant précisément égale à l'élasticité des poumons ; 2° que par suite, dans la respiration paisible, le sang est incessamment aspiré vers le thorax, et que cette aspiration profite surtout à la circulation veineuse ; 3° que l'élasticité des poumons augmente lors de l'inspiration, et que par conséquent la force de l'aspiration des poumons est plus grande pendant l'inspiration que pendant l'expiration.

Mais dès qu'il s'agit d'appliquer l'influence de cette force d'aspiration *in concreto*, à des phénomènes particuliers, le besoin de déterminations plus exactes, surtout en ce qui concerne la *différence* de pression durant l'inspiration et l'expiration, se fait sentir. C'est ce que j'ai pu reconnaître, mieux que précédemment, à l'occasion des recherches exécutées par M. de Jager, au Laboratoire physiologique de Leyde, sur le mouvement du sang dans les poumons. La vitesse du courant sanguin dans l'état d'expansion des poumons, lorsque cet état avait été amené par une diminution de pression sur leur face pleurale, donc par aspiration, fut trouvée plus grande que dans l'état d'affaissement.

Mais la valeur de l'aspiration par laquelle on produisait l'expansion pulmonaire était, dans les expériences de M. de Jager, ordinairement plus grande que $1\frac{1}{2}$ mm. Les résultats observés en dehors de l'organisme vivant, à cette pression négative plus forte, peuvent-ils être appliqués aux phénomènes qui se manifestent durant la vie? La connaissance exacte des rapports quantitatifs à l'état de vie est, on le voit, indispensable pour la solution de cette question.

A l'origine, j'avais cru qu'il serait assez facile de parvenir au but: les recherches de M. Donders paraissaient avoir simplement besoin d'être complétées, en ce sens, qu'on exécuterait les déterminations nécessaires de l'élasticité des poumons à différents degrés d'expansion. De ces déterminations, combinées avec la capacité respiratoire normale, il semblait que la différence de pression dans l'inspiration et l'expiration normales se laisserait déduire immédiatement. Quant à la capacité respiratoire normale, on est assez bien tombé d'accord, depuis la publication du travail de M. Donders, qu'elle s'élève à environ 500 c.c. pour un homme de taille moyenne, et il a aussi été reconnu, comme nous l'avons déjà dit, que la tonicité n'a pas d'influence appréciable sur le volume d'air qui est contenu dans les poumons.

Il ne s'agissait donc, semblait-il, que de prendre un cadavre humain à poumons sains, et d'unir hermétiquement la trachée à une pièce en T, dans l'un des bras de laquelle serait fixé un manomètre. En fermant alors le second bras de cette pièce en T, et ouvrant le thorax, le niveau du manomètre indiquerait la force élastique du thorax pendant l'expiration; tandis que le niveau du manomètre après insufflation, par le second bras de la pièce en T, du volume normal d'air respiratoire (500 c.c.) ferait connaître cette force au moment de l'inspiration. Mais il suffit d'exécuter l'expérience une seule fois pour se convaincre que les résultats obtenus sont sans valeur. L'élasticité des poumons morts est très inconstante. Des quantités d'air égales, insufflées dans les poumons, conduisent chaque fois à des chiffres

différents et même très discordants entre eux. A cela, d'ailleurs, il n'y a rien d'étonnant. Bien que l'élasticité des poumons dépende essentiellement de la quantité de tissu élastique qu'ils contiennent, les autres éléments histologiques (tissu musculaire organique, tissu connectif, vaisseaux sanguins, etc.) exercent pourtant aussi une certaine influence. Les poumons morts s'affaissent beaucoup moins que les poumons vivants, et leur élasticité est beaucoup moins parfaite. Lorsque la force expansive a cessé d'agir, les tissus constitutifs des poumons morts ne reviennent plus à leur forme (longueur) primitive. Après chaque insufflation on a affaire, pour ainsi dire, à d'autres poumons, et il n'y a donc pas lieu d'être surpris que les chiffres trouvés pour la force élastique des poumons, aux mêmes degrés d'expansion, ne présentent aucun accord.

Il faut donc expérimenter sur les poumons ou bien pendant la vie, ou bien immédiatement après la mort, et, pour cette raison, la détermination de l'élasticité des poumons de l'homme n'est pas possible, ou ne l'est qu'exceptionnellement. M. Hutchinson a communiqué deux expériences dans lesquelles l'élasticité de poumons humains *sains* a été déterminée par lui, à différents degrés d'expansion ¹⁾. Immédiatement après la mort des sujets, alors que la température du corps était encore de 97°,5 et 98°,5 Fahrenheit, il introduisit un manomètre dans la trachée et détermina, tout comme M. Donders, l'élasticité des poumons telle qu'elle est à l'ouverture du thorax, et après insufflation de différentes quantités d'air. L'une des deux expériences eut lieu sur les poumons d'une femme de 28 ans, mesurant 1,75 m. de hauteur. Malheureusement, dans cette expérience, le manomètre n'avait pas été bien fixé dans la trachée, de sorte qu'un peu d'air s'échappa au moment de l'ouverture du thorax. La détermination de l'élasticité avant

¹⁾ Todd, *Encyclopaedia of anat. and physiol.*, Art. *Thorax*, p. 4059, 1849—1852. Les déterminations de M. Hutchinson sont exprimées en mesures et poids anglais. Je les ai ramenées au système métrique.

l'insufflation d'air (14,7 mm. d'eau = 1 mm. *Hg* environ) n'a donc pas de valeur dans cette expérience. Après insufflation de 1640 c.c. d'air, la force élastique s'éleva à 137,5 mm. d'eau ou 10 mm. de mercure; après une nouvelle insufflation de 1640 c.c., à 254 mm. d'eau ou 18,8 mm. de mercure; enfin, après qu'on eut introduit encore 1476 c.c. d'air, elle fut trouvée égale à 508 mm. d'eau ou 37,6 mm. de mercure. La seconde expérience porta sur les poumons d'un homme de 29 ans, ayant une taille de 1,76 m. et un poids de 56 kilogrammes. De cette expérience de M. Hutchinson nous pourrions déduire toutes les relations quantitatives désirées, s'il avait procédé d'une manière plus systématique dans l'insufflation de l'air. L'élasticité des poumons, avant toute insufflation d'air, au degré d'expansion qu'ils possédaient dans le cadavre, équivalait ici à 61 mm. d'eau ou 4,5 mm. de mercure, tandis qu'après insufflation successive de 1476, 328 et 2870 c.c. d'air, on trouva respectivement 182, 207 et 431 mm. d'eau, ou 13,4, 15,3 et 31,9 mm. de mercure, pour la force élastique.

M. Hutchinson croyait qu'au moment de la mort *l'air dit de réserve* (l'air qui, après l'expiration ordinaire, passive, peut encore être expiré par l'action musculaire) était expulsé des poumons, où il ne resterait ainsi, chez le cadavre, que *l'air résiduel*; en conséquence, il commença par insuffler 1476 c.c. d'air, ce qui devait, selon lui, dilater les poumons jusqu'au volume qu'ils avaient possédé à la fin de l'expiration normale. C'est là une erreur, dans laquelle M. Hutchinson ne serait pas tombé s'il avait connu le Mémoire de M. Donders. Dans les circonstances habituelles, „l'air de réserve” existe encore dans les poumons du cadavre ¹⁾, et M. Hutchinson concluait donc à tort de ses expériences que l'élasticité des poumons humains, lors de

¹⁾ Je néglige ici les écarts que la quantité de cet „air de réserve” peut présenter chez le cadavre, par suite du changement qu'éprouvent les rapports entre les viscères abdominaux et le diaphragme, lorsque l'homme passe de la position verticale à la position horizontale, ou lorsque les animaux se couchent sur le dos.

l'expiration, aurait une valeur de 182 mm. d'eau, ou 13,4 mm. de mercure. Des résultats communiqués par lui pour le cadavre d'homme, il suit, comme nous l'avons vu, que la valeur de cette élasticité n'était, dans son expérience, que de 61 mm. d'eau, ou 4,5 mm. de mercure.

Si désirable qu'il eût été que M. Hutchinson, pour l'insufflation de l'air, opérât plus systématiquement, les chiffres donnés permettent pourtant de calculer, avec beaucoup de probabilité, la valeur qu'il aurait trouvée, par la méthode suivie, pour l'élasticité de ces poumons humains, s'il avait insufflé le volume d'air normal de la respiration, à savoir, 500 c.c. L'accroissement de l'élasticité, de 61 mm. d'eau jusqu'à 182 mm. après l'insufflation de 1476 c.c. d'air, et de 182 mm. jusqu'à 207 mm. après une nouvelle insufflation de 328 c.c., est si régulier, que nous ne pouvons commettre une erreur bien grande en nous en servant pour calculer l'augmentation de force élastique qu'aurait produite l'insufflation de 500 c.c. d'air. Ce calcul montre que l'augmentation en question, pour 500 c.c., aurait été de près de 41 mm. d'eau ou 3 mm. de mercure, c'est-à-dire le double de ce qu'avait admis M. Donders. Si la remarque n'en a pas été faite plus tôt, cela tient probablement à la marche peu systématique suivie par M. Hutchinson pour l'insufflation de l'air et surtout à ce que ses résultats étaient donnés en mesures anglaises.

Quei que fût mon désir de faire l'expérience sur l'homme (avec des poumons sains, donc en cas de mort subite) immédiatement après le décès, je pouvais à peine espérer en trouver jamais l'occasion. J'ai donc dû me borner à l'étude des rapports quantitatifs chez les animaux, afin d'en conclure, par analogie, aux rapports quantitatifs chez l'homme. Il va sans dire que dans cette application il faut tenir compte, ici comme partout ailleurs, des différences caractéristiques qui peuvent exister, en ce qui concerne la respiration, tant entre les différentes espèces d'animaux, qu'entre elles et l'homme.

La voie la plus courte et la plus directe pour parvenir au but serait, naturellement, de déterminer la valeur de la

pression négative dans l'inspiration et l'expiration ordinaires, sur l'animal vivant, en faisant communiquer un manomètre avec la cavité pleurale; mais cette méthode directe a le grand inconvénient qu'on a peu de chances d'apprendre, de cette manière, les rapports dans la respiration *normale*, *paisible*, vu que l'ouverture du thorax et l'introduction d'une canule apportent dans les phénomènes respiratoires un trouble profond. Il n'est donc pas étonnant qu'on ait employé un détour pour arriver à la connaissance de la valeur de la pression négative dans la cavité thoracique de l'animal vivant.

MM. Adamkiewicz et Jacobson ¹⁾ ont à cet effet introduit une canule, fermant hermétiquement, dans le péricarde, et déterminé la pression négative dans cette cavité chez des moutons, des chiens et des lapins. Un trocart, dont le stylet avait une pointe courte et mousse, était enfoncé dans le péricarde à travers le quatrième espace intercostal. A ce trocart était fixé un tube latéral, muni d'un robinet et relié au manomètre. Le stylet fermant hermétiquement est retiré jusqu'au niveau de ce tube latéral. Il en résulte naturellement un espace vide d'air, et MM. Adamkiewicz et Jacobson pensent que cette aspiration, qui correspondait à une pression d'environ 1,5 mm. de mercure, doit être soustraite des chiffres trouvés par eux pour la pression négative. Ils obtiennent ainsi, chez ces animaux, une pression négative de 3 à 5 mm. de mercure, chiffres qu'ils n'ont pas vu dépasser durant la respiration paisible.

MM. Heger et Spehl ²⁾ donnent aussi trois déterminations de la *différence* de pression qu'ils ont trouvée, pendant l'inspiration et l'expiration, dans le péricarde du lapin, au moyen de leur „fistule péricardique”. Ils se proposaient de déterminer la quantité de sang dans les poumons au moment de l'inspiration et de l'expiration, et à cet effet ils introduisaient dans le péricarde un petit tube en U, sur lequel les vaisseaux afférents et efférents

¹⁾ *Centralblatt f. d. Med. Wissensch.*, 1873, p. 483.

²⁾ *Recherches sur la fistule péricardique chez le lapin* (*Arch. de biol.*, t. II, p. 153, 1881).

du cœur pouvaient être liés instantanément. A l'un des bras de ce tube en U était adapté un manomètre, et, après que le tube avait été fixé hermétiquement dans le péricarde, on reliait l'autre bras à un aspirateur, à l'aide duquel on produisait une raréfaction d'air de 4 à 10 mm. de mercure. Dans trois expériences faites de cette façon, les auteurs observèrent dans le péricarde une *différence* de pression de 5, 2 et 4 mm., donc en moyenne de 3,6 mm. *Hg*, pendant l'inspiration et l'expiration.

Suivant M. Luciani et M. Rosenthal ¹⁾, il y a un moyen bien plus simple et plus facile d'étudier les oscillations de la pression négative dans la cavité thoracique. Il suffit, pour cela, d'introduire une sonde dans l'œsophage. La sonde étant reliée à un manomètre, on voit celui-ci baisser à chaque inspiration et monter à chaque expiration, conformément au changement de la pression intrathoracique lors de l'augmentation et de la diminution de volume des poumons. En employant, au lieu du manomètre, le cardiographe de Marey, on a, suivant M. Rosenthal, — je n'ai pu consulter le Mémoire de M. Luciani — une des meilleures méthodes pour enregistrer les périodes et l'intensité des mouvements respiratoires, les oscillations constituant une mesure directe du degré de dilatation ou de contraction que le thorax éprouve. Mais, suivant M. Rosenthal, la *valeur absolue* de la pression négative pourrait également être déterminée de cette manière, si l'on munit la sonde d'un robinet et qu'on l'introduise, ainsi fermée, dans l'œsophage, comme MM. Adamkiewicz et Jacobson introduisaient leur trocart dans le péricarde ²⁾. Le robinet n'étant alors ouvert qu'après que l'extrémité ouverte de la sonde a pénétré dans la partie de l'œsophage contenue dans le médiastin, le manomètre indique, selon M. Rosenthal, la *vraie valeur absolue* de la pression négative

¹⁾ Voir l'article „*Athembewegungen*” dans: Hermann, *Handbuch der Physiologie*, t. IV, 2^e part, p. 226, et *Archiv f. Physiologie von Du Bois-Reymond*, 1880, *Supplementband*, p. 34.

²⁾ *Ueber den intrathoracalen Druck*, dans: *Archiv f. Physiol. von Du Bois-Reymond*, 1882, p. 152.

dans le thorax. Aussi M. Rosenthal trouve-t-il ainsi les mêmes chiffres que MM. Adamkiewicz et Jacobson. Chez les lapins, il obtient tout au plus une valeur de 40 mm. d'eau = 3 mm *Hg* pour la pression négative. Les chiens et les chats lui donnent à peu près les mêmes chiffres; pourtant, d'après lui, la pression négative est „chez les chiens, parfois un peu plus grande, allant jusqu'à 50 mm. d'eau, et les mouvements respiratoires sont chez eux plus étendus que chez les lapins". Il a aussi fait, en collaboration avec M. Leube, des déterminations analogues sur l'homme, déterminations dont les résultats sont communiqués par lui dans les termes suivants: „La pression négative s'élevait à 40—60 mm. d'eau, c'est-à-dire à une valeur peu plus élevée que chez le lapin; les mouvements respiratoires ordinaires ne produisent que des oscillations de quelques millimètres. Mais lorsqu'on fait respirer profondément, la pression monte à — 100 jusqu'à — 120 mm".

Tant MM. Adamkiewicz et Jacobson que M. Rosenthal partent, comme le prouve leur conclusion, de l'hypothèse que dans le péricarde et dans la partie thoracique de l'œsophage règne la même pression que dans la cavité pleurale. En admettant pour un instant la vérité de cette hypothèse, nous avons donc à rechercher quel changement s'opère lorsqu'on introduit dans ces parties un manomètre contenant un certain nombre de c.c. d'air à la pression atmosphérique ordinaire. Aussitôt que la communication avec la cavité péricardique, ou avec l'œsophage, sera établie, cet air se dilatera de manière que sa tension devienne égale à la pression dans le péricarde, ou dans l'œsophage. Jusqu'à quel point il en résultera un changement dans les rapports, cela dépendra du changement de capacité du bras de communication du manomètre et de l'agrandissement de volume de l'air qui y est contenu. La capacité du bras fermé du manomètre, jusqu'au péricarde, est *agrandie* par le retrait du stylet dans le trocart, *rapetissée* par l'ascension de la colonne liquide dans le bras fermé, ensuite de la diminution de pression. Lorsque ces deux changements de capacité

se balancent exactement, la condition normale du cœur et du péricarde n'est pas modifiée, et la tension du péricarde (par conséquent aussi la résistance qu'il oppose à la pression atmosphérique) conserve sa valeur ordinaire. Lorsque l'air contenu dans le tube de communication se dilate, une certaine quantité de cet air pénètre dans le péricarde, qui par suite se gonfle, diminuant d'autant l'espace qui reste dans le thorax pour les poumons. L'expansion de ceux-ci sera alors réduite de tout l'espace occupé en plus par le péricarde. Si la tension du péricarde, dans ces circonstances, s'écarte peu de l'état normal, la pression dans la cavité péricardique changera peu, parce que la résistance du péricarde (son coefficient d'élasticité) ne subit aussi qu'un faible changement. Si la quantité d'air qui du tube de communication du manomètre passe dans le péricarde est grande, il pourra en résulter une augmentation notable de la tension du péricarde, et par suite aussi un changement de la pression dans la cavité péricardique ¹⁾.

Comme, dans les expériences de MM. Adamkiewicz et Jacobson, il n'aura probablement pas pénétré beaucoup d'air dans la cavité péricardique, je suis porté à croire que la pression qu'ils y ont rencontrée ne différerait pas sensiblement de celle qui y règne normalement.

Or, la résistance du péricarde, et par conséquent aussi la différence de pression des cavités péricardique et pleurale, est

¹⁾ C'est ce que prouvent les expériences de MM. Heger et Spehl. Ils ouvraient le péricarde, de manière que l'air y avait un libre accès, et néanmoins les poumons ne s'affaissaient pas: „Malgré l'ouverture du médiastin”, disent-ils (*l. c.*), „la respiration s'effectue régulièrement et le jeu du diaphragme provoque une expansion pulmonaire qui permet de conserver l'animal vivant pendant des heures. Parfois il arrive cependant que, dans les premières minutes qui suivent l'incision sternale, la respiration est anxieuse, saccadée, entrecoupée de spasmes tétaniques, qui font craindre l'asphyxie; si la plèvre est intacte, cette gêne ne sera que momentanée et après quelques convulsions le calme se rétablira et toute menace d'asphyxie disparaît”. Dans ces conditions, le péricarde est donc dilaté, et par suite tendu, dans une mesure telle qu'il résiste à la pression atmosphérique.

certainement faible. Pour cette raison, j'admets volontiers que les chiffres trouvés par MM. Adamkiewicz et Jacobson, pour la pression négative dans la cavité péricardique, s'accorderont assez bien avec ceux de la cavité pleurale. Mais la dépression de 1,5 mm. *Hg*, que détermina le retirement du stylet, ne doit pas être soustraite des chiffres trouvés, ainsi que l'ont fait MM. Adamkiewicz et Jacobson; à la valeur donnée par eux il faut donc ajouter 1,5 mm. *Hg* pour obtenir la vraie pression négative dans le péricarde.

J'ai beaucoup plus d'objections contre l'application de cette hypothèse à l'œsophage. Bien entendu, je ne conteste nullement que le médiastin postérieur et l'œsophage qu'il entoure n'éprouvent aussi l'influence de la pression négative qui règne dans la cavité pleurale; mais, que la pression négative dans la partie thoracique de l'œsophage soit *égale* à celle de la cavité pleurale, voilà ce qui est improbable à priori. La résistance de la paroi œsophagienne et du médiastin devrait alors être nulle. Dès qu'elle possède une certaine valeur, l'air contenu dans l'œsophage clos doit se trouver sous une pression plus élevée que celle de la cavité pleurale, la différence étant précisément égale à cette résistance. Tout ce qui a été dit ci-dessus, à propos des recherches de MM. Adamkiewicz et Jacobson, du péricarde et de sa cavité, s'applique aussi, *mutatis mutandis*, au cas actuel. Mais la résistance de la paroi œsophagienne, avec son entourage de tissu connectif et sa tunique musculuse, est indubitablement beaucoup plus grande et augmente dans une mesure notable dès que la paroi musculuse est tendue. Si l'on introduit la sonde ouverte dans l'œsophage et que par conséquent l'air atmosphérique y pénètre librement, la paroi œsophagienne sera vite dilatée de manière à supporter, comme le péricarde dans les expériences de MM. Heger et Spehl, la pression totale de l'atmosphère, et cette dilatation ne pourra être considérable, comme le prouve le fait qu'aucun trouble important de la respiration n'est éprouvé à la suite de l'introduction d'une sonde œsophagienne ouverte. La paroi de l'œsophage et le tissu

connectif du médiastin qui l'entoure opposent donc une certaine résistance, et, autant vaut cette résistance, autant devra être plus faible la pression négative qu'on trouve dans l'œsophage avec une sonde fermée.

Il est regrettable que M. Rosenthal n'ait pas cherché à vérifier sa théorie par l'expérience. S'il l'avait fait, il aurait immédiatement reconnu qu'avec la sonde œsophagienne on ne mesure, comme il était à prévoir, qu'une partie de la pression négative existant dans la cavité pleurale, et que par là s'explique aisément la faiblesse des chiffres qu'il a obtenus pour la pression négative en général et pour ses différences dans l'inspiration et l'expiration tranquilles.

Plus loin, en faisant l'exposé de mes propres recherches, je reviendrai encore brièvement sur la théorie de M. Rosenthal. Des expériences qui seront alors communiquées, il ressortira avec évidence, je crois, que la valeur absolue de la pression négative dans la cavité pleurale, chez les animaux et chez l'homme, ne peut être trouvée de cette manière.

Directement dans la cavité pleurale, la pression négative a été déterminée par M. d'Arsonval ¹⁾ et par M. Fredericq ²⁾. A l'origine, M. d'Arsonval introduisait un trocart mousse dans la cavité pleurale droite; mais, le pœumon étant parfois blessé dans cette opération, il mit plus tard la plèvre costale à nu, y pratiqua une petite ouverture et fit alors pénétrer dans la cavité pleurale une canule incompressible, munie de trous latéraux. A la partie de cette canule sortant du thorax était lié un bout de tube en caoutchouc. Ce tube de caoutchouc servait à aspirer l'air entré dans le thorax, après quoi on le fermait par une serre-fine. La communication de la canule avec le manomètre ou avec le cardiographe pouvait alors être établie. M. d'Arsonval trouva ainsi, dans la cavité pleurale d'un chien respirant librement et normalement, une pression

¹⁾ *Recherches théoriques et expérimentales sur le rôle de l'élasticité des pœumons dans les phénomènes de la circulation*, Paris, 1877.

