Traité élémentaire de physique

Haüy, René Just

A Paris, 1803 - an 12

Persistent Link: https://doi.org/10.3931/e-rara-16956

1. De la pesanteur et du ressort de l' air.

parfaitement assorti aux fonctions de l'économie animale. Les détails relatifs à cet objet, ainsi que la manière dont l'air se décompose par la respiration, appartiennent encore à la science qui nous a dévoilé la véritable nature de ce fluide. Nous ne l'envisagerons ici que dans son état ordinaire, et nous ramenerons à quatre points de vue les connoissances que nous avons à développer. Le premier nous offrira les propriétés dont l'air jouit le plus constamment, telles que sa pesanteur et son élasticité; le second comprendra celles qui résultent de sa dilatation par une surabondance de calorique; le troisième sera relatif à son union avec l'eau, dont il est le dissolvant; le dernier aura pour objet ce mouvement particulier de vibration, à l'aide duquel l'air devient le véhicule du son.

1. De la Pesanteur et du Ressort de l'Air.

245. Galilée, dont le nom se présente comme de lui-même, toutes les fois qu'il s'agit des premières recherches sur la pesanteur, avoit vérifié celle de l'air, qui étoit niée presque généralement avant lui, quoiqu'elle eût été reconnue par quelques philosophes de l'antiquité. Ce célèbre physicien, ayant injecté de l'air dans un vaisseau de verre, de manière qu'il y restât comprimé, trouva que le vaisseau pesoit davantage que quand l'air y étoit dans son état naturel. Il chercha même, par une autre expérience, la pesanteur de ce fluide comparée à celle de l'eau; mais il la trouva seulement dans le rapport de l'unité à 400, beaucoup trop foible, comme nous le verrons dans l'instant.

246. On ne connoissoit point encore la machine pneumatique. C'est à Otto de Guericke, bourgmestre de Magdebourg, que nous sommes redevables de l'invention de cette belle machine, qui n'a pas, comme les autres, un rang à part dans la physique expérimentale, dont presque toutes les branches ont besoin d'elle.

Cette machine, réduite à sa plus grande simplicité, est composée d'un cylindre vertical de cuivre, dans lequel se meut un piston, et dont la base supérieure porte un robinet, au-dessus duquel est soudée une platine circulaire, située horizontalement. C'est sur cette platine que l'on place les récipiens que l'on veut purger d'air, ce qui s'exécute en faisant descendre et monter alternativement le piston. Dans le premier cas, le robinet est ouvert de manière à établir une communication entre la capacité du récipient et celle du cylindre; lorsque le piston est descendu, on ferme le robinet, dont la clef est percée d'une ouverture tellement disposée, qu'elle donne une issue à l'air que le piston chasse en se relevant, sans lui permettre de rentrer dans le récipient. On a beaucoup varié la construction de cette machine, et les Anglais en ont imaginé une à deux corps de pompe, dont les pistons jouent au moyen d'une manivelle et d'une roue dentée; diverses soupapes ouvrent et ferment alternativement la communication entre le récipient et les corps de pompe, et entre ces derniers et l'air extérieur, en sorte que l'on ne fait mouvoir le robinet que deux fois, l'une avant l'expérience, pour donner un passage à l'air qui doit sortir du récipient, l'autre à la fin, pour maintenir le vide.

247. En se servant de cet instrument, on a constaté la

pesanteur de l'air, par une expérience très-simple, qui consiste à peser d'abord un ballon plein d'air, puis à le peser de nouveau, après y avoir fait le vide : on s'aperçoit d'une diminution sensible dans le poids du ballon.

248. On a cherché aussi à déterminer, avec précision, la pesanteur spécifique de l'air. Suivant les résultats de Deluc, le rapport entre les poids de l'air et de l'eau distillée, à la température de la glace fondante, sous une pression moyenne de 28 pouces de mercure, est celui de 1 à 760 ; et d'après les expériences de Lavoisier, le pouce cube d'air, pris à dix degrés de Réaumur, pèse 0,46005 grains ; et le poids d'un pied cube du même fluide, est d'une once, trois gros et trois grains.

249. La pesanteur de l'air une fois reconnue, il semble qu'il n'étoit pas difficile d'apercevoir que c'est à la pression de ce fluide qu'est due l'ascension de l'eau dans les corps de pompe. Mais il a fallu, pour amener là les physiciens, une de ces observations inattendues, faites pour exciter dans les esprits cette espèce d'inquiétude et d'agitation favorable aux découvertes.

On se rappelle que les anciens philosophes, quand on leur demandoit pourquoi l'eau montoit dans les pompes, se tiroient d'affaire, en répondant que la *nature avoit horreur du vide* ; ce qui n'étoit autre chose qu'une manière pompeuse et imposante d'avouer qu'ils n'en savoient rien. Des fontainiers italiens, s'étant avisés de vouloir faire des pompes aspirantes, dont les tuyaux avoient plus de trente-deux pieds de hauteur, remarquèrent, avec surprise, que l'eau refusoit de s'élever au-dessus de cette limite. Ils demandèrent à Galilée l'explication de ce fait singulier ; et l'on prétend que ce philosophe,

philosophe, pris au dépourvu, répondit que la nature n'avoit horreur du vide que jusqu'à trente-deux pieds. Torricelli, disciple de Galilée, ayant médité sur le phénomène, conjectura que l'eau s'élevoit dans les pompes par la pression de l'air extérieur, et que cette pression n'avoit que le degré de force nécessaire pour contrebalancer le poids d'une colonne d'eau de trente-deux pieds.

Il vérifia cette conjecture par une expérience, dont la physique lui a doublement obligation, parce qu'en servant à mettre en évidence une découverte importante, elle nous a procuré le baromètre. Torricelli vit le mercure s'arrêter à 28 pouces dans un tube de verre scellé à sa partie supérieure et situé verticalement; et la hauteur dont il s'agit, étant à celle de trente-deux pieds dans le rapport inverse des densités de l'eau et du mercure, il en conclut que le phénomène appartenoit à la statique, et que c'étoit réellement, comme il l'avoit deviné, la pression de l'air qui déterminoit l'eau ou le mercure à s'élever jusqu'à ce qu'il y eût équilibre.

Ceci se passoit en 1643. L'année suivante, la nouvelle de l'expérience de Torricelli se répandit en France par une lettre écrite d'Italie au père Mersenne. L'expérience fut faite de nouveau en 1646, par Mersenne et Pascal; et celui-ci imagina, en 1647, un moyen de la rendre encore plus décisive, en la faisant à différentes hauteurs. Il invita, en conséquence, son ami Périer à la répéter sur la montagne du Puy-de-Dôme, et à observer si la colonne de mercure descendroit dans le tube à mesure qu'on s'éleveroit davantage. On voit par la lettre de Pascal à Périer, où il semble éviter de nommer Torricelli, qu'il n'avoit pas encore tout-à-fait renoncé à la chimère de l'horreur qu'on avoit attribuée à la nature pour le vide, et qu'en convenant que cette horreur n'étoit pas invincible, il n'osoit assurer qu'elle n'eût pas lieu dans quelques circonstances. Le plein succès de l'expérience acheva de le désabuser. Mais cette expérience n'étoit que confirmative de celle de Torricelli, et ajoutoit seulement un rayon de plus au trait de lumière qui en étoit sorti.

250. La pression de l'atmosphère sur une surface donnée, étant à peu près la même qu'exerceroit sur cette surface une colonne d'eau de trente-deux pieds de hauteur, on a calculé, d'après cette donnée, l'effet de la pression dont il s'agit, par rapport à un homme de moyenne grandeur, et on a trouvé qu'elle équivaut à un poids de 33600 livres, environ 16000 kilogrammes. Voilà le poids dont étoient chargés les anciens philosophes, qui nioient sérieusement la pesanteur de l'air.

Quelque considérable que soit ce poids, sa pression s'exerce, pour ainsi dire, à notre insçu, parce qu'elle est continuellement balancée par la réaction des fluides élastiques renfermés dans les cavités intérieures du corps; et quoique l'air soit sujet à des variations continuelles, qui augmentent ou diminuent sa densité, par une suite du changement de température et de l'action de diverses causes naturelles, comme ces variations, en général, sont renfermées entre des limites peu étendues, et qu'elles se font successivement et avec lenteur, elles ne nous affectent, pour l'ordinaire, que d'une manière peu sensible. Mais s'il arrive un changement brusque, comme lorsque l'homme s'élève à de grandes hauteurs, la rupture d'équilibre qui en résulte a une influence très-marquée sur l'économie animale. On éprouve alors une fatigue extrême, une impuissance absolue de continuer sa marche, un assoupissement auquel on succombe malgré soi : la respiration devient pressée et haletante; les pulsations du pouls prennent un mouvement accéléré (1). Pour expliquer ces effets, on a considéré que l'état de bien être, dans tout ce qui dépend de la respiration, exige qu'une quantité d'air déterminée traverse les poumons dans un temps donné. Si donc l'air que nous respirons devient beaucoup plus rare, il faudra que les inspirations soient plus fréquentes à proportion; ce qui rendra la respiration pénible, et occasionnera les divers symptômes dont nous avons parlé.

