

**Zeitschrift:** Bulletin de la Société Vaudoise des Sciences Naturelles  
**Herausgeber:** Société Vaudoise des Sciences Naturelles  
**Band:** 12 (1873-1874)  
**Heft:** 71

**Artikel:** Sur une variation de température qui accompagne la diffusion des gaz à travers uns cloison de terre poreuse  
**Autor:** Dufour, L.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-287490>

### **Nutzungsbedingungen**

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

### **Conditions d'utilisation**

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

### **Terms of use**

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

**Download PDF:** 18.04.2026

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


SUR UNE  
VARIATION DE TEMPÉRATURE  
qui accompagne la diffusion des gaz

à travers une cloison de terre poreuse

PAR

**M. L. DUFOUR,**

Professeur de physique à l'Académie de Lausanne.



Y a-t-il une variation de température lorsque deux gaz diffusent à travers une cloison poreuse? — C'est pour essayer de répondre à cette question que j'ai entrepris les expériences qui vont être décrites.

Les gaz qui diffusent peuvent être renfermés dans un volume limité; le phénomène s'accompagne alors d'un changement de pression. La pression augmente dans le gaz le plus dense, elle diminue dans l'autre, et il est intéressant de voir si des changements de température résultant du fait même de la diffusion viendront modifier ceux qui proviennent du changement de la pression. — Si la pression ne change pas des deux côtés de la cloison poreuse, il y aura seulement mélange des gaz et le phénomène sera probablement plus simple.

*Appareils.*

1. J'ai employé comme substance poreuse les vases qui servent dans les éléments galvaniques à deux liquides. Ces vases sont, du plus au moins, très aptes à fournir une bonne diffusion. Il y a cependant des différences de l'un à l'autre. J'ai naturellement utilisé, pour les présentes recherches, celui qui m'a paru donner la diffusion la plus prononcée. Je le désignerai par P dans la suite. C'est un vase cylindrique pesant 106 grammes, ayant 223<sup>mm</sup> de longueur intérieure et 41<sup>mm</sup> de diamètre. L'épaisseur de la paroi, un peu variable dans les divers points, est d'environ 3<sup>mm</sup> 8. Plusieurs autres vases, d'ailleurs, différaient très peu de celui-là quant à leurs dimensions et quant à leur capacité diffusante.

Le vase P était fermé par un bouchon de caoutchouc joignant parfaitement. Ce bouchon était percé de trois ouvertures qui recevaient :

1) Un thermomètre H, dont la cuvette arrivait à peu près au milieu de P ; 2) et 3), des tubes de verre *a* et *b* ; *a* plongeait jusque près du fond du vase ; *b* débouchait dans la partie supérieure. Ces tubes, ainsi que le thermomètre, étaient à frottement juste dans leurs ouvertures.

Le cylindre P était placé au milieu d'un vase cylindrique de verre V ayant 145<sup>mm</sup> de hauteur et 83<sup>mm</sup> de diamètre. P était librement soutenu dans ce vase, sans toucher ni le fond ni les parois, au moyen d'une pince fixée à un support solide qui serrait le tube *a*, à 10<sup>c</sup> environ au-dessus du bouchon. — Le vase V était fermé par une plaque mince de plomb qui reposait sur son bord supérieur et qui se repliait contre sa paroi extérieure. Cette plaque était percée en son milieu d'une grande ouverture

circulaire par laquelle était introduit P ; ouverture qui se trouvait fermée par le bord supérieur du bouchon de caoutchouc. Deux autres ouvertures plus petites pratiquées dans la plaque de plomb donnaient passage : 1) à un tube *c* qui aboutissait dans l'espace annulaire vide entre P et V ; 2) à un thermomètre H' dont la cuvette arrivait à moitié hauteur de P et à 2 ou 3<sup>mm</sup> de sa surface extérieure.

Il résulte de ces dispositions que le vase P pouvait être absolument isolé de l'extérieur par la fermeture des tubes *a* et *b* ; mais que l'espace annulaire entre P et V ne pouvait pas l'être. La fermeture avec la feuille de plomb était naturellement insuffisante ; elle empêchait le gaz contenu dans l'espace annulaire de se mélanger trop rapidement avec l'air extérieur, mais elle ne permettait pas d'avoir une différence de pression entre cet espace et l'air libre.

Les deux vases P et V, emboîtés ainsi l'un dans l'autre, étaient installés dans un grand cylindre M, de terre ordinaire. V reposait sur trois bouchons placés sur le fond de ce dernier vase. Tout l'espace entre V et M était rempli de coton lâche ; une couche de coton recouvrait la lame de plomb ; enfin le vase de terre lui-même était entouré d'une couche de coton retenue par un linge formant une sorte de manteau extérieur. C'est du milieu de ce manteau et du coton qui avait encore été placé au-dessus de M, que sortaient les tubes *a*, *b*, *c* et les deux thermomètres H et H'. — Dans les recherches sur la diffusion avec changement de pression, M a été immergé dans un grand vase de zinc rempli d'eau afin de le soustraire encore davantage aux influences ambiantes.

*a*, *b* et *c* étaient reliés à des tubes de caoutchouc *a'* *b'* *c'* qui servaient à introduire dans le vase P, ou dans l'es-

pace entre P et V, les gaz qui devaient être mis en contact avec la paroi poreuse et intervenir dans la diffusion.

Les thermomètres H et H' sont divisés en cinquièmes de degré. Ils étaient observés à distance à l'aide d'une lunette de cathétomètre d'un grossissement de trente fois. En les plaçant d'une manière convenable relativement à la fenêtre, on apercevait les colonnes mercurielles et les divisions avec une grande netteté. On pouvait très sûrement apprécier un dixième de division, par conséquent  $\frac{1}{50}$  de degré. J'ai même souvent poussé l'estimation jusqu'à la moitié de cette valeur. — Les deux thermomètres avaient été comparés et, dans les limites de température où les observations ont eu lieu, leur équation est sensiblement  $H - H' = 0^{\circ},46$ . On verra d'ailleurs, dans la suite, que leurs indications relatives sont beaucoup moins importantes à considérer que les variations que subissent chacun d'eux et spécialement le thermomètre H. Ce thermomètre, à très petite cuvette, à tube très fin également, est fort sensible et se trouvait bien approprié à son but.

Près du groupe des trois vases P, V et M a été installé un second groupe de trois autres vases (je les désignerai par P', V', M') disposés d'une manière tout à fait semblable et entourés des mêmes précautions pour éviter l'influence de la température ambiante. P' était aussi pourvu d'un thermomètre H'', dont la correction, par rapport à H, avait été déterminée ( $H - H'' = 0^{\circ},26$ ); il était fermé par un bouchon que traversaient deux tubes analogues à *a* et *b*. — Le vase P' a été tantôt un cylindre de verre, tantôt un vase poreux semblable à P, mais verni à l'extérieur ou sur les deux faces. Ce vase P', en subissant les mêmes influences que P sans être poreux, a servi dans une partie des expériences de *témoin*, de *con-*

*trôle.* — Par une liaison convenable et facile à concevoir des tubes de caoutchouc, il était possible de faire passer un même courant gazeux d'abord dans P puis dans P', ou inversement.

Les dispositions qui viennent d'être décrites constituent l'appareil dans son ensemble ; mais elles n'ont pas toujours été utilisées d'une manière complète. On verra dans la suite que plusieurs expériences ont été faites uniquement avec le groupe P V M et aussi que, suivant les exigences de chaque cas, des instruments accessoires ont été ajoutés ou associés à ceux qui viennent d'être mentionnés.

2. Les gaz qui ont été soumis à la diffusion sont, d'une part, l'air ; d'une autre part, l'hydrogène, l'acide carbonique et le gaz d'éclairage <sup>(1)</sup>. L'hydrogène était obtenu par la réaction de l'eau acidulée et du zinc ; l'acide carbonique, par la réaction de l'acide chlorhydrique et du marbre.

Ces gaz étaient, *pour toutes les expériences*, recueillis au moins un jour à l'avance dans un grand sac de caoutchouc placé près de l'appareil.

(1) J'ai choisi le gaz d'éclairage, quoiqu'il ne soit pas un composé simple, parce qu'il fournit avec l'air une très bonne diffusion et qu'il s'obtient en abondance sans manipulation préalable. Au point de vue des présentes recherches, et de leur caractère exclusivement physique, la composition complexe de ce corps ne m'a pas paru un inconvénient.

On verra plus loin que les gaz ont été employés parfois après dessiccation. Le passage du gaz d'éclairage sur la ponce sulfurique a pour conséquence un changement de couleur de l'acide qui devient brun foncé, presque noir. Cela correspond sûrement à quelque modification dans la composition du gaz ; mais à une modification dans laquelle, après absorption de la vapeur d'eau, les propriétés diffusantes du corps se conservent pleinement.

*Influence de l'état sec ou humide des gaz qui arrivent en contact avec la paroi poreuse. (2)*

**3.** Il importe de savoir si la présence de la vapeur d'eau dans le gaz employé donne lieu à des variations de température, indépendamment de tout phénomène de diffusion. Un grand nombre d'expériences, faites dans des circonstances variées, ont eu pour but de répondre à cette question préalable. Je vais en rapporter quelques-unes.

1<sup>re</sup> EXPÉRIENCE. — Le témoin P' était un vase poreux semblable à P, mais verni à l'extérieur (vernis de gomme-laque et de cire dans l'alcool). On fit passer lentement un courant d'air non desséché à travers les deux vases P et P' successivement. Les changements de température observés en huit minutes furent  $\Delta H = + 0^{\circ},13$  et  $\Delta H'' = + 0^{\circ},12$ . — Le passage du gaz a produit ainsi un réchauffement sensiblement le même dans les deux vases.

2<sup>e</sup> EXP. — Du gaz d'éclairage ordinaire, non desséché, a fourni deux courants qui ont passé lentement, l'un dans P et ensuite dans P', l'autre, par le tube c, dans l'espace annulaire entre P et V. Les variations de température ont été, après quinze minutes :  $\Delta H = + 0^{\circ},12$ ,  $\Delta H' = + 0^{\circ},07$ ,  $\Delta H'' = + 0^{\circ},09$ .

(2) Les questions traitées dans ce chapitre m'ont conduit assez naturellement à voir s'il ne se produit pas une diffusion entre deux masses d'air à des états hygrométriques différents. Les essais entrepris dans ce but spécial conduisent à un résultat affirmatif que j'ai déjà annoncé dans une communication préliminaire (*Archives des sciences physiques et naturelles*, septembre 1872). — Ces recherches sur la diffusion entre l'air sec et l'air humide feront l'objet d'un prochain mémoire.

Ici encore, le passage du gaz non desséché a produit partout un faible réchauffement.

Dans ces deux premières expériences, le témoin P' avait sa surface intérieure libre, poreuse. Il fonctionnait donc, vis-à-vis du gaz circulant, comme un corps poreux semblable à P.

Après ces premiers essais, P a été verni à l'intérieur également. Il devait donc se comporter comme un corps non poreux.

3<sup>e</sup> EXP. — Du gaz d'éclairage non desséché a fourni deux courants comme dans l'exp. 2. Après seize minutes, les variations de température étaient :

$$\Delta H = + 0^{\circ},27 \quad \Delta H' = + 0^{\circ},21 \quad \Delta H'' = + 0^{\circ},04$$

Le témoin a donc à peine varié de température tandis que, dans le vase poreux, la variation a été assez considérable.

4<sup>e</sup> EXP. — Essai semblable aux précédents. Les variations ont été, après 15 minutes :

$$\Delta H = + 0^{\circ},18 \quad \Delta H' = + 0^{\circ},10 \quad \Delta H'' = 0^{\circ},03$$

5<sup>e</sup> EXP. — Essai semblable aux précédents. Les variations de température ont été, après 18 minutes :

$$\Delta H = + 0^{\circ},31 \quad \Delta H' = + 0^{\circ},20 \quad \Delta H'' = 0^{\circ},00$$

Ces expériences semblent indiquer qu'un courant d'air ou de gaz d'éclairage non desséchés, en contact avec les parois du vase poreux, donne lieu à une élévation de température dans des circonstances où il ne se produit pas de diffusion.

On a introduit dans le témoin P' un grand nombre de fragments d'un vase poreux brisé, de telle sorte que les

gaz circulant dans ce vase à parois vernies devaient se trouver en contact avec une assez grande surface de matière poreuse.

6<sup>e</sup> EXP. — Des courants de gaz ont été dirigés comme dans l'exp. 2. Les variations de température ont été, après 20 minutes :

$$\Delta H = + 0^{\circ},40 \quad \Delta H' = + 0^{\circ},25 \quad \Delta H'' = + 0^{\circ},36$$

On voit que le témoin offre maintenant aussi un accroissement de température.

7<sup>e</sup> EXP. — Essai semblable au précédent. Les variations ont été :

$$\Delta H = + 0^{\circ},24 \quad \Delta H' = + 0^{\circ},18 \quad \Delta H'' = + 0^{\circ},29$$

Les deux vases P et P' ont été remplacés par deux vases de verre ayant à peu près les mêmes dimensions, établis et installés comme leurs prédécesseurs.

L'un d'eux, celui qui remplaçait P, était vide, l'autre avait reçu un grand nombre de fragments d'un vase poreux brisé.

8<sup>e</sup> EXP. — On a fait passer, à travers les deux vases, un courant d'air *desséché* par la circulation à travers de la ponce sulfurique. Voici les résultats des observations :

TEMPS	H''	H	TEMPS	H'	H
32 <sup>m</sup>	15,62	15,71	58 <sup>m</sup>	14,60	15,80
35	15,62	15,71	60	14,44	15,78
37	15,65	15,75	63	14,28	15,72
43	15,68	15,77	70	14,04	15,57
45	15,62	15,78	74	14,18	15,58
50	15,16	15,78	83	14,64	16,68

De 35 à 43<sup>m</sup> a passé de l'air ordinaire. A 43<sup>m</sup> a commencé l'air desséché, lequel passait dans P et ensuite dans P'. A 70<sup>m</sup>, nouveau courant d'air ordinaire. — On voit que, dans le vase pourvu de fragments poreux, la variation de température a été — 1<sup>o</sup>,64 entre 43 et 70<sup>m</sup>; dans l'autre, la variation a été seulement — 0<sup>o</sup>,20. Dès que l'air sec a été remplacé par de l'air ordinaire, il y a eu réchauffement.