²⁾ *Archives de biologie*, t. III, 1882, p. 55.

négative de 200—220 mm. lors de l'inspiration et de 150 mm. lors de l'expiration, par conséquent, une *différence de pression* de 60 mm. d'eau ou 4,4 mm. *Hg.*

M. d'Arsonval ne rapporte que cette seule expérience et n'ajoute d'ailleurs aucun commentaire. La valeur *absolue* de la pression négative qu'il a trouvée dans la cavité thoracique est, on le voit, très grande, mais cette circonstance paraît lui avoir échappé.

M. Fredericq introduit dans la cavité pleurale, à travers les muscles intercostaux, un petit tube de verre à pointe mousse, qui est relié au manomètre et possède une ouverture latérale. Cette introduction se fait sans que l'air pénètre dans la plèvre. Le manomètre est rempli de mercure et d'eau, ou bien d'eau seule, jusqu'au tube de verre. M. Frédéricq trouve ainsi que la pression intrathoracique ne présente que de très petites oscillations. Il ne donne toutefois aucun chiffre, ni pour la valeur absolue de la pression négative, ni pour la différence de pression ¹⁾.

Quel que soit l'intérêt attaché à la détermination de la pression négative sur l'animal vivant, il m'a paru impossible de trouver de cette manière, les relations normales et en conséquence je suis revenu assez promptement à la méthode indirecte appliquée par M. Donders et M. Hutchinson et consistant à déduire la pression négative dans le thorax de l'élasticité du tissu pulmonaire à différents degrés d'expansion.

Immédiatement après la mort de l'animal, — qui dans les expériences suivantes a toujours eu lieu par hémorrhagie à la suite de la section de l'aorte abdominale, — les nerfs vagues et sympathiques étant ordinairement coupés au cou, — je

¹⁾ Au moment de la correction de ces pages, je reçois de M. Weil une monographie „*Zur Lehre vom Pneumothorax*, dans laquelle se trouvent quelques déterminations de la pression négative dans le thorax chez le lapin et le chien. Je reviendrai sur les déterminations de M. Weil après que j'aurai communiqué mes résultats.

coupés au cou, — je liais dans la trachée une pièce en T, dont chacun des deux bras portait un robinet. L'un des bras conduisait à un manomètre, l'autre communiquait avec un tube gradué rempli d'air, par lequel, au moyen de la pression d'une colonne d'eau, on pouvait insuffler dans les poumons la quantité d'air voulue. Les robinets que portait la pièce en T fixée dans la trachée permettaient de retirer les poumons du thorax sans que l'air „résiduel" fût expulsé.

Ces déterminations ne fournirent, pas plus que celles faites sur les poumons morts, le résultat désiré. Maintenant encore, les chiffres montraient tant de discordances, que la valeur de l'élasticité des poumons, à différents degrés d'expansion, ne pouvait en être conclue, même approximativement.

Ce résultat s'explique. Lorsqu'on ouvre le thorax après la mort, les poumons, ainsi que l'ont montré MM. Hermann et Keller ¹⁾, ne deviennent pas atélectasiques, mais renferment toujours encore un peu d'air, parce que, dans ces circonstances, les bronchioles s'affaissent au point le plus étroit, c'est-à-dire, à leur passage dans l'infundibulum, de sorte que l'air contenu dans les alvéoles ne peut plus s'échapper ²⁾. Par suite aussi, une fois les poumons affaissés, l'accès aux alvéoles est fermé à l'air en beaucoup d'endroits. Il en résulte que, si l'on vient à insuffler de l'air, il ne se produit pas une expansion uniforme. Dans les insufflations successives, continuellement des bronchioles s'ouvrent qui étaient fermées dans une expérience précédente, et réciproquement. On a donc, ici également, affaire chaque fois à d'autres poumons. Même quand les poumons n'ont pas subi un affaissement complet, mais ont été maintenus dans l'état d'expansion où ils se trouvent après une expiration ordinaire, l'insufflation de l'air par la trachée ne produit pas une dilatation *uniforme*, l'air ne trouvant pas partout un accès également facile aux alvéoles pulmonaires.

¹⁾ *Archiv f. Physiol. von Pflüger*, t. XX, 1879, p. 365.

²⁾ Lorsque la vie persiste, cet air est peu à peu absorbé par le sang, et, dans ces conditions, une atélectasie véritable se produit.

Si l'on veut obtenir des résultats utilisables, il faut dilater les poumons non par une pression positive du côté de la trachée, mais par une diminution de pression sur leur face pleurale, comme cela a lieu durant la vie. M. Hutchinson était déjà arrivé à cette même conviction, ainsi que je l'ai reconnu plus tard. „The lungs”, dit-il (*l. c.*, p. 1059), „are very delicate organs and can resist but little artificial force: for if once inflated to the ordinary state of either the breathing volume or vital capacity volume, they do not appear able to collapse again to their original size; — probably intralobular emphysema is produced.

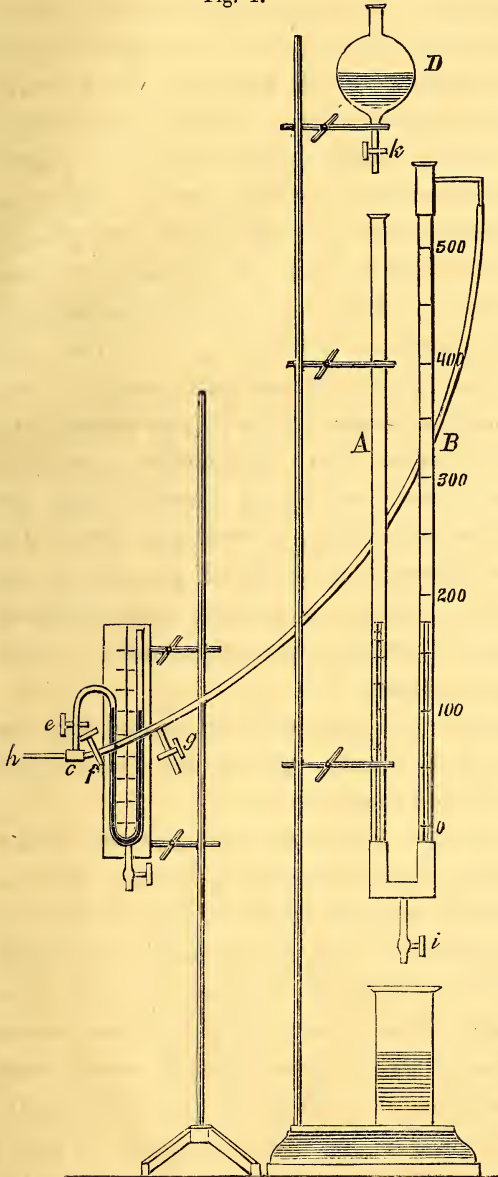
In our experiments we forced air into the lungs; they were expanded because we inflated them. We now think it would be better to inflate them by expanding them (removing the external atmospheric pressure), and allow the air to drop into the air vesicles by its own gravitation (as in living respiration), when they would in all probability collapse freely to their original position”.

Effectivement, les poumons sont des organes très délicats, qui opposent peu de résistance aux influences nuisibles. Lorsqu'on les extrait du thorax, quelque soin qu'on apporte à cette opération, ils subissent aisément une compression en l'un ou l'autre point. Aussi m'a-t-il paru beaucoup plus sûr de laisser les poumons en place et de déterminer leur expansion par la pression négative que produit l'abaissement du diaphragme.

Je me suis servi de l'appareil représenté dans la fig. 1. Deux tubes communicants *A* et *B*, d'environ 500 c.c. de capacité et dont l'un, *B*, est divisé en c.c., sont reliés, par un tube de caoutchouc à parois épaisses, à une pièce en T, dont l'extrémité ouverte *h* est fixée hermétiquement dans la trachée de l'animal au moyen de plusieurs ligatures de soie épaisse. L'autre bras conduit au manomètre. Les robinets *e*, *f* et *g* permettent d'établir ou de supprimer le contact avec l'air et avec le manomètre. La cavité abdominale ayant été ouverte, puis la trachée unie à l'appareil, un aide abaissait uniformément le diaphragme, jusqu'à ce que la quantité voulue d'air eût été

aspirée dans les poumons. Au fur et à mesure que l'air pénétrait dans les poumons, on laissait couler, avec la même régularité, l'eau du réservoir *D*, de manière

Fig. 1.



qu'à la fin le niveau fût redevenu égal dans les deux tubes et que l'air contenu dans les poumons se trouvât par conséquent sous la pression de l'atmosphère. Le robinet *f* étant alors fermé, la main retirée de la cavité abdominale et le robinet *c* ouvert, on lisait sur le manomètre la force élastique des poumons dans les conditions de l'expérience. La valeur ainsi obtenue pour l'élasticité pulmonaire est nécessairement trop faible, parce que, en dépit de l'occlusion de la trachée, les poumons s'affaissent un peu, par suite de la compression que leur élasticité même fait subir à l'air qu'ils renferment. A proprement parler, on ne déter-

mine donc pas l'élasticité que les poumons possèdent lorsqu'ils sont distendus par le volume d'air aspiré, mais l'élasticité qu'ils ont en présence de ce volume d'air diminué de la quantité qui correspond à la compression. L'erreur en question est naturellement d'autant plus grande qu'il reste un plus grand espace entre les poumons et le manomètre. Il faut donc lier la canule aussi profondément que possible dans la trachée, et réduire aussi, autant qu'on le peut, l'espace nuisible h , f et e jusqu'à la colonne liquide du manomètre. Surtout quand on opère sur de petits animaux, l'influence de cet espace doit être prise en considération. Dans mes expériences sur des animaux de petite taille, il n'était que de 3 c.c. Dans mes premières expériences sur des animaux plus grands, il s'élevait à 9—12 c.c.; plus tard, je l'ai réduit aussi pour ces animaux jusqu'à 6 c.c., mais, en employant successivement les deux manomètres avec les mêmes poumons, au même degré d'expansion, j'ai eu la satisfaction de reconnaître que cet espace nuisible, dans mes premières expériences sur des chiens, n'avait pas exercé d'influence sensible sur les chiffres trouvés. Peu à peu, je me suis convaincu que par cette méthode on obtient pour l'élasticité des poumons des chiffres *parfaitement* concordants, s'il est satisfait aux conditions suivantes :

1°. Lors de l'aspiration, les volumes d'air doivent être mesurés *très-exactement*, et la tension de l'air doit être toujours absolument égale à celle de l'atmosphère.

2°. Pour atteindre ce but, l'expansion du poumon doit se faire uniformément et par conséquent avec lenteur, et l'eau doit également affluer d'une manière uniforme dans le tube A , de façon que durant l'aspiration il ne se produise aucune différence notable de pression, positive ou négative, et qu'à la fin de l'aspiration le liquide occupe exactement le même niveau dans les deux tubes A et B . L'affaissement des poumons, après l'expansion, ne doit pas non plus s'effectuer trop rapidement.

3°. L'expérience ne doit pas être trop prolongée. Il faut y mettre fin dès que la température des poumons s'est notable-

ment abaissée. Si, dans ce cas, on continue l'expérience, les chiffres qu'on obtient, pour le même degré d'expansion, deviennent successivement plus forts. Pour cette raison, et eu égard aux conditions mentionnées en 2^o., l'expérience présente plus de difficultés chez les animaux de grande taille, parce qu'alors il y a de grandes quantités d'air à déplacer et que, par suite, chaque détermination demande plus de temps.

4^o. Le premier chiffre qu'on obtient est ordinairement trop faible et doit donc être négligé. Cela est surtout le cas lorsque, à la première expansion des poumons, il n'a été aspiré qu'une petite quantité d'air. On peut alors se convaincre directement qu'après l'expansion il reste plus d'air dans les poumons qu'il n'y en avait auparavant. En effet, si on laisse écouler par le robinet *i* assez d'eau pour que le niveau dans le tube *A* reprenne sa hauteur primitive, le liquide devrait, dans la supposition que le volume d'air contenu dans les poumons n'eût pas varié, se trouver au même niveau dans les deux tubes *A* et *B*. Or, tel n'est pas le cas; l'eau s'élève alors plus haut dans le tube *B*, preuve que les poumons contiennent plus d'air, et sont donc moins affaissés, après qu'avant l'expansion ¹⁾.

Pour montrer que, lorsque toutes les précautions sont observées, les chiffres qu'on trouve pour l'élasticité des poumons à des degrés égaux d'expansion ne laissent rien à désirer, je communiquerai ici, dans leur entier, quelques-unes de mes expériences.

¹⁾ Je présume que cela tient à ce que, lorsque l'animal est couché sur le dos, la cavité abdominale ouverte, le diaphragme se voûte un peu plus que dans l'expiration ordinaire, de sorte que les poumons s'affaissent aussi un peu plus dans le thorax fermé, en supination, que lors de l'expiration ordinaire, dans l'attitude debout. Dans ce cas, il se produira encore le phénomène sur lequel MM. Hermann et Keller ont attiré l'attention. Après la mort de l'animal, il se passe un certain temps avant que le manomètre soit fixé dans la trachée, et durant ce temps un peu d'oxygène est sans doute encore absorbé. Les bronchioles et les conduits alvéolaires doivent alors être d'abord rouverts, et les alvéoles eux-mêmes remplis de nouvel air, avant que les rapports normaux soient rétablis.

	Quantité de l'air inspiré, en c.c.	Pression positive dans la trachée, en mm. d'eau.
1	146	44 50 53 56
	155	57 57
	200	67 66
	250	81 79
	300	92 91
	320	99 94
2	50	40 42 42 44 47 44 43
	100	74 76 76 80 76
	120	84 84 88 84
	140	91 99 96
3	50	31 39 39 39
	105	69 71
	120	79 81
	137	84 88
4	50	37 41 41
	100	67 69
	115	77 77
	125	81 81
5	10	28 29 29
	12	34 34
	18.5	50 46 46 46
	25.5	65 65 65 65

Les quatre premières séries sont relatives au chien, la cinquième au lapin.

Il va sans dire que les chiffres ne furent pas toujours aussi parfaitement égaux que dans les expériences qui viennent d'être citées et qui se rapportent à la fin de mes recherches, alors que j'avais appris à connaître toutes les circonstances qui peuvent donner lieu à des résultats défectueux; pourtant, dès mes premières expériences, les résultats étaient déjà de nature à me rassurer suffisamment sur la valeur de la méthode employée.

Pour avoir un terme de comparaison, j'ai déterminé en premier lieu, chez le chien et chez le lapin, l'élasticité des poumons au degré d'expansion qu'on obtient lorsque le volume d'air aspiré est dans un rapport déterminé avec le poids du corps. Pour l'homme de taille moyenne, du poids de 72 kilogrammes, on admet généralement que la quantité normale de l'air respiré est de 500 c.c. Provisoirement, je supposai que chez le chien et le lapin le rapport entre le poids du corps et l'air respiratoire serait le même que chez l'homme.

L'expérience terminée et les poumons de nouveau affaissés, j'ouvrais le thorax et déterminais ainsi l'élasticité des poumons lors de l'expiration.

J'ai trouvé de cette manière, chez le chien :

	Poids du corps, en kilogr.	Capacité respiratoire calculée, en c. c.	Quantité de l'air inspiré, en c. c.	Pression positive dans la trachée, en mm. d'eau	Pression négative dans le thorax à				Différence de pression à l'inspiration et à l'expiration, en mm. d'eau mm. Hg.	
					l'inspiration, en		l'expiration, en			
					mm. d'eau	mm. Hg.	mm. d'eau	mm. Hg.		
1	5.7						53	3.9		
2	6.7	47	47	43	98	7.2	55	4.	43	3.2
3	6.8	47	47	39	96	7.1	57	4.2	39	2.9
4	7.	50	50	43	96	7.1	53	3.9	43	3.2
5	7.2	50	50	39	94	7.	55	4.	39	2.9
6	7.5	52	50	39	91	6.7	52	3.8	39	2.9
7	8.2	57	60	47	103	7.6	56	4.1	47	3.5
8	8.5	59	60	42	95	7.	53	3.9	42	3.1
9	8.8	61	60	52	—	—	—	—	52	3.8
10	12.3	86	86	43	95	7.	52	3.8	43	3.2
11	14.	97	100	52	118	8.7	66	4.8	52	3.8
12	14.6	101	100	40	91	6.7	51	3.7	40	3.0
13	15.5	108	110	45	100	7.4	55	4.	45	3.3
14	21.	146	146	54	115	8.5	61	4.5	54	4.0
15	22.1	153	155	53	110	8.1	57	4.2	53	3.9
16	24.5	170	—	—	—	—	52	3.8	—	—
17	26.5	184	180	55	103	7.6	48	3.5	55	4.0
18	33.	230	230	34	85	6.3	51	3.7	34	2.5

Ainsi que je l'ai déjà dit, les chiffres qu'on obtient pour

l'élasticité s'élèvent peu à peu lorsque l'expérience est longtemps prolongée. Pour cette raison, dans les expériences 1 et 16, le thorax fut ouvert immédiatement, afin de contrôler les autres chiffres relatifs à l'élasticité dans l'expiration, chiffres qui, naturellement, ne peuvent être obtenus qu'à la fin de l'expérience. Dans l'expérience 9, la détermination de l'élasticité fut perdue, parce qu'on avait oublié de fermer le robinet du tube trachéal.

Il suit des chiffres ci-dessus que, pour les chiens de moins de 10 kilogr., la pression négative dans le thorax est en moyenne, lors de l'inspiration, de 7,1 et lors de l'expiration de 4 mm. *Hg*, de sorte que la différence de pression est en moyenne de 3,1 mm. *Hg*; chez les chiens pesant plus de 10 k., on a trouvé, en moyenne, lors de l'inspiration 7,5, lors de l'expiration 4,0, et par conséquent, pour la différence de pression, 3,5 mm. *Hg*.

Les chiffres présentent, comme on le voit, un très grand accord pour les chiens de taille médiocre; chez les animaux de taille plus forte, ils offrent plus de divergences, aussi bien pour ce qui regarde la valeur *absolue* de la pression négative, qu'en ce qui concerne la *différence* de pression dans l'inspiration et l'expiration. A côté de chiffres plus élevés, on en trouve ici de plus bas, et c'est uniquement pour cela que la moyenne s'écarte si peu de celle des animaux de taille moindre. Quant à la cause de ces inégalités, je n'ose rien décider. Je serais porté à l'attribuer à l'influence de l'âge. Dans l'expérience 14, le chien était indubitablement jeune, dans les expériences 17 et 18, indubitablement vieux; mais, pour les autres animaux, je ne sais rien à cet égard.

Quand on opère sur des lapins, il en coûte plus de soins qu'avec les chiens pour obtenir des résultats nets, et cela s'explique. En premier lieu, les volumes d'air sont moindres, et de petites inexactitudes dans la détermination des volumes d'air aspirés font immédiatement croître ou décroître notablement le chiffre qu'on trouve pour la pression. Il faut donc mesurer très

exactement. En second lieu, la quantité d'air voulue doit être aspirée très régulièrement et très lentement. Dès qu'on néglige ce point, des discordances sensibles apparaissent dans les chiffres qu'on obtient successivement pour l'élasticité des poumons aux mêmes degrés d'expansion. Je présume que, dans le poumon du lapin, quelques bronchioles et conduits alvéolaires s'affaissent déjà promptement quand la pression négative devient un peu forte, et que de là résulte une expansion irrégulière des poumons.

Il y a encore une autre précaution à observer. La canule doit être fixée dans la trachée de telle sorte que celle-ci conserve sa situation normale. A la moindre inattention, il peut facilement arriver qu'en liant la trachée sur la canule on la tire trop en dehors. Dans ce cas, les poumons ne peuvent pas se dilater normalement et les chiffres aussi doivent par conséquent devenir anormaux.

Lorsqu'on ne perd de vue aucune des circonstances dont il vient d'être question, on obtient aussi chez les lapins, comme il a déjà été dit, des chiffres très concordants.

C'est ainsi que j'ai trouvé, chez ces animaux :

	Poids du corps, en kilogr.	Capacité respira- toire calculée, en c. c.	Quantité de l'air inspiré, en c. c.	Pression positive dans la trachée, en mm. d'eau	Pression négative dans le thorax à				Différence de pression à l'inspiration et à l'expiration, en	
					l'inspiration, en		l'expiration, en		mm. d'eau	mm. Hg.
1	3.69	25.6	25.5	65	97	7.1	32	2.3	65	4.8
2	2.60	18.	18.	70	101	7.5	31	2.3	70	5.1
3	2.37	16.5	16.5	69	105	7.7	36	2.6	69	5.1
4	2.08	15.	15.	70	105	7.7	35	2.6	70	5.1
5	2.05	15.	15.	75	111	8.1	36	2.6	75	5.5
6	1.98	13.7	14.	70	106	7.8	36	2.6	70	5.1
7	1.90	13.2	14.	72					72	5.3

D'après ces déterminations, la pression négative, chez les lapins, serait en moyenne, à l'inspiration, de 7,6, à l'expira-

tion, de 2,5 mm. *Hg*, et la différence de pression s'élèverait donc, en moyenne, à 5,1 mm. *Hg*, c'est-à-dire à environ 2 mm. *Hg* de plus qu'il n'a été trouvé chez les chiens.

Mais, pour peu qu'on y réfléchisse, on reconnaît qu'il y a une circonstance dont il convient de tenir compte. L'estomac et les gros intestins du lapin sont remplis d'une grande quantité de matière végétale, et le poids de cette matière doit être retranché du poids brut de l'animal, si l'on veut avoir le vrai poids du corps.

En faisant cette soustraction pour les quatre premières expériences de la série ci-dessus, et déduisant du poids ainsi rectifié la capacité respiratoire, suivant le même rapport, on trouve :

Poids rectifié du corps, en kilogr.	Capacité respiratoire calculée, en c. c.	Quantité de l'air inspiré, en c. c.	Pression positive dans la trachée, en mm. d'eau	Pression négative dans le thorax à				Différence de pression à l'inspiration et à l'expiration, en mm. d'eau		
				l'inspiration, en mm. d'eau	en mm. <i>Hg</i> .	l'expiration, en mm. d'eau	en mm. <i>Hg</i> .	en mm. d'eau	en mm. <i>Hg</i> .	
1*	2.66	18.5	18.5	46	78	5.7	32	2.3	46	3.4
2*	2.05	15.	15.	55	86	6.3	31	2.3	55	4.0
3*	1.81	12.5	12.5	54	90	6.6	36	2.6	54	4.0
4*	1.77	12.	12.	55	91	6.7	36	2.6	55	4.0

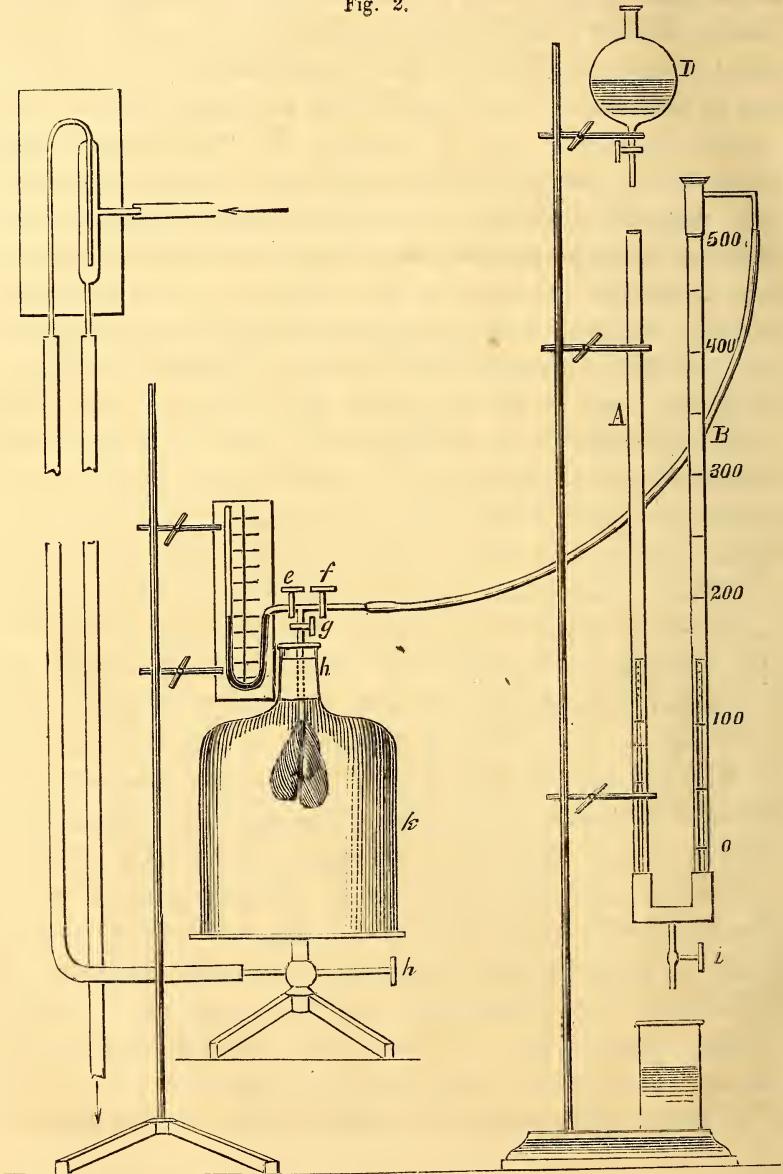
La pression négative devient donc alors en moyenne, à l'inspiration, 6,3, à l'expiration, 2,4, et par conséquent la différence de pression, en moyenne, 3,9 mm. *Hg*; en d'autres termes, si la supposition que nous avons faite était exacte, la *valeur absolue* de la pression négative, tant à l'inspiration qu'à l'expiration, serait chez les lapins plus petite que chez les chiens, tandis que la *différence* de pression serait au contraire un peu plus grande.

La première question qui s'élève maintenant est celle de

savoir si les chiffres obtenus expriment bien uniquement l'élasticité des poumons, ou s'ils ne sont pas au contraire trop forts, parce que les côtes auraient aussi été soulevées, et que les poumons auraient par suite été comprimés activement lorsqu'on relâchait le diaphragme. A cet égard, je ferai observer, premièrement, que chez le chien et le lapin le type respiratoire est éminemment abdominal et que, lorsqu'on provoque l'ampliation de la cavité thoracique en abaissant le diaphragme, on ne remarque rien d'un soulèvement des côtes. Avec la variation de volume relativement petite que le thorax éprouve quand on y aspire la quantité d'air respiratoire déduite du poids du corps, aucune trace de dilatation n'est perceptible. Il est donc très improbable que la cage thoracique elle-même ait de l'influence. Je n'ai pas laissé, toutefois, de m'en assurer expérimentalement, et, à cet effet, j'ai déterminé l'élasticité des poumons au dehors du thorax. L'appareil employé est représenté dans la fig. 2. Les tubes communicants *A* et *B*, les mêmes que ceux de la fig. 1, sont reliés à la cloche pneumatique *k*, dans laquelle l'air peut être raréfié au moyen d'une pompe de Bunsen. Avant d'ouvrir le thorax, on lie un tube de verre dans la trachée et on ferme le robinet *g*. Les poumons sont ensuite extraits avec précaution du thorax et introduits sans retard dans la cloche *k*. On y fait alors pénétrer par aspiration des volumes déterminés d'air, sous la pression atmosphérique normale. Dès que la quantité voulue a été aspirée et que l'égalité de niveau dans les deux tubes *A* et *B* a été rétablie par l'eau qui coule du réservoir *D*, on tourne le robinet *h*, de manière à supprimer la communication entre le thorax artificiel et la pompe aspirante. Ce robinet *h* est construit de telle sorte que non seulement la cavité thoracique artificielle peut être mise ou non en rapport avec la pompe de Bunsen, mais que le contact de l'air extérieur avec le contenu de la cloche peut aussi être supprimé ou établi à volonté. Aussitôt que, la cloche étant isolée de la pompe de Bunsen, on a reconnu que tout juste la quantité voulue d'air, à la pression atmosphérique normale, a été aspirée dans les

poumons, on ferme le robinet *f*, et après avoir établi le contact de l'air atmosphérique avec la cloche *k*, on ouvre le robinet *e*. L'espace *g*, *e*, *f*, et la capacité du tube lié dans la trachée ont été pris aussi petits que possible et ne s'élèvent ensemble qu'à 3 c.c.

Fig. 2.



Un tube pourvu d'un robinet *g* étant fixé dans la trachée du lapin, je déterminai d'abord par l'appareil antérieur (fig. 1), en ouvrant la plèvre, l'élasticité des poumons à l'expiration. Ensuite le robinet *g* fut fermé, et les poumons, enlevés avec précaution du thorax, furent portés dans la cloche *k*. Après que la communication avec le manomètre et avec les tubes communicants *A* et *B* eut été établie, on ouvrit le robinet *g*, puis on aspira comme précédemment des quantités déterminées d'air du tube *B*, air dont la tension était maintenue, grâce à l'afflux d'eau dans le tube *A*, égale à celle de l'atmosphère. On obtint ainsi :

	Poids du corps, en kilogr.	Capacité respiratoire calculée, en c. c.	Quantité de l'air inspiré, en c. c.	Pression positive dans la trachée, en mm. d'eau	Pression négative dans le thorax				Différence de pression à l'inspiration et à l'expiration, en mm. Hg.	
					à l'inspiration, en mm. d'eau mm. Hg.		à l'expiration, en mm. d'eau mm. Hg.		en mm. d'eau	en mm. Hg.
1	2.26	15.8	16	68	68	5.0	39	2.8	29	2.1
2	2.13	14.8	15	67	67	5.0	36	2.6	31	2.2

Les résultats sont, comme on le voit, très concordants entre eux, mais *beaucoup* plus faibles que ceux obtenus antérieurement par l'expansion des poumons *dans le thorax*. Là, la pression à l'inspiration s'élevait en moyenne à 7,6 et la différence de pression à 5,1 mm. Hg; ici, seulement à 5 et à un peu plus de 2 mm. Hg.

Au premier abord, ce résultat semble plaider fortement pour l'opinion que la paroi thoracique, dans les premières expériences, a exercé de l'influence, et même une influence très grande, sur les chiffres de l'élasticité. Pourtant, on se tromperait fort en s'arrêtant à une pareille conclusion.

Pendant que, pour déterminer l'élasticité des poumons, on ouvre le thorax, qu'on ferme le robinet *g*, qu'on extrait les poumons de la cage thoracique et qu'on les porte dans la cloche,

la tension de l'air contenu dans les poumons diminue notablement: 1° par refroidissement, 2° par absorption (probable, comme nous l'avons vu) d'oxygène, 3° parce que les poumons pendent alors à la trachée et que l'allongement de celle-ci donne lieu à un agrandissement assez important de sa capacité.

Même dans le thorax, cela est déjà le cas. Lorsqu'on ouvre successivement les deux sacs pleuraux, on obtient pour l'élasticité des poumons une certaine valeur, qui toutefois augmente encore si on coupe les adhérences du feuillet pariétal du péricarde avec le sternum. C'est ainsi qu'on a trouvé pour la force d'élasticité à l'expiration:

	1°	2°
Plèvre droite ouverte	29	30
„ gauche „	31	35
Péricarde détaché du sternum . . .	39	38

Cet accroissement de la force d'élasticité après la section du péricarde est vraisemblablement dû, en majeure partie, à une diminution de capacité de la trachée, la légère pression du cœur sur les poumons jouant peut-être aussi un certain rôle. Lorsqu'on suspend les poumons dans le thorax artificiel, il se produit indubitablement une augmentation de capacité, par suite de laquelle la tension intrapulmonaire diminue d'une manière très sensible. Dans ces conditions, l'aspiration d'une même quantité d'air ne *peut* donc pas donner lieu au même accroissement d'élasticité que dans le thorax réel.

Veut-on décider sûrement si l'accroissement de la pression positive dans la trachée, qu'on observe après l'aspiration d'un certain volume d'air, dépend entièrement de l'accroissement de l'élasticité des poumons, ou en partie aussi de la dilatation et du soulèvement de la paroi thoracique, il faut en premier lieu expérimenter sur *les mêmes* poumons et, pour la comparaison des tensions finales produites par l'aspiration des mêmes volumes d'air dans le thorax naturel et dans le thorax artificiel, avoir soin, bien entendu, de partir dans les deux cas du *même* degré d'expansion.

Pour atteindre ce but, il ne suffit pas de mesurer l'élasticité

des poumons dans le thorax naturel, puis de les porter, après avoir fermé le robinet *g*, dans la cloche *k*. On doit, maintenant que les poumons sont suspendus dans le thorax artificiel, s'assurer d'abord que l'air y possède encore la même tension qu'il avait dans le thorax naturel; en d'autres termes, les poumons doivent être, dans les deux cas, au même degré d'expansion. En opérant ainsi successivement sur les mêmes poumons, on pourra trancher la question de savoir si dans nos expériences, outre l'élasticité des poumons, entrain aussi en jeu la paroi thoracique.

Ayant donc déterminé d'abord, de la manière ci-dessus décrite, en abaissant avec précaution le diaphragme, l'élasticité des poumons à des degrés déterminés d'expansion dans le thorax naturel, je mesurai, par l'ouverture du thorax, l'élasticité des poumons à l'expiration. Après que le robinet *g* eut été fermé, les poumons furent transportés rapidement dans le thorax artificiel et dilatés, par la raréfaction de l'air de la cloche *k*, jusqu'au point où ils possédaient de nouveau la même élasticité que dans le thorax normal après l'expiration, point qu'indiquait le manomètre. On aspira alors des volumes d'air égaux à ceux de la première expérience, et on détermina, aux degrés d'expansion correspondants, l'élasticité des mêmes poumons dans le thorax artificiel. L'accord des chiffres obtenus dans les deux expériences est *parfait*, et cela n'est pas seulement le cas au degré d'expansion dont il a été question jusqu'ici; même quand on aspire une quantité d'air *double*, ou encore plus, on ne constate pas la moindre influence de la paroi thoracique.

Chez le lapin, on trouva ainsi:

Poids du corps, en kilogr.	Air respiratoire calculé, en c. c.	Quantité de l'air inspiré, en c. c.	Pression positive dans la trachée après l'inspiration, en mm. d'eau.	Pression positive dans la trachée après ouverture du thorax à l'expiration, en mm. d'eau.	Pression négative totale dans le thorax à l'inspiration, en mm. d'eau.
2.08	15	15	70	35	105
		20	94		129

Les poumons ayant ensuite été transportés dans le thorax artificiel et dilatés jusqu'à ce que leur élasticité s'élevât de nouveau à 35 mm. d'eau, on obtint :

Poids du corps, en kilogr.	Air respiratoire calculé, en c. c.	Quantité de l'air inspiré, en c. c.	Pression positive dans la trachée après l'inspiration, en mm. d'eau.	Pression positive dans la trachée après ouverture du thorax à l'expiration, en mm. d'eau.	Pression négative totale dans le thorax à l'inspiration. en c. c.
		15			99
		20			127

Le résultat prouve que la paroi du thorax n'est pour rien dans le phénomène. Même quand on aspire un volume d'air de 5 c. c. plus grand, les valeurs obtenues des deux manières, avec les mêmes poumons, ne diffèrent que de 2 mm. d'eau.

Chez le chien, le résultat ne fut pas moins décisif :

8.2	57	60	47	56	103
		100	79		135
		115	87		143
		id.	83		139
		id.	84		140

Les poumons ayant ensuite été transportés dans le thorax artificiel et dilatés jusqu'à ce que leur élasticité s'élevât de nouveau à 56 mm. d'eau, on obtint :

		60			101
		id.			103
		100			129
		id.			133
		115			139
		id.			143
		id.			137

Entre chacune de ces déterminations, les poumons affaissés étaient ramenés à une expansion telle que leur élasticité mesurât 56 mm. d'eau.

En présence de chiffres offrant un accord si satisfaisant, je puis me dispenser de produire d'autres arguments à l'appui de la proposition que lors de l'expansion des poumons, dans mes premières expériences, le manomètre fixé dans la trachée a déterminé *l'élasticité des poumons, et rien qu'elle*. Même en cas d'expansion par un volume d'air deux fois plus grand que la capacité respiratoire déduite du poids du corps, il n'y a pas apparence de soulèvement des côtes chez le chien. L'accord des chiffres montre aussi que, par l'abaissement du diaphragme, l'expansion des poumons s'effectue d'une manière normale. Comme, durant la vie, c'est surtout la partie musculaire du diaphragme qui change de forme et de position, et que naturellement on ne peut imiter ce mécanisme avec la main, il aurait pu arriver que dans mes expériences les poumons fussent dilatés plus ou moins anormalement. Mais lorsque, en dehors du thorax, ils sont suspendus tout à fait librement et peuvent par suite s'épanouir régulièrement, les mêmes chiffres sont obtenus.

La pression positive observée dans la trachée au moment où on lâche le diaphragme exprime donc, dans les limites indiquées, purement et simplement l'élasticité des poumons, et fournit par conséquent *une mesure exacte de la pression négative existant dans la cavité pleurale, en d'autres termes, de la force d'aspiration du thorax*.

L'application de mes mesures aux phénomènes qui se passent durant la vie pourrait soulever encore une objection. Il ne s'agit pas de la tonicité des fibres musculaires organiques que les poumons contiennent. M. Leo Gerlach ¹⁾ a parfaitement montré que ces fibres n'ont pas d'influence, et à cet égard je suis arrivé à la même conclusion que lui. C'est seulement quelques heures après la mort, à l'apparition de la rigidité cadavérique, qu'on

¹⁾ Pflüger's *Archiv*, t. XIII, 1876, p. 491.

observe ordinairement une légère ascension du manomètre, qui indique une diminution de la capacité des poumons, due au raccourcissement des fibres musculaires organiques dans cette période.

L'influence du tonus peut donc être négligée; mais en est-il de même de l'état de réplétion des vaisseaux sanguins? Durant la vie, le riche réseau vasculaire des poumons contient du sang sous une certaine pression, tandis que dans nos expériences ces vaisseaux sont presque exsangues, ou du moins pauvres en sang, de sorte que toute tension y fait défaut. M. d'Arsonval attache à la réplétion des vaisseaux sanguins du poumon une grande importance pour l'élasticité du tissu pulmonaire. Pour apprendre à en connaître l'influence, j'ai empoisonné l'animal par le curare, jusqu'à ce que tout mouvement respiratoire volontaire fût supprimé. La respiration artificielle fut alors entretenue; non pas, comme d'ordinaire, par insufflation d'air dans la trachée, mais, tout comme dans les expériences sur les poumons d'animaux venant d'être tués, par le mouvement imprimé au diaphragme. Dans la trachée on liait l'extrémité ouverte *h*, et on enlevait le robinet *f*. Un manomètre était fixé dans la carotide gauche, donc dans l'aorte, et la pression sanguine était enregistrée. Les nerfs vago-sympathiques avaient été coupés. La pression sanguine restant normale, la main était retirée de la cavité abdominale et le thorax amené par conséquent dans l'état ordinaire d'expiration. De même que cela avait eu lieu sur l'animal mort, une quantité déterminée d'air était maintenant aspirée des tubes communicants *A* et *B*, et l'élasticité des poumons épanouis était mesurée, comme précédemment, par la pression positive dans la trachée. Les deux chiens soumis à l'expérience pesaient 14,65 et 26,5 kilogr. La capacité respiratoire calculée d'après ces poids est respectivement de 101 et 180 cc. Le tableau suivant indique les volumes d'air aspirés pour l'expansion des poumons et les chiffres trouvés pour l'élasticité correspondante; immédiatement après l'expérience, on ouvrait le diaphragme:

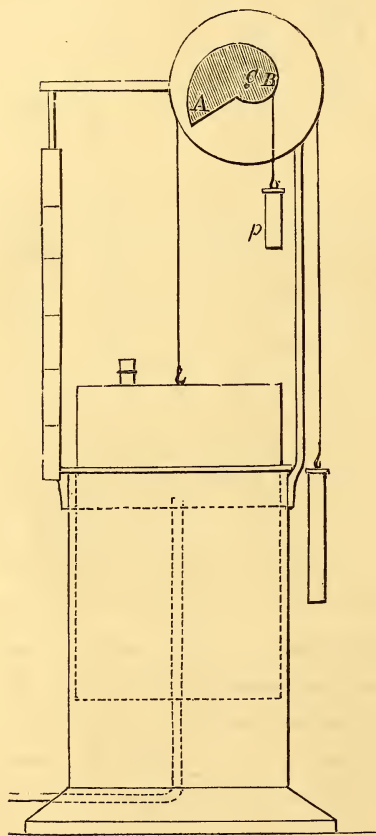
Expé- rience.	Poids du corps, en kilogr.	Quantité de l'air inspiré, en c. c.	Pression sanguine, en mm. Hg.	Elasticité des poumons, en mm. d'eau.	Différence de pression, en	
					mm. d'eau.	mm. Hg.
12	14.6	100	148	40	40	3.
		id.	162	40		
		200	152	76	73	5.4
		id.	154	70		
		100	156	36		
		0 (Thorax ouvert)	164	51		
17	26.5	180	178	55	55	4.0
		0 (Thorax ouvert)		48		

Dans la seconde expérience, le cœur s'arrêta après la première détermination. Une seconde détermination, faite immédiatement après la mort, donna exactement le même chiffre que la première. Les chiffres obtenus, dans la première expérience, pour l'élasticité des poumons chez l'animal vivant, s'accordent entièrement, comme on le voit, avec ceux qu'on trouve, aux mêmes degrés d'expansion, aussitôt après la mort. La pression du sang dans les vaisseaux pulmonaires n'exerce donc pas non plus d'influence. *De l'élasticité trouvée immédiatement après la mort, on peut donc déduire la pression négative ou force d'aspiration du thorax telle qu'elle est durant la vie.*

Pour obtenir un terme de comparaison, je suis parti, on se le rappelle, de la supposition que la capacité respiratoire du chien et du lapin, dans l'inspiration et l'expiration paisibles, serait environ dans le même rapport avec le poids du corps que chez l'homme. Cette supposition est-elle exacte? Le seul moyen de répondre à cette question est, naturellement, de déterminer les volumes d'air inspirés ou expirés. Cette détermination présente quelque difficulté, parce que la capacité respiratoire est très variable; dès que l'animal se trouve dans des conditions anormales, la capacité normale ne peut plus être

obtenue. L'animal doit être tranquille et calme. Même alors, la respiration, ne se fait normalement que si l'entrée et la sortie de l'air sont tout à fait libres. Du moment qu'il éprouve la moindre résistance, soit à l'inspiration, soit à l'expiration, les volumes d'air déplacés s'éloignent notablement des volumes normaux. Eviter tout obstacle à l'entrée et à la sortie est naturellement impossible, quand il s'agit de mesurer le volume de

Fig. 3.



l'air, mais on doit chercher à se rapprocher de cet idéal, autant que possible.

Dans les expériences que je vais communiquer, les animaux respiraient, au moyen de soupapes de Lovén, dans un spiromètre exactement équilibré dans toutes les positions.

Les soupapes de Lovén consistent en petits carrés de baudruche, qu'on humecte de glycérine, pour empêcher la dessiccation. Aux quatre angles, elles sont fixées au-dessus d'une ouverture. Dès que la pression de l'air devient un peu plus forte sur la face inférieure, la membrane prend une forme convexe et laisse passer l'air aux quatre côtés. Si, au contraire, on aspire à la face inférieure, elle ferme l'ouverture. Une embouchure, qui peut être fixée her-

métiquement sur la tête de l'animal, porte deux de ces soupapes, disposées en sens inverse, de manière que l'une s'ouvre à l'inspiration et se ferme à l'expiration, tandis que l'autre se ferme à l'inspiration et s'ouvre à l'expiration. A mesure que l'animal

est plus grand, il faut employer une embouchure plus grande, et dans le même rapport doivent aussi être agrandis les soupapes et les tubes de communication.

La soupape désignée en dernier lieu, celle qui s'ouvre à l'expiration, conduit dans un tube relié à un spiromètre. Comme le tambour à air du spiromètre devient plus lourd à mesure qu'il émerge de l'eau, il faut trouver un moyen de compenser par un contre-poids cet accroissement de poids du tambour. Comme le montre fig. 3, on y parvient à l'aide de la pièce appelée limaçon, à laquelle est suspendu le poids p et qui elle-même est fixée sur la grande roue. A mesure que le tambour monte, le bras de levier par lequel le poids p agit sur la roue devient plus grand, en raison de l'excentricité du limaçon, et on obtient ainsi une compensation parfaite du poids du tambour dans une position quelconque ¹⁾.

Avec chaque chien on fit quelques séries de déterminations, en nombre d'autant plus grand que les chiffres présentaient plus de différences. De ces séries on déduisit une valeur moyenne pour la capacité respiratoire normale, et, en outre, on réunit les maxima et les minima des différentes séries, afin d'en tirer les valeurs maxima et minima moyennes. Un exemple éclaircira ce qui vient d'être dit. La capacité respiratoire d'un chien pesant 6,8 kilogr. fut déterminée ainsi :

La 1^{ère} série, consistant en 15 séries secondaires, chacune de 10 respirations exprimées en c.c., fournit les chiffres suivants :

1200

1350

1100

1250

1200

6100

¹⁾ De la même manière Panum a mesuré, en 1868, déjà la capacité respiratoire de l'homme. *Pflüger's Archiv*, t. I, p. 125.

6100
 1000
 1150
 1300
 1250
 1200
 1300
 1250
 1150
 1150
 1150

18000 divisé par 15, donne 1200 c.c., ou :

120 c.c. pour la valeur moyenne de la capacité respiratoire ,

135 " " " " maxima ,

100 " " " " minima.

La 2^e série donna :

113.3 c.c. pour la valeur moyenne de la capacité respiratoire ,

120 " " " " maxima ,

95 " " " " minima.

La 3^e série fournit :

110 c.c. pour la valeur moyenne de la capacité respiratoire ,

120 " " " " maxima ,

95 " " " " minima.

Les trois séries furent ensuite combinées, d'où il résulta pour la respiration normale :

comme valeur moyenne 114 c.c.

" " maxima 125 "

" " minima 98 "

Les numéros des expériences indiquent les animaux pour lesquels j'ai donné précédemment la pression négative après l'expansion par le volume d'air déduit du poids du corps.

J'ai trouvé ainsi, chez les chiens :

Expé- ience.	Poids du corps, en kilogr.	Capacité respi- ratoire calculée, en c. c.	Capacité respira- toire déter- minée, en c. c.	Pression positive dans la trachée, en mm. d'eau.	Pression négative dans le thorax à				Différence de pression à l'inspiration et à l'expiration,	
					l'inspiration,		l'expiration,		en	
					en mm. d'eau.	mm. Hg.	en mm. d'eau.	mm. Hg.	mm. d'eau.	mm. Hg.
3	6.8	47	moy. 114	77	134	10.	57	4.2	77	5.7
			min. 98	67	124	9.2			67	5.
			max. 125	81						
4	7.	50	moy. 120	82	135	10.	53	3.9	82	6.0
			min. 100	74	127	9.4			74	5.5
			max. 140	88						
6	7.5	52	moy. 119	80	132	9.7	52	3.9	80	5.9
			min. 105	71	123	9.1			71	5.3
			max. 137	88						
7	8.2	57	moy. 114	85	141	10.4	56	4.1	85	6.3
			min. 100	79	135	10.			79	5.9
			max. 130							
8	8.5	59	moy. 175	87	140	10.3	53	3.9	87	6.4
			min. 156	75	128	9.5			75	5.6
			max. 199	99						
9	8.8	61	moy. 137	91					91	6.7
			min. 121	82					82	6.0
			max. 158	100						
10	12.3	86	moy. 188	82	134	10.	52	3.9	82	6.0
			min. 160	74	126	9.3			74	5.5
			max. 219	98						
11	14.	97	moy. 235	108	174	12.8	66	4.8	108	8.0
			min. 210	102	168	12.4			102	7.5
			max. 265							
14	21.	146	moy. 320	99	160	11.8	61	4.5	99	7.3
			min. 300	92	153	11.3			92	6.8
			max. 364							

De même que dans les expériences antérieures sur les chiens, les chiffres diffèrent ici plus entre eux chez les animaux dont le poids dépasse 10 kilogr. que chez les individus plus petits.

Ici comme là, les chiffres fournis pour la pression négative par les animaux de moindre taille m'inspirent le plus de confiance, parce que, chez les animaux plus grands, l'expansion des poumons, dans mon appareil, ne pouvait être effectuée avec assez de lenteur et d'uniformité, les ouvertures des divers robinets étant trop petites pour cela. Lors de l'aspiration de grands volumes d'air par ces petites ouvertures, la pression devenait bientôt un peu trop fortement négative, et il ne pouvait donc être entièrement satisfait à l'une des conditions qui sont nécessaires, ainsi que je l'ai dit plus haut, pour obtenir des chiffres exacts. Dans le cas actuel, il y a encore une seconde raison pour laquelle j'attache plus de valeur aux chiffres donnés par les petits individus. C'est que la détermination de la capacité respiratoire normale a également dû être moins exacte chez les animaux plus grands, parce que, pour eux, les soupapes étaient un peu trop petites et que la résistance des soupapes augmente aussi lorsque les volumes d'air déplacés deviennent plus grands. — Pour l'une et l'autre raison, dans ce que j'ai encore à dire de mes résultats, je négligerai les deux dernières déterminations.

Des 7 autres expériences, il résulte que la pression négative totale existant dans le thorax, lorsqu'on aspirait une quantité d'air égale à celle qui avait été trouvée en moyenne pour la capacité respiratoire normale, s'élevait, en moyenne, à 136 mm. d'eau ou 10 mm. Hg. — Or j'admets que la valeur moyenne trouvée dans mes expériences pour la capacité respiratoire normale est encore un peu trop forte, une *légère* résistance ayant été éprouvée dans la respiration par les soupapes, et que c'est par conséquent la valeur *minima* de ces expériences qui doit être portée en compte. *En ce cas, chez le chien, la valeur de la pression négative à la fin de l'inspiration serait de 127 mm. d'eau ou 9.4 mm. Hg., et la différence de pression à l'inspiration et à l'expiration serait donc d'environ 5.5 mm. Hg.*

Chez le lapin, il est moins facile d'arriver à la connaissance de la capacité respiratoire normale. Les volumes d'air déplacés

sont si petits, que leur détermination, de la manière décrite pour le chien, m'a semblé peu sûre. En outre, même dans les circonstances normales, la susdite capacité respiratoire paraît être sujette à des fluctuations assez fortes. M. Gad a décrit ¹⁾, en 1879, un pneumatographe reposant sur le même principe que mon appareil, et dont le tambour, léger, très mobile et, bien entendu, équilibré dans toutes les positions, porte un style traceur, qui enregistre les volumes d'air déplacés. De la hauteur de la courbe obtenue avec cet appareil, on peut déduire les volumes d'air inspirés et expirés. Dans le tracé donné par M. Gad pour un lapin du poids de 1,95 kilogr., la hauteur de la courbe correspond à environ 20 c.c. d'air. A la question que je lui avais adressée, pour savoir si la suite de ses recherches avec le pneumatographe avait donné pour la capacité respiratoire d'un lapin d'environ 2 kilogr. une valeur moyenne de 20 c.c., M. Gad eut l'obligeance de répondre qu'un volume d'air de 20 c.c. est situé à la limite supérieure de la capacité respiratoire trouvée par lui dans le cas d'une respiration paisible. „Les valeurs les plus fréquentes”, m'écrivit-il, „paraissent se trouver aux environs de 12 c.c., mais, vu la grandeur des fluctuations, ce nombre lui-même ne doit être employé qu'avec circonspection”.

En cet état de choses, il devient naturellement difficile d'arriver à une conclusion par rapport à la valeur moyenne de la pression négative dans la respiration paisible. Je crois pouvoir admettre, toutefois, que les chiffres obtenus dans les expériences mentionnées p. 324, où la capacité respiratoire a été déduite du poids rectifié du corps, sont trop forts. J'ai encore fait, chez ces mêmes animaux, des déterminations de l'élasticité à des degrés moindres d'expansion; en voici les résultats :

¹⁾ *Archiv f. Physiologie* von Du Bois-Reymond, 1879, p. 181. Pour la description de l'appareil, je dois renvoyer au Mémoire de M. Gad; sans figures, elle serait difficilement intelligible.

	Poids rectifié du corps, en kilogr.	Capacité respiratoire calculée, en c. c.	Quantité de l'air inspiré, en c. c.	Pression positive dans la trachée, en mm. d'eau	Pression négative dans le thorax à				Différence de pression à l'inspiration et à l'expiration, en	
					l'inspiration, en		l'expiration, en		mm. d'eau	mm. Hg.
1**	2.66	18.5	10	28	60	4.5	32	2.3	28	2.0
2**	2.05	15	10	36	67	5.—	31	2.3	36	2.6
3**	1.81	12.5	10	39	75	5.5	36	2.6	39	2.9
4**	1.77	12	10	44	80	5.9	36	2.6	44	3.2

Pour le lapin, on voit que la valeur de la pression négative qui règne dans le thorax pendant l'inspiration et l'expiration paisibles ne se laisse pas déduire des déterminations communiquées, comme c'était le cas pour le chien. Néanmoins, je pense que nous ne serons pas loin de la vérité en admettant chez le lapin, comme valeurs moyennes, à la fin de l'inspiration une pression négative de 60 à 70 mm. d'eau ou 4,5 mm. Hg, et à la fin de l'expiration une pression négative de 30 à 40 mm. d'eau ou 2,5 mm. Hg.

Il ressort de nos expériences, au moins en ce qui concerne le chien, que la *valeur absolue* de la pression négative à la fin de l'inspiration et la *différence de pression* à la fin de l'inspiration et de l'expiration sont beaucoup plus grandes qu'on ne l'admettait ordinairement. Si l'on considère que *pendant le mouvement respiratoire* la différence de pression doit être encore plus considérable, il s'ensuit que la variation de la force de succion, de l'inspiration à l'expiration, doit donner lieu à des modifications très importantes du mouvement du sang, tant dans la grande circulation que dans la petite, ainsi que l'ont montré, entre autres, les recherches de M. de Jager.

Ce résultat est en désaccord évident tant avec les chiffres de MM. Adamkiewicz, Jacobson et Rosenthal, obtenus par voie

indirecte, qu'avec les déterminations directes de M. Fredericq, et ce désaccord concerne aussi bien la valeur absolue de la pression négative que la différence de pression entre l'inspiration et l'expiration. Comment expliquer la faiblesse des chiffres trouvés par ces observateurs?

Remarquons, en premier lieu, que toutes leurs communications laissent à désirer, soit par l'insuffisance des détails, soit par le manque de précision. MM. Adamkiewicz et Jacobson se bornent à dire: „Chez les moutons, les chiens et les lapins, nous avons trouvé, sans exception, une pression négative dans le péricarde, lorsque l'expérience avait réussi, c'est-à-dire, lorsque l'autopsie montrait le péricarde perforé, le muscle cardiaque intact ou seulement strié, les poumons et les vaisseaux sans lésion. Dans un grand nombre d'expériences, il ne nous est arrivé que peu d'accidents défavorables. La pression négative oscillait entre — 3 et — 5 mm. *Hg*. En cas de respiration paisible, nous ne l'avons pas vue franchir ces limites, mais bien chez un lapin qui avait été mis artificiellement dans un état de dyspnée violente”. M. Fredericq écrit: „Les graphiques obtenus montrent que, même dans la respiration profonde, tant qu'elle n'est pas forcée, la pression intrathoracique ne varie que de quelques millimètres de mercure ou d'un petit nombre de centimètres d'eau. J'ai cru inutile de reproduire ici ces graphiques, pour ne pas multiplier le nombre des bois”. Et plus loin: „Tant que la respiration s'effectue d'une façon paisible et naturelle, les variations de la pression intrathoracique atteignent à peine quelques millimètres de mercure”. Pourquoi M. Fredericq n'a-t-il pas donné simplement les chiffres obtenus, que ce fût en mm. *Hg*. ou en cm. d'eau? Ce même défaut se rencontre aussi, quoique à un degré beaucoup moindre, dans les énoncés de M. Rosenthal. Pour le lapin, il est dit que la pression négative s'élève tout au plus à 3 mm. *Hg*, mais la variation qu'elle éprouve dans l'inspiration et l'expiration paisibles n'est pas mentionnée. Quant au chien, on lit: „quelquefois la pression est un peu plus forte, atteignant jusqu'à — 50 mm. d'eau, et les variations respira-

toires sont chez lui plus étendues que chez le lapin"; quant à l'homme: „la pression négative s'élevait à 40—60 mm. d'eau, c'est-à-dire à une valeur peu supérieure à celle qu'on trouve chez le lapin; les mouvements respiratoires ordinaires ne déterminent que des variations de quelques millimètres”.

En ce qui concerne les déterminations de la pression intrapéricardique par MM. Adamkiewicz et Jacobson, j'ai seulement pu les contrôler chez les lapins et les chiens. Pour le lapin, leurs indications ne diffèrent pas notablement des valeurs auxquelles mes expériences ont conduit, mais pour le chien, leurs chiffres, tant ceux de la valeur absolue de la pression négative que ceux de la différence de pression, sont beaucoup plus faibles que les miens. Sur le chien, toutefois, ils n'ont probablement pas fait beaucoup d'expériences, car autrement il ne leur aurait certainement pas échappé que, chez cet animal, la détermination de la pression intrapéricardique est impraticable. Le feuillet pariétal du péricarde se trouve, chez le chien, à une distance relativement grande de la face interne du sternum, et les feuillets pariétaux des plèvres sont, immédiatement derrière le sternum, adossés directement l'un à l'autre, de sorte qu'il est impossible d'arriver, en passant entre ces feuillets, dans le péricarde. On ne peut pas non plus y pénétrer du côté du diaphragme, car, chez le chien, le péricarde pariétal n'est pas adhérent au diaphragme; entre le péricarde pariétal et les deux feuillets pleuraux, il reste chez cet animal, quand le thorax est ouvert, un espace considérable, que parcourt, sur une longueur de quelques centimètres, la veine cave inférieure, qui, à droite, est fixée à la plèvre pariétale.

Chez le chien, MM. Adamkiewicz et Jacobson n'ont donc pas pu mesurer la pression intrapéricardique, et pour le lapin, leurs chiffres s'accordent assez bien avec les résultats obtenus par moi. Lorsqu'il pénètre peu d'air dans le péricarde, comme cela a été le cas, selon toute probabilité, dans leurs expériences, la pression intrapéricardique différera peu de la pression intra-

pleurale, vu que le péricarde est très extensible et n'oppose, dans l'état normal, quand il n'est pas tendu, qu'une faible résistance à la pression ou à l'aspiration qui agit sur lui. C'est ce que démontre indirectement l'expérience suivante. La cavité thoracique étant encore fermée, un manomètre fut fixé dans la trachée. Directement à côté du sternum on ouvrit le péricarde, sans léser la plèvre. La forte expansion de cette membrane se laissait distinctement apercevoir à la face inférieure du diaphragme. Ensuite on ouvrit la plèvre gauche, et enfin la plèvre droite. On trouva ainsi pour la pression positive dans la trachée, en mm. d'eau :

Péricarde ouvert	32
- Plèvre gauche ouverte . . .	42
" droite " . . .	46 ¹⁾

La susdite disposition anatomique du péricarde explique aussi pourquoi, chez le lapin, la pression positive observée dans la trachée augmente encore d'une couple de millimètres lorsque, après avoir ouvert successivement les deux plèvres, on détache le péricarde, là où il adhère au sternum, ainsi que le montrent les chiffres suivants :

	1.	2.	3.
Plèvre droite ouverte . . .	30	29	30
" gauche " . . .	34	31	35
Péricarde détaché	38	39	38

Chez le chien, la section des adhérences entre le péricarde et le sternum n'occasionne pas d'ascension sensible du manomètre fixé dans la trachée, et les différences de pression positive

¹⁾ Le chiffre final de 46 mm. d'eau, pour l'élasticité des poumons du lapin à l'ouverture du thorax, est ici plus élevé que dans le cas où les plèvres seules étaient ouvertes. Par suite de l'ouverture préalable du péricarde et de sa forte dilatation sous l'influence de la pression atmosphérique, les poumons avaient été comprimés et un chiffre plus élevé devait donc être obtenu pour leur élasticité.

qu'on observe dans la trachée en ouvrant successivement les deux sacs pleuraux sont aussi moins considérables, parce que la longue bande qui unit le péricarde au sternum permet ici un plus grand déplacement latéral du médiastin antérieur. Les chiffres obtenus avec le chien sont les suivants :

	1.	2.	3.	4.	5.
Plèvre droite ouverte	51	52	49	61	60
„ gauche „	57	55	51	66	67
Plèvre gauche ouverte	54	49	49		
„ droite „	56	52	50		

Quant aux déterminations de M. Rosenthal, au moyen de la sonde œsophagienne, on pouvait prévoir, comme je l'ai déjà remarqué, qu'elles donneraient des résultats trop faibles. Après avoir coupé, chez un chien, les deux nerfs vago-sympathiques, je déterminai simultanément la pression dans la trachée et dans l'œsophage, les poumons étant dilatés par l'aspiration de différents volumes d'air. La sonde était fixée hermétiquement dans l'œsophage, qui lui-même était fermé au cardia par une ligature. A la fin de l'expérience ou ouvrait le thorax, pour mesurer l'élasticité des poumons dans l'état d'expiration et obtenir ainsi la pression négative totale. Voici quelques-uns des chiffres trouvés :

Volume d'air aspiré, en c.c.	Pression négative, en mm. d'eau.							
	Dans l'œsophage.				Dans le thorax.			
	1.	2.	3.	4.	1.	2.	3.	4.
0	12	10	30	30	67	67	67	67
60	67	65	83	75	132	144	137	135
100	67	101	92	93	179	180	174	179
120		103	91	83		191	188	187

A l'ouverture du thorax, le manomètre fixé dans la trachée indiquait une pression positive de 67 mm. d'eau, tandis que celui de l'œsophage accusait une pression positive de 39 mm. d'eau.

Beaucoup d'autres séries d'expériences pourraient encore être rapportées, si je ne craignais de fatiguer le lecteur. Les chiffres ci-dessus suffisent pour établir qu'on ne peut déterminer par la sonde œsophagienne, même après la mort, la valeur absolue de la pression négative dans le thorax, les résultats ainsi trouvés étant beaucoup trop faibles. Il n'y a même pas égalité entre les chiffres qu'on obtient pour un même degré d'expansion des poumons, car ces chiffres dépendent de l'extension que la paroi œsophagienne a subi antérieurement. Plus on a distendu la paroi de l'œsophage, en déterminant une forte pression négative dans le thorax, plus les chiffres s'élèvent quand les poumons sont ensuite soumis à un moindre degré d'expansion. Après la mort, ils ne peuvent donc pas même être regardés comme une mesure relative, et très probablement il en sera de même durant la vie. L'introduction d'un corps étranger dans l'œsophage influencera sans doute l'innervation de la tunique musculaire, ce qui aura pour effet, non seulement d'abaisser encore plus les chiffres obtenus avec la sonde œsophagienne, mais aussi, vu que cette tonicité réflexe ne sera pas toujours égale, d'empêcher qu'ils ne représentent même, fidèlement, la pression relative.

En tout cas, il est clair que la sonde œsophagienne ne peut donner exactement la valeur absolue de la pression durant la vie, pas plus que la différence de pression qui se produit dans l'inspiration et l'expiration paisibles. Les valeurs trouvées doivent être trop faibles. Sans insister davantage sur ce point, je me bornerai à communiquer encore les chiffres que la sonde œsophagienne m'a fournis chez l'homme. Mon collègue M. Itersson a eu l'obligeance de me mettre dans l'occasion d'exécuter ces déterminations.

La sonde œsophagienne fut d'abord introduite dans l'estomac; dans ces conditions, on observa les oscillations suivantes de la pression positive à l'inspiration et à l'expiration:

Inspiration.	Expiration.
28	25
35	24
42	24
49	35
52	37
67	27

La sonde ayant ensuite été retirée jusque dans l'œsophage, on obtint les chiffres suivants, en mm. d'eau :

— 72	— 60
— 133	— 122
— 140	— 120

A ce chiffre, le manomètre s'arrêta. Le robinet fut alors ouvert et le contact avec l'air établi. On trouva ainsi :

— 72	+ 8
— 80	+ 16
— 60	+ 120
— 80*	— 16*
— 76*	— 16*
— 100	— 24
— 86	+ 40

Ces chiffres expriment approximativement les variations de pression qui se produisirent dans l'œsophage pendant le *mouvement* inspiratoire et expiratoire. Je ne pus obtenir du patient qu'il s'arrêtât tranquillement, pendant un temps appréciable, soit dans l'inspiration, soit dans l'expiration, et les chiffres donnés ne fournissent donc nullement la mesure de la pression qui aurait été trouvée dans ces conditions. J'ai seulement observé, pendant les courts instants qu'il restait dans l'état d'inspiration, que la pression négative dans l'œsophage devenait beaucoup moindre.

Les chiffres marqués d'un astérisque se rapportent à une respiration très paisible.

Restent les déterminations directes de M. Fredericq. Sont-elles, ou non, en contradiction avec mes expériences? De même que lui je n'ai pas trouvé plus de „quelques millimètres” de mercure et „d'un petit nombre de centimètres” d'eau pour la valeur absolue de la pression négative et pour la différence de pression. M. d'Arsonval, d'ailleurs, dans sa détermination directe, a obtenu pour la *différence de pression* à l'inspiration et à l'expiration un chiffre à peu près égal à celui adopté par moi. Je serais en droit d'attacher beaucoup d'importance à ce chiffre de M. d'Arsonval, si les nombres qu'il indique pour la valeur absolue de la pression négative n'étaient pas si élevés. Comment M. d'Arsonval a trouvé pour celle-ci une valeur de 150 à 220 mm. d'eau, c'est ce que je ne m'explique pas, et en conséquence je ne puis attribuer au chiffre qu'il donne pour la différence de pression, bien que ce chiffre soit parfaitement d'accord avec mes propres résultats, aucune force démonstrative. -- Des paroles de M. Fredericq, je crois devoir inférer qu'il adopte des chiffres plus bas, tant pour la valeur absolue de la pression négative, que pour la différence de pression. Quoique ne touchant pas la question de savoir si par la sonde œsophagienne la valeur absolue de la pression négative peut être déterminée ou non, il a pourtant enregistré la respiration au moyen de cette sonde et il en donne même des tracés. Ses conclusions sont aussi en harmonie avec ces graphiques.