A l'égard des inconvéniens qui résulteroient d'un air trop condensé, l'homme n'y est pas exposé par l'action des causes naturelles; et il paroît qu'en général ils sont moindres que ceux qui ont pour cause la raréfaction de l'air. On ne peut citer ici comme une preuve de la grandeur de ces inconvéniens ce qui arrivoit aux plongeurs, lorsqu'ils étoient renfermés sous une cloche qui descendoit verticalement dans l'eau, et où l'air, pressé par le poids des colonnes environnantes, se contractoit de plus en plus, à mesure que le vase se trouvoit à une plus grande profondeur. Les accidens qui survenoient à l'homme qui avoit séjourné, pendant un certain temps, sous la cloche, provenoient, en grande partie, de l'altération produite dans l'air par la respiration, et ce

(1) Saussure, Voyage dans les Alpes, Nos. 559 et 2021.

qu'avoit de plus dangereux ce fluide, étoit le défaut de renouvellement.

Du Baromètre.

251. Les détails relatifs à la construction du baromètre, trouvent naturellement ici leur place. Cet instrument, ramené à sa plus grande simplicité, consiste dans un tube de verre de plus de trente pouces de hauteur, et scellé par le haut. On remplit ce tube de mercure, que l'on a soin de faire bouillir, pour le purger d'air; puis en tenant le doigt appliqué sur l'orifice inférieur, on renverse le tube, et on le plonge, par le même côté, dans une cuvette de verre, où l'on a versé pareillement du mercure. On retire le doigt, et l'on voit à l'instant le mercure descendre dans le tube, à la hauteur d'environ 28 pouces; on applique ensuite le tube avec sa cuvette sur une planche divisée en pouces et en lignes, à partir du niveau que donne le mercure renfermé dans la cuvette. On a ainsi un moyen d'observer les variations que subit la pression de l'air, en vertu des causes d'où dépendent les phénomènes de la météorologie.

252. Cette construction est sujette à une imperfection qui empêche que les mouvemens de la colonne de mercure, estimés d'après les indications de l'échelle, ne soient exactement proportionnels aux différentes pressions de l'air; car, à mesure que cette colonne monte ou descend, elle détermine une petite portion du mercure que renferme la cuvette, à passer dans le tube, ou à rentrer dans cette cuvette, ce qui fait varier la posi-

tion du niveau ; en sorte qu'il ne répond pas constamment au zéro de l'échelle, qui est cependant le terme de départ auquel se rapporte l'observation de la hauteur à laquelle répond l'extrémité de la colonne sur la même échelle. Cette imperfection est d'autant moins sensible, que la cuvette a plus de largeur vers l'endroit de la ligne de niveau. On a imaginé différens moyens pour la faire disparoître : par exemple, dans certains baromètres, on a rendu l'échelle mobile dans le sens de sa hauteur ; de manière qu'à l'aide d'une vis de rappel, on est toujours maître de ramener la ligne de niveau à se trouver exactement vis-à-vis le zéro de l'échelle. On substitue alors à la cuvette une portion du tube même de l'instrument, qui, dans ce cas, est recourbé par sa partie inférieure, la variation sensible de niveau qui en résulte, pouvant toujours être corrigée par le mouvement de l'échelle. D'autres physiciens emploient une seconde cuvette d'une plus grande capacité, et remplie en partie de mercure, dans laquelle la cuvette du baromètre est entièrement plongée. Lorsqu'on veut faire une observation, on élève le baromètre avec sa cuvette au-dessus du mercure environnant ; et comme alors cette cuvette se trouve toujours pleine, la ligne de niveau donnée par la surface supérieure du mercure qu'elle contient, conserve une position fixe, par rapport à la graduation.

253. On voit par ce qui précède, que l'échelle du baromètre est réglée d'après un tout autre principe que celle du thermomètre. Les mouvemens de la liqueur, dans ce dernier instrument, se mesurent en parties proportionnelles à la distance entre les deux limites données par l'observation ; ils diffèrent dans les divers

thermomètