

« Voulez-vous voir le basalte en prismes de six pieds de diamètre, et en même-tems avec un caractère décidé de courant? Prenez le chemin des bains du Mont - d'Or par le *Capucin*, vers la Tour d'Auvergne, endroit qui mérite d'être cité à cause de la beauté de ces prismes. »

« Permettez - moi encore une observation, c'est que le basalte est ce qu'il y a de *plus nouveau* au Mont-d'Or. Il n'est recouvert par aucune des roches qui constituent ces montagnes. Mais les feldspaths, qui sont si abondans au Mont-d'Or, deviennent rares dans ce basalte, et le pyroxène et la chrysolite prennent sa place. Ces feldspaths n'ont jamais un éclat de nacre de perle, mais ils paraissent toujours fendillés, avec l'éclat du verre. Donc ils ont subi un changement. La cause qui a produit le basalte les a presque entièrement détruits. Je ne voudrais pas m'établir défenseur de l'origine neptunienne de ce basalte-ci; mais il faut aussi convenir que son gissement n'a aucune ressemblance avec celui des basaltes qu'on trouve en Allemagne et en Suède. »

« On se procure facilement à Clermont l'*Essai sur la Théorie des Volcans*, par Montlosier. Peu d'observateurs ont aussi bien vu, et aucun n'a eu la connoissance topographique du local aussi étendue et aussi précise. Il lui manquait la partie minéralogique. »

Nota. Nous devons rappeler ici à nos lecteurs, que l'opinion de Dolomieu était que les volcans d'Auvergne ont brûlé sous les masses granitiques et les ont percées. (*Journal des Mines*, tome 7, n°. 41). Celle de Bertrand diffère sous beaucoup de rapports. (Tom. 9, n°. 53). Muthuon a combattu l'une et l'autre. (Tom. 8, n°. 48, et tom. 9, n°. 53). A. B.

EXPÉRIENCES ET OBSERVATIONS

Sur la chaleur et le froid, produits par la condensation et la raréfaction mécaniques de l'air.

Par JOHN DALTON (1).

SI l'on place un thermomètre dans un récipient, et que l'on condense l'air qu'il contient, le thermomètre montera de quelques degrés au-dessus de la température de l'air extérieur: et si l'on raréfie l'air dans un récipient où est aussi renfermé un thermomètre, le mercure baissera aussitôt de quelques degrés. Tous les physiciens connaissent bien ces deux faits; mais ils ne sont pas d'accord sur leur explication. Ce sujet m'a paru digne d'examen, et j'ai fait une série d'expériences qui me paraissent conduire à la démonstration évidente de la cause du phénomène, et présentent les faits sous des points de vue différens de ceux sous lesquels on les a considérés jusqu'ici.

Une circonstance vraiment remarquable, c'est la rapidité avec laquelle l'élévation ou l'abaissement du mercure a lieu dans les deux cas ci-dessus: tandis qu'à l'air libre, si le thermomètre est de 2 ou 3 degrés au-dessus ou au-dessous de la température ambiante, il ne

(1) Extrait et traduit du *Journal de Nicholson*, par A. B.

marche qu'avec beaucoup de lenteur. Cette considération paraît avoir suggéré l'idée à plusieurs personnes, que l'élasticité du verre de la boule du thermomètre avait beaucoup de part dans la production de ces effets, et lui permettait de céder un peu à la pression de l'air. Cependant il est démontré que ces mêmes effets ont lieu, soit que le tube du thermomètre soit hermétiquement fermé, soit qu'il soit ouvert. Toutes mes expériences sont d'accord sur ce point. J'avais fait construire exprès un thermomètre qui ne fût point fermé, et dans toutes les épreuves faites sur l'air condensé et sur l'air raréfié, je n'observai aucune différence causée par la pression inégale sur les surfaces intérieure et extérieure.

Il est donc certain qu'un changement de température a lieu. Mais il reste à déterminer la mesure de ce changement, et comment il se fait.

Ayant renfermé un thermomètre très-petit et très-sensible, avec une échelle assez grande pour distinguer les dixièmes de degrés, je procédai, ainsi qu'il suit, à déterminer plusieurs faits par voie d'expériences.

Expérience première.

J'ai pris un récipient contenant 120 pouces cubiques, au centre duquel j'ai suspendu le thermomètre. J'ai laissé le tout acquies la température de la chambre (dans laquelle il n'y avait point de feu); j'ai ensuite épuisé l'air du récipient, et je l'y ai fait rentrer; et j'ai noté dans ces différens cas la marche du ther-

motre. Par un milieu entre plusieurs épreuves qui diffèrent peu entr'elles, j'ai trouvé que

Le thermomètre à l'air libre étant à 36°, 8 (1).

Il baissa dans l'air raréfié. . . . à 34, 7

Et monta dans l'air condensé. . . à 38, 9

La vitesse de l'abaissement et de l'élévation du mercure me surprenait beaucoup; mais après quelques réflexions, je conjecturai que le changement réel de température de l'air, ou du milieu où était le thermomètre, était beaucoup plus considérable que cet instrument ne l'indiquait: et que l'inégalité de température n'existait que pendant quelques secondes, parce que les parois du récipient enlevaient ou donnaient instantanément toute la chaleur nécessaire à une aussi petite masse d'air que celle de 120 pouces cubiques, qui n'équivaut en poids qu'à 40 grains; la rapidité de la marche du thermomètre me paraît s'accorder très-bien avec la supposition d'une très-grande chaleur ou d'un très-grand froid qui agit pendant quelques secondes seulement.

Expérience 2.

En suivant cette idée, j'ai imaginé que si l'on plaçait sous le récipient deux thermomètres, dont l'un aurait une boule beaucoup plus grosse que l'autre, le thermomètre à petite boule indiquerait une variation plus grande. J'ai, en conséquence, mis dans le récipient, deux thermomètres dont les boules avaient l'une 0.35, et l'autre 0.65 de pouce de diamètre. J'ai fait le vide, et j'ai laissé rentrer

(1) Division de Farenheit.

l'air ; j'ai trouvé plusieurs fois de suite que les variations de température , indiquées par les deux instrumens , étaient , 2°. 8 suivant le plus petit , et 2°. 2 suivant le plus grand.

Expérience 3.

Répétant ensuite la même expérience avec le petit thermomètre , placé dans trois circonstances différentes , 1°. la boule étant au centre du récipient ; 2°. la boule reposant sur le cuir humide de la machine pneumatique ; et 3°. la boule étant près des parois du récipient :

Premier cas , en faisant le vide , le thermomètre baissa	de 2°. 45
Deuxième cas	de 2 . 15
Troisième cas	de 1 . 20
Premier cas , en faisant rentrer l'air , il monta	de 4 . 05
Deuxième cas	de 2 . 25
Troisième cas	de 2 . 08

Expérience 4.

Ayant renfermé sous le récipient un verre à vin , contenant un ponce cubique d'eau dans laquelle plongeait la boule du thermomètre , on raréfia l'air. Le thermomètre baissa sur-le-champ d'un $\frac{1}{2}$ degré , et resta ensuite stationnaire tant qu'on continua d'épuiser l'air. La rentrée de l'air fit subitement monter le thermomètre d'un $\frac{1}{2}$ degré. Toutes ces expériences confirment l'opinion que j'ai , que la chaleur ou le froid , produit dans ces différens cas , est beaucoup plus considérable que le thermomètre ne l'indique , mais que la durée de ces

effets est trop courte , pour produire un grand changement dans la température du mercure.

Les expériences suivantes ont eu pour objet de déterminer quel peut être le véritable degré de chaleur ou de froid produit dans ces opérations.

Expérience 5.