Ainsi que je l'ai déjà remarqué au début, il ne me paraît pas possible de déterminer directement la valeur de la pression négative dans le thorax à l'inspiration et l'expiration paisibles. Moi-même j'ai fait à l'origine quelques expériences sur l'animal vivant, mais j'ai bientôt abandonné cette voie, parce que la respiration éprouvait trop de trouble. Il y a d'ailleurs encore un autre inconvénient. La respiration du chien est, comme nous l'avons vu, éminemment abdominale, et pour cette raison la valeur de la pression ne peut être convenablement mesurée à la paroi costale, parce que le poumon lui-même ferme la canule. On devrait introduire le long de la paroi tho-

racique et du diaphragme un tube muni d'ouvertures latérales, pour être sûr qu'on détermine exactement la pression négative dans le thorax. La faiblesse des chiffres obtenus par MM. Adamkiewicz et Jacobson, qui, comme nous l'avons vu, ont mesuré, chez le chien, non pas la pression intrapéricardique, mais la pression intrapleurale, me paraît due à cette occlusion de la canule. Qu'elle se produit au moins fréquemment, c'est ce dont je me suis assuré sur l'animal mort, lorsque, voulant savoir si le soulèvement des côtes contribuait à surélever mes chiffres, — avant que j'eusse appris à connaître la cause de la différence initialement observée, à des degrés d'expansion en apparence égaux, dans le thorax naturel et dans le thorax artificiel, — je déterminai simultanément la pression positive dans la trachée et la pression négative dans la cavité pleurale. Souvent les chiffres concordaient parfaitement entre eux, mais souvent aussi il en était autrement, parce que tantôt la canule était bouchée par le poumon, tantôt elle ne l'était pas.

Or, comme il semblait malaisé d'introduire la canule de telle sorte qu'elle mesurât la valeur réelle de la pression négative, et comme en outre il y a si peu de chances que l'animal respire normalement, j'ai renoncé à toute tentative ultérieure de déterminer la pression négative directement dans le thorax. La méthode indirecte, que j'ai suivie, m'a paru préférable sous tous les rapports.

Ma conviction à cet égard a été fortifiée par les résultats de M. Weil, dont la monographie du pneumothorax ¹⁾ m'est parvenue, comme je l'ai dit dans une note au bas de la p. 314, lorsque le présent travail était déjà entre les mains du compositeur et en partie imprimé. M. Weil s'y est pris un peu autrement pour déterminer la pression négative dans le thorax. Après que la peau a été incisée, une canule conique, en verre, est poussée à travers les muscles et la plèvre. Lorsque l'orifice

¹⁾ A. Weil, *Zur Lehre vom Pneumothorax, insbesondere vom Pneumothorax bei Lungenschwindsucht*, 1882.

de cette canule a une paroi mince et n'est pas trop petit (1 à 2 mm. de diamètre), on réussit à pénétrer dans le sac pleural, sans que la canule soit bouchée et sans que de l'air s'introduise le long de la canule dans la plèvre. Sur cette canule se trouvent, à 1—2 cm. de la pointe, quelques rainures annulaires. Des fils, passés dans la peau de l'animal et maintenus dans ces rainures, fixent la canule. L'autre extrémité de la canule est reliée par un tube de caoutchouc à une pièce en T, dont l'un des bras conduit à un manomètre, tandis que l'autre peut être fermé ou mis en communication avec un réservoir, pour réaliser les différentes formes de pneumothorax — pneumothorax ouvert, pneumothorax à soupape et pneumothorax fermé. Pour la détermination de la pression négative intrathoracique dans les circonstances normales, ce second bras est fermé. En opérant ainsi, il pénètre naturellement un peu d'air dans la cavité pleurale, mais la quantité en est minime. Cette méthode a l'avantage que le poumon ne remplit plus entièrement le sac pleural et ne peut donc pas boucher l'ouverture de la canule; par contre, elle présente l'inconvénient que les conditions ne sont plus tout à fait normales.

M. Weil a trouvé ainsi, chez le lapin, en mm. d'eau:

Expé- rience.	Poids du corps, en kilogr.	Côté opéré.	Pression négative à		Différence de pression.
			l'inspiration.	l'expiration.	
1.	1.39	droit.	90	—	—
2.	1.53	»	120	10	110
3.	1.55	»	40	30	10
4.	1.67	»	50	10	40
5.	1.68	gauche.	60	10	50
6.	1.82	droit.	70	20	50
7.	—	»	60	10	50
8.	—	»	50	20	30

Chez le chien, l'expérience fut faite de la même manière. Les animaux devaient être narcotisés par la morphine, sans quoi il était entièrement impossible d'enregistrer la respiration et de déterminer la pression. Les chiffres obtenus sont les suivants :

Expé- rience.	Poids du corps, en kilogr.	Côté opéré.	Pression négative à		Différence de pression.
			l'inspiration.	l'expiration.	
1.	4.60	droit.	90	—	—
2.	4.80	»	120	—	—
3.	8.	»	70	20	50
4.	12.80	»	85	65	20
5.	12.85	»	110	80	30
6.	43.	»	140	110	30

M. Weil résume ces résultats de la manière suivante. Pour le lapin, la valeur moyenne tirée des 8 expériences est, pour la pression négative à l'inspiration, 67 mm. d'eau, pour la pression négative à l'expiration, 16 mm., et pour la différence de pression, 49 mm. Pour le chien, d'après les 6 expériences communiquées, les valeurs moyennes sont: 102 mm. à l'inspiration, 46 mm. à l'expiration et 32 mm. pour la différence de pression.

Je n'ai pas saisi bien clairement, par la description de M. Weil, quelle est la signification des chiffres des tableaux ci-dessus, c'est-à-dire, s'ils représentent les valeurs *moyennes* de chaque expérience. Même en admettant qu'il en soit ainsi, on voit suffisamment, par les grandes différences qui existent entre les différentes déterminations, qu'on ne peut en déduire, au moins pour l'objet que nous avons en vue, des valeurs moyennes; la méthode indirecte, suivie par moi, est évidemment préférable.

Quelles sont maintenant, chez l'homme, les valeurs de la

pression négative absolue et de la différence de pression dans l'inspiration et l'expiration paisibles? Une réponse précise ne pourra être faite à cette question qu'à la suite de déterminations directes sur l'homme. Néanmoins, je crois pouvoir indiquer déjà, par à peu près, à quels chiffres ces valeurs s'élèveront probablement.

Le lecteur aura sans doute été frappé, comme moi, de la circonstance que les valeurs trouvées pour le chien sont sensiblement égales entre elles, malgré des différences notables dans le poids du corps. Il semble que la taille de l'animal n'exerce que très peu d'influence. On ne peut toutefois tirer une conclusion des expériences sur le chien, car l'âge et le genre de vie de ces animaux peuvent avoir différé beaucoup, et il y a même lieu d'admettre que les plus grands non seulement étaient plus vieux, mais avaient aussi été soumis longtemps, comme animaux de trait, à un travail pénible. Seulement en ce qui concerne le chien de l'expérience 11, je savais qu'il n'était âgé que d'un an et n'avait pas travaillé; la pression négative à l'expiration fut trouvée chez lui plus forte que chez les autres sujets, savoir, égale à 66 mm. d'eau. Dans les deux expériences mentionnées à la p. 344, sous les numéros 4 et 5, les animaux étaient aussi relativement jeunes et la valeur absolue de la pression négative élevée, savoir, 66 et 67 mm. d'eau. L'âge paraît donc avoir réellement de l'influence.

Mais en est-il de même de la taille? Pour obtenir quelques notions à cet égard, j'ai déterminé chez la vache et chez le veau, qui tous deux vivent dans les mêmes conditions favorables, la valeur de la pression négative à l'expiration. Des déterminations analogues ont déjà été faites, en 1819, par Carson ¹⁾, mais d'une manière défectueuse. Un ballon de verre d'environ 2 litres de capacité, partiellement rempli d'eau, portait vers le haut un tube, qu'on fixait dans la trachée. Au bas du ballon était adapté un autre tube, auquel on pouvait donner

¹⁾ *On the elasticity of the lungs*, dans *Philos. Trans.* 1820, t. I, p. 29.

une position verticale, et qui était rempli d'eau, jusqu'à une certaine hauteur au-dessus du niveau du liquide à l'intérieur du ballon. Lorsque le thorax était ouvert, Carson observait si l'eau montait ou descendait dans le tube vertical, d'où il déduisait, approximativement, la force élastique des poumons. Il trouva ainsi des chiffres extrêmement élevés, 400 à 500 mm. d'eau, pour l'élasticité des poumons chez la vache et le veau, immédiatement après la mort. Un chat et un chien, qui avaient été tués la veille, lui donnèrent également des nombres très élevés. M. Milne Edwards ¹⁾, qui mentionne ces expériences, rapporte qu'il a toujours obtenu des valeurs beaucoup plus faibles que celles de Carson; il parle aussi, mais sans citer de chiffres, de déterminations analogues faites par Bérard. Ce que Carson a proprement déterminé n'est pas facile à inférer de son Mémoire. Peut-être la cause des hauts chiffres qu'il a trouvés doit-elle être cherchée uniquement dans la circonstance que, pour ses déterminations, „les bœufs étaient couchés sur le dos, l'épaule élevée un peu au-dessus du reste du corps”. Dans cette position, l'énorme panse de l'animal peut avoir tiré le diaphragme en bas, de sorte que Carson aurait mesuré la pression négative, non pas dans l'état d'expiration, mais dans celui d'inspiration. Mes expériences, du moins, ont donné des résultats beaucoup plus faibles. L'animal mort étant couché tout à fait horizontalement sur le dos, je déterminai la pression positive dans la trachée, après que la cavité abdominale eut été ouverte. Ensuite, le boucher détacha l'épiploon et refoula l'estomac vers le bas. Le diaphragme devint ainsi entièrement libre et, après que le manomètre eut été ramené à 0, le diaphragme fut ouvert, d'abord à droite, puis à gauche, ou vice-versa. L'ouverture de la paroi abdominale donna lieu, dans la trachée, tantôt à une légère pression négative, tantôt à une légère pression positive, mais l'ouverture du diaphragme fournit des chiffres très constants pour la pression négative, tant chez

¹⁾ *Leçons sur la physiologie et l'anatomie comparée*, t. II, p. 426.

la vache que chez le veau. Le poids du corps fut estimé par le boucher, pour la vache, dans l'expérience 1, à 520, dans l'expérience 2, à 480, et dans l'expérience 3, à 575 kilogrammes; pour le veau, dans l'expérience 1, à 115, et dans l'expérience 2, à 92 kilogr. Je trouvai pour la pression négative dans le thorax, à l'état d'expiration, en mm. d'eau:

	Chez la vache.		Chez le veau.	
	1.	2.	1.	2.
Plèvre droite ouverte	109	90	67	66
„ gauche „	122	108	84	82
	3.			
Plèvre gauche ouverte	106			
„ droite „	120.			

Chez le veau, les chiffres sont plus bas que chez la vache, et chez la vache du poids le plus faible, celle de l'expérience 2, les chiffres sont aussi moins élevés que chez les deux autres. Peut-on en conclure que la taille de l'animal exerce de l'influence, ou bien y a-t-il d'autres facteurs en jeu? C'est ce que je n'ose décider.

Pour l'homme, nous possédons encore, outre les déterminations de M. Donders, celles de M. Perls ¹⁾. Le premier, ainsi que nous l'avons vu, a trouvé pour la force élastique des poumons humains à l'état d'expiration, comme valeur maxima, 70 mm. d'eau; le second 66 mm. A la vérité, ni dans les expériences de l'un, ni dans celles de l'autre, les poumons n'étaient parfaitement indemnes; mais M. Hutchinson, chez un homme de 29 ans, à poumons sains, a trouvé à peu près la même valeur, savoir, 61 mm. d'eau ou 4,5 mm. *Hg.* Tant qu'on ne possédera pas de nouvelles déterminations, le chiffre de M. Hutchinson devra être admis, me semble-t-il, comme valeur moyenne de la pression négative intrathoracique à l'expiration ²⁾.

¹⁾ *Ueber die Druckverhältnisse im Thorax bei verschiedenen Krankheiten*, dans: *Deutsches Archiv f. klin. Medicin*, 1869, t. VI, p. 1.

²⁾ Ainsi que je l'ai déjà indiqué, p. 306, il me paraît probable que durant la vie, lors de l'expiration dans l'attitude debout, chez l'homme et chez

Par l'insufflation de 500 c.c. d'air, cette pression négative, dans l'expérience de M. Hutchinson, aurait probablement été portée à 102 mm. d'eau, ainsi que je l'ai dit antérieurement, et la différence de pression aurait donc été de 41 mm. d'eau, ou 3 mm. *Hg.* Ce chiffre, toutefois, est vraisemblablement un peu trop faible, parce que l'élasticité des poumons augmente le plus lors de l'expansion par les premiers centimètres cubes d'air.

J'espère que d'autres expérimentateurs, placés dans des circonstances favorables, décideront jusqu'à quel point cette hypothèse se vérifie, en faisant la détermination, par la méthode que j'ai décrite, chez l'homme immédiatement après la mort. Dans ce cas, je prierai qu'on ne perde surtout pas de vue les conditions indiquées, dont dépend entièrement la réussite de l'expérience, c'est-à-dire l'obtention de chiffres exacts.

les animaux, le diaphragme ne s'élèvera pas aussi haut qu'après la mort, dans le décubitus dorsal et la cavité abdominale ouverte. Le chiffre qu'on obtient pour l'élasticité des poumons, à l'état d'expiration, après la mort, serait, en ce cas, trop faible. Surtout chez les herbivores, l'influence des viscères abdominaux sur la position du diaphragme sera, je crois, assez importante.

RECHERCHES THERMOCHIMIQUES SUR L'OZONE,

PAR

E. MULDER et H. G. L. VAN DER MEULEN.

Pour la détermination de la valeur thermochimique de OO, OO, OO , ou, autrement dit, de la quantité de chaleur en calories devant latente quand on transforme 3 OO en 2 OOO , c'est à dire 3 molécules d'oxygène ordinaire en 2 mol. d'ozone (non compris la chaleur de condensation moléculaire, voyez plus bas) nous sommes partis antérieurement ¹⁾ de l'équation $As_2 O_3 Aq, OO - As_2 O_3 Aq, 2 OOO = OO, OO, OO$. La valeur de $As_2 O_3 Aq, 2 OOO$ (la chaleur de combinaison de deux atomes d'oxygène, provenant de deux molécules d'ozone, avec une molécule d'acide arsénieux dissous dans l'eau, en formant de l'acide arsénique ²⁾) peut être déterminée par une expérience directe, ce qui n'est pas le cas pour celle de $As_2 O_3 Aq, OO$.

De même que M. Berthelot, nous avons pris pour cette valeur 78280 C, mais avec l'intention d'y revenir plus amplement, car la valeur OO, OO, OO est déterminée en grande partie par celle de $As_2 O_3 Aq, OO$. On pourrait même se demander si la valeur de $As_2 O_3 Aq, OO$ rentre dans le domaine de l'observation. Avant de passer à la communication d'une nouvelle série d'observations sur la détermination de la valeur de $As_2, O_3 Aq, 2 OOO$, nous essaierons de résoudre la question soulevée.

¹⁾ *Versl. en Meded. d. Koninkl. Akad. v. Wetensch.* 2^e Série, XVI, p. 286.

²⁾ *l. c.*

Sur la valeur calorimétrique de $\text{As}_2\text{O}_3\text{Aq}, \text{OO}$.

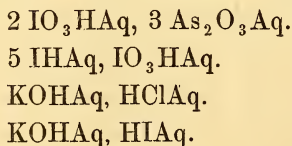
D'abord nous ferons la remarque, qu'il ne faut point perdre de vue, que l'expression thermochimique $\text{As}_2\text{O}_3\text{Aq}, \text{OO}$ a une tout autre signification que celle de $\text{As}_2\text{O}_3\text{Aq}, 2\text{O}$. En effet, la dernière représente la chaleur de combinaison de deux atomes d'oxygène libres avec $\text{As}_2\text{O}_3\text{Aq}$, tandis que la première se rapporte à une molécule d'oxygène ordinaire.

Or l'on croyait pouvoir déterminer indirectement la valeur de $\text{As}_2\text{O}_3\text{Aq}, \text{OO}$ en oxydant une solution aqueuse d'acide arsénieux au moyen d'acide iodique et en se servant en même temps de plusieurs autres constantes (voyez plus bas). C'est de cette manière, que Thomsen ¹⁾ crut pouvoir adopter pour la valeur de $\text{As}_2\text{O}_3\text{Aq}, \text{OO}$ 78360 c, tandis que Favre et Silbermann ²⁾ donnèrent 78200 c.

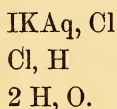
Pour répondre à la question, jusqu'à quel point peut être déterminée la constante de $\text{As}_2\text{O}_3\text{Aq}, \text{OO}$, il faut d'abord faire attention à celle de $\text{As}_2\text{O}_3\text{Aq}, 2\text{O}$; la raison en sera donnée plus tard. Pour trouver la valeur de $\text{As}_2\text{O}_3\text{Aq}, 2\text{O}$ au moyen de l'acide iodique, il faut avoir cinq équations thermochimiques, à savoir :

- 1) $2\text{IO}_3\text{HAq}, 3\text{As}_2\text{O}_3\text{Aq} = 3(\text{As}_2\text{O}_3\text{Aq}, 2\text{O}) - 2\text{IHAq}, 3\text{O}$.
- 2) $\text{IHAq}, 3\text{O} = \text{I}, 3\text{O}, \text{H}, \text{Aq} - \text{I}, \text{H}, \text{Aq}$.
- 3) $5\text{IHAq}, \text{IO}_3\text{HAq} = 3(2\text{H}, \text{O}) - 5(\text{I}, \text{H}, \text{Aq}) - \text{I}, 3\text{O}, \text{H}, \text{Aq} + 3(\text{I}, \text{I})$.
- 4) $\text{IKAq}, \text{Cl} = \text{Cl}, \text{H}, \text{Aq} - \text{I}, \text{H}, \text{Aq} + \text{KOHAq}, \text{HClAq} - \text{KOHAq}, \text{HIAq}$.
- 5) $\text{Cl}, \text{H}, \text{Aq} = \text{Cl}, \text{H} + \text{ClH}, \text{Aq}$.

On peut déterminer directement par l'expérience :



L'observation ne donne pas directement :



¹⁾ *J. f. pr. Chem.*, XI, p. 147, 177.

²⁾ *J. de Pharm. Chim.*, XXIV, p. 24 (Nous n'avons pas lu ce mémoire).

Il y a encore d'autres valeurs, telles que 3 IHAq, 3 O etc., qui ne se prêtent pas à une détermination directe par l'expérience, mais elles peuvent être déduites de valeurs précédentes (voyez plus bas).

Posons, pour abrégé :

$$2 \text{ IO}_3\text{HAq}, 3 \text{ As}_2\text{O}_3\text{Aq} = a$$

$$5 \text{ IHAq}, \text{ IO}_3\text{HAq} = b$$

$$\text{ KOHAq}, \text{ HClAq} = d$$

$$\text{ KOHAq}, \text{ HIAq} = e$$

$$\text{ ClH}, \text{ Aq} = f$$

$$\text{ IKAq}, \text{ Cl} = z$$

$$\text{ Cl}, \text{ H} = y$$

$$2 \text{ H}, \text{ O} = x,$$

alors l'équation 5 devient :

$$5) \text{ Cl}, \text{ H}, \text{ Aq} = y + f;$$

de même on a pour l'équation 4 :

$$4) z = y + f - \text{I}, \text{ H}, \text{ Aq} + d - e;$$

pour 3 :

$$3) b = 3x - 5(y + f + d - e - z) - (\text{I}, 3\text{O}, \text{H}, \text{Aq}) + 3(\text{I}, \text{I});$$

pour 2 :

$$2) \text{ IHAq}, 3 \text{ O} = 3x - 5y - 5f - 5d + 5e + 5z - b \\ - (y + f + d - e - z) + 3(\text{I}, \text{I}) = 3x - 6y - 6f - 6d + \\ + 6e + 6z - b + 3(\text{I}, \text{I});$$

et enfin :

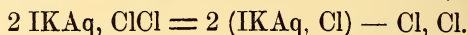
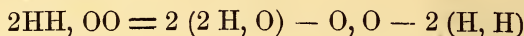
$$1) a = 3(\text{As}_2\text{O}_3\text{Aq}, 2 \text{ O}) - \\ - 2(3x - 6y - 6f - 6d + 6e + 6z - b) + 6(\text{I}, \text{I}).$$

Par conséquent on a :

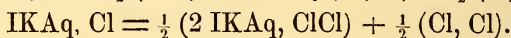
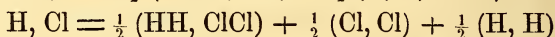
$$\text{As}_2\text{O}_3\text{Aq}, 2\text{O} - \frac{1}{3}a + 2x - 4y + 4z - 4f - 4d + 4e - \frac{2}{3}b + 2(\text{I}, \text{I}).$$

¹⁾ *Scheikundige Aanteekeningen van E. Mulder (1871). II. p. 186 et suiv.*

Les valeurs de x , y et z peuvent être déterminées théorétiquement ¹⁾ de la manière suivante:



On en déduit les valeurs de $x = 2\text{H}, \text{O}$, de $y = \text{H}, \text{Cl}$ et de $z = \text{IKAq}, \text{Cl}$ comme suit:



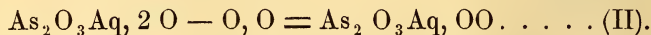
Ecrivons, pour abrégér:

$$\left. \begin{array}{l} 2\text{HH}, \text{OO} = m \\ \text{HH}, \text{ClCl} = p \\ 2\text{IKAq}, \text{ClCl} = q \end{array} \right\} \begin{array}{l} \text{pouvant tous être dé-} \\ \text{terminés directement} \\ \text{par l'observation,} \end{array}$$

et substituons les valeurs de $2x$, $-4y$ et $+4z$ dans l'équation 1, alors on obtient (puisque $2x - 4y + 4z = m - 2p + 2q + \text{O}, \text{O}$):
 $\text{As}_2\text{O}_3\text{Aq}, 2\text{O} = \frac{1}{3}a - 4f - 4d + e - \frac{2}{3}b + m - 2p + 2q + \text{O}, \text{O} + 2(\text{I}, \text{I})$
 et, en y substituant les valeurs primitives de a , b etc.:

$$\text{As}_2\text{O}_3\text{Aq}, 2\text{O} = \left\{ \begin{array}{l} \frac{1}{3}(2\text{IO}_3\text{HAq}, 3\text{As}_2\text{O}_3\text{Aq}) - 4\text{ClH}, \text{Aq}) \\ - 4(\text{KOHAq}, \text{HClAq}) + 4(\text{KOHAq}, \text{HIAq}) \\ - \frac{2}{3}(5\text{IHAq}, \text{IO}_3\text{HAq}) \\ + 2\text{HH}, \text{OO} - 2(\text{HH}, \text{ClCl}) \\ + 2(2\text{IKAq}, \text{ClCl}) + \text{O}, \text{O} + 2(\text{I}, \text{I}). \end{array} \right\} \text{(I).}$$

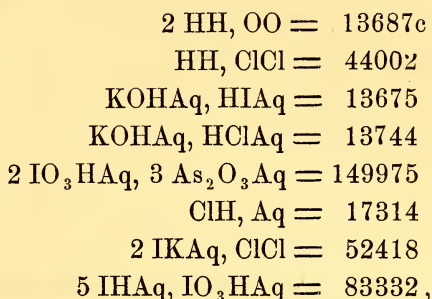
La valeur de O, O (ne pouvant être déterminée directement) suit de l'équation:



Cette valeur de O, O , introduite en (I), donne enfin l'équation:

$$\text{As}_2\text{O}_3\text{Aq}, \text{OO} = \left\{ \begin{array}{l} 2\text{HH}, \text{OO} - 2(\text{HH}, \text{ClCl}) \\ + 4(\text{KOHAq}, \text{HIAq}) - 4(\text{KOHAq}, \text{HClAq}) \\ + \frac{1}{3}(2\text{IO}_3\text{HAq}, 2\text{As}_2\text{O}_3\text{Aq}) \\ - 4(\text{ClH}, \text{Aq}) + 2(2\text{IKAq}, \text{ClCl}) \\ - \frac{2}{3}(5\text{IHAq}, \text{IO}_3\text{HAq}) + 2(\text{I}, \text{I}). \end{array} \right\} \text{(III)}$$

Adoptant :



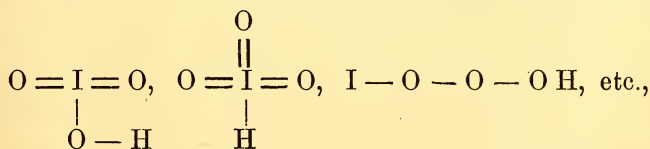
la valeur de $\text{As}_2\text{O}_3\text{Aq, OO}$ deviendra :

$$\text{As}_2\text{O}_3\text{Aq, OO} = 78607c + 2 (\text{I, I}).$$

Or M. Thomsen a trouvé pour la valeur de $\text{As}_2\text{O}_3\text{Aq, OO}$ 78360c, Favre et Silbermann ont trouvé 78200c ; donc en moyenne 78280c, valeur adoptée par M. Berthelot. Outre la chaleur d'oxydation de l'acide arsénieux dissous dans l'eau par l'acide iodique, c'est à dire la constante de $2 \text{ IO}_3\text{HAq, 3 As}_2\text{O}_2\text{Aq}$, on a besoin de huit constantes pour la détermination de la valeur de $\text{As}_2\text{O}_3\text{Aq, OO}$, ainsi qu'on le voit par l'équation (III).

Ce que nous avons dit ci-dessus suffira, nous l'espérons, pour faire ressortir — c'était justement le but de ce développement thermochemique, omis jusqu'ici — que la constante de l'expression $\text{As}_2\text{O}_3\text{Aq, OO}$ ne peut pas être déterminée, sans avoir recours à quelque supposition, attachant une signification plus théorique aux valeurs numériques données.

Pour être plus complets, nous ferons remarquer qu'on peut donner différentes formules de structure à l'acide iodique, telles que :



et que chacun des trois atomes d'oxygène ne donnera pas la même quantité de cal. en oxydant (voyez les équations 1 et 3). Cependant les atomes d'oxygène, produisant l'oxydation dans les équations 1

et 3 (deuxième membre), représentent des atomes d'oxygène libres et par conséquent indépendants de la chaleur de combinaison de chacun de ces atomes cédés par l'acide iodique; nous croyons donc, qu'en effet les équations données peuvent être considérées comme justes.

Seconde série de déterminations de la constante de
 $\text{As}_2\text{O}_3\text{Aq}$, 2 000.

Méthode. Nous avons introduit les modifications suivantes :

1. Les tubes en verre, conduisant l'oxygène ozonifié au ballon calorimétrique, n'étaient pas réunis ensemble au moyen de cire à cacheter (méthode de Berthelot), mais leurs extrémités étaient taillées de sorte qu'elles s'enfonçaient l'une dans l'autre, autant que cela était nécessaire.

2. Le ballon calorimétrique était d'un poids beaucoup moindre, en vue de diminuer la valeur en eau du verre.

3. En joignant le réservoir en verre, contenant l'oxygène ozonifié, à un autre, au moyen d'un tube de verre (muni d'un robinet en verre), nous étions en état de conduire une quantité relativement forte du mélange gazeux dans le ballon calorimétrique et d'obtenir par conséquent une élévation de température d'environ un degré Celsius.

4. Nous avons employé un plus grand nombre de tubes capillaires, dans le but d'accélérer l'union de l'ozone avec l'acide arsénieux dans le ballon calorimétrique.

5. Nous nous sommes servis d'un autre thermomètre pour le ballon cal. que précédemment.

De plus nous avons recherché si l'air, conduit par le ballon cal. vers la fin de l'expérience, afin de mêler le liquide dans le ballon (*pendant* l'expérience ceci se fait par l'oxygène ozonifié entrant) et d'éloigner l'ozone du ballon et du tube adducteur, exerçait quelque influence thermique. Du reste il y avait encore de l'intérêt à le savoir, parce que pendant l'expérience même il pouvait entrer de l'air, à cause de l'aspiration et par une fermeture insuffisante des joints des tubes et des robinets et du

bouchon du ballon; cet air, en se mêlant à l'oxygène ozonifié, pourrait entrer dans la solution contenue dans le ballon cal. (dans lequel il y aura du reste toujours un peu d'ozone, car on peut bien admettre que tout l'ozone n'est pas détruit par l'acide arsénieux). Il serait donc possible qu'il se formât un peu d'acides azotique et azoteux, causant des fautes appréciables. Cette expérience de contrôle fut faite de la manière suivante.

L'air ordinaire (non purifié) fut emprisonné dans un réservoir en verre placé auprès d'un autre réservoir contenant l'oxygène ozonifié. Dans le ballon cal. on versa de l'eau distillée; d'abord on y fit entrer de l'air (en employant les tubes capillaires et l'aspirateur), puis de l'oxygène ozonifié et ensuite de nouveau de l'air, en observant la température du ballon. Le résultat fut qu'en faisant parcourir de l'air pendant 4 minutes, la température resta à $19^{\circ},70$; en faisant entrer le courant d'oxygène ozonifié pendant 3 minutes, elle se maintint et ne changea pas pendant 20 minutes, temps après lequel on rétablit le courant d'air ordinaire. Il est clair qu'on ne nota pas la température avant qu'une certaine quantité d'air ne fût introduite et que la température ne fût devenue constante. Elle fut par exemple évaluée à $19^{\circ},7025$ un peu avant d'être notée, mais s'abaissa bientôt à $19^{\circ},7$. Nous n'avons pas besoin d'ajouter que nous avons pris beaucoup de précautions quant au calorimètre.

Les résultats de l'expérience décrite sont donc :

a. Qu'en admettant que la formation des acides azoteux et azotique ait lieu effectivement, elle n'a aucune influence sensible. Du reste, nous nous sommes assurés, en laissant de l'oxygène ozonifié longtemps en contact avec une quantité relativement grande d'air atmosphérique, que l'ozone ne se combine pas avec l'azote, même en présence de l'eau, ainsi qu'il avait déjà été démontré par M. Carius et aussi par M. Berthelot.

On serait en droit de nous demander pourquoi nous n'avons pas pris de l'oxygène au lieu d'air. La raison en est, en premier lieu, que l'oxygène préparé de la manière ordinaire par le chlorate de potassium (mêlé avec de l'oxyde de cui-

vre) contient presque toujours un peu de chlore (quelquefois même la réaction avec le papier à l'iodure de potassium est très-manifeste). L'oxygène employé dans la préparation de l'ozone fut non seulement séché par l'acide sulfurique, mais en outre conduit par un tube contenant de la chaux sodée. Dans la préparation de l'oxygène en grand, cette purification des traces de chlore est assez pénible; ce ne serait pourtant pas une difficulté prépondérante, si ce n'était que l'oxygène est presque toujours mélangé avec un peu d'air, entr'autres comme conséquence d'une fermeture insuffisante, ce qui est excessivement difficile à éviter.

Mais revenons à notre expérience. Elle nous apprend encore:

b. que l'influence thermique de l'ozone et de l'eau est insignifiante, à ce qu'il paraît.

c. que le bouchon du ballon calorimétrique ne semble pas non plus exercer quelque influence sur la température du liquide. Rappelons encore, pour être plus intelligibles (voyez la 1^e Partie de ce travail (extrait) dans le *Rec. d. trav. chim. d. Pays-Bas*, n^o. 2), que le ballon cal. est muni d'un bouchon par lequel passent les tubes adducteurs et abducteurs pour l'oxygène ozonifié, et un large tube de verre dans lequel le thermomètre est fixé au moyen d'un petit bouchon. Ce dernier tube plonge dans le liquide; l'ozone n'arrive donc jamais en contact avec le petit bouchon; mais il en sera tout autrement pour le grand bouchon, car, comme d'ordinaire tout l'ozone n'est pas décomposé, il viendra en contact avec lui; or, on sait que l'ozone attaque le liège, le blanchit et forme de l'eau. Cependant le bouchon du ballon cal. ne fut pas attaqué, au moins à en juger à l'œil; il n'est donc pas trop hasardé d'admettre qu'il y a eu très peu d'ozone en contact avec le bouchon. On ne pourrait nier cependant qu'une fermeture tout à fait en verre ne fût préférable, quoiqu'elle donnerait lieu à des difficultés assez grandes dans le maniement de l'appareil. Après quelques efforts nous avons réussi à obtenir une pareille fermeture, mais nous n'avons pas encore expérimenté avec elle.

Expériences. Avant de passer à la communication de nos observations thermochimiques sur l'ozone et l'acide arsénieux, nous entrerons dans quelques détails. Dans le dosage, on a pesé la solution d'acide arsénieux et mesuré celle de l'iode dans l'iodure de potassium, comme nous l'avons indiqué antérieurement dans deux des trois expériences. 0,245 gr. d'acide arsénieux, dissous dans l'eau (sans acide chlorhydrique) jusqu'à un poids de 53.5575 gr., formaient la solution normale, avec laquelle on déterminait la valeur de la solution de l'iode. Au moyen de cette dernière fut dosée la quantité d'acide arsénieux contenu dans la solution destinée à être versée dans le ballon calorimétrique.

Pour contrôler autant que possible la pureté de l'acide arsénieux employé dans la préparation de la solution normale, l'iode fut purifié, comme dans la première série d'expériences ¹⁾, par sublimation (mêlé d'abord avec de l'iodure de potassium). 1.27 gr. de l'iode ainsi purifié furent dissous dans l'eau à l'aide de l'iodure de potassium jusqu'à un volume de 500 c.c. 9.4675 gr. de la solution normale d'acide arsénieux exigeaient 43.82 c.c. de cette solution d'iode. Selon la théorie, 9.4675 gr. de la solution normale auraient exigé 43.74 c.c. de la solution iodique (à supposer que l'acide arsénieux et l'iode fussent absolument purs); or un meilleur accord n'est pas à attendre. Inutile d'ajouter que nous avons employé le chiffre de 43.82 c.c.

Tandis que dans la première série d'expériences le poids du ballon cal. montait à 121.122 gr., il ne fut dans celle-ci que de 81.7 gr.

Le nombre de calories se rapportant à $\text{As}_2\text{O}_3\text{Aq}$, 2 000 fut calculé selon la formule (précédemment communiquée ²⁾).

$$R = \frac{2m}{f} (b + p) q,$$

dans laquelle

b. représente la quantité de la solution dans le ballon cal., exprimée en grammes.

¹⁾ *l. c.*, p. 5.

²⁾ *l. c.*, p. 5).

p. la somme des valeurs en eau du thermomètre, de l'appareil à absorption et du ballon.

q. la différence en degrés Celsius de la solution avant et après l'expérience.

f. la quantité d'ozone en grammes détruit par l'acide arsénieux contenu dans le ballon.

m. le poids moléculaire de l'ozone: $OOO = 48$.

R. le nombre de calories calculé pour As_2O_3 Aq, 2 000.

La chal. spéc. de la solution fut prise $= 1$; mais strictement ce n'est pas le cas, comme l'on sait, non seulement à cause de la présence des acides arsénieux et arsénique, mais pas même pour l'eau elle-même.

Dans nos expériences nous avons:

	<i>b.</i>	<i>p.</i>	<i>q.</i>	<i>f.</i>	<i>R.</i>
Exp. I	692.2	12.8	1.075	0.502	gr. 144900
„ II	671.55	12.8	1.0	0.4673	„ 140600
„ III	691.2	12.8	1.115	0.52588	„ 143300

Dans ces expériences on a employé environ 14—16 litres d'oxygène ozonifié.

La marche de la température fut la suivante (pour pouvoir connaître la marche de l'expérience, on l'a notée chaque fois après 20 secondes):

Expérience I.		Expérience II.			Expérience III.		
13.88°	14.40	18.16°	18.66	19.16	18.925°	19.19	19.79
13.88	14.42	18.16	18.68	19.16	18.925	19.21	19.82
13.88	14.46	18.16	18.70	19.16	18.925	19.23	19.84
13.88	14.49	18.16	18.715	19.16	18.925	19.25	19.865
13.88	14.52	18.46	18.73	19.16	18.925	19.27	19.89
13.88	14.54	18.16	18.75	19.16	18.925	19.28	19.92
13.88	14.57	18.16	18.76	19.16	18.925	19.30	19.94
13.88	14.60	18.16	18.78	19.16	18.925	19.32	19.965
13.88	14.63	18.16	18.79	19.16	18.925	19.34	19.98
13.88	14.66	18.16	18.81	19.16	18.925	19.37	20.01
13.88	14.69	18.16	18.83	19.16	18.925	19.375	20.03
13.88	14.72	18.16	18.85	19.16	18.925	19.39	20.04
13.88	14.74	18.16	18.87		18.925	19.415	20.04

Expérience I.		Expérience II.		Expérience III.		
13.88°	14.76	18.16°	18.89	18.925°	19.42	20.04
13.88	14.79	18.16	18.905	18.925	19.44	20.04
13.88	14.82	18.16	18.92	18.925	19.46	20.04
13.88	14.85	18.19	18.94	18.925	19.48	20.04
13.91	14.87	18.21	18.96	18.95	19.50	20.04
13.95	14.89	18.24	18.98	18.99	19.515	20.04
13.99	14.92	18.27	18.995	19.01	19.535	20.04
14.02	14.94	18.30	19.01	19.03	19.555	20.04
14.06	14.95	18.32	19.02	19.05	19.57	20.04
14.08	14.95	18.34	19.04	19.07	19.59	20.04
14.11	14.955	18.36	19.055	19.08	19.615	20.04
14.14	14.955	18.36	19.07	19.09	19.634	20.04
14.17	14.955	18.40	19.08	19.10	19.66	20.04
14.21	14.955	18.42	19.095	19.11	19.68	20.04
14.24	14.955	18.45	19.10	19.12	19.70	20.04
14.27	14.955	18.47	19.12	19.135	19.72	
14.30	14.955	18.49	19.13	19.15	19.74	
14.335	14.955	18.50	19.14	19.17	19.765	
14.36	14.955	18.52	19.15			
	14.955	18.54	19.16			
	14.955	18.56	19.16			
		18.58				
		18.60				
		18.62				
		18.64				

En comparant entre eux les résultats de la première et de la seconde série d'expériences, pour ce qui regarde la constante, nous avons :

		As ₂ O ₃ Aq, 2 000
Sér. I	Expér. I	133000 c.
	„ II	141600
	„ III	145000
„ II	Expér. I	144900
	„ II	140600
	„ III	143300

Quant à l'expér. I de la série I, nous avons déjà communiqué antérieurement ¹⁾ que le courant d'oxygène ozonifié avait été

¹⁾ l. c., p. 7.

très probablement trop rapide; en outre, la solution arsénicale ne fut pas pesée pour le dosage dans cette expérience. En écartant cette expérience, on a comme moyenne des Sér. I et II:

moyenne	$\text{As}_2\text{O}_3\text{Aq}, 2\ 000$
Sér. I (sans l'exp. I)	143300 c
„ II	142900
	différence 400 c.

Le résultat moyen de la Sér. I (sans l'expér. I) et de la Sér. II est donc:

$$\text{Rés. moyen de Sér. I et II } \begin{array}{l} \text{As}_2\text{O}_3\text{Aq}, 2\ 000 \\ 143100\ \text{c.} \end{array}$$

L'augmentation de la température du ballon cal. fut relativement plus grande dans la seconde série que dans la première. Or comme l'oxygène ozonifié parcourait l'appareil plus lentement, il est très probable que la valeur 142900 c est un peu trop basse.

M. Berthelot ¹⁾ trouva dans deux déterminations:

$$\begin{array}{r} \text{I } \text{As}_2\text{O}_3\text{Aq}, 000 = 137600\ \text{c} \\ \text{II} \quad \quad \quad \quad = 125600 \\ \hline \text{en moyenne} = 131600\ \text{c.} \end{array}$$

La différence avec M. Berthelot est donc:

$$143100 - 131600 = 11500\ \text{c.}$$

C'est à juste titre que M. Berthelot attache le plus de valeur à 137600 c., mais nous aussi nous avons plus de confiance dans le nombre le plus élevé que nous ayons trouvé, c'est à dire dans 145000 c., ce qui donne avec M. Berthelot une différence de:

$$145000 - 137600 = 7400\ \text{c.}$$

Le résultat provisoire obtenu par nous, est donc: que nous avons trouvé la valeur de $\text{As}_2\text{O}_3\text{Aq}, 2\ 000$ plus grande que l'éminent thermochimiste.

¹⁾ *l. c.*, p. 3.

Si l'on prend pour la constante de $\text{As}_2\text{O}_3\text{Aq}, \text{OO} = 78607c + 2(\text{I}, \text{I})$ (voyez p. 359) et pour la valeur de $\text{As}_2\text{O}_3\text{Aq}, 2\text{OOO} = 143100$, on a pour celle de $\text{OO}, \text{OO}, \text{OO}$

$$\begin{aligned} \text{As}_2\text{O}_3\text{Aq}, \text{OO} - \text{As}_2\text{O}_3\text{Aq}, 2\text{OOO} &= \text{OO}, \text{OO}, \text{OO} \\ 78607 + 2(\text{I}, \text{I}) - 143100 &= \text{OO}, \text{OO}, \text{OO} \\ &- \{64493c - 2(\text{I}, \text{I})\} = \text{OO}, \text{OO}, \text{OO}. \end{aligned}$$

La valeur moyenne de M. Berthelot pour $\text{As}_2\text{O}_3\text{Aq}, 2\text{OOO}$, c'est à dire celle de 131600 c, donne :

$$- \{54993c - 2(\text{I}, \text{I})\} = \text{OO}, \text{OO}, \text{OO}.$$

La valeur 137600 c (voyez plus haut) donne

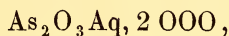
$$- \{58993c - 2(\text{I}, \text{I})\} = \text{OO}, \text{OO}, \text{OO},$$

et notre valeur maxima de 145000 c

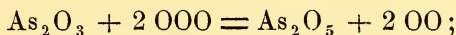
$$- \{66393c - 2(\text{I}, \text{I})\} = \text{OO}, \text{OO}, \text{OO}.$$

La valeur dernière, à savoir $\text{OO}, \text{OO}, \text{OO} = -66393$, se rapproche probablement le plus de la vérité, pour les raisons ci-dessus indiquées.

Nous devons encore ajouter à ce qui précède que la forme $\text{OO}, \text{OO}, \text{OO}$, se rapportant à la chaleur absorbée en transformant 3 OO en 2 OOO, ne comprend pas, dans notre cas, la chaleur de la condensation de 3 molécules d'oxygène ordinaire en deux d'ozone. La raison en est tout simplement que, dans la réaction thermochimique



la réaction chimique qui a lieu est :



autrement dit, deux molécules d'ozone donnent ici deux molécules d'oxygène ordinaire; le nombre des molécules gazeuses ne change donc pas.

Nous nous réservons de faire encore quelques séries d'expériences pour déterminer d'une manière plus précise la constante de OO, OO, OO, et nous y emploierons une méthode directe et une indirecte. Quant à la première, nous avons en vue celle avec le noir de platine, qui a montré effectivement par l'expérience ¹⁾ qu'il possède très probablement la propriété de transformer facilement l'ozone en oxygène ordinaire. Quant à la méthode indirecte, nous nous en tiendrons, du moins d'abord, à celle de l'acide arsénieux, que nous pouvons encore un peu améliorer.

Nous espérons, par exemple, nous mettre en état de conduire, dans une troisième série d'expériences, non seulement l'oxygène ozonifié, mais aussi l'air, de réservoirs en verre, afin qu'ils soient tous les deux dans des conditions à peu près identiques. En même temps, nous aurons soin de faire fonctionner l'aspirateur plus régulièrement, ce qui a trait à ce qui précède; car, dans ce cas-là seulement, pourra se montrer la nécessité d'introduire la formule de refroidissement.

CONSIDÉRATIONS THÉORIQUES.

Comme ce qui précède se borne principalement à l'observation, nous voulons y joindre quelques vues théoriques; car le sujet nous a porté à regarder les états allotropiques ²⁾ de quelques éléments d'un point de vue thermo-chimique.

Allotropie atomique et moléculaire.

La différence relative de la quantité d'énergie que possède l'oxygène dans ses états allotropiques est très remarquable, si on la compare à la différence se montrant dans les allotropies du carbone et du soufre p. e. Cette différence entre le graphite et

¹⁾ *l. c.*, p. 8.

²⁾ *Handwörtb.* Fehling, *Art. Isomerie.*

le carbone amorphe, calculée à un atome, c'est à dire $12 = C$, n'est pas plus grande que 3000 c environ; et dans les allotropies du soufre, cette différence relative d'énergie semble même être trop petite pour qu'on puisse la déterminer d'une manière assez exacte. Quant à l'oxygène ordinaire et à l'ozone, la différence relative d'énergie, calculée à un atome d'oxygène $O = 16$, peut être estimée à non moins de 11000 c, ainsi qu'il résulte de ce qui précède. Or l'hypothèse que la séparation des atomes de carbone exige un plus grand nombre de calories que celle des atomes d'oxygène, ne saurait être trop hasardée. Cependant il est possible que les molécules de carbone et de soufre p. e. à l'état solide (et le soufre aussi à l'état liquide) se composent de beaucoup d'atomes et que la différence du nombre d'atomes dans les allotropies soit petite. Les faits connus ne nous obligent pourtant pas du tout à admettre cette dernière supposition; et si l'on fait attention aux allotropies de l'oxygène — remarquant que l'ozone, qui n'a qu'un atome de plus que l'oxygène ordinaire, en diffère cependant beaucoup dans ses propriétés, étant peu stable p. e. — il nous paraît probable, quoiqu'on n'ait pas affaire à des gaz, qu'en premier lieu les allotropies stables du carbone pourront avoir le même nombre d'atomes dans la molécule. Quant au soufre, cela n'est pas moins probable p. e. pour les allotropies α -, β - et γ -, si l'on tient compte que le soufre γ , qui contiendrait le plus d'énergie, se forme du soufre α à une haute température (car le soufre à l'état de vapeur au-dessus de son point d'ébullition doit être regardé comme étant le soufre γ ayant deux atomes dans la molécule); en outre, le soufre α se transforme par la chaleur en soufre β , qui possédera relativement plus d'énergie.

En général, on peut admettre qu'une élévation de température pourra diminuer le nombre d'atomes dans la molécule. Pour le soufre, il nous semble qu'il n'y a pas non plus de raison d'admettre un grand nombre d'atomes dans les molécules des allotropies et une petite différence dans ce nombre pour les molécules des différentes allotropies. Au contraire les petites différences d'énergie dans les allotropies du carbone et surtout du soufre,

comparées à la grande différence des allotropies de l'oxygène, semblent trouver une explication en admettant que probablement le nombre d'atomes des allotropies du carbone (et du soufre) est le même. Ces dernières allotropies pourraient être causées par une différence dans l'arrangement des molécules, et on aurait à distinguer deux sortes d'allotropies, à savoir :

- 1° une allotropie atomique,
- 2° une allotropie moléculaire.

Dans les allotropies atomiques, ce sont les molécules elles-mêmes qui sont allotropiques, mais dans les allotropies moléculaires on peut regarder une différence de position relative des molécules comme la cause de la différence des propriétés. Nous espérons que ce qui précède pourra contribuer à fixer un peu plus l'attention sur ce point.

L'ozone considéré plus en détail.

Dans tout ce qui précède, nous sommes partis de la supposition que les p. s. de l'oxygène et de l'ozone sont 16 et 24, donc les p. mol. 16×2 et 24×2 , et les formules OO et OOO. Quant à l'affinité, on a adopté l'oxygène comme bivalent, donc :

$O = O$ et $\begin{array}{c} O-O \\ \vee \\ O \end{array}$ ou $O - O - O$; dans le dernier cas, il y aurait

des affinités libres. En admettant que la chaleur de combinaison d'une affinité d'un atome d'oxygène avec une affinité d'un autre atome d'oxygène soit toujours la même, tant dans l'oxygène

ordinaire que dans l'ozone, exprimé par : $\overset{I}{O}, \overset{I}{O} = y$, on est conduit à la formule $O - O - O$ ¹⁾ pour l'ozone, parce que dans

3 ($O = O$) et 2 $\left(\begin{array}{c} O-O \\ \vee \\ O \end{array} \right)$ il y a douze affinités qui se neutralisent

deux à deux, et que par conséquent dans la transformation de l'oxygène ordinaire en ozone il ne pourrait pas y avoir absorp-

¹⁾ Scheik. Aant. v. E. Mulder, t. II, p. 186, 189. (1871).

tion de chaleur, tandis que l'expérience démontre le contraire. Partant de l'hypothèse des affinités comme base de la structure relative, ici de l'oxygène ordinaire et de l'ozone, on pourrait

I I

admettre que la valeur O, O n'est pas toujours la même. Or comme les atomes dans l'oxygène ordinaire et dans l'ozone ne sauraient être placés vis à vis les uns des autres d'une manière identique, ceci semble probable, à part même l'hypothèse des affinités.

Pour le moment, on ne saurait faire autre chose que d'admettre provisoirement pour $O, O \equiv y$ la même valeur, et dans ce cas l'ozone doit être regardé comme $O - O - O$; en faveur de cette opinion on pourrait alléguer le peu de stabilité de l'ozone,

tandis que la structure $\begin{matrix} O \\ \wedge \\ O-O \end{matrix}$ indiquerait une stabilité plus grande.

Le fait que ni la chaleur ni la lumière, mais seulement l'électricité peut transformer l'oxygène ordinaire en ozone, s'explique en tant que des molécules gazeuses chargées d'électricités différentes peuvent arriver temporairement à l'état de repos, ce qui est favorable à l'attraction des molécules et des atomes, ainsi que l'électricité elle-même.

Hypothèse sur la structure des éléments.

Non seulement on a traité maintes fois, surtout dans les dernières années, de la manière dont les éléments pourraient être construits, mais même on a fait des tentatives pour pénétrer par voie expérimentale jusqu'à la structure des éléments. Or il est connu qu'on ne pourrait pour le moment indiquer un fait quelconque qui nous oblige d'admettre qu'un élément, et de même l'atome, puissent être disséqués par les moyens dont la science dispose à présent; il est même très peu probable que l'électricité à son maximum de tension puisse disséquer l'atome. Pourtant il pourrait y avoir de l'intérêt à examiner quelles hypothèses sur la structure de la matière ont leur droit d'exi-

stence. A notre connaissance, l'hypothèse suivante n'a pas encore été énoncée, mais nous ajouterons que sa valeur est naturellement très relative; c'est celle, que l'atome prétendu peut être regardé comme l'atome de premier ordre, construit d'atomes du second ordre, qui se composent eux-mêmes d'atomes du troisième ordre, et ainsi de suite jusqu'à l'infini. Cette hypothèse n'exclut nullement l'unité de la matière. Selon elle, l'atome serait composé infiniment, et chaque tentative d'obtenir une connaissance complète de la matière se heurterait à l'impossibilité de faire un chemin indéfiniment long d'expériences.

UTRECHT, 24 décembre 1881.

RECHERCHES
CONCERNANT LA DISPERSION ÉLECTROMAGNÉTIQUE
SUR UN SPECTRE DE GRANDE ÉTENDUE,

PAR

W. C. L. VAN SCHAİK.

§ 1. Appareils et méthode en général.

Les recherches exactes sur la dispersion électromagnétique des plans de polarisation sont limitées jusqu'ici au spectre visible, savoir, à la partie comprise entre les raies *C* et *G*.

J'ai pensé qu'il y aurait de l'intérêt à étendre la connaissance du phénomène à une autre partie du spectre, où les indices de réfraction se laissent également déterminer avec précision. Dans le spectre *ultra-violet*, ces indices sont grands, les longueurs d'onde petites; les valeurs à substituer pour ces quantités, dans les formules représentant la rotation électromagnétique, diffèrent donc assez notablement, pour cette partie du spectre, de celles qui sont propres au spectre *visible*. Cette circonstance peut offrir un certain avantage pour la vérification des formules existantes, ou pour la construction de formules nouvelles.

L'idée la plus naturelle était d'essayer d'étendre à l'*ultra-violet* les expériences que Verdet avait faites sur le sulfure de carbone et la créosote. Mais une étude préliminaire m'apprit bientôt que ces substances absorbent fortement les rayons *ultra-violet*s.

Il fallait donc chercher d'autres matières, joignant, à une transparence suffisante pour l'*ultra-violet*, un pouvoir rotatoire électromagnétique qui ne fût pas trop faible.

Mon choix s'est arrêté sur deux corps, l'eau et une certaine espèce de verre. Le pouvoir rotatoire électromagnétique de l'eau est environ le tiers de celui du sulfure de carbone; le verre en question dévie un peu plus que l'eau.

J'ai rencontré ce verre dans le cabinet du laboratoire physique de l'université d'Utrecht ¹⁾. C'est un assez grand parallélépipède de Fresnel, taillé par Dollond; sous l'épaisseur donnée, il fut reconnu suffisamment transparent pour la lumière ultraviolette. Un des angles aigus servit plus tard à la détermination des indices de réfraction.

L'indice pour la raie *E* fut trouvé, à 18°, = 1,5139; la densité est = 2,46. Dans la suite, ce verre sera appelé „verre à glace de Dollond”.

Les rotations ont été déterminées suivant la méthode de Fizeau et Foucault. Pour la rotation auxiliaire, j'ai employé, de même que Verdet et M. H. Becquerel, une plaque de quartz de un millimètre d'épaisseur, qui était taillée perpendiculairement à l'axe optique et déviait le plan de polarisation à gauche. On la plaçait entre les nicols, tout près de l'analyseur.

Pour l'observation des rayons ultra-violets, le spectroscopie exigeait une disposition particulière.

D'abord, les milieux réfringents devaient laisser passer convenablement les susdits rayons, et, d'autre part, pour les rendre visibles, un oculaire spécial était nécessaire.

Je me suis servi pour l'ultra-violet d'un spectroscopie ordinaire de Steinheil, dont le verre était remplacé par du spath d'Islande et du quartz.

Le prisme réfringent était un prisme équilatéral de spath d'Islande, et j'employais le spectre ordinaire, qui, pour cette substance, est plus grand que le spectre extraordinaire. L'axe optique était à peu près parallèle aux arêtes réfringentes.

Pour le collimateur, je fis faire une lentille biconvexe de spath

¹⁾ Il fait partie d'un appareil de polarisation d'Airy, n°. 442 du catalogue. (Voir *Pogg. Ann.* t. XXIII).

de 29 mm. de diamètre et de 25 cm. de distance focale moyenne; elle fut taillée suivant l'axe optique.

Pour l'objectif de la lunette, j'ai pris une lentille de quartz qui se trouvait au cabinet de physique; sa distance focale mesure environ 30 cm., et l'axe optique est sensiblement perpendiculaire au milieu de la lentille.

Au lieu d'une fente, j'ai employé, dans la mesure de la rotation, le foyer linéaire d'une lentille cylindrique biconvexe de spath, à distance focale moyenne de 16 mm. et à axe optique dirigé suivant la longueur du cylindre. Par cette lentille, le faisceau lumineux cylindrique, d'un diamètre d'environ 11 mm. au sortir de l'analyseur, était concentré en une ligne, concentration absolument nécessaire ici, au point de vue de l'intensité lumineuse.

Pour l'observation de l'ultra-violet, j'ai fait usage de l'oculaire fluorescent de Soret, pourvu d'une solution d'œsculine. Quant à la construction de cet appareil, je renvoie aux mémoires insérés dans les *Ann. de Chimie et de Phys.*, 1877, XI, et dans *Pogg. Ann. Jubelband*.

Le polariseur et l'analyseur étaient deux prismes de Nicol.

L'emploi d'un prisme de spath calcaire dans le spectroscopie (voir ci-dessus) oblige de mesurer la rotation à l'aide du polariseur, en conservant à l'analyseur une position fixe. En vue de l'intensité lumineuse, on doit naturellement tâcher d'obtenir que le plan de polarisation des rayons qui, après avoir traversé l'analyseur, tombent sur le prisme, soit parallèle au plan de polarisation du spectre qu'on emploie. Or, dans le prisme de spath, le plan de polarisation de chacun des deux spectres a une position déterminée, et il convient donc que le plan de polarisation des rayons qui entrent dans le spectroscopie ait également une position fixe.

Pour l'étude du spectre visible, le spectroscopie dont il vient d'être question était remplacé par un spectroscopie „automatique universel” de Browning, à six prismes de flint, donnant un pouvoir dispersif de douze prismes. Je n'employais qu'un seul

de ces prismes, avec lequel j'obtenais par réflexion, comme c'est le cas dans ces spectroscopes, une dispersion de deux prismes.

Devant le collimateur de ce spectroscopie, je plaçais une lentille cylindrique biconvexe de Duboseq, taillée de telle sorte que les deux surfaces cylindriques convexes se croisent à angle droit, d'où il résulte une convergence du faisceau lumineux dans le sens horizontal et dans le sens vertical. Le foyer linéaire (vertical), que j'amenais sur la fente, est à une distance d'environ 32 mm. du centre de la lentille.

Les rotations électromagnétiques furent toujours étudiées à la lumière solaire. Comme héliostat, on se servait d'un simple porte-lumière, dirigé à la main de façon que le faisceau incident conservât une position fixe, ce qui se laissait faire avec une assez grande exactitude, vu que la personne chargée de ce soin pouvait observer, à une distance de plus de trois mètres du porte-lumière, une tache lumineuse circulaire, qui devait être projetée sur l'ouverture d'un diaphragme.

Parmi les miroirs que j'essayai, ceux qui convinrent le mieux furent un miroir en argent, construit par M. Olland, et un certain miroir en verre étamé. Bien que ce dernier ait une épaisseur assez notable, il satisfait bien pour l'ultra-violet, probablement parce qu'il est un peu cylindrique, la génératrice de la surface étant parallèle à la largeur du miroir. Il en résultait que le faisceau lumineux, qui pénétrait dans le spectroscopie à une distance de cinq mètres de l'ouverture éclairée, éprouvait une certaine concentration.

On observait facilement, dans l'oculaire fluorescent, les raies jusque au-delà de *S*.

Pour l'observation de la rotation du plan de polarisation des rayons ultra-violet par la méthode employée, il est nécessaire que la pièce où l'on opère soit aussi obscure que possible. La réflexion diffuse, sur les objets les plus divers, doit surtout être évitée; dès l'entrée du faisceau solaire dans la chambre, une lueur diffuse se répand de tous côtés. On doit supprimer ces phénomènes au moyen de tubes et de diaphragmes.

Il convient, en outre, que la lumière pénétrant dans le spectroscopé soit aussi intense que possible. Pour cela, l'ouverture du diaphragme de l'héliostat doit être prise beaucoup plus grande que la section du faisceau lumineux qui tombe sur le spectroscopé. Supposons, par exemple, qu'en avant du miroir qui projette la lumière solaire dans la chambre, on ait placé un diaphragme présentant une ouverture de 4 cm. de diamètre; l'image reçue sur un écran éloigné d'une couple de mètres de l'ouverture lumineuse n'est alors plus tout à fait blanche au centre; ce n'est qu'en donnant à l'ouverture des dimensions beaucoup plus grandes qu'on obtient une lumière non affaiblie.

Le but a été le mieux atteint en alignant l'un derrière l'autre des diaphragmes de plus en plus petits.

Le diaphragme en avant du miroir avait une ouverture de 92 mm. de diamètre. Sur la bonnette du porte-lumière était placé un tube noirci à l'intérieur, long de 1,45 m., qui à son extrémité était pourvu d'un diaphragme large de 80 mm. A une distance de 2,48 m., le faisceau lumineux rencontrait un diaphragme indépendant, de 39 mm. de diamètre, et un peu plus loin, savoir à 3 mètres de distance du porte-lumière, un second diaphragme isolé, de 25 mm.

La lumière pénétrait ensuite dans le polariseur, donc dans l'appareil optique, qui, non compris le spectroscopé, avait environ 1,40 m. de longueur.

Le nicol polariseur avait un diaphragme de 18 mm. Les anneaux de fer doux, qui formaient les surfaces polaires de l'électro-aimant, présentaient des ouvertures de 11,5 mm., tandis que le nicol analyseur se trouvait placé entre des diaphragmes de 11 mm. de diamètre.

Par cette disposition je réussis, malgré l'assez grande longueur du rayon lumineux, et tout en empêchant suffisamment l'interférence gênante de la lumière diffuse, à projeter sur la lentille cylindrique placée devant le spectroscopé un faisceau lumineux d'intensité non réduite. Il n'en est pas moins vrai que ces recherches exigent beaucoup de soins et sont certainement au nombre des plus laborieuses que présente la physique pratique.

Le courant était fourni par une machine dynamo-électrique de Gramme (Breguet), qui, pour donner une forte lumière entre les pointes de charbon, avait besoin d'une force d'environ $2\frac{1}{2}$ chevaux. Elle était mue par un moteur à gaz d'Otto, de la force de 4 chevaux, et faisait près de 900 tours par minute. L'électro-aimant était un modèle ordinaire de Ruhmkorff. Sur les noyaux de fer doux on vissait les armatures annulaires, dont l'usage a été introduit par Verdet.

L'intensité relative de la force magnétique était mesurée, comme dans les recherches de Verdet, en faisant agir l'électro-aimant à distance sur un aimant suspendu. Celui-ci était un petit aimant annulaire de Edelmann, qui se trouvait à 4,34 mètres du centre du champ magnétique, et dont on mesurait la déviation au moyen d'un miroir; l'échelle était éloignée de 3,23 mètres de l'aimant suspendu.

Je vais maintenant entrer dans quelques détails concernant la mesure des rotations et des indices, et communiquer les principaux résultats que j'ai obtenus, pendant l'été de 1881, au laboratoire physique de l'Université d'Utrecht.

§ 2. Les rotations.

La méthode d'observation pour les rotations électromagnétiques dans le spectre visible ne différait pas essentiellement de celle de Verdet; toutefois, je plaçais constamment, de même que dans l'ultra-violet, une plaque de quartz de 1 mm. épaisseur, taillée perpendiculairement à l'axe, entre les nicols, près de l'analyseur.

En outre, j'observais toujours la rotation simple, jamais la rotation double, c'est-à-dire, que je n'intervertissais pas le courant. Chaque fois, une observation était donc faite sans le courant, puis une autre avec le courant. La raison en était que l'électro-aimant s'échauffait fortement et rapidement sous l'influence d'un courant intense, et qu'il valait par conséquent mieux faire agir celui-ci

à intervalles que d'une manière continue. Un bouton permettant de fermer et de rompre le circuit se trouvait placé à portée de la main lorsque l'observateur était assis devant le spectroscopie.

Le polariseur et l'analyseur étaient portés chacun par un pied particulier, pourvu de vis calantes et de niveaux à bulle d'air.

Le cercle gradué du polariseur laissait évaluer, au moyen du vernier, un angle de 10 secondes, c'est-à-dire une valeur plus petite que l'erreur de l'observation, erreur qui, par suite du pointé inexact de la bande noire du spectre, pouvait s'élever, chez Verdet, même jusqu'à 10 minutes.

Un axe en cuivre, long d'environ 1,10 m., allait du support du polariseur à celui de l'analyseur; du côté du polariseur, cet axe portait un pignon, du côté de l'analyseur, un bouton, par lequel l'observateur pouvait faire tourner le polariseur.

Les rayons du spectre visible pour lesquels j'ai mesuré les rotations correspondent aux raies *C*, *D*, *E*, *b*, *F*, *G* de Fraunhofer. J'ai également essayé de mesurer la rotation pour la raie *h*, mais les erreurs commises étaient trop fortes pour qu'on pût attribuer quelque valeur aux résultats. L'apparition de la bande noire dans cette région extrême et obscure du spectre visible s'oppose à une détermination tant soit peu exacte; aussi M. H. Becquerel donne-t-il, pour le résultat relatif à cette raie, des erreurs telles, que ce résultat ne peut plus inspirer aucune confiance ¹⁾. Néanmoins, je crois qu'une observation meilleure des rotations dans cette région du spectre serait possible, si l'on employait une plaque de quartz un peu plus épaisse, ce qui diminuerait bien un peu la vitesse de la bande noire, mais augmenterait considérablement l'intensité lumineuse dans cette région.

L'intensité du spectre ultra-violet, que j'observais avec un oculaire fluorescent, s'affaiblit tellement vers la raie *O*, qu'il me parut impraticable, par cette méthode, de mesurer la rotation électromagnétique au-delà de *N*.

¹⁾ *Comptes rendus*, t. LXXXV.

Quoique, près de H_1 et H_2 , la fluorescence soit assez forte, je ne pus pas plus mesurer la rotation pour ces raies, parce que leurs largeurs et épaisseurs relatives occasionnent une illusion optique.

Je résolus donc de n'observer, dans l'ultra-violet, que les rotations pour M et N . La petitesse relative des longueurs d'onde, et surtout la grandeur des indices de ces rayons font suffisamment ressortir, comme la remarque en a été faite au § précédent, l'intérêt de ces observations pour la théorie.

Quand on emploie l'oculaire fluorescent, il importe que toutes les parois intérieures, qui s'y prêtent, soient recouvertes de noir de fumée. Le réflexion diffuse doit être évitée autant que possible.

Le réticule de l'oculaire devait, à ce qu'il m'a paru, s'éloigner un peu de la forme ordinaire. M. Sorèt traçait des lignes en croix sur l'une des deux plaques de verre entre lesquelles était placé le liquide fluorescent. Ces traits gravés sur verre ne me semblèrent pas assez nets. Lorsqu'on fait usage d'une plaque de verre d'urane, il est facile d'appliquer à la face postérieure (celle qui reçoit la lumière) des fils croisés métalliques, qu'on recouvre de noir de fumée.

Une pareille plaque de verre d'urane, de $\frac{1}{2}$ mm. d'épaisseur, se laisse très bien employer au-delà de la raie N , mais non entre N et H , parce que dans cette région, comme le remarque M. Sorèt, la fluorescence du verre d'urane est insignifiante. Pour moi, je me suis toujours servi de la solution d'æsculine.

Si, en faisant usage de cette solution, on applique des fils croisés métalliques au côté postérieur de la plaque de verre, celui qui est le plus rapproché de la source lumineuse, l'épaisseur du verre peut donner lieu à une parallaxe entre les fils croisés et les raies du spectre. Avec des plaques de verre très minces on éviterait probablement cet inconvénient, mais il n'est pas pratique de trop réduire l'épaisseur des plaques, celles-ci étant exposées à se casser pendant les manipulations, d'autant plus que la solution d'æsculine doit être renouvelée tous les jours, ou même deux fois par jour.

A la paroi interne du réservoir de l'æsculine, donc dans le liquide même, on ne peut pas non plus placer les minces fils métalliques; ils casseraient à chaque instant, lors du remplissage du réservoir, et, en outre, de très petites bulles d'air viendraient aisément se loger sous les fils cylindriques, dans l'espace qui reste entre eux et le verre; or, la présence de bulles d'air dans le liquide doit être évitée avec soin, vu qu'elles produisent par réflexion totale une forte illusion optique, qui rend impossible tout pointé exact.

La disposition suivante est celle qui m'a satisfait le mieux. Les deux plaques de verre entre lesquelles est compris le liquide sont séparées l'une de l'autre par un anneau en cuivre de $\frac{1}{2}$ mm. d'épaisseur. Dans l'ouverture de cet anneau est soudée une lame de cuivre de $\frac{1}{4}$ mm. d'épaisseur, de sorte qu'il reste encore, en avant, un espace de $\frac{1}{4}$ mm. de profondeur pour le liquide. La lame de cuivre est pourvue d'une ouverture en forme de V, dont l'extrémité supérieure se trouve au bord et la pointe au centre de la lame, et dont les côtés sont taillés en biseau, de manière à s'appliquer par leur tranchant contre la plaque de verre postérieure. Ce sont ces côtés tranchants de l'ouverture en V qui faisaient fonction de réticule dans la détermination des rotations. Ils étaient évidemment dans le même plan où se formaient, en cas de fluorescence, les raies de Fraunhofer, de sorte qu'il ne pouvait pas non plus se produire de parallaxe. Ce n'est qu'après avoir essayé différentes formes de lames, ainsi que des lames de mica à traits croisés, que je m'arrêtai à la disposition ci-dessus, avec laquelle j'obtins des résultats très constants.

L'oculaire de Ramsden, qui était placé en avant de la substance fluorescente, donnait un grossissement de $3\frac{3}{4}$ fois.

Pour l'observation des rotations dans l'ultra-violet, il importe encore beaucoup de placer le prisme de spath de telle sorte que le spectre soit aussi net que possible. Cette position ne correspond pas au minimum de déviation.

Lorsque le prisme se trouve dans la position de déviation

minima, il doit (vu d'en haut) être tourné encore un peu à droite, si l'observateur est placé de façon à avoir, avec la disposition ordinaire du spectroscopé à un seul prisme, la source lumineuse à sa main gauche.

Les rayons les plus réfrangibles, tels que ceux de l'extrémité du spectre du zinc, obtenu en faisant jaillir entre des pôles de ce métal une étincelle d'induction concentrée, (par exemple $\lambda = 20,6$) se voient beaucoup plus difficilement sous la déviation minima que dans une autre position déterminée du prisme.

La lentille collimatrice de spath donne généralement lieu, dans l'oculaire, à deux images du spectre ordinaire. Ces images ont une assez grande différence de distance à la lentille. On peut donc faire sortir le tuyau qui porte l'oculaire, jusqu'à ce qu'une de ces deux images soit vue nettement; l'autre reste alors, pour ainsi dire, inaperçue. Mais lorsque, en faisant tourner le polariseur, on amène dans le champ la bande noire, celle-ci apparaît naturellement sur chacune des deux images, et bien que l'une d'elles ne soit presque pas visible dans les circonstances ordinaires, l'obscurcissement local ainsi produit se fait reconnaître plus ou moins distinctement.

Or, les raies correspondantes des deux images n'occupant nullement la même place dans le champ visuel, il en est de même des deux bandes noires; celles-ci ne coïncident pas exactement. Il en résulte que le milieu de cette bande, sur lequel on pointe, n'est pas jugé à sa place véritable ¹⁾.

Il est donc nécessaire que l'image qu'on n'étudie pas soit complètement obscurcie. Cette condition est réalisée de la manière suivante.

On enlève le nicol polariseur, ainsi que la lentille collimatrice, puis on envoie, suivant l'axe de l'appareil optique, un faisceau de lumière non polarisée. On tourne alors l'analyseur, jusqu'à ce que le spectre ordinaire, qu'on reçoit sur un écran après avoir

¹⁾ Une mesure spéciale m'a appris qu'on peut commettre ainsi des erreurs de plus d'un degré.

détourné la lunette, soit aussi brillant que possible, et le spectre extraordinaire éteint. Cela obtenu, on ne touche plus à l'analyseur.

Ensuite on met en place la lentille collimatrice, qui est taillée suivant son axe optique. Elle donne sur l'écran deux images du spectre, qui se recouvrent en partie, mais sont faciles à distinguer l'une de l'autre. On tourne alors la lentille autour de l'axe de la lunette, en faisant mouvoir sa monture sur le filet de vis, jusqu'à ce que l'une des images soit éteinte. A partir de ce moment, la lentille collimatrice conserve sa position.

Le polariseur peut alors être remis en place, et l'appareil est prêt à fonctionner.

Immédiatement au-dessus des substances placées entre les pôles magnétiques se trouvait le réservoir d'un thermomètre, qui faisait par conséquent connaître très approximativement la température à laquelle l'expérience avait lieu. On sait, du reste, que la température ne constitue qu'un facteur très insignifiant dans la rotation électromagnétique, à tel point que plusieurs observateurs (Lüdtge, Bichat) ont cru pouvoir conclure que la rotation diminue tant soit peu lorsque la température s'élève, tandis que d'autres (Matteucci, Joubert) admettent dans ce cas une légère augmentation. En examinant les chiffres donnés par ces auteurs, on reconnaît effectivement qu'une différence de température, même de 10°, ne produisait dans la rotation qu'une différence inférieure de beaucoup à l'erreur de l'observation.

Durant les expériences, on notait itérativement la position de l'image de l'échelle dans le miroir de l'aimant suspendu, tant lorsque le circuit était fermé que lorsqu'il était ouvert ¹⁾.

¹⁾ En introduisant une résistance dans le circuit, on peut faire qu'il en résulte, dans la déviation de l'image de l'échelle, une différence un peu plus grande que celle à laquelle peuvent donner lieu les variations du courant lui-même. Soit m la déviation, et Δm la différence produite par la résistance. Si alors on a trouvé, pour une certaine raie de Fraunhofer, d'abord une rotation = ϱ et plus tard une différence de rotation = $\Delta \varrho$, on peut aisément vérifier si $\frac{\Delta m}{m} = \frac{\Delta \varrho}{\varrho}$ et si, entre ces limites aussi, il est satisfait à une pareille relation. Dans ce cas, les observations relatives aux autres raies se laissent ramener, par un calcul simple, à des observations pour une même force magnétique.

Les rotations relatives aux petites longueurs d'onde auront toujours été données, à ce que je crois, un peu trop fortes, la différence, d'ailleurs, ne dépassant pas une couple de minutes. Cela tient, selon moi, à la nature de la méthode suivie, et doit donc s'appliquer aussi aux observations de Verdet. Voici de quoi il s'agit.

Prenons un spectre „normal,” à rayons de moindre longueur d'onde situés à droite, et faisons-y apparaître de la manière décrite, par rotation électromagnétique, une bande noire. On reconnaîtra facilement que la partie la plus obscure de la bande ne correspond pas à son milieu, mais se trouve un peu à gauche: en effet, comme la rotation augmente très fortement à mesure que la longueur d'onde diminue, les plans de polarisation des rayons situés à droite du point le plus obscur s'écartent plus de la perpendiculaire au plan de polarisation de l'analyseur que ceux des rayons situés à gauche, et par conséquent ces rayons à droite éprouvent une extinction moindre; l'obscurcissement décroît plus rapidement du côté droit que du côté gauche.

Or, dans les expériences en question, il faut proprement viser la partie la plus obscure de la bande; mais, involontairement, on amène sous le réticule une partie située plus près du milieu de la bande, c'est-à-dire, trop à gauche. En réalité, on mesure donc la rotation appartenant à la partie la plus obscure, qui maintenant se trouve à droite du réticule, et on attribue cette rotation mesurée (relative à une longueur d'onde moindre) au rayon qui tombe sur le réticule. On assigne donc à ce rayon une rotation trop grande. Cette différence augmentera encore un peu par l'emploi d'une plaque de quartz.

Si, au lieu d'un spectre normal, on a un spectre prismatique, et que la dispersion dioptrique y suive environ la même loi que la dispersion des plans de polarisation, la différence pourra être à peu près annulée; mais elle persiste, dans le sens positif, aussi longtemps que la dispersion rotatoire croît plus rapidement que la dispersion dioptrique à mesure que la longueur d'onde diminue; or, tel est sans doute le cas lorsqu'on emploie un prisme de spath d'Islande, vu que l'accroissement de la dispersion dioptrique

n'est alors par très grand dans l'ultra-violet (beaucoup plus petit, par exemple, qu'avec un prisme de quartz) et n'est certainement pas aussi fort, pour les petites longueurs d'onde, que celui de la dispersion rotatoire dans une plaque de quartz.

La différence en question doit affecter aussi les mesures de Verdet, car la dispersion rotatoire dans le sulfure de carbone et dans la créosote croît à coup sûr plus rapidement, pour les petites longueurs d'onde, que la dispersion dioptrique dans le flint du spectroscopie.

Bien que la différence elle-même, comme on peut s'en convaincre, soit moindre que l'erreur de l'observation, il en résulte pourtant que les rotations données, pour les petites longueurs d'onde, peuvent aisément être trop fortes d'une couple de minutes.

Je vais communiquer maintenant les valeurs les plus probables des rotations électromagnétiques dans l'eau et dans le verre à glace de Dollond. Pour le spectre visible, Verdet avait déjà trouvé quelques valeurs approchées relatives à l'eau; la rotation indiquée ci-dessous pour C , dans l'eau, est empruntée à Verdet.

La longueur du trajet que la lumière parcourait dans le verre à glace était de 26,4 mm., la longueur de la colonne d'eau, de 89,8 mm. Le tube qui contenait l'eau était fermé par des plaques de verre dressées, de 1 mm. d'épaisseur, dont la rotation électromagnétique propre était portée en compte. Au cours des expériences, la température varia de 18° à 25° Cels., différence qui n'a aucune importance, d'après ce qui a été dit plus haut.

Au total, le nombre des visées faites pour la mesure des rotations, durant les mois de juillet, d'août et de septembre, s'éleva à environ sept cents.

Aux résultats de Verdet, concernant le sulfure de carbone et la créosote, viennent maintenant s'ajouter ceux des tableaux suivants, qui ont rapport à un spectre plus étendu. Les secondes lignes contiennent les rotations relatives, celle de E étant prise pour unité.

Rotation électromagnétique dans le verre à glace de Dollond.

<i>C</i>	<i>D</i>	<i>E</i>	<i>b</i>	<i>F</i>	<i>G</i>	<i>M</i>	<i>N</i>
4°14'	5°18'	6°43'	6°59'	8°3'	10 34'	14°59'	16°30'
0,630	0,789	1,000	1,040	1,199	1,573	2,231	2,457.

Rotation électromagnétique dans l'eau.

<i>C</i>	<i>D</i>	<i>E</i>	<i>F</i>	<i>G</i>	<i>M</i>	<i>N</i>
„	4°9'	5°13'	6°13'	8°8'	11°20'	12°28'
0,630	0,795	1,000	1,192	1,559	2,172	2,389.

Pas plus que dans les observations de Verdet et de M. Becquerel, les derniers chiffres de ces nombres ne méritent une confiance absolue. Les erreurs de l'observation, dans les expériences de Verdet sur le sulfure de carbone et la créosote, pouvaient produire dans les valeurs de la dispersion pour la raie *G* une différence de 0,040 à un peu plus de 0,050 ¹⁾, ce qui correspondait au cas le plus défavorable; pour les rayons des régions les plus claires du spectre, le maximum des erreurs possibles est plus petit. Evidemment, la grandeur de ce maximum ne saurait être indiquée exactement. Eu égard aux écarts des observations, j'estime que les plus grandes erreurs, qui peuvent exister dans les nombres ci-dessus donnés pour la dispersion (secondes lignes), s'élèvent à 0,012 pour les raies *D*, *E*, *b*; à 0,018 pour *F*; à 0,020 et à 0,025 pour *C* et *G*, et enfin à 0,050, tout au plus, pour *M* et *N*. Pour ces dernières raies, il va sans dire que l'erreur maxima doit être plus grande que pour les rayons du spectre visible. Néanmoins, ces observations possèdent certainement assez d'exactitude pour offrir de l'intérêt au point de vue de la théorie.

§ 3. Les indices de réfraction.

Les indices de réfraction des deux substances étudiées, l'eau et le verre à glace, ont été déterminés par la méthode de la déviation minima.

¹⁾ Voir *Ann. de Chim. et de Phys.* (3), t. LXIX.

Le morceau de verre, un parallélépipède de Fresnel, avait deux angles réfringents d'un peu plus de 54° , qui, par le fini de leur travail, étaient très propres à la recherche en question. L'eau était contenue dans la cavité cylindrique d'un prisme triangulaire équilatéral en verre, taillé d'une seule pièce; le rayon de la cavité était de 12,5 mm. Les ouvertures elliptiques des faces réfringentes étaient fermées par des glaces parallèles de 1 mm. d'épaisseur, qu'on fixait au moyen de gomme-laque dissoute dans l'alcool. Une fermeture de ce genre, mais dans laquelle les glaces étaient fixées sur le prisme à l'aide d'une solution de gomme et de sucre, avait déjà été préférée par Verdet, dans son travail sur le sulfure de carbone et la créosote, au mode ordinaire de fermeture, par une vis de pression.

Le spectroscopie que j'employais pour les rotations dans l'ultra-violet servait en même temps de spectromètre. A cet effet, il était muni d'un cercle, dont le vernier donnait l'angle à 10 secondes près ou, par estime, à 5 secondes près. Trois alidades servaient à éliminer l'excentricité,

Dans l'ultra-violet j'employai, au lieu d'un réticule, une disposition analogue à celle qui a été décrite ci-dessus à propos des rotations, sauf qu'elle comptait *deux* ouvertures en forme de *V*, placées l'une au-dessous de l'autre, les pointes en regard.

Quoique, pour le spectre visible, les indices de l'eau fussent connus, j'en déterminai pourtant deux, savoir ceux pour *F* et pour *H*, afin de les comparer aux résultats des recherches antérieures.

Les angles des prismes furent mesurés par la méthode sur laquelle est fondé le goniomètre de Babinet. Cette mesure ne pouvait pas bien se faire au moyen du spectromètre, destiné seulement à la mesure des déviations. Les prismes furent placés sur un instrument universel de Repsold; à une distance de quelques mètres furent installées une fente lumineuse et une lunette à réticule, puis la mesure fut effectuée, par la méthode susmentionnée, avec une très grande exactitude. Les résultats obtenus sont:

angle du prisme creux rempli d'eau = $60^{\circ}4'41''$;

angle réfringent du parallélép. de verre à glace = $54^{\circ}20'20''$.

Je vais maintenant communiquer les résultats des mesures d'indices, qui ont également été effectuées pendant les mois de juillet, août et septembre 1881. En désignant les indices par n , la déviation minima par δ , l'angle réfringent par α , on a, comme l'on sait, pour l'application de la méthode de Fraunhofer:

$$n = \frac{\sin \frac{\alpha + \delta}{2}}{\sin \frac{\alpha}{2}}.$$

Verre à glace de Dollond, à 18° Cels.

$$\alpha = 54^{\circ} 20' 20''$$

$\delta C = 32^{\circ}43' 8''$	$nC = 1,5083$
$\delta D = 32^{\circ}53'58''$	$nD = 1,5108$
$\delta E = 33^{\circ} 7'18''$	$nE = 1,5139$
$\delta b = 33^{\circ}10'23''$	$nb = 1,5146$
$\delta F = 33^{\circ}19'43''$	$nF = 1,5167$
$\delta G = 33^{\circ}41'58''$	$nG = 1,5218$
$\delta H_1 = 34^{\circ} 1' 8''$	$nH_1 = 1,5262$
$\delta M = 34^{\circ}17'20''$	$nM = 1,5299$
$\delta N = 34^{\circ}30'48''$	$nN = 1,5330.$

Par H_1 est désignée la moins réfrangible des raies H .

Eau, à $18^{\circ},8$ Cels.

$$\alpha = 60^{\circ}4'41''.$$

$\delta F = 23^{\circ}59'52''$	$nF = 1,33767$
$\delta H_1 = 24^{\circ}29'17''$	$nH_1 = 1,34401$
$\delta M = 24^{\circ}40'56''$	$nM = 1,34651$
$\delta N = 24^{\circ}50'17''$	$nN = 1,34852.$

Comme on peut le voir, les valeurs de nF et de nH_1 sont intermédiaires entre celles qui ont été données par Van der Willigen

et par Fraunhofer (voir, par exemple, Wüllner, *Experimentalphysik*, t. II, p. 134, éd. de 1875); ces valeurs se rapportent d'ailleurs à d'autres températures.

Prenons, pour le spectre visible, le système d'indices admis par M. Wüllner (*Experim. Physik.*, t. II, p. 142); dans ce système, on a :

$$\begin{aligned} nF &= 1,33720 \\ nH_1 &= 1,34350. \end{aligned}$$

Les observations pour nM et nN étant alors ramenées, aussi bien que possible, au moyen de différences, à ce système de M. Wüllner, on obtient :

$$\begin{aligned} nF &= 1,33720 \\ nH_1 &= 1,34350 \\ nM &= 1,34599 \\ nN &= 1,34804. \end{aligned}$$

Pour exprimer les indices obtenus en longueurs d'onde, j'ai déterminé les constantes d'après la formule de Cauchy.

Pour l'eau, on sait que la formule

$$n = A + \frac{B}{\lambda^2}$$

est suffisante; pour le verre à glace, il fallait tenir compte de trois constantes :

$$n = A + \frac{B}{\lambda^2} + \frac{C}{\lambda^4}.$$

Ci-dessous, je donne un tableau comparatif des résultats de l'observation et du calcul, en empruntant à M. Wüllner les indices connus du spectre *visible* pour l'eau. Les longueurs d'onde sont exprimées en cent-millièmes de millimètre; les valeurs adoptées (dans le vide) sont :

$$\begin{array}{ll} \lambda C = 65,63 & \lambda F = 48,61 \\ \lambda D = 58,93 & \lambda G = 43,07 \\ \lambda E = 52,70 & \lambda H_1 = 39,67 \\ \lambda b = 51,68 & \lambda M = 37,29 \\ & \lambda N = 35,80. \end{array}$$

On sait, d'ailleurs, que le quatrième chiffre des longueurs d'onde n'est pas encore définitivement fixé.

Indices de réfraction du verre à glace de Dollond.

$$A = 1,49885$$

$$\log B = 1,60446$$

$$\log C = 3,65378.$$

	Observ.	Calcul.	Différence.
<i>C</i>	1,5083	1,5084	-0,0001
<i>D</i>	1,5108	1,5108	0
<i>E</i>	1,5139	1,5139	0
<i>b</i>	1,5146	1,5145	+0,0001
<i>F</i>	1,5167	1,5167	0
<i>G</i>	1,5218	1,5218	0
<i>H</i> ₁	1,5262	1,5262	0
<i>M</i>	1,5299	1,5301	-0,0002
<i>N</i>	1,5330	1,5330	0.

Indices de réfraction de l'eau.

$$A = 1,32410$$

$$\log B = 1,48658.$$

	Observ.	Calcul.	Différence.
<i>C</i>	1,33122	1,33122	0
<i>D</i>	1,33307	1,33293	+0,00014
<i>E</i>	1,33527	1,33514	+0,00013
<i>F</i>	1,33720	1,33708	+0,00012
<i>G</i>	1,34063	1,34063	0
<i>H</i> ₁	1,34350	1,34358	-0,00008
<i>M</i>	1,34599	1,34615	-0,00016
<i>N</i>	1,34804	1,34802	+0,00002.

L'accord de l'observation et du calcul est pleinement suffisant pour que les indices donnés puissent être employés dans la théorie de la rotation électromagnétique.

L'oculaire fluorescent a donc pu être appliqué aussi, avec succès, à la détermination des indices de réfraction des rayons ultra-violet. Si je me suis contenté de mesurer ceux de *M* et *N*, c'est que les indices ne nous intéressaient ici qu'au point de vue des rotations observées. Mais il ne serait pas difficile de déterminer, au moyen de l'oculaire fluorescent, les indices des raies jusqu'à *S* et *T*. Beaucoup d'autres déterminations, concernant l'absorption et la fluorescence, seront également possibles à l'aide de cet instrument.

QUATRIÈME LIVRAISON.

A. Heynsius, Sur la valeur de la pression négative intrathoracique pendant la respiration normale.....	Pag. 299.
E. Mulder et H. G. L. van der Meulen, Recherches thermochimiques sur l'ozone..	" 355.
W. C. L. van Schaik, Recherches concernant la dispersion électromagnétique sur un spectre de grande étendue.....	" 373.

CONDITIONS DE L'ABONNEMENT.

Les Archives Néerlandaises des sciences exactes et naturelles paraissent à des époques indéterminées, en livraisons de 6 à 12 feuilles d'impression, avec un nombre illimité de planches coloriées et noires.

Trente feuilles forment un volume.

Avec la dernière livraison de chaque volume les souscripteurs reçoivent gratis une table des matières, un titre général et une couverture.

Les abonnements engagent à un volume seulement. Les livraisons ne se vendent pas séparément.

Le prix du volume, avec les planches, est fixé à fl. 6.—.

On souscrit chez l'éditeur et chez tous les libraires des Pays-Bas et de l'étranger.

Pour faciliter l'acquisition de la première série du recueil, composée des volumes I à X (années 1866—1875), avec tables alphabétiques générales des matières et des noms d'auteurs, cette série est offerte temporairement au prix réduit de :

fl. de Holl. 40 = francs 84 = marks 67.

Les personnes qui voudraient profiter de cette offre sont priées de s'adresser directement au Secrétaire de la Société hollandaise des sciences, M. E. H. VON BAUMHAUER, à Harlem.

SMITHSONIAN INSTITUTION LIBRARIES



3 9088 01305 3046