9<sup>e</sup> EXP. — Essai semblable au précédent. De l'air sec circulant dans les deux vases produit, en 40 minutes, une variation de température de :

$$\Delta H'' = - 0^{\circ},84 \quad \Delta H = + 0^{\circ},08$$

L'air passait dans P avant d'arriver dans le vase à fragments poreux. A l'air sec succéda du gaz d'éclairage également desséché. Le thermomètre H'' baissa encore de 0<sup>o</sup>,05, puis se maintint plusieurs minutes de 14<sup>o</sup>,00 à 14<sup>o</sup>,02; le thermomètre H indiquait 14<sup>o</sup>,57. Un nouveau courant d'air sec durant 8 minutes, puis de gaz d'éclairage desséché pendant 10 minutes, laissèrent les deux thermomètres variant, l'un de 14<sup>o</sup>,57 à 15<sup>o</sup>,58 et l'autre de 14<sup>o</sup>,00 à 14<sup>o</sup>,05.

On introduisit alors de l'air ordinaire, non séché, et l'on observa :

TEMPS	H''	H	TEMPS	H''	H
31 <sup>m</sup>	14 <sup>o</sup> 04	14 <sup>o</sup> 60	43 <sup>m</sup>	14 <sup>o</sup> 60	14 <sup>o</sup> 62
34	14,08	14,60	45	14,66	14,66
37	14,20	14,60	48	14,84	14,64
42	14,56	14,62			

A partir de 43<sup>m</sup>, le courant d'air passait dans un tube rempli de papier brouillard mouillé afin qu'il se chargeât abondamment de vapeur d'eau.

Les variations de température ont donc été, à partir du moment où circulait l'air non séché ou humide :

$$\Delta H'' = + 0^{\circ},80 \text{ et } \Delta H = + 0^{\circ},04$$

10<sup>e</sup> EXP. — On a fait passer dans les deux vases, mais avec des interruptions et en commençant par P, un lent courant d'air qui traversait par bulles une couche d'eau d'environ 2 centimètres avant de s'engager dans les tubes de caoutchouc. C'était donc un air très chargé de vapeur aqueuse.

TEMPS	H''	H	TEMPS	H''	H
0 <sup>m</sup>	14 <sup>o</sup> 90	14 <sup>o</sup> 85	27 <sup>m</sup>	15 <sup>o</sup> 14	14 <sup>o</sup> 85
3	15,00	14,85	87	15,00	15,02
8	15,14	14,85	93	15,30	15,04
12	15,20	14,85	98	15,52	15,04

Il y a eu cessation du courant de 12 à 27<sup>m</sup>, puis pendant une heure, de 27 à 87<sup>m</sup>. — On voit nettement que l'arrivée de l'air humide a provoqué une variation  $\Delta H''$  assez considérable, tandis que H n'a que peu ou pas varié durant le passage du courant.

10<sup>e</sup> bis. — Essai semblable au précédent avec du gaz d'éclairage qui a passé dans l'eau. Même résultat quant au sens et quant à la grandeur relative des variations de H et de H''.

11<sup>e</sup> EXP. — A diverses reprises, pendant quatre jours, on a fait passer dans les deux vases P et P' un courant de gaz d'éclairage, saturé d'humidité par son passage dans l'eau; puis on a remplacé le flacon d'eau par l'appareil desséchant à ponce sulfurique.

Voici quel a été le résultat de la circulation du gaz sec :

TEMPS	H''	H	TEMPS	H''	H
55 <sup>m</sup>	17 <sup>o</sup> 26	17 <sup>o</sup> 32	88 <sup>m</sup>	16 <sup>o</sup> 56	17 <sup>o</sup> 28
60	17,36	17,32	94	16,48	17,30
63	17,39	17,32	112	16,06	
67	17,22	17,30	113	16,05	17,35
72	17,00	17,30	118	16,30	17,44

Le passage du gaz sec a paru d'abord élever la température de H'' ; mais c'était sans doute dû à ce que les premières portions de gaz se chargeaient de nouveau d'humidité en séchant les parois intérieures des tubes de caoutchouc. Dès 63<sup>m</sup>, la température a baissé et, en 50<sup>m</sup>, la variation a été de — 1<sup>o</sup>,36. A 113<sup>m</sup>, on a laissé rentrer le gaz sans le sécher et la température n'a pas tardé à remonter. La variation de P a été très faible pendant toute la durée du passage du gaz sec.

12<sup>e</sup> EXP. — De l'hydrogène a servi à une expérience parfaitement semblable à la précédente. — Ce gaz non séché a fait monter les deux thermomètres ; mais de quantités inégales. On a eu :

$$\Delta H'' = + 0^{\circ},35 \quad \text{et} \quad \Delta H = + 0^{\circ},26$$

L'hydrogène a ensuite passé sur la ponce sulfurique. Les variations de température ont été :

$$\Delta H'' = - 0^{\circ},19 \quad \Delta H = + 0^{\circ},05$$

13<sup>e</sup> EXP. — Essai semblable au précédent, mais plus prolongé. Voici les résultats : (Voir le tabl., page suivante.)

A 23<sup>m</sup> a commencé la circulation de l'hydrogène non séché. Il y a eu hausse de H et de H'' ; mais davantage du thermomètre plongeant près des fragments poreux. — A partir de 30<sup>m</sup>, l'hydrogène passait sur la ponce sulfurique avant d'être dirigé dans les vases. On voit que le

gaz sec a fait baisser  $H''$  de  $0^{\circ},94$ , tandis que  $H$  a monté de  $0^{\circ},09$ . — A partir de  $70^m$ , le gaz a circulé sans être préalablement séché.  $H''$  a monté de  $+0^{\circ},63$  et  $H$  de  $0^{\circ},15$ .

TEMPS	$H''$	$H$	TEMPS	$H''$	$H$
12 <sup>m</sup>	16 <sup>o</sup> 52	16 <sup>o</sup> 50	50 <sup>m</sup>	16 <sup>o</sup> 42	16,65
23	16,52	16,52	60	16,00	16,65
27	16,57	16,60	65	15,88	16,67
29	16,60	16,59	70	15,79	16,71
30	16,63	16,59	72	15,79	16,73
35	16,67	16,62	75	15,82	
40	16,73	16,63	79	16,00	16,80
43	16,64	16,63	90	16,42	16,86

4. Les expériences qui viennent d'être décrites montrent assez nettement quelle variation de température se produit lorsque des gaz (air, hydrogène, gaz d'éclairage) plus ou moins chargés de vapeur d'eau viennent passer au contact de la substance poreuse des vases destinés à la diffusion. On voit que les gaz desséchés provoquent un abaissement de température, tandis que la présence de la vapeur d'eau détermine un réchauffement.

Dans les expériences où l'on a fait passer successivement et alternativement un même gaz desséché ou pris à l'état ordinaire, on voit que la température du vase poreux s'abaisse quand le gaz est desséché pour se relever lorsque la dessiccation n'a plus lieu. La variation de température est surtout rapide et prononcée lorsque à un gaz desséché succède un gaz particulièrement humide ou inversement<sup>(3)</sup>.

(3) Après avoir constaté cette influence de l'air sec ou chargé de vapeur d'eau, j'ai fait quelques essais avec de l'air qui passait

Les résultats fournis par le vase de verre vide ou par celui qui avait son intérieur verni montrent que la variation de température dont il s'agit ne peut pas être attri-

dans un flacon partiellement rempli d'alcool ou d'éther et qui traversait par bulles une couche de ces liquides.

L'air chargé de vapeur d'alcool a aussi donné lieu à un réchauffement du vase poreux. Ainsi, après dix minutes de circulation, on observa  $\Delta H = + 0^{\circ},28$ , puis la température se maintint constante plusieurs minutes. Le même air, continuant à passer sans se charger préalablement de vapeur alcoolique, produisit une variation de  $- 0^{\circ},18$  en trois minutes. Le même courant gazeux, passant dans le vase poreux verni à l'intérieur, y produisit une variation de  $+ 0^{\circ},61$ , c'est-à-dire plus forte que celle du vase poreux; ce qui est contraire aux faits obtenus avec la vapeur d'eau. D'autres expériences semblables donnèrent des résultats tout pareils. Il est à remarquer que l'alcool dans lequel passaient les bulles d'air avait une température de  $13^{\circ},3$  à  $13^{\circ},5$ , c'est-à-dire était d'environ  $2^{\circ}$  plus froid que les thermomètres H et H'.

Avec l'éther, les résultats furent toujours dans le même sens que les précédents. L'air chargé de vapeur d'éther fit monter le thermomètre du vase poreux et celui du vase verni, mais ce dernier d'une quantité plus considérable. L'air non chargé de ces vapeurs provoquait immédiatement une baisse du thermomètre. — Après un certain temps de circulation, l'air chargé de vapeur d'éther a toujours cessé de produire un accroissement de la température laquelle demeurerait constante ou même baissait nettement.

Ces faits s'expliquent probablement aussi par une absorption des vapeurs d'éther et d'alcool, seulement cette absorption se faisait sur la surface vernie (verniss de gomme laque dans l'alcool) du vase P' comme sur la paroi poreuse. Quant au refroidissement qui se produit lorsque le courant chargé de vapeur continue longtemps à passer, il faut sans doute l'attribuer à ce que le liquide qui fournit la vapeur se refroidit de plus en plus, et doit par conséquent abaisser la température des bulles gazeuses qui le traversent. Avec l'éther, par exemple, les thermomètres H et H' indiquant des températures comprises entre  $15$  et  $16^{\circ}$ , le liquide s'était refroidi jusqu'à  $8^{\circ}$ .

Il faut remarquer, d'ailleurs, que, à travers la paroi du vase poreux P, il se produit un peu de diffusion entre l'air extérieur et le courant intérieur chargé de vapeurs d'éther ou d'alcool. Mais ce n'est pas cette diffusion qui peut être la cause des variations de température observées.

buée au gaz lui-même, lequel serait plus chaud quand il est humide et plus froid quand il est sec. — Les expériences 6 et 7 montrent que l'introduction d'une matière poreuse dans le vase qui servait de témoin lui donne immédiatement les caractères du vase poreux P lui-même quant au réchauffement ou au refroidissement provoqué par le gaz humide ou sec.

Il est à remarquer que les gaz que l'on dessèche en les faisant passer sur la ponce sulfurique tendent plutôt à se réchauffer à cause de la réaction entre l'acide sulfurique et l'eau; ce sont pourtant ces gaz-là qui font baisser le thermomètre du vase poreux. Inversément, les gaz qui passent par bulles dans l'eau y provoquent une évaporation qui refroidit; ce sont ces gaz qui réchauffent.

**5.** Les expériences 1 à 13 et les remarques qui précèdent permettent de supposer que la substance poreuse absorbe la vapeur d'eau, la retient par une sorte de condensation et que ce phénomène est accompagné d'un dégagement de chaleur. Lorsque, au contraire, un gaz desséché passe sur la substance poreuse plus ou moins chargée de vapeur d'eau, cette eau reprend l'état de vapeur et est entraînée dans le courant. Il y a alors absorption de chaleur et par conséquent refroidissement.

Dans quelques expériences, le vase nu recevait le courant gazeux après sa circulation dans le vase poreux ou pourvu de fragments poreux. Sa température variait cependant très peu. On peut donc croire que le réchauffement et le refroidissement se produisent à la surface même de la matière poreuse, sans que le gaz qui circule ait le temps de varier beaucoup de température, et que la variation accusée par le thermomètre est occasionnée

non seulement par le contact du gaz qui circule autour de lui, mais aussi par le rayonnement de la substance poreuse.

Lorsque le gaz sec circule longtemps, il doit finir par enlever toute la vapeur d'eau que la matière poreuse avait absorbée; l'abaissement de température, qui a pu se prolonger plus ou moins longtemps, doit donc prendre fin. Un fait semblable, mais en sens inverse, doit se produire pour le réchauffement dû au passage du gaz humide. Plusieurs des résultats obtenus dans les expériences précédentes s'expliquent sans doute par cette considération-là.

Dans quelques cas, la circulation du gaz sec ou humide n'a pas produit immédiatement le changement correspondant de température ou il l'a produit plus lentement dans les premières minutes. Cela s'explique très probablement par le fait que les gaz devaient passer à travers les tubes de caoutchouc, et quelque fois dans le vase nu, avant d'arriver au vase poreux. Les parois intérieures de ces tubes étaient desséchées en premier lieu par l'arrivée du gaz sec lequel se chargeait ainsi à nouveau de vapeur. C'est seulement au bout d'un temps plus ou moins long, variable suivant l'état du tube et la rapidité du courant, que le gaz cessait d'être modifié par son passage à travers les tubes (4).

(4) Des fragments de matière poreuse, du poids de 47 grammes, ont été placés dans une éprouvette de verre, laquelle était fermée par un bouchon traversé de deux tubes. L'un des tubes s'engageait jusqu'au fond de l'éprouvette; l'autre débouchait à sa partie supérieure. A travers ces tubes et par conséquent à travers les fragments poreux, on a fait passer des courants d'air humidifié ou desséché, puis on a pesé l'éprouvette avant et après le passage des courants gazeux.

*Premier essai.* Un courant d'air saturé a passé durant vingt

**G.** On peut résumer comme suit les expériences et les considérations qui précèdent :

I. Lorsque des courants d'air, d'hydrogène ou de gaz d'éclairage desséchés viennent circuler le long des parois du vase poreux ou d'un vase qui renferme des fragments de la matière poreuse, il se produit un abaissement de température. Cet abaissement se ralentit peu à peu et finit même par cesser tout à fait.

II. Lorsque des courants des mêmes gaz chargés d'humidité viennent circuler dans les mêmes conditions, il se produit un réchauffement, lequel se ralentit aussi et finit par cesser.

III. Le réchauffement et le refroidissement sont plus ou moins considérables suivant l'état antérieur du vase poreux. Les plus grandes variations se sont produites lorsqu'un courant sec succède à un courant saturé ou inversement.

minutes. La matière poreuse avait été préalablement exposée depuis plusieurs jours à l'air libre. Variation :  $+ 0^{\circ},008$ .

Un courant d'air desséché a passé durant vingt minutes. Variation :  $- 0^{\circ},023$ .

Nouveau courant d'air saturé durant douze minutes. Variation :  $+ 0^{\circ},007$ .

*Deuxième essai.* Courant d'air saturé durant quarante minutes. Variation :  $+ 0^{\circ},021$ .

Courant d'air sec durant quarante minutes. Variation :  $- 0^{\circ},049$ .

Ces résultats confirment évidemment la supposition que de la vapeur d'eau est retenue ou abandonnée par la substance poreuse, suivant que cette substance est exposée à un courant gazeux chargé de vapeur ou à un courant gazeux desséché.

IV. Ces variations de température sont probablement dues à l'absorption de la vapeur d'eau par la substance poreuse ou au dégagement de cette vapeur.

*Variations de température lors de la diffusion sans changement de pression.*

7. A l'aide de l'appareil décrit au § I, on produisait facilement la diffusion en amenant les deux gaz au contact des faces intérieure et extérieure du vase poreux P. — En faisant circuler l'hydrogène, par exemple, dans le vase poreux et dans le témoin par les tubes *a* et *b*, puis *a'* et *b'*, il se produit un double courant de diffusion. De l'hydrogène sort du vase poreux, se répandant dans l'espace entre P et V, et de l'air entre, de ce même espace, dans le vase poreux. En vertu de la loi de Graham, le courant d'hydrogène est le plus abondant. Dans la suite, je nommerai, pour abrégé, exosmose ce cas où le gaz moins dense est à l'intérieur du vase poreux et où, par conséquent, le courant qui *sort* est le plus considérable. — Si l'on fait arriver de l'hydrogène par le tube *c* dans l'espace compris entre P et V, tandis que le vase poreux est rempli d'air, le courant le plus abondant se fera de l'extérieur à l'intérieur, ce sera la diffusion *entrante* ou l'endosmose. Dans ce cas, la diffusion se ralentira et cessera si le vase poreux n'est pas parcouru par un courant d'air qui entraîne le gaz moins dense et qui entretienne, à l'intérieur, une atmosphère où l'air soit toujours prédominant.

Lorsqu'on a fait arriver le gaz moins dense à l'extérieur de P et que le vase poreux n'est pas parcouru par un courant d'air, il se produit tout d'abord une endosmose ;

le mélange gazeux qui se forme à l'intérieur s'enrichit de plus en plus d'hydrogène et s'appauvrit d'air. Si alors on cesse de diriger le courant d'hydrogène à l'extérieur et qu'on le remplace par un courant d'air, il se produit bientôt une diffusion inverse et l'hydrogène ressort du vase P.

Pour les expériences qui vont être décrites, des dispositions convenables avaient été prises afin de pouvoir faire passer, dans le vase poreux et dans le témoin en même temps que dans l'espace extérieur entre P et V, des courants gazeux tantôt desséchés tantôt saturés de vapeur. Un appareil à aspiration par écoulement d'eau pouvait être mis en communication avec les vases P et P', et provoquer dans leur intérieur une circulation gazeuse. Deux tubes à ponce sulfurique et deux autres tubes courbés en U, remplis de papier brouillard maintenu imbibé d'eau, servaient à dessécher les gaz ou à les humidifier. — Outre la circulation gazeuse provoquée par l'aspirateur, une autre circulation pouvait être obtenue par la manœuvre d'une petite soufflerie ou enfin par la pression sur le sac de caoutchouc. Il est à peine nécessaire d'ajouter que les tubes aboutissant aux divers organes qui viennent d'être mentionnés étaient disposés d'une manière telle que l'on pouvait rapidement changer la circulation gazeuse dans les vases P et P' et dans l'espace autour de P. Les robinets convenables étaient à portée de ma main et il était ainsi facile de varier les conditions de l'expérience tout en suivant le thermomètre avec la lunette, sans perte de temps et sans rien changer à la disposition des appareils.

**8.** Voici, avec plus ou moins de détails, quelques-unes

des expériences faites dans des conditions variées, avec des gaz secs ou humides.

14<sup>e</sup> EXP. — Un courant d'air desséché a circulé lentement dans le témoin puis dans le vase poreux. Un autre courant, desséché également, a été dirigé dans l'espace entre P et V. Après 32 minutes, le thermomètre H (th. du vase poreux) avait baissé de  $0^{\circ},42$  ; H'' (du témoin) avait varié de  $+ 0^{\circ},17$ . L'air sec a produit là l'effet connu et précédemment étudié. Pendant 28 minutes et malgré l'emploi d'un nouveau tube desséchant à acide frais, la température H n'a plus varié sensiblement et est demeurée constante entre  $18^{\circ},03$  et  $18^{\circ},05$ . — On fit alors passer dans P' puis dans P du gaz d'éclairage qui avait circulé lentement dans un tube desséchant. En 7 minutes, la température H s'éleva de  $+ 0^{\circ},15$ . Le thermomètre commença à monter seulement 3 minutes après que le gaz eut commencé à circuler. Ce retard est sans doute dû à la lenteur du courant et au fait que le gaz passait préalablement dans le témoin. Pendant ces 7 minutes, le témoin varia de  $- 0^{\circ},02$ . Le gaz fut interrompu et remplacé par un courant d'air desséché. La température H cessa de s'élever et baissa de  $0^{\circ},04$  en 3 minutes (5).

(5) Dans tous les tableaux où se trouvent indiqués, pour un certain moment, les températures des thermomètres H et H' ou H et H'', il est bien entendu que l'un d'eux seulement (toujours celui qui plongeait dans le vase poreux) était observé au moment précis qui est mentionné. L'observation du second exigeait le temps nécessaire pour tourner la lunette et pour faire la lecture, cinq à six secondes. — Les appareils avaient été disposés d'une façon telle que la lunette était à égale distance des thermomètres à observer et que les extrémités des colonnes mercurielles se trouvaient sensiblement sur une même horizontale. Pour passer de l'un à l'autre, il suffisait donc de tourner la lunette autour d'un axe vertical.

Dans cette première expérience donc, l'exosmose du gaz d'éclairage paraît donner lieu à une élévation de température dans le vase poreux.

15<sup>e</sup> EXP. — Diffusion entre l'hydrogène sec et l'air sec. Le témoin recevait le courant gazeux avant le vase poreux.

On trouvera le détail des observations dans le tableau ci-joint. Voici quelles ont été les diverses phases de l'expérience : (Voir le tableau à la page suivante.)

A 35<sup>m</sup>, écoulement d'air dans P et P', et, en même temps, dans l'espace autour de P. A 60<sup>m</sup>, on a ajouté de l'acide sulfurique frais sur la ponce. A 82<sup>m</sup>, on a introduit un appareil desséchant nouveau. La température H a d'abord baissé conformément à ce qui est connu, mais la continuation du courant sec n'a pas provoqué une continuation de la baisse. H'' n'a que très-peu varié — A 88<sup>m</sup>, on a fait arriver de l'hydrogène dans P et P'', le courant d'air continuant à l'extérieur de P. On voit une variation  $\Delta H = + 0^{\circ},32$  en 7 minutes. — A 96<sup>m</sup>, l'hydrogène a été interrompu et remplacé par l'air ; H a cessé de monter et, durant 23 minutes, la température s'est peu à peu abaissée, puis est demeurée plusieurs minutes stationnaire à  $20^{\circ},70$ . — A 119<sup>m</sup>, l'hydrogène a été dirigé dans l'espace entre P et V ; pendant ce temps, l'air continuait à circuler à l'intérieur de P et de P'. En 8 minutes, il y eut une variation  $\Delta H = - 0^{\circ},30$ , coïncidant avec une endosmose. — A 127<sup>m</sup>, l'hydrogène ayant été interrompu, la température cessa de baisser et remonta peu à peu. — A 142<sup>m</sup>, même circulation qu'à 88<sup>m</sup>, afin de produire une exosmose. La variation  $\Delta H = + 0^{\circ},32$  en 5 minutes. — A 149<sup>m</sup>, le courant d'hydrogène fut interrompu et ce fut de nouveau de l'air qui circula à

l'intérieur et à l'extérieur du vase poreux. — A 160<sup>m</sup>, nouveau courant d'hydrogène par le tube *c* pour produire une endosmose pendant que l'air circulait dans P et P'. La température du vase poreux baissa de 0<sup>o</sup>,48 en 6 minutes.

**Exp. 15.**

TEMPS	H	H''	TEMPS	H	H''
25 <sup>m</sup>	21 <sup>o</sup> 00	21 <sup>o</sup> 17	124 <sup>m</sup>	20 <sup>o</sup> 56	—
35	21,02	21,17	125	20,48	—
38	21,02	21,17	126	20,45	21 <sup>o</sup> 30
40	20,80	21,17	127	20,40	—
48	20,61	21,18	128	20,40	—
55	20,53	21,16	130	20,56	21,31
60	20,49	—	132	20,62	21,32
65	20,51	21,15	140	20,75	—
75	20,52	21,16	141	20,77	21,34
82	20,55	21,15	142	20,78	—
86	20,60	21,20	143	20,80	21,33
88	20,60	21,20	144	20,86	—
89	20,60	21,25	145	20,97	21,43
90	20,65	21,25	146	21,00	—
91	20,68	—	147	21,10	21,40
92	20,77	—	149	21,12	21,40
94	20,84	21,24	150	21,14	—
96	20,92	21,23	151	21,06	21,41
98	20,88	21,25	153	21,00	—
104	20,76	21,25	159	20,93	21,42
108	20,72	—	160	20,94	—
112	20,72	21,27	161	20,88	21,42
114	20,70	—	162	20,77	—
119	20,70	21,28	163	20,68	—
121	20,70	—	165	20,56	21,42
122	20,66	—	166	20,46	—
123	20,60	21,28			

Pendant toute la durée de cette expérience, la température du témoin varia peu et lentement. Il y eut un réchauffement progressif de  $+ 0^{\circ},25$ . La marche du thermomètre H'', lequel plongeait dans le gaz qui allait circuler dans P, ne permet pas d'admettre que les variations offertes par le thermomètre H du vase poreux soient dues à la température même du gaz.

En voyant les détails qui précèdent, on reconnaît que les variations de température sont en rapport avec le sens de la diffusion et que la température s'élève lorsqu'il y a exosmose, qu'elle s'abaisse au contraire lors de l'endosmose. — Les expériences qui vont suivre viendront confirmer ces premiers faits.

16<sup>e</sup> EXP. — Le tableau ci-après renferme le détail des faits observés. — A 3<sup>m</sup> commença une circulation d'air sec, d'une part dans le témoin et le vase poreux, d'une autre part, par le tube *c*, dans l'espace extérieur à P. On voit que H baissa d'abord, puis se maintint plusieurs minutes stationnaire et remonta ensuite lentement. — A 35<sup>m</sup>, un très lent courant d'hydrogène desséché fut introduit dans l'espace autour de P, tandis que l'air continuait dans le vase poreux. Il devait donc se produire une endosmose. Le thermomètre H cessa sa marche ascendante et baissa de  $0^{\circ},10$  en 6 minutes. — A 41<sup>m</sup>, le courant d'hydrogène fut interrompu et remplacé par un courant d'air. La baisse cessa immédiatement et la température reprit sa marche lentement ascendante pour devenir à peu près stationnaire de 65 à 75<sup>m</sup>. — A 77<sup>m</sup>, le courant d'hydrogène fut dirigé dans le vase poreux, l'air circulant à l'extérieur. Il devait donc y avoir une exosmose. En 10 minutes, H s'éleva de  $+ 0^{\circ},37$ . — A 87<sup>m</sup>, l'hydrogène fut

arrêté et remplacé par l'air ; la température cessa immédiatement de monter et baissa de  $- 0^{\circ},20$  en 8 minutes.

A 95<sup>m</sup> les observations furent interrompues ; tous les robinets furent fermés. L'expérience fut reprise après une heure et demie environ. — A 18<sup>m</sup>, lent écoulement d'air, comme au début (à 3<sup>m</sup>). Les appareils desséchants étaient pourvus d'acide frais. A 34<sup>m</sup>, lent courant d'hydrogène à l'intérieur du vase poreux, provoquant une hausse de  $+ 0^{\circ},20$  en 6 minutes. A 40<sup>m</sup>, l'hydrogène fut interrompu et remplacé par l'air ; la température baissa immédiatement. — A 52<sup>m</sup>, l'hydrogène fut dirigé à l'extérieur du vase poreux et le courant d'air qui circulait à l'intérieur fut interrompu. Il devait donc y avoir une endosmose, bientôt ralentie et arrêtée parce que l'intérieur du vase P s'enrichissait d'hydrogène et s'appauvissait d'air. Le thermomètre H baissa de  $0^{\circ},08$ , mais la baisse ne continua pas ; à 55 et 56<sup>m</sup>, on observa une température stationnaire. A 56<sup>m</sup>, on laissa le courant d'air se rétablir, entraînant par conséquent l'hydrogène qui venait de s'accumuler dans le vase poreux et créant, sur sa paroi interne, des conditions favorables à une reprise de l'endosmose. Le thermomètre recommença immédiatement à baisser et varia de  $- 0^{\circ},12$  en 3 minutes. — A 59<sup>m</sup>, l'hydrogène fut arrêté et remplacé par l'air ; le thermomètre cessa de baisser et remonta immédiatement. — A 65<sup>m</sup>, on laissa passer un courant assez rapide d'hydrogène à l'extérieur de P, mais vu sa rapidité, la dessiccation n'était probablement pas complète. La température subit une baisse de  $- 0^{\circ},25$  en 2 minutes, coïncidant avec une endosmose qui devait être active.

Si l'on examine la marche du thermomètre H'' du témoin, durant cette série, on verra que ses variations sont

faibles et n'offrent aucun rapport avec celles de H qui paraissent, en revanche, nettement dépendre du sens de la diffusion. Toutes ces variations confirment un réchauffement quand il y a exosmose et un refroidissement lors de l'endosmose.

**Exp. 16.**

TEMPS	H	H''	TEMPS	H	H''
0 <sup>m</sup>	22 <sup>o</sup> 91	22 <sup>o</sup> 86	88 <sup>m</sup>	22 <sup>o</sup> 98	23 <sup>o</sup> 23
3	22,91	22,87	90	22,90	—
5	22,82	22,87	95	22,80	23,25
7	22,64	—	—	—	—
13	22,28	22,89	18	23,14	23,39
17	22,25	—	21	23,08	—
19	22,25	—	28	23,00	23,41
21	22,28	22,91	34	23,00	23,45
25	22,36	—	35	23,01	—
30	22,40	22,97	36	23,06	23,48
35	22,44	—	39	23,24	—
37	22,40	—	40	23,26	23,49
40	22,36	—	42	23,25	23,49
41	22,34	—	47	23,14	—
42	22,36	23,06	50	23,10	23,51
55	22,52	23,07	52	23,08	—
60	22,56	23,09	53	23,04	23,51
65	22,60	—	55	23,00	—
74	22,62	23,15	56	23,00	—
77	22,62	23,19	57	22,96	23,53
78	22,63	—	59	22,88	23,54
79	22,70	—	60	22,92	—
80	22,76	23,21	65	23,01	—
83	22,90	—	66	22,94	—
85	22,97	—	67	22,76	23,64
87	23,00	23,20			

9. Dans les expériences précédentes, j'ai cherché à observer le phénomène de la diffusion en opérant sur une substance poreuse et sur des gaz privés de vapeur d'eau. Dans les expériences qui vont suivre, j'ai au contraire tâché d'opérer avec des substances toutes saturées de vapeur aqueuse et par conséquent dans des conditions telles qu'elles ne pouvaient pas en absorber des quantités nouvelles.

17<sup>e</sup> EXP. — Au lieu de produire la diffusion en faisant arriver de l'hydrogène ou du gaz d'éclairage dans un appareil rempli d'air, j'ai voulu commencer par une situation inverse, c'est-à-dire remplir et imprégner en quelque sorte tout le vase poreux de gaz d'éclairage et seulement après faire arriver l'air.

Les détails des observations se trouvent dans le tableau ci-après. — On fit circuler, dans le vase poreux et le témoin d'une part, et, d'une autre part, dans l'espace entourant le vase poreux, des courants de gaz d'éclairage chargé de vapeur d'eau. Ce gaz passait lentement à travers des tubes en U renfermant un peu d'eau dans le coude inférieur et remplis de papier brouillard maintenu humide. La température de P s'éleva de 0<sup>o</sup>,29 en 20 minutes, puis demeura sensiblement stationnaire. — A 10<sup>m</sup>, courant d'air humide à l'extérieur du vase poreux, le gaz d'éclairage continuant à l'intérieur ; il devait donc y avoir une exosmose. En 4 minutes, le thermomètre monta de 0<sup>o</sup>,26. — A 14<sup>m</sup>, le gaz d'éclairage remplaça l'air ; la diffusion devait donc cesser. Le thermomètre cessa de monter et varia lentement de — 0<sup>o</sup>,08 en 16 minutes. — A 30<sup>m</sup>, courant d'air humide dans le vase poreux, tandis que le gaz continuait à l'extérieur. Il devait ainsi y avoir

une endosmose. En 5 minutes, la température varia de — 0°,18. — De 35 à 60<sup>m</sup>, courant d'air humide dans toutes les parties de l'appareil. — A 60<sup>m</sup>, on fit arriver un courant de gaz à l'intérieur de P, de manière à produire une exosmose. En 5 minutes, le thermomètre monta de + 0°15. — A 65<sup>m</sup>, le courant de gaz fut remplacé par l'air et la température cessa de monter. Il y eut même un refroidissement assez prononcé, puisque, en 7 minutes, le thermomètre baissa de 0°,24 pour remonter lentement ensuite. Cette baisse peut être due, en partie au moins, à ce que le gaz qui avait diffusé et passé à l'extérieur du vase poreux y est partiellement rentré lorsqu'on a fait arriver dans ce vase de l'air. Il se peut aussi que l'air injecté ne fut pas entièrement saturé de vapeur d'eau et que son contact avec la substance poreuse humide ait donné lieu à un peu d'évaporation.

A 85<sup>m</sup>, on dirigea un courant de gaz un peu rapide dans l'intérieur du vase poreux et du témoin, l'air continuant à circuler à l'extérieur de P. Il devait y avoir une exosmose et, en 7 minutes, la température s'éleva de + 0°,18. Il est à remarquer que si la rapidité du courant eût empêché le gaz de se saturer de vapeur d'eau, son contact avec la matière poreuse aurait dû donner lieu plutôt à un abaissement de température. — A 92<sup>m</sup>, courant d'air humide à l'intérieur et à l'extérieur de P déterminant une cessation de la hausse thermométrique. — A 114<sup>m</sup>, nouveau courant de gaz à l'intérieur de P ; hausse de 0°,22 en 5 minutes, coïncidant avec l'exosmose.

Pendant toute cette série, la température du témoin a peu varié et les changements si nets de température qui se produisent lors de l'endosmose ou de l'exosmose ne peuvent pas être produits par la température propre du

courant gazeux qui était dirigé dans l'appareil. Il est à remarquer que le vase poreux et le témoin avaient, au début, la même température; mais dans le cours de l'expérience, le premier s'est peu à peu réchauffé. Cela provient, je suppose, de la circulation de gaz saturés de vapeur. Cette vapeur, en partie absorbée par les parois du vase poreux, y devenait une cause générale de réchauffement.

**Exp. 17.**

TEMPS	H	H''	TEMPS	H	H''
45 <sup>m</sup>	21 <sup>o</sup> 71	21 <sup>o</sup> 70	61 <sup>m</sup>	22,28	—
50	21,78	—	62	22 <sup>o</sup> 34	21 <sup>o</sup> 79
0	21,96	21,71	63	22,40	—
7	22 <sup>o</sup> 00	—	65	22,48	—
10	22,00	21,73	72	22,24	21,80
11	22,06	—	82	22,28	—
12	22,16	—	85	22,32	—
14	22,26	21,75	86	22,32	81,80
17	22,22	21,75	87	22,36	—
25	22,19	—	89	22,43	21,80
30	28,18	21,78	92	22,50	—
32	22,14	—	93	22,47	11,80
33	22,05	21,79	105	22,33	—
34	22,00	—	109	22,31	—
35	22,00	—	114	22,27	21,82
36	22,03	21,78	115	22,26	—
38	22,18	—	116	22,34	—
40	22,24	21,78	118	22,42	—
52	22,33	—	119	22,45	21,82
60	22,33	—			

18<sup>e</sup> EXP. — Essai semblable au précédent avec du gaz d'éclairage et de l'air chargés de vapeur d'eau. — Après

28 minutes de circulation d'air, la température du vase poreux cessa de s'élever et se maintint pendant dix minutes de  $22^{\circ},83$  à  $22^{\circ},84$ . L'air fut remplacé par un courant de gaz d'éclairage ; la température s'éleva aussitôt, en 5 minutes, de  $0^{\circ},23$ . L'arrêt du gaz, remplacé par l'air, fit cesser la hausse. — On maintint ensuite, pendant plus d'une heure, des courants d'air à l'intérieur et à l'extérieur de P. Le thermomètre H indiquait  $22^{\circ},77$  et était sensiblement invariable ; H'' indiquait  $22^{\circ},67$ . Le courant de gaz d'éclairage fut alors dirigé à l'extérieur de P ; il devait donc se produire une endosmose. Le thermomètre H commença immédiatement à baisser et varia de  $-0^{\circ},27$  en 7 minutes. Pendant ce temps, H'' varia de  $+0^{\circ},02$ .

19<sup>e</sup> EXP. — Essai semblable à 17. — Une circulation d'air humide dans tout l'appareil fit monter le vase poreux de  $0^{\circ},11$  en une heure. Ce réchauffement est faible ; mais, dans les jours précédents déjà, des gaz humides avaient été employés et la matière poreuse était probablement moins apte à absorber des quantités nouvelles de vapeur d'eau. — De l'hydrogène saturé d'humidité fut dirigé à l'extérieur du vase poreux, l'air continuant à circuler à l'intérieur ; il devait donc se produire une endosmose. En trois minutes, le thermomètre baissa de  $0^{\circ},20$  et, pendant ce temps, le témoin subit une variation inférieure à  $+0^{\circ},02$ . — Le courant d'hydrogène étant arrêté et remplacé par un courant d'air, la baisse cessa immédiatement et l'appareil se réchauffa peu à peu, montant de  $0^{\circ},29$  en 9 minutes dans le vase poreux, et de  $0^{\circ},06$  dans le témoin.

19<sup>e</sup> EXP. (*bis.*) — Voici un essai où l'un des gaz seulement était desséché.

De l'air circula longuement à travers le vase poreux et

le témoin. Les thermomètres H et II'' étaient sensiblement invariables, depuis plusieurs minutes, à 15°,60 et 15°,58 lorsqu'on dirigea un courant de gaz d'éclairage dans l'espace extérieur à P. Il devait donc y avoir une endosmose. En une minute, la température II baissa de 0°10 ; au bout de 3 minutes, la baisse était de 0°,19. — Un courant d'air ayant remplacé le courant de gaz, la baisse cessa immédiatement et, après 3 nouvelles minutes, la température était revenue à 15°,59. — On fit alors arriver à l'intérieur du vase poreux un courant de gaz d'éclairage desséché ; il devait donc y avoir exosmose. Au bout d'une minute, la variation fut  $\Delta H = + 0°,10$  ; au bout de trois minutes,  $+ 0°,24$ , et la température devint à peu près constante à 15°,76. On lança alors un courant d'air à l'extérieur, ce qui devait activer l'exosmose ralentie ; après 2 minutes, H avait atteint 15°,85.

Dans cette expérience, le gaz d'éclairage desséché aurait dû, à cause de l'effet connu dû à l'absence de vapeur d'eau (voir § 6), refroidir le vase poreux. Mais il y avait en même temps exosmose et le résultat fut un réchauffement.

**10.** Dans les expériences qui précèdent, les gaz prenant part à la diffusion étaient, ainsi que la paroi poreuse, privés de vapeur d'eau ou au contraire humidifiés. Malgré les mesures prises, soit pour la dessiccation, soit pour favoriser l'absorption de la vapeur, je ne puis pas être tout à fait sûr que, dans les premiers essais, la dessiccation fût absolue ou que, dans les seconds, la saturation fût complète. Il me paraît cependant certain que l'influence de la vapeur d'eau absorbée ou abandonnée par la paroi poreuse ne peut pas rendre compte des variations de température

observées pendant que se produisait la diffusion gazeuse. En suivant en détail les diverses phases des expériences citées, on voit que l'intérieur du vase poreux présente un réchauffement quand il y a une exosmose et au contraire un refroidissement lors de l'endosmose.

Dans ces expériences, les courants gazeux avaient généralement été assez lents afin que les gaz pussent mieux se dessécher ou se charger de vapeur; aussi la diffusion devait-elle être peu rapide. En employant des gaz préparés en provision suffisante et en les faisant agir directement, sans qu'ils passent dans un appareil desséchant, on peut avoir une diffusion plus rapide et plus abondante. Seulement alors, les phénomènes dus à la présence de la vapeur d'eau doivent intervenir. — Malgré cela, il est possible de constater d'une façon certaine, même avec des gaz non saturés ou non desséchés, la variation de température due au seul phénomène de la diffusion.

20<sup>e</sup> EXP. — Deux courants de gaz d'éclairage furent dirigés, l'un dans le vase poreux, l'autre par le tube *c*, dans l'espace extérieur à ce vase. Cette circulation fut prolongée plusieurs minutes. Le thermomètre H arriva à être sensiblement constant à 10<sup>o</sup>,16. — Le courant de gaz du tube *c* fut remplacé par un courant d'air; il devait donc se produire une exosmose. En 30 secondes, la température monta de 0<sup>o</sup>,11. — L'air fut arrêté et le gaz remis en circulation autour du vase poreux, pendant plusieurs minutes, jusqu'à ce que le thermomètre H fût à peu près invariable. Le courant de gaz qui n'avait pas cessé de passer dans l'intérieur de P fut alors remplacé par un courant d'air. Il devait donc se produire une endosmose. En moins d'une minute, la température H baissa de 0<sup>o</sup>,16.

21<sup>e</sup> EXP. — On trouvera dans le tableau ci-dessous les détails numériques de cette expérience qui s'est composée de diverses phases montrant bien l'influence d'une diffusion plus ou moins active sur la variation de la température.

**Exp. 21.**

TEMPS	H	TEMPS	H
15 <sup>m</sup>	10 <sup>o</sup> 64	41 <sup>m</sup>	11 <sup>o</sup> 09
20	16,64	42	11,08
<u>24</u>	10,80	<u>45</u>	11,08
26	10,86	<u>46</u>	11,20
32	10,98	<u>47</u>	11,22
33	11,00	48	11,21
34	11,00	49	11,14
<u>35</u>	11,00	<u>50</u>	11,12
<u>36</u>	11,07	<u>52</u>	11,18
<u>37</u>	11,07	53	11,20
39	11,05		

A 20<sup>m</sup>, on fit passer un courant de gaz d'éclairage dans le vase poreux. L'exosmose a dû bientôt se ralentir parce que le gaz sortant devait demeurer, en partie au moins, près de la paroi extérieure de P où la proportion d'air tendait à diminuer. On voit que la température monta, puis demeura stationnaire à 11<sup>o</sup>. — A 35<sup>m</sup> (le gaz d'éclairage circulant toujours dans le vase poreux) on lança un courant d'air par le tube *c*, de manière à renouveler, autour du vase poreux, l'atmosphère d'air; l'exosmose devait donc redevenir plus active. Le thermomètre monta immédiatement de 0<sup>o</sup>,07. — A 36<sup>m</sup>, ce courant d'air fut interrompu; la température cessa de monter puis varia un peu et lentement de 36 à 45<sup>m</sup>. Le courant de gaz d'éclairage était entretenu dans le vase poreux. — A

45<sup>m</sup>, nouveau courant d'air à l'extérieur; l'exosmose devait se reproduire et la température monta de 0°,12 en une minute. — A 45<sup>m</sup>, cessation du courant d'air jusqu'à 50<sup>m</sup>; la température baissa lentement. — A 50<sup>m</sup> nouveau courant d'air extérieur suivi d'un accroissement de la température.

22<sup>e</sup> EXP. — Dans cette expérience, un courant d'air circulait dans le vase poreux tandis que le gaz d'éclairage, amené par le tube *c*, passait à l'extérieur. Les résultats sont consignés dans le tableau ci-dessous.

**Exp. 22.**

TEMPS	H	H	TEMPS	H	H
15 <sup>m</sup>	10 <sup>o</sup> 84	10 <sup>o</sup> 88	31 <sup>m</sup>	10 <sup>o</sup> 68	10 <sup>o</sup> 99
20	10,85	10,89	33	10,71	—
23	10,86	—	34	10,80	11,00
26	10,87	10,87	35	10,80	—
27	10,87	10,91	36	10,76	11,03
28	10,83	—	37	10,80	—
29	10,80	—	38	10,88	11,04
30	10,75	10,94			

A 20<sup>m</sup> commença la circulation du courant d'air; à 26<sup>m</sup>, celle du courant de gaz. Il devait y avoir une endosmose. La température H baissa de 0°,19; en même temps H' (th. extérieur du vase poreux) monta graduellement, ce qui exclut la supposition que le gaz avait une température propre, inférieure à celle de l'appareil. — A 31<sup>m</sup>, le courant d'air fut supprimé, l'endosmose devait donc se ralentir puis cesser. La température cessa de baisser et H se releva à 10°,80. — A 34<sup>m</sup>, nouveau passage du courant d'air qui devait provoquer une reprise de l'endosmose. La température H baissa de 0°,04, quoiqu'elle fût

déjà très probablement inférieure à la température générale de l'appareil. Ce courant fut interrompu à 36<sup>m</sup> et le thermomètre reprit immédiatement sa marche ascendante.

Dans cette expérience donc, où les conditions ont été inverses de la précédente, l'endosmose correspond toujours à un refroidissement dans le vase poreux et ce refroidissement cesse lorsque l'endosmose cesse elle-même.

23<sup>e</sup> EXP. — Expérience analogue aux deux précédentes, mais faites avec de l'hydrogène.

Les deux thermomètres H et H' indiquaient, au début, 11°,54 et 11°,53. — Premier courant d'hydrogène dans le vase poreux; la température monta de 0°,21 en 4 minutes; mais l'ascention, plus rapide au commencement, se ralentit vers la fin. On fit alors arriver un courant d'air, par le tube *c*, afin d'entraîner l'hydrogène qui avait diffusé dans l'espace entre P et V. L'accroissement de température de H redevint plus considérable et fut de 0°,08 en une minute. Le courant d'air étant interrompu, la température demeura sensiblement stationnaire à 11°,89. — Après 2 minutes, nouveau courant d'air à l'extérieur provoquant immédiatement, en même temps qu'une exosmose plus active, un réchauffement de 0°,06 en une minute. Ce réchauffement prit fin dès que le courant d'air cessa.

Après un assez long temps d'interruption, on fit arriver le courant d'hydrogène à l'extérieur du vase poreux. Il devait donc y avoir une endosmose. En trois minutes, la température baissa de 0°,18.

24<sup>e</sup> EXP. — Un courant d'hydrogène fut dirigé à travers le vase poreux. On observa, après 4 minutes,  $\Delta H = + 0°,20$  et  $\Delta H' = + 0°,02$ , Ce courant fut arrêté et l'appareil abandonné au repos durant 22 minutes. La température

H baissa peu à peu et les deux thermomètres H et H' arrivèrent à  $10^{\circ},73$ , ne variant plus d'une manière sensible. — Le courant d'hydrogène fut alors amené dans l'espace extérieur au vase poreux. En une minute, on observa  $\Delta H = -0^{\circ},12$  et  $\Delta H' = +0^{\circ},04$ . L'hydrogène étant arrêté, il devait se produire une diffusion inverse, parce que les parties de ce gaz contenues dans l'espace compris entre P et V s'éliminaient peu à peu à cause de leur légèreté et étaient remplacées par de l'air. Le thermomètre H remonta immédiatement et atteignit  $10^{\circ},76$  en 2 minutes, puis, lentement,  $10^{\circ},80$ . — On lança alors un courant d'air par le tube *c* pour activer cette exosmose. En moins d'une minute, H arriva à  $10^{\circ},90$ , puis baissa de nouveau bientôt après.

25<sup>e</sup> EXP. — Deux courants de gaz d'éclairage furent dirigés dans le vase poreux et dans l'espace extérieur. Après 10 minutes, les thermomètres demeurèrent à peu près invariables, H indiquant  $15^{\circ},36$ , H'  $15^{\circ},27$  et H''  $15^{\circ},25$ . On interrompit alors celui des courants qui passait dans le vase poreux et on le remplaça par un courant d'air. Il devait donc se produire une endosmose. Après une minute, on observa  $\Delta H = -0^{\circ},12$ ; après 3 minutes,  $\Delta H = -0^{\circ},32$ ,  $\Delta H' = +0^{\circ},03$  et  $\Delta H'' = 0$ . — Le gaz extérieur fut arrêté et remplacé par un courant d'air semblable à celui qui passait à l'intérieur de P. Les thermomètres H' et H'' ne varièrent pas d'une manière sensible, tandis que H se réchauffa, en deux minutes, de  $0^{\circ},12$ . — Après une lente circulation d'air dans tout l'appareil, durant 26 minutes, on observa : H =  $15^{\circ},40$ ; H' =  $15^{\circ},40$ , H'' =  $15^{\circ},32$ , ces chiffres ne variant pas durant quelques minutes. — On fit alors arriver un courant abondant de gaz d'éclairage à l'extérieur du vase poreux. Après deux

minutes, on eut :  $\Delta H = - 0^{\circ},18$  ;  $\Delta H' = + 0^{\circ},05$  et  $\Delta H'' = 0$ . L'endosmose avait donc produit un rapide refroidissement.

**11.** Les expériences précédentes ont été faites suivant le procédé qui a été employé avec les gaz desséchés ou saturés. Dans les essais qui suivent, j'ai cherché à voir le fait même de la diffusion et à constater l'arrivée des gaz dans le vase poreux ou leur sortie, en même temps que les indications du thermomètre.

Des deux tubes *a* et *b* qui aboutissent au vase poreux, l'un, *a*, a été fermé; l'autre a été mis en communication avec l'une des branches d'un tube en U, de large diamètre, pourvu d'une petite quantité d'eau dans sa portion courbe inférieure. Il y avait juste assez d'eau pour fermer le tube, mais toute variation de pression entre les deux branches déplaçait le liquide dans un sens ou dans l'autre et le gaz passait sous forme de bulles. La rapidité et l'abondance des bulles permettait de juger de ce qui se passait dans le vase poreux, au point de vue de la diffusion. Vu la petite quantité d'eau qui occupait le coude du tube indicateur U, la pression, dans le vase poreux, ne différait jamais que d'une quantité négligeable de la pression extérieure.

26<sup>e</sup> EXP. — Les deux thermomètres H et H' indiquaient, au début,  $10^{\circ},32$  et  $10^{\circ},23$ . On fit arriver un abondant courant d'hydrogène par le tube *c* dans l'espace autour du vase poreux. L'endosmose fut rapide, à en juger par le passage des bulles dans le tube indicateur. Au bout de une minute, on observa  $H = 10^{\circ},18$  d'où  $\Delta H = 0^{\circ},14$  et  $H' = 10^{\circ},23$  d'où  $\Delta H'' = 0$ . Dès que la diffusion fut arrêtée, on remplaça le courant d'hydrogène par un courant d'air. Dans le tube indicateur, il se fit un mouvement inverse

accusant une exosmose de l'hydrogène qui était entré dans P. Après 80 secondes, on observa  $H = 10^0,31$ , d'où  $\Delta H = + 0^0,13$  et  $H' = 10^0,24$  d'où  $\Delta H' = + 0^0,01$ .

27<sup>e</sup> EXP. — Essai semblable au précédent, mais le courant d'hydrogène a circulé plus longtemps.

	H	H'
0 <sup>m</sup> , courant d'hydrogène extérieur . . . . .	9 <sup>o</sup> 40	9 <sup>o</sup> 46
1 <sup>m</sup> 30 <sup>s</sup> , endosmose active . . . . .	9,37	9,47
2, endosmose moins active . . . . .	9,36	9,47
2, 45 <sup>s</sup> , endosmose très ralentie . . . . .	9,32	9,48
3, pas de mouvement dans le tube U . . . . .	9,33	9,48
4, » » . . . . .	9,36	9,48
6, » » . . . . .	9,46	9,51

On interrompit à 6<sup>m</sup> le courant d'hydrogène et l'on fit arriver un courant d'air qui provoqua immédiatement l'exosmose.

7 <sup>m</sup> , exosmose active . . . . .	9 <sup>o</sup> 60	9 <sup>o</sup> 50
--	-------------------	-------------------

28<sup>e</sup> EXP. — Essai semblable au précédent avec l'air et le gaz d'éclairage. Le courant de gaz d'éclairage a circulé dans l'espace extérieur au vase poreux de 48 à 59<sup>m</sup>. A 59<sup>m</sup>, il a été remplacé par un courant d'air. Voici les diverses phases de l'expérience :

	H	H'
48 <sup>m</sup> , début du courant de gaz d'éclairage	10 <sup>o</sup> 62	10 <sup>o</sup> 67
48 30 <sup>s</sup> , endosmose assez active . . . . .	10,62	10,68
49, endosmose plus lente . . . . .	10,57	
50, aucun mouvement dans le tube U. . . . .	10,60	
54, » » . . . . .	10,71	10,71
59, » » . . . . .	10,71	10,71
60, l'exosmose a commencé. . . . .	10,72	
60, 30 <sup>s</sup> , l'exosmose est plus active. . . . .	10,74	
61, l'exosmose continue . . . . .	10,75	10,72
62, l'exosmose est très-lente . . . . .	10,78	

29<sup>e</sup> EXP. — Essai analogue aux précédents avec l'air et le gaz d'éclairage. Courant de gaz établi à 0<sup>m</sup>.

	H	H'
0 <sup>m</sup> , les thermomètres sont constants depuis plusieurs minutes . . . . .	9 <sup>o</sup> 95	9 <sup>o</sup> 99
0, 20 <sup>s</sup> , l'endosmose a commencé . . . .	9,93	
0, 40 <sup>s</sup> , endosmose assez active . . . .	9,91	
1, endosmose presque arrêtée . . . . .	9,89	10,02
2, aucun mouvement dans le tube U . .	9,94	
4,           »           »           »           »	9,98	10,02
6,           »           »           »           »	10,01	10,03
8,           »           »           »           »	10,02	10,03
9, on interrompt le courant de gaz et le remplace par un courant d'air . . . .	10,02	
9 <sup>m</sup> 30 <sup>s</sup> , exosmose assez active . . . . .	10,08	
10, l'exosmose continue plus faible . . .	10,10	10,05
11, l'exosmose a cessé complètement. .	10,09	
13,           »           »           »           »	10,08	10,05

Cette expérience est représentée graphiquement dans la planche XVII.

On y voit bien nettement comment les variations de température ont coïncidé avec l'endosmose et l'exosmose.

**12.** Les expériences 20 à 29 montrent que la variation de température qui accompagne la diffusion se manifeste très bien avec des gaz qui, n'ayant pas été desséchés, sont sûrement accompagnés de vapeur d'eau. — Dans ces expériences, le thermomètre H' plongé dans l'espace qui entoure le vase poreux n'a offert que des changements de température peu considérables. En général, il s'est lentement élevé pendant la durée de chaque série. Placé à l'extérieur du vase cylindrique P, il n'était rapproché que

d'une portion très restreinte de la paroi poreuse et on comprend que la variation de température devait l'affecter beaucoup moins que le thermomètre H, qui était enveloppé par la paroi siège de la diffusion. L'influence de la diffusion sur H' pouvait être assez faible pour être voilée et dissimulée par les autres causes générales (température propre du courant gazeux et de l'ensemble de l'appareil) qui devaient agir sur lui. J'ai cependant, dans plusieurs cas, nettement constaté, grâce à la sûreté des observations avec la lunette et en portant spécialement mon attention sur H', que ce thermomètre variait de petites quantités et dans un sens justement inverse de celui de H, cela surtout dans les occasions où il y avait une diffusion rapide. Ces variations, souvent inférieures à  $0^{\circ},01$ , mais parfois comprises entre  $0^{\circ},01$  et  $0^{\circ},02$ , étaient en plus lors de l'endosmose et en moins lors de l'exosmose. — En examinant les diverses expériences précédemment décrites, on verra d'ailleurs plusieurs cas où cette variation de H' est bien d'accord avec le sens de la diffusion.

**13.** La grandeur de la variation de température qui accompagne la diffusion a été fort différente dans les diverses expériences et il n'est pas possible d'indiquer un chiffre qui exprime quelque chose de précis et de constant. On comprend que cette variation doit dépendre de la quantité de gaz qui diffuse et aussi de la rapidité avec laquelle le phénomène s'accomplit, c'est-à-dire de deux circonstances qui dépendent, à leur tour, de l'abondance des courants gazeux dirigés le long des parois du vase P. On a vu, dans les expériences précédemment décrites, de nombreux exemples où la grandeur du changement de température est nettement liée à l'activité de la diffusion.

— Si la diffusion est très lente, le changement de température qui l'accompagne peut être neutralisé par l'influence de la température générale de l'appareil. Cette influence doit d'ailleurs se faire sentir inégalement. Lorsque le vase poreux, ou plutôt seulement sa paroi interne, offre déjà un écart dans un certain sens, toute variation de température tendant à augmenter cet écart doit être un peu affaiblie. — Les variations les plus considérables qui ont été observées l'ont été lors de la diffusion entre l'hydrogène et l'air ; elles ont atteint, comme maximum,  $+ 0^{\circ},37$  lors d'une exosmose et  $- 0^{\circ},48$  lors d'une endosmose.

**14.** La diffusion comprenant un double courant, dans deux sens opposés, il est bien probable que la variation de température affecte d'une façon semblable les deux courants gazeux. Sur chaque face de la paroi poreuse, l'un des gaz tend à réchauffer et l'autre à refroidir. Ce que les expériences précédentes ont pu constater n'est sans doute que la *différence* entre ces deux effets.

On se rend compte, me semble-t-il, des résultats obtenus en se représentant que la diffusion donne lieu à un réchauffement du côté où les molécules gazeuses entrent dans le corps poreux et à un refroidissement du côté où elles en sortent. Comme les deux courants ont une inégale importance et que le gaz le moins dense passe en proportion plus grande que l'autre, on comprend qu'il y ait, en définitive, refroidissement du côté où arrive le courant le plus abondant et réchauffement de l'autre.

Peut-être ces variations de température se rattachent-elles simplement au cas ordinaire du réchauffement ou du refroidissement d'un gaz qui est condensé par une matière poreuse ou qui s'en dégage, — comme cela arrive, par

exemple, avec la vapeur d'eau en contact avec la matière des vases employés. On peut se représenter que chaque gaz subit une condensation sur la face par laquelle il entre dans la paroi poreuse ; sur l'autre face il sort en se dilatant. La face d'entrée se réchauffe et la face de sortie se refroidit.

Un thermomètre placé près de la paroi poreuse indiquera naturellement les variations de température de la face qui l'avoisine. Il sera réchauffé ou refroidi par l'effet du rayonnement d'une part, et, d'une autre part, par le contact du gaz qui vient de sortir de la paroi poreuse et qui se mélange avec celui dans lequel le thermomètre est plongé. Dans mes expériences, l'influence du rayonnement des parois pouvait être importante, puisque cette paroi formait une enceinte enveloppant l'instrument, et il est probable que le gaz seul, à cause de sa faible masse, n'aurait provoqué qu'une variation de température moins grande.

Il est d'ailleurs bien certain que la variation de température accusée par le thermomètre doit être *notablement plus faible* que celle que subit réellement le gaz qui diffuse. Cette variation de l'instrument dépend, on le sait, de la masse et des chaleurs spécifiques des corps qui sont en présence. (Voir note 7 au § 17.)

**15.** La diffusion entre l'air et l'acide carbonique est beaucoup plus lente que celle qui se produit entre ce premier gaz et l'hydrogène ou le gaz d'éclairage. Comme l'air y joue le rôle de gaz le moins dense, j'ai fait de nombreux essais pour observer les variations de température qui se produisent alors. Les résultats ont toujours été conformes à la règle qu'il y a réchauffement du côté où

entre le courant le plus abondant et refroidissement du côté opposé. Ces résultats cependant sont tels que, à eux seuls, ils ne peuvent pas être donnés comme une *preuve* de la règle en question.

Voici quelques exemples. — Les deux gaz étaient employés chargés de vapeur d'eau.

30<sup>e</sup> EXP. — Un lent courant d'acide carbonique a circulé dans le vase poreux et dans l'espace extérieur. On observa, après 40 minutes,  $H = 13^{\circ},03$  et  $H' = 12^{\circ},93$ . — L'acide carbonique fut arrêté et remplacé par un courant d'air dans l'espace extérieur, tandis que le vase P fut mis en communication avec le tube indicateur U (§ II). Il se produisit une lente et faible endosmose. Après 6 minutes, on observa :  $\Delta H = - 0^{\circ},13$  et  $\Delta H' = - 0^{\circ},02$ . — Le même courant d'air fut alors bifurqué et une partie dirigée dans le vase poreux. La température H remonta de  $0^{\circ},02$  en quatre minutes. — Un nouveau courant d'acide carbonique dans le vase extérieur donna lieu à une variation  $\Delta H = + 0^{\circ},03$ ; il devait se produire une faible exosmose.

31<sup>e</sup> EXP. — Mêmes dispositions. Après une lente circulation d'acide carbonique à l'intérieur et à l'extérieur du vase poreux, on observa  $H = 13^{\circ},04$  et  $H' = 13^{\circ},01$ . L'acide carbonique fut remplacé par un courant d'air dans l'espace extérieur. Après cinq minutes, on observa  $\Delta H = - 0^{\circ},06$  en même temps qu'une lente endosmose. Une partie du courant d'air fut alors dirigée dans le vase poreux dont la température continua très faiblement à baisser, à peu près  $0^{\circ},02$  en dix minutes.

32<sup>e</sup> EXP. Un lent courant d'air circula durant 20 minutes. H varia très peu, puis demeura constant à  $14^{\circ},42$ . —

On fit alors arriver de l'acide carbonique dans le vase extérieur tandis que le vase poreux fut mis en communication avec le tube U. Lente exosmose. Après 2 minutes, on observa  $\Delta H = + 0^{\circ},04$ . L'exosmose se prolongea assez longtemps, peu active. H continua à monter et varia de  $+ 0^{\circ},15$  en 9 minutes, puis demeura constant à  $14^{\circ},61$ . On fit alors arriver, dans le vase extérieur, le courant d'air au lieu de l'acide carbonique. Il n'y eut plus ni endosmose ni exosmose sensible; H varia de  $- 0^{\circ},04$  en 5 minutes.

33<sup>e</sup> EXP. Un lent courant d'air bifurqué passa dans le vase poreux et dans l'espace extérieur. H monta un peu, puis devint constant à  $14^{\circ},62$  quoique le courant fut interrompu durant 5 minutes. — L'acide carbonique fut alors dirigé dans l'espace extérieur à P. On observa  $\Delta H = + 0^{\circ},04$ , en trois minutes, en même temps qu'il se produisit une faible exosmose. Ce courant fut remplacé par un courant d'air lequel donna lieu à une lente endosmose à cause de l'acide carbonique qui était entré dans le vase P lors de la diffusion précédente. H baissa très lentement de  $0^{\circ},02$ .

Ces exemples suffisent pour montrer ce qu'ont été les faits entre l'acide carbonique et l'air. En examinant de près les variations thermométriques, en même temps que la situation des gaz relativement à la paroi poreuse, on verra que les faits ne sont pas contraires à la loi indiquée précédemment, que la variation  $\Delta H$  est bien négative quand elle doit l'être; mais qu'elle demeure nulle ou très faible quand elle doit être positive. On verra aussi que le thermomètre H a parfois continué à monter alors même qu'il n'y avait plus d'exosmose.

Il me semble que, dans ces expériences entre l'air et

l'acide carbonique, on entrevoit une cause générale qui vient s'ajouter, avec une importance prépondérante, à l'effet produit par une diffusion toujours peu active. Cette cause pourrait être un réchauffement de la substance poreuse quand elle est soumise à un courant d'acide carbonique, que ce courant soit extérieur ou intérieur au vase poreux, réchauffement qui n'a pas lieu ou qui est plus faible quand c'est l'air qui circule. Il résulterait de là que l'air intervient comme une cause de refroidissement, indépendamment du phénomène de la diffusion. Ce refroidissement paraît un peu plus actif quand il y a endosmose de l'air et moins actif ou nul quand il y a exosmose. — Je signalerai cependant l'expérience 30 où le refroidissement prononcé lors de l'endosmose paraît bien dû, au moins en partie, à l'influence de la diffusion, puisque le même courant d'air, introduit dans le vase poreux, fit remonter le thermomètre de 0°,02.

**16.** Les expériences 14 à 33 ainsi que les considérations qui les accompagnent peuvent se résumer dans les conclusions suivantes :

V. Lorsque l'air d'une part, l'hydrogène ou le gaz d'éclairage d'une autre part, sont en contact avec les deux faces de la paroi poreuse, la diffusion qui se produit provoque une variation de température, mais une variation de signe différent de part et d'autre de la paroi diffusante.

VI. Il y a abaissement de température du côté où se trouve le gaz le plus dense, par conséquent du côté où arrive le courant le plus abondant. Il y a, au contraire, élévation de température du côté opposé.

VII. Ces variations de température ont été constatées

lorsque les gaz prenant part à la diffusion sont desséchés aussi bien que quand ces gaz sont chargés de vapeur d'eau. — Lorsque les gaz sont employés sans dessiccation et sans humidification préalables, la diffusion donne nettement lieu aussi à la variation de température indiquée ci-dessus. Seulement alors, il est probable que cette variation est influencée par la présence de la vapeur d'eau.

VIII. La grandeur de la variation de température qui accompagne la diffusion a été différente dans divers cas et suivant la disposition particulière des expériences. Elle a toujours paru plus grande lorsque la diffusion est plus abondante et plus active.

IX. On se rend convenablement compte des faits constatés en supposant que, dans la diffusion, chaque courant gazeux produit un réchauffement du côté où il entre dans la paroi poreuse et un refroidissement du côté où il sort. Ces courants, ayant une importance inégale dépendant de leur densité (loi de Graham), on comprend qu'il y ait, en définitive, réchauffement sur l'une des faces de la cloison diffusante et refroidissement sur l'autre.

#### *Diffusion avec changement de pression.*

**17.** Il importe tout d'abord de voir dans quelle mesure les changements de pression seuls influent sur les indications du thermomètre H. Il doit y avoir une légère déformation de la cuvette du thermomètre, puis une variation de la température du gaz qui entoure l'instrument.

Pour apprécier la déformation que les changements de pression font subir au thermomètre, on a pris une éprouvette de verre qui pouvait être exactement fermée par le

bouchon de caoutchouc que traversait le thermomètre H et les tubes mentionnés précédemment. Cette éprouvette a été à peu près remplie de mercure. Dans le mercure plongeait la cuvette et une partie de la tige du thermomètre. L'éprouvette a été placée dans un second vase enveloppé d'une épaisse couche de coton. Le tube *a* a été relié à un petit manomètre à air libre, et l'autre tube *b* mis en communication avec une pompe à compression ou à dilatation. — Les changements de pression ont toujours été assez faibles pour que leur influence sur la température du mercure fût tout à fait négligeable (6).

On observait le thermomètre tout en faisant varier la pression à peu près avec le degré de rapidité qui se produit dans les expériences de diffusion. Voici quelques résultats :

PRESSION	H	PRESSION	H
0 <sup>mm</sup>	11 <sup>o</sup> 80	0 <sup>mm</sup>	10 <sup>o</sup> 47
+ 160	11,84	—	—
0	11,81	0	12,32
+ 120	11,84	— 100	12,30
0	11,81	0	12,31
+ 60	11,83	— 50	12,30
0	11,82	0	12,31
0	10,47	— 120	12,29
+ 190	10,50	0	12,31
0	10,46	— 60	12,30
+ 100	10,48	0	12,32
0	10,46	— 110	12,30
+ 60	10,48	0	12,32

(6) Pour une différence de pression de 100<sup>mm</sup> la température propre du mercure varie seulement d'environ  $\frac{1}{3}$  de millième de degré. (Voir Zeuner, *Théorie mécanique de la chaleur*, p. 559)

Il n'y a pas une parfaite régularité dans les résultats et, pour des variations aussi minimales, il aurait fallu pouvoir apprécier au-delà du centième de degré. On voit aussi que, lors du retour de la pression à 0<sup>mm</sup>, le thermomètre ne revenait pas toujours à son point de départ. — Pour le but particulier que je me proposais, il est suffisamment exact, d'après les essais qui viennent d'être rapportés, de considérer la déformation du thermomètre comme correspondant à 0<sup>o</sup>,02 pour une variation de pression de 100<sup>mm</sup> et d'admettre un changement proportionnel entre les variations de la pression et la déformation. Dans les expériences qui seront rapportées plus loin, les indications du thermomètre ont subi une correction (en s'en tenant au centième de degré) de  $\mp 0^{\circ},01$  lorsque la pression s'écarte de  $\pm 25$  à  $\pm 75^{\text{mm}}$  de la pression normale et une correction de  $\mp 0^{\circ},02$  lorsque l'écart est de  $\pm 75$  à  $\pm 100^{\text{mm}}$ .

Pour étudier la variation de température du thermomètre H provoquée par le réchauffement ou le refroidissement dû à la compression ou à la dilatation du gaz dans lequel il est plongé, j'ai employé un vase poreux parfaitement semblable à P, mais verni à l'extérieur. Ce vase était d'ailleurs placé dans les conditions connues et déjà décrites pour éliminer les influences ambiantes. Le tube *a* était mis en communication avec une pompe et *b* avec le manomètre. Les variations de pression étaient, autant que possible, produites avec le même degré de rapidité que celles qui ont eu lieu lors de la diffusion.

Un grand nombre d'expériences ont été faites en comprimant ou en raréfiant l'air contenu dans le vase. Voici quelques exemples des résultats obtenus :

Accr. de pression	$\Delta H$	Dim. de pression	$\Delta H$
+ 80 <sup>mm</sup>	+ 0,09	— 100 <sup>mm</sup>	— 0,13
100	0,12	50	0,08
50	0,07	50	0,08
50	0,08	60	0,10
60	0,09	80	0,11
100	0,11	50	0,07
50	0,07	40	0,06

Ces chiffres proviennent de séries faites dans divers jours et par des températures absolues de 12 à 17°. Ils ne peuvent évidemment pas prétendre à représenter la vraie variation de température que subissait le gaz. Il y a l'influence refroidissante des parois du vase et, par conséquent, du temps pendant lequel la variation s'accomplit, de la conductibilité du gaz qui est plus grande pour l'hydrogène que pour l'air, etc., etc. (7) Il me suffisait, pour le but actuel, de voir à peu près ce qui est accusé par le thermomètre H dans des circonstances analogues (au point de vue de la pression) à celles qui se produisent dans le phénomène de la diffusion.

**18.** Les expériences où la diffusion s'accompagne d'un changement de pression ont été exécutées avec le vase P,

(7) Supposons l'air à 15° et à 720<sup>mm</sup> de force élastique. En appliquant une formule connue de la théorie mécanique de la chaleur, on trouve qu'une augmentation de pression de 60<sup>mm</sup> provoquerait une variation de température de + 6°,8 s'il n'y avait aucune soustraction de chaleur durant le changement de pression. Ce chiffre est très supérieur à ce qui a été réellement observé à cause de la chaleur absorbée par les parois du vase et par la substance du thermomètre dont les masses sont considérables comparées à celle du gaz comprimé.

Dans les phénomènes de diffusion, il doit évidemment y avoir aussi une grande différence entre les changements de température accusés par le thermomètre et ceux que subissent réellement les gaz qui diffusent.

installé comme il a été dit précédemment et mis en communication avec un manomètre à air libre. Lorsque P communiquait avec le manomètre par le tube *b* pendant toute la durée d'une expérience, le tube *a* était maintenu fermé et l'on faisait arriver le gaz uniquement le long de la paroi extérieure du vase poreux. Voici alors comment les phénomènes se succédaient :

Un courant d'hydrogène, par exemple, arrive dans l'espace entre P et V ; il y a endosmose, la pression dans le vase P augmente rapidement, et en moins d'une minute généralement atteint son maximum. Comme l'air contenu dans le vase poreux sort aussi en partie, l'atmosphère intérieure s'enrichit de plus en plus d'hydrogène et la diffusion diminue. L'équilibre intérieur et extérieur des pressions tend à se rétablir à cause de la porosité des parois et le manomètre baisse, se rapprochant lentement du 0. Si l'on interrompt le courant d'hydrogène, les parties de ce gaz contenues entre P et V se dégagent bientôt à cause de leur légèreté et cet espace se remplit naturellement d'air. Il se produit alors une exosmose de l'hydrogène qui était entré dans P lors de la première phase de l'expérience ; la pression devient inférieure à la pression extérieure, le manomètre descend au-dessous de 0 et atteint un minimum qui correspond au moment où l'hydrogène qui sort est égal à l'air qui rentre.

L'atmosphère intérieure du vase poreux devenant de moins en moins différente de l'atmosphère extérieure, la diffusion diminue et le manomètre remonte jusqu'à ce que les pressions intérieure et extérieure soient équilibrées. — Si, à un moment donné, on remplace le courant d'hydrogène extérieur par un courant d'air, on rend plus ac-

tive l'exosmose de l'hydrogène entré dans le vase P et on provoque une baisse plus rapide du manomètre.

Il va de soi que les diverses phases qui viennent d'être indiquées se succèdent plus ou moins rapidement suivant l'abondance du courant d'hydrogène qui vient s'écouler autour du vase poreux, suivant que cet hydrogène peut plus ou moins promptement s'éliminer de l'espace entre P et V lorsque le courant est interrompu et enfin suivant la présence ou l'absence d'un courant extérieur d'air après que le flux d'hydrogène a cessé.

Dans les exemples que je vais citer, les faits se sont produits tantôt comme ils viennent d'être décrits, tantôt un peu différemment, lorsque le manomètre n'était pas relié au vase P pendant toute la durée de l'expérience.

**19. 34<sup>e</sup> EXP.** — On trouvera la suite des résultats obtenus dans le tableau ci-joint, qui doit être accompagné des explications suivantes : A 1<sup>m</sup>, le courant d'hydrogène fut amené dans l'espace extérieur au vase poreux ; la pression augmenta rapidement jusqu'à un maximum de 88<sup>mm</sup>. A ce moment,  $\Delta H = + 0^0,02$ . Le courant d'hydrogène fut alors interrompu et remplacé par un faible courant d'air ; la pression diminua et il se produisit une variation  $\Delta H = - 0^0,14$  pendant que le manomètre revenait à 0<sup>mm</sup>. La pression continua à diminuer ; elle atteignit rapidement un minimum de 70<sup>mm</sup> et la variation  $\Delta H$  fut  $- 0^0,01$ . La pression redevint lentement normale avec une variation  $\Delta H = + 0^0,19$ . — Après quelques moments d'arrêt, on répéta, à 6<sup>m</sup> 30<sup>s</sup> ces diverses opérations ; mais le courant d'air fut lancé seulement à 8<sup>m</sup> 30<sup>s</sup>. Les changements de pression et de température se succédèrent d'une manière analogue. — A 12<sup>m</sup> 30<sup>s</sup>, nouvelle

série encore semblable. — Enfin, à 17<sup>m</sup> eut lieu une quatrième série qui fournit des résultats pareils à ceux des séries précédentes.

**Exp. 34.**

TEMPS	PRESSION	H	H'
0 <sup>m</sup>	0 <sup>m</sup>	11 <sup>o</sup> 60	11 <sup>o</sup> 62
1	0	11,60	11,62
1-35 <sup>s</sup>	+ 88	11,62	11,62
2-20	0	11,48	—
2-50	— 70	11,47	—
3-30	— 20	11,63	11,68
5	0	11,66	—
6	0	11,67	—
6-30	0	11,66	11,68
7	+ 86	11,69	—
7-30	+ 50	11,65	—
8-30	0	11,55	11,90
8-50	— 70	11,55	—
9	— 81	11,55	—
10-20	— 5	11,74	11,91
11	0	11,75	—
12-30	0	11,73	11,92
13	+ 85	11,74	—
13-50	+ 10	11,60	—
14-20	0	11,58	11,94
14-45	— 72	11,61	—
15-40	— 4	11,79	—
16-30	0	11,80	11,96
17-00	0	11,80	11,96
17-45	+ 55	11,80	—
18-30	0	11,68	—
19-00	— 44	11,67	11,98
22-00	0	11,77	11,98

Les variations de température observées pendant l'endosmose et l'accroissement de la pression ont été: + 0<sup>o</sup>,02; + 0,03; + 0,01; 0,00; lors du retour de la pression à l'équilibre: — 0<sup>o</sup>,14; — 0,14; — 0,16 et — 0,12; — lors de l'exosmose avec diminution de pression: — 0<sup>o</sup>,01; 0,00; + 0,03; — 0,01; — lors du retour à l'équilibre, après l'exosmose: + 0<sup>o</sup>,19; + 0,20; + 0,19; + 0,10.

**Exp. 38.**

TEMPS	PRESSION	H	H'
0 <sup>m</sup>	0 <sup>mm</sup>	13 <sup>o</sup> 04	13 <sup>o</sup> 08
0-45 <sup>s</sup>	+ 55	13,07	13,06
3	0	13,00	13,06
3-30	— 30	13,00	
4-15	— 10	13,07	13,04
5	0	13,11	
6	0	13,12	
6-40	+ 54	13,13	13,09
7-50	+ 10	13,00	
9	0	13,00	
9-30	— 35	13,01	13,08
11	— 5	13,08	13,06
12-30	0	13,09	
13-20	+ 53	13,09	
14-30	+ 40	13,04	13,04
16	0	13,00	
16-30	— 30	12,98	
16-40	— 40	12,98	
17-20	— 20	13,04	
19	0	13,07	
20	0	13,08	13,06
20-40	+ 50	13,09	
23	0	13,00	13,03
23-30	— 26	13,00	
25	0	13,07	

35<sup>e</sup> EXP. — Expérience analogue à la précédente avec du gaz d'éclairage et se composant de plusieurs séries semblables à celles de l'expérience 34. Il me paraît inutile de les accompagner d'explications détaillées. On supprimait le courant de gaz et on le remplaçait par un courant d'air lorsque la pression était équilibrée, ainsi à 3<sup>m</sup>, 9<sup>m</sup>, 16<sup>m</sup>, 23<sup>m</sup>.

Les résultats furent tout semblables à ceux qui avaient été obtenus avec l'hydrogène. Lors de l'endosmose et accroissement de pression, la température présente comme variation : + 0,03 ; + 0,01 ; 0,00 ; + 0,01 ; — lors du retour à l'équilibre : — 0<sup>o</sup>,07 ; — 0,13 ; — 0,09 ; — 0,09 ; — lors de l'exosmose avec diminution de pression : 0<sup>o</sup>,00 ; + 0,01 ; — 0,02 ; 0,00 ; — lors du retour à l'équilibre : + 0<sup>o</sup>,12 ; + 0,08 ; + 0,09 ; + 0,07. (Voir tabl. p. précéd.)

35 *bis*. — A 0<sup>m</sup>, on dirigea un courant de gaz d'éclairage dans l'espace extérieur au vase poreux et on le laissa persister 8 minutes. On voit dans le tableau ci-après comment ont varié les pressions et les températures. Après une faible hausse, la température a baissé ;  $\Delta H = - 0^{\circ},06$  en 2 minutes. Après 3 minutes, la pression ne différait plus que de 1<sup>mm</sup> environ de la pression extérieure ; elle n'a plus guère varié jusqu'à la huitième minute. Pendant ce temps, le thermomètre H s'est lentement relevé, très probablement sous l'influence de la température générale de l'appareil. — A 8<sup>m</sup>, le courant de gaz a été remplacé par un courant d'air. Il s'est produit une rapide exosmose du gaz d'éclairage qui était entré dans P ; la pression a varié de 54<sup>mm</sup> et la température de 0<sup>o</sup>,02. La pression est ensuite lentement redevenue normale et la température a présenté une hausse prononcée durant les deux premières minutes.

Cette expérience est représentée graphiquement Pl. XVII.

La courbe ponctuée est destinée à montrer approximati-

vement la variation de la pression, l'horizontale par  $11^{\circ},05$  correspondant à la pression  $0^{\text{mm}}$ .

**Exp. 38 bis.**

TEMPS	PRESSION	H	H'
$0^{\text{m}}$	$0^{\text{mm}}$	$10^{\circ}99$	$11^{\circ}00$
0-15 <sup>s</sup>	+ 20	11,00	—
0-30	44	11,00	—
0-45	40	10,99	—
1-00	28	10,96	—
1-30	15	10,95	—
2-00	6	10,93	11,03
2-30	—	10,94	—
3-00	1	10,96	—
4-00	0,5	10,98	—
5-00	0,5	10,99	11,03
6-00	0	11,00	—
8-00	0	11,01	—
8-30	— 54	10,99	—
9-00	— 25	11,06	—
9-30	— 10	11,10	—
10-00	— 2	11,10	11,05
11-00	0	11,09	—
12-00	0	11,09	—
13-00	0	11,08	11,06

**20.** D'autres expériences, présentant des phases semblables aux précédentes, ont toujours fourni des résultats analogues.

Les variations de température du vase poreux pendant l'endosmose ou l'exosmose apparaissent ici tout autres que ce qui a été observé lorsque le phénomène se produit sans changement de pression. Cependant, en examinant de près

comment les variations de température se succèdent dans les diverses phases de l'expérience, on arrive à s'en rendre compte d'une manière qui me paraît satisfaisante en admettant que le changement de température dû à la diffusion est conforme aux règles trouvées précédemment, mais que ce changement est en conflit avec celui qui résulte de la compression ou de l'expansion du gaz renfermé dans le vase poreux. Voici probablement ce qui se passe :

Au moment où l'hydrogène (par exemple) entre par diffusion, ce gaz et la face intérieure du vase poreux se refroidissent conformément à la loi connue ; mais, en même temps, la pression augmente dans l'appareil et, pour ce motif, l'ensemble du gaz qui y est contenu se réchauffe. Les couches enveloppant le thermomètre sont comprimées et leur réchauffement tend à élever la température de l'instrument ; d'une autre part, l'hydrogène arrivant par endosmose et le rayonnement des parois internes du vase tendent à s'abaisser. Le résultat final est, on l'a vu, dans la plupart des cas au moins, un faible réchauffement. Mais, dès que la pression cesse d'augmenter, qu'elle diminue au contraire, le refroidissement dû à l'expansion vient ajouter son influence au refroidissement qui provient des parois du vase et des couches d'hydrogène qui n'avaient pas encore circulé jusque vers la cuvette du thermomètre. C'est alors que se produit un abaissement prononcé de la température. On peut se représenter, en résumé, que le réchauffement dû à la compression est compensé par le refroidissement dû à l'expansion qui succède immédiatement ; il reste comme résultat final, quand la pression est redevenue ce qu'elle était à l'origine, le refroidissement dû à l'endosmose de l'hydrogène.

Lorsque le vase poreux est rempli d'hydrogène et qu'on

fait arriver un courant d'air à l'extérieur, il se produit des phénomènes inverses, mais analogues. Lors de l'exosmose, il y a réchauffement sur la face interne de P ; mais, en même temps, l'expansion du gaz tend à abaisser la température ; le résultat accusé par le thermomètre H est tantôt nul, tantôt une faible variation, le plus souvent en moins. Mais l'atmosphère du vase poreux s'étant appauvrie en hydrogène et, au contraire, accrue d'air atmosphérique, l'exosmose devient de plus en plus faible et ne compense pas le retour de l'air pour rétablir l'équilibre. La pression augmente et, sous cette influence-là, augmentée du rayonnement de la paroi interne du vase poreux, le thermomètre s'élève. Ici encore, on peut se représenter que la variation de température due à l'expansion du gaz est compensée par une variation inverse lors du retour de la pression. Il reste alors, comme effet final, le réchauffement dû à l'influence connue de l'exosmose.

Il est à remarquer que les variations accusées par le thermomètre, dans les diverses phases d'une expérience, doivent dépendre de la rapidité avec laquelle ces phases se succèdent, parce que la masse de la paroi poreuse tend à prendre de la chaleur ou à en céder au gaz qui remplit le vase P. Si la cause qui fait varier la température de ce gaz agit rapidement, cette influence de la matière poreuse sera moins sensible et le thermomètre variera davantage. Il est probable également que les deux causes opposées qui agissent sur la température, lors d'une endosmose, par exemple, ne font pas sentir leur action simultanément sur le thermomètre. L'arrivée des premières traces d'hydrogène provoque un accroissement immédiat de pression dans *tout* l'intérieur du vase poreux, donc dans les couches qui entourent le thermomètre. On comprend que la

température indiquée par l'instrument s'élève parce qu'il n'a pas encore été touché par des courants d'hydrogène plus froids, ou parce que la paroi intérieure un peu refroidie du vase poreux n'exerce son action qu'avec un certain retard relativement à l'influence de la compression de l'air. Des remarques analogues s'appliquent aux phénomènes qui se produisent lors de l'exosmose.

**21.** Voici encore quelques expériences et quelques faits de détail qui me semblent confirmer les résultats déjà obtenus et les considérations qui précèdent.

Dans l'exemple qui suit, le temps n'a été noté que d'une manière approximative ; mais la variation du thermomètre H, exclusivement, a été suivie de plus près en même temps que la variation de la pression.

EXP. 36<sup>e</sup>. — L'appareil étant au repos, la température étant constante depuis plusieurs minutes,

	PRESSION	H
on observe. . . . .	0 <sup>mm</sup>	11 <sup>o</sup> ,84
Un courant d'hydrogène est dirigé dans l'espace extérieur au vase poreux, puis conservé sensiblement constant ; au bout d'environ 40 secondes, on a	+ 82 <sup>mm</sup>	11 <sup>o</sup> ,87
La pression n'avait pas encore baissé que le thermomètre fléchissait déjà et marquait . . . . .		11 <sup>o</sup> ,86
Puis on observa . . . . .	+ 50 <sup>mm</sup>	11 <sup>o</sup> ,78
	+ 10	11 <sup>o</sup> ,76

Ainsi, le maximum de température n'est pas nécessairement lié au maximum de pression et on voit que le refroidissement a été prononcé surtout dans les premiers moments après le maximum.

La pression demeura environ 2 minutes égale à celle de

l'air ambiant ; pendant ce temps, le thermomètre varia peu ; il monta de  $0^{\circ},02$  à  $0^{\circ},03$ . — Le courant d'hydrogène fut seulement alors interrompu et remplacé par un abondant courant d'air. En quelques secondes, il y eut une rapide exosmose avec raréfaction de l'intérieur de P et on observa . . . . . —  $60^{\text{mm}}$   $11^{\circ},78$

Ici donc, pendant l'exosmose, il n'y eut à peu près pas de variation de température. Pendant le retour de la pression, le réchauffement fut très prononcé, on observa . . . . . —  $40^{\text{mm}}$   $11^{\circ},88$   
 puis, lorsque la pression fut équilibrée  $0^{\text{mm}}$   $11^{\circ},94$

On vient de voir que lors de l'endosmose avec augmentation de la pression, le thermomètre H commença sûrement à baisser avant que le manomètre eût quitté son point maximum. Un fait analogue a été constaté souvent lorsque l'exosmose, avec raréfaction du gaz, provoquait une légère baisse du thermomètre. La température commençait à s'élever avant que la colonne mercurielle du manomètre accusât un accroissement de la pression. Ces faits se comprennent très bien si l'on admet que le réchauffement dû à la compression, par exemple, est partiellement compensé par le refroidissement dû à l'endosmose ; que cette seconde cause de variation de température agit sur le thermomètre un peu en retard sur la première ; mais que, dès qu'il n'y a plus accroissement ou accroissement un peu rapide de la pression, l'effet produit par l'endosmose devient prépondérant.

37<sup>e</sup> EXP. — Les deux thermomètres H et H' indiquaient  $10^{\circ},88$ . Un courant d'hydrogène fut dirigé à travers le vase poreux, qui ne communiquait pas encore avec le manomètre, et un courant d'air dans l'espace extérieur à P. Il

se produisit une exosmose sans différence de pression ; après une demi-minute, on observa :  $H = 11^{\circ},00$  ; après une minute,  $H = 11^{\circ},08$ . Les gaz continuant à circuler, la température s'éleva encore, quoique plus lentement et, après 3 minutes, on observe  $H = 11^{\circ},21$ . Il y a donc eu là le réchauffement connu et prononcé accompagnant l'exosmose sans variation de pression. Pendant ces 3 minutes,  $H'$  baissa de  $0^{\circ},02$ , ce qui est bien conforme aux lois déjà indiquées. — A 3<sup>m</sup>, le courant d'hydrogène fut arrêté et le vase poreux relié immédiatement au manomètre. Il devait donc se produire une exosmose avec diminution de pression. En 50 secondes, la pression baissa de  $80^{\text{mm}}$  ;  $H$  indiqua  $11^{\circ},18$ , variant ainsi de  $- 0^{\circ},03$ . L'exosmose ayant cessé, le manomètre remonta ; après deux nouvelles minutes, la pression était équilibrée et  $H$  était arrivé à  $11^{\circ},25$ , montant ainsi de  $0^{\circ},07$ . — Cette dernière hausse est faible ; mais  $H$  était déjà sûrement supérieur à la température générale de l'appareil et, par conséquent, son réchauffement devait être affaibli.

38<sup>e</sup> EXP. — Essai semblable au précédent avec de l'hydrogène qui fut dirigé à travers le vase poreux et provoqua, en une minute, une variation  $\Delta H = + 0^{\circ},18$ . Le courant d'hydrogène fut arrêté, le vase poreux rapidement relié au manomètre et un courant d'air lancé dans l'espace extérieur à P pour activer l'exosmose. En quelques secondes, la pression varia de  $- 80^{\text{mm}}$  et la température de  $- 0^{\circ},04$  ; puis le manomètre remonta et, au bout de une et demi minute, la pression était équilibrée et le thermomètre  $H$  avait monté de  $0^{\circ},08$ .

Dans ces deux dernières expériences, l'exosmose sans variation de pression produit le réchauffement connu ; mais dès que le vase poreux est fermé et que par consé-

quent le gaz s'y raréfie, il y a tout d'abord une baisse du thermomètre à laquelle succède une hausse lorsque l'équilibre de pression se rétablit. Cette hausse est moins prononcée que dans les expériences 34 et 35 et elle a été suivie, bientôt après, d'un lent refroidissement pendant plusieurs minutes. Cela tient très probablement à ce que dans ces deux dernières expériences il y avait eu déjà un réchauffement dans la première phase de l'opération ; la paroi intérieure du vase poreux était donc déjà au-dessus de la température générale de l'appareil ; elle devait ainsi moins facilement se réchauffer d'avantage et devait au contraire se refroidir dès qu'il n'y avait plus une cause active d'élévation de température.

Dans d'autres essais, que je crois superflu de rapporter, j'ai toujours constaté des faits analogues à ceux des expériences 37 et 38. Lorsque l'hydrogène ou le gaz d'éclairage avaient circulé plusieurs minutes dans le vase poreux — surtout si, en même temps, un courant d'air passait à l'extérieur — l'exosmose faisait monter de  $0^{\circ},20$  à  $0^{\circ},40$  le thermomètre H. Si alors on reliait promptement le vase poreux avec le manomètre, la température, après avoir un peu baissé pendant la raréfaction du gaz, ne montait de nouveau que de  $0^{\circ},03$  à  $0^{\circ},05$  pendant le retour à l'équilibre. A cette dernière ascension succédait une baisse parfois assez rapide et se prolongeant jusqu'à ce que le thermomètre H fût arrivé à la température, demeurée bien plus bas, de H'. Ainsi que je l'ai dit, cette baisse et la faible hausse qui l'avait précédée sont très probablement la conséquence de l'excès même de réchauffement qui s'était produit pendant la première partie de l'expérience, excès de réchauffement qui n'avait intéressé qu'une portion de la paroi poreuse. L'influence générale

de la masse de l'appareil devait refroidir les parties exceptionnellement réchauffées et rétablir dans l'ensemble une même température.

**22.** On peut résumer comme suit ces derniers faits relatifs à la diffusion avec changement de pression.

X. Lorsque l'endosmose d'un gaz plus léger s'accompagne d'un accroissement de pression dans le vase poreux, la température ne varie que très peu et plus généralement augmente pendant l'endosmose.

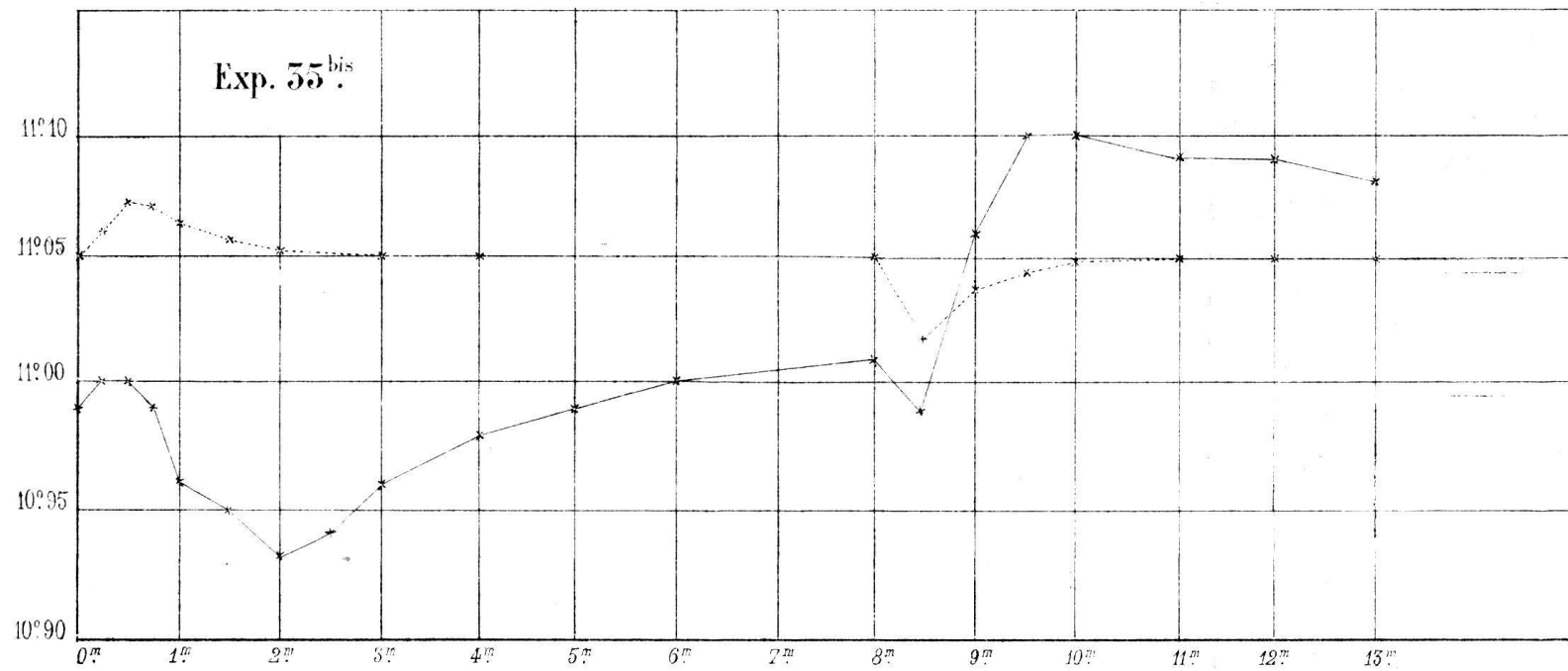
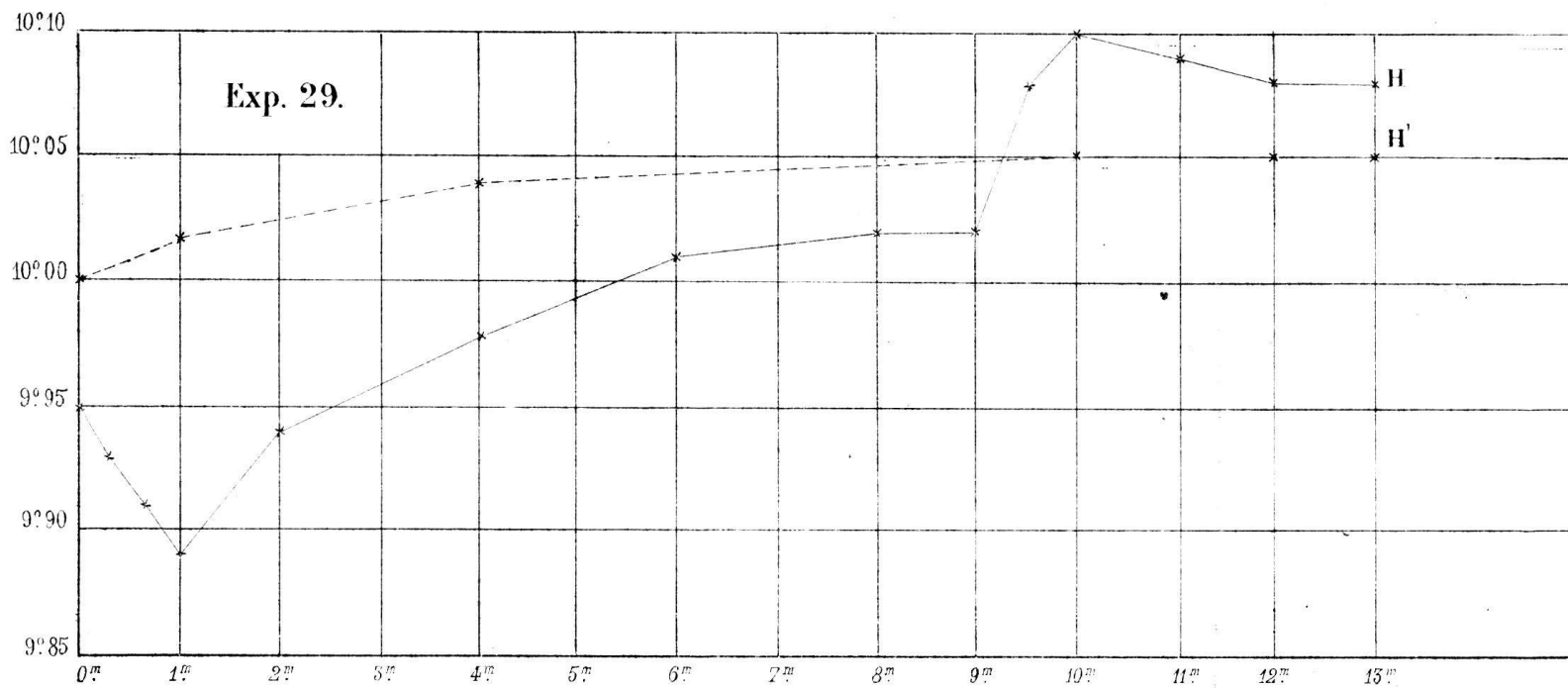
XI. Pendant que le manomètre baisse après avoir atteint son maximum et que les pressions tendent à s'équilibrer, la température diminue plus ou moins rapidement et d'une quantité relativement considérable.

XII. Lorsque l'exosmose d'un gaz plus léger donne lieu à une diminution de pression dans le vase poreux, la température ne varie que très peu et plus généralement elle diminue pendant l'exosmose.

XIII. Pendant que le manomètre remonte après avoir atteint son maximum et que les pressions tendent à s'équilibrer, la température augmente plus ou moins rapidement et d'une quantité relativement considérable.

XIV. Cette marche de la température, lorsque la diffusion s'accompagne d'un changement de pression, s'explique convenablement en admettant que la variation thermique due à la diffusion est conforme aux lois précédemment indiquées (voir § **16**) et qu'elle s'ajoute, mais avec un certain retard, à la variation provoquée par la compression ou la raréfaction du gaz qui entoure le thermomètre.





Lors de la réunion de la Société helvétique des sciences naturelles à Fribourg, en août 1872, j'ai fait connaître, dans une courte communication verbale, quelques-uns des faits indiqués dans le présent mémoire. Les *Archives des sciences physiques et naturelles* de Genève (n° de septembre 1872) les ont signalés dans leur compte-rendu de cette réunion.

Quelques temps après, M. W. Feddersen, de Leipzig, a publié (*Poggend. Annalen*, CXLVIII, p. 302, année 1873), une note dans laquelle il annonce que la connaissance de mes résultats l'a engagé à reprendre des expériences déjà commencées par lui sur la question de savoir si l'inégalité de température des deux faces d'une cloison poreuse ne peut pas devenir une cause de diffusion dans un seul et même gaz. L'auteur cite des essais où il employa comme corps poreux de l'éponge de platine, du gyps, du charbon, etc., et dans lesquels un *courant allant de la face froide à la face chaude du corps poreux* s'est nettement produit. Il propose le mot de *thermodiffusion* pour désigner cet important phénomène.

M. Feddersen termine sa note par la remarque suivante : « Dans les expériences de M. Dufour, on observe une différence de température due à la diffusion ; dans les miennes, une diffusion due à une différence de température et se produisant dans un sens tel que cette différence tend — en appliquant les lois indiquées par M. Dufour — à devenir plus faible. Il y a donc, dans ces phénomènes, une sorte de réciprocité tout à fait semblable à cette réciprocité déjà connue entre la chaleur et l'électricité qui se manifeste dans les courants thermoélectriques (analogue : thermodiffusion) et dans le réchauffement des soudures de Peltier (analogue : exp. de M. Dufour). »