On se servit du même récipient et du petit thermomètre. On fit le vide en une minute , le thermomètre baissa presque de 2° dans la première demi-minute , et environ un $\frac{1}{10}$ de degré dans la seconde demi-minute. On arrêta l'opération , et les choses restant dans le même état , il fallut plusieurs minutes de tems pour que le thermomètre reprît toute la chaleur qu'il avait perdue. On ouvrit ensuite le robinet , le récipient fut rempli d'air en quatre secondes , et la plus grande vitesse de l'ascension du mercure , dans le thermomètre , eut lieu dans le même tems. Le mercure continua à monter pendant 30 ou 40 secondes , à partir du commencement , mais les $\frac{1}{4}$ de l'effet total étaient produits dans les dix premières secondes. L'élévation la plus rapide du mercure a été 1 degré en 3 $\frac{1}{2}$ secondes. Après que le thermomètre eut atteint sa plus grande hauteur , il commença à baisser à raison d'un dixième de degré par minute.

Expérience 6.

On prit le même thermomètre , et ayant élevé sa température de 50° au-dessus de celle de l'air ambiant , on le laissa refroidir peu-à-peu à l'air libre , et il commença à baisser à raison de 1° en 3 $\frac{1}{2}$ secondes.

Les deux expériences précédentes semblent prouver que, quand on fait rentrer l'air sous le récipient de la machine pneumatique, selon la manière ordinaire, une augmentation de 50 degrés de température est produite en 3 et $\frac{1}{2}$ secondes dans l'intérieur du récipient. Cette haute température est réduite en très-peu d'instans à la température des parois du récipient et de tous les corps environnans.

Expérience 7, sur l'air condensé.

On prit un grand récipient de verre de forme sphérique, dont la capacité était un peu plus que double de celle du premier. On suspendit au centre le thermomètre à grande boule dont on s'était déjà servi précédemment. Le récipient était muni d'un robinet et recouvert d'une plaque en cuivre (*brass-cap*). On commença par doubler la densité de l'air intérieur, à l'aide de la machine à comprimer. Le thermomètre monta de 2° et plus. On laissa sortir l'air, et le thermomètre baissa chaque fois, sur-le-champ, de 3° et 3° 5. Dans le même tems un nuage épais se forma dans le récipient et se dissipa aussitôt.

Soupçonnant que la vapeur aqueuse, qui existe toujours dans l'atmosphère, et qui peut, selon les circonstances, devenir liquide ou aériforme, pouvait être la cause principale du changement de température, qui accompagne la condensation ou la raréfaction de l'air, je pensai qu'une augmentation de vapeurs devait produire plus d'effet, et que l'air froid qui contient moins de vapeurs, devait produire un

effet moindre. Cependant le contraire a eu lieu, comme on va le voir, dans les expériences qui suivent.

Expériences 8 et 9.

Dans une matinée froide de l'hiver dernier, le ciel étant serein, et le thermomètre à 20°, je plaçai le récipient et le condenseur à l'air libre pendant 15 minutes, pour leur laisser prendre la température de l'atmosphère, puis on condensa l'air plusieurs fois de suite jusqu'à le réduire à une densité double, et on le laissa s'échapper et reprendre sa première densité. Par un milieu entre 5 expériences, le mercure baissa de 3°, 5 quand on ouvrit le robinet. La vapeur qui se précipita était plus blanche et moins épaisse que celle de l'expérience 7.

On porta ensuite le récipient et le condenseur dans une chambre dont la température était de 100°, et dont l'air était chargé de vapeurs invisibles. Après quelque tems, on condensa l'air plusieurs fois de suite dans le récipient, et on le laissa sortir comme précédemment; par un milieu entre 5 expériences le mercure baissa seulement de 3°, et il se déposa une si grande quantité de vapeurs qu'on avait peine à distinguer les degrés du thermomètre.

Ces expériences font voir que la variation apparente de la température, est en raison inverse de la quantité de vapeurs que l'air contient, et que par conséquent, si l'air était totalement privé de vapeurs, le changement de température serait un maximum. Tout cela est parfaitement d'accord avec cette loi bien connue, que toutes les fois que la vapeur est

condensée, il y a dégagement de chaleur, et l'on conçoit que le refroidissement de l'air par un procédé quelconque, peut être retardé par la condensation d'une partie de la vapeur aqueuse qu'il contient. Supposons, pour le moment, qu'une quantité donnée d'air atmosphérique, contient $\frac{1}{10}$ de son poids de vapeur aqueuse. Supposons encore que les $\frac{1}{2}$ de cette vapeur sont condensés par un froid de 50 degrés, c'est-à-dire, que le $\frac{1}{10}$ de la masse aéroforme soit convertie en eau : dans ce cas, la chaleur dégagée sera suffisante pour élever la température de la masse restante de 6 à 8°, ce qui suffit pour expliquer la petite différence observée dans les résultats obtenus avec l'air chaud chargé de vapeurs, et avec l'air froid et sec. Ainsi la vapeur, loin de produire le changement de température en question, tend au contraire à le diminuer.

Expérience 10.

On plaça sous le grand récipient, un petit tube de verre gradué, ayant $\frac{1}{10}$ de pouce de diamètre, et 10 pouces de longueur; ce tube, ouvert par un bout, et fermé par l'autre bout, contenait une petite colonne de mercure qui servait à renfermer une portion d'air dans le fond du tube, et était susceptible de monter ou de descendre par une variation d'élasticité dans l'air contenu dans le tube. C'était un véritable *manomètre*.

On doubla la densité de l'air du récipient, puis on ouvrit le robinet, la colonne de mercure s'éleva aussitôt à sa première place; mais

en

en tournant alors subitement le robinet, la colonne de mercure baissa graduellement pendant 5 à 10 secondes de près de $\frac{1}{10}$ de toute la hauteur de la colonne d'air. En ouvrant ensuite le robinet, il sortit une certaine quantité d'air, et le mercure reprit sa première position. Cette expérience, répétée plusieurs fois, eut toujours lieu de la même manière.

Expérience 11.

A l'aide d'un fil de fer on fit descendre le mercure dans le manomètre jusqu'à une distance du fond du tube, égale au quart de la longueur de ce tube. Alors on épuisa les $\frac{1}{2}$ quarts de l'air du récipient, ce que l'on reconnut à l'ascension du mercure au haut du tube. On ouvrit ensuite le robinet, le mercure baissa à l'instant. Aussitôt qu'il fut descendu à sa première position, on tourna subitement le robinet, et le mercure remonta graduellement pendant l'espace de 5 à 10 secondes, d'une quantité égale à plus de $\frac{1}{10}$ de sa première hauteur, et il resta à ce point jusqu'à ce que le robinet eût été ouvert de nouveau, alors il redescendit à la première hauteur.

Le phénomène que présentent les deux dernières expériences ne peut s'expliquer que par le principe suivant : l'air du récipient et celui du manomètre éprouvent, dans ces expériences, le même degré de condensation et de raréfaction ou à peu de chose près. Quand l'équilibre de température est rompu dans l'air par l'acte de la condensation ou de la raréfaction, il est rétabli presque aussitôt dans le manomètre par

Volume 13.

S

le contact immédiat du verre du manomètre avec le peu d'air qu'il contient. Mais dans le grand récipient il faut un tems de 10 secondes et plus pour rétablir l'équilibre dans toute la capacité intérieure. C'est ce rétablissement d'équilibre de température qui augmente ou diminue le ressort de l'air du récipient, et fait rétrograder la colonne de mercure du manomètre. Or j'ai trouvé par d'autres expériences qu'un changement de température de 50° , cause une variation de $\frac{1}{10}$ environ dans le volume de l'air. Il s'ensuit que, dans le cas du rétablissement de l'équilibre dans l'air condensé, il y a environ 50° de froid produits, et un peu plus de 50° de chaleur dans l'air raréfié. Cette légère différence semble provenir de ce que la condensation de la vapeur diminue l'effet dans le premier cas, et l'augmente dans le second.

Les expériences et observations, rapportées ci-dessus, ont servi à constater les faits sans égard à leur théorie. Cette théorie a été donnée dans quelques ouvrages : elle est la même que celle qui a été attribuée à Lambert par Saussure et Pictet, et qu'ils ont eux-mêmes adoptée. Lambert suppose que le vide a une capacité particulière de chaleur, comme l'air, ou toute autre substance, et la capacité de chaleur du vide, est plus grande que celle d'un égal volume d'air atmosphérique, de sorte que plus l'air est dense, moins est grande sa capacité de chaleur. Dans cette hypothèse, les phénomènes, que nous avons rapportés, rentrent dans la classe des faits physiques dans lesquels il y a un dégagement ou une absorption de cha-

leur, opéré par le mélange de plusieurs substances. Si cette théorie est vraie, et j'avoue qu'elle me paraît très-probable, les expériences dont il a été question peuvent conduire à déterminer la capacité absolue de chaleur du vide, et celle des différens gas par une méthode entièrement neuve.

REMARQUES

Sur les Expériences précédentes ;

Par A. B.

Nous nous permettrons d'ajouter aux expériences qui précèdent un fait qui s'observe tous les jours quand on se sert (dans les cours et les cabinets de physique) , des machines de compression ordinaires ; c'est que , si l'on ouvre le robinet pour donner issue à l'air comprimé, on voit à l'instant le mercure du baromètre descendre rapidement, et si l'on ferme alors subitement le robinet, le mercure remonte lentement d'une certaine quantité, quelquefois de plus d'un pouce (2 ou 3 centimètres), et il reste ensuite stationnaire.

Ce fait nous paraît devoir s'expliquer de la même manière que les expériences 10 et 11 ci-dessus. L'air comprimé du récipient, se raréfiant lorsqu'on ouvre le robinet, sa capacité de chaleur augmente, et sa température baisse : et par une suite nécessaire sa force élastique est moindre qu'elle ne serait, si sa température eût resté la même ; mais bientôt, quand le ro-

binet est fermé, l'équilibre de température se rétablit entre l'air du récipient, ses parois et tous les corps environnans, la force élastique de l'air intérieur augmente, et le mercure doit s'élever dans le baromètre.

Nous savons bien que quelques professeurs expliquent cette marche rétrograde du mercure dans le baromètre, en supposant que les parois du récipient se sont écartées d'abord par la pression de l'air intérieur, et qu'elles se rapprochent ensuite peu-à-peu quand cette pression diminue; mais il est aisé de reconnaître que cette explication est insuffisante, et qu'il est impossible d'admettre que le changement de capacité du vase, dans les deux états de compression et de raréfaction de l'air, soit assez considérable pour produire dans la hauteur du mercure, une variation aussi sensible que celle que l'on observe. Ce fait concourt donc avec les expériences de M. Dalton, à démontrer qu'il se dégage ou s'absorbe une très-grande quantité de chaleur, quand l'air est condensé ou raréfié mécaniquement.

Ce physicien évalue le changement de température qui a lieu (*expériences 5 et 6*) quand, on fait le vide, et quand on laisse rentrer l'air à 50° Farenh., ou 22° 2 Réaum. Cette évaluation pourra paraître faible, si l'on fait attention que dans l'expérience 6, la cause du refroidissement, provenant de l'air environnant, était constante, tandis que dans l'expérience 5 elle diminuait sans cesse par le reheuffement graduel de l'air intérieur; et l'on en conclura que la même vitesse d'abaissement du mercure, qui a eu lieu dans les deux cas, indique une

plus haute température sous le récipient qu'à l'air libre.

Il en est à-peu-près de même des expériences 10 et 11, dans lesquelles la variation observée, dans le volume où le ressort de l'air, est nécessairement moindre que celle qui a eu lieu réellement.

Ajoutons que le Cit. Biot a déduit de ses formules sur la propagation du son, que lorsque l'on dilate ou que l'on condense du double le volume de l'air, la température s'élève ou s'abaisse d'environ 69° de Réaumur, dans l'hypothèse où la vitesse du son est de 1038 pieds par seconde, et de 94°,5 dans la supposition d'une vitesse du son de 1080 pieds (1).

Remarquons enfin, que quand l'air est comprimé par plusieurs atmosphères, comme dans les machines de compression qui existaient dans les mines de Schemnitz, (voyez notre lettre sur ce sujet au Cit. de Lametherie, *Journal de Physique*, pluviôse an 7, page 166), l'air, se dilatant au sortir du robinet, absorbe une telle quantité de chaleur, que la vapeur aqueuse, qu'il tenait en dissolution, se dépose à l'état de glace.

(1) *Bull. des Scienc.* N°. 63 et N°. 69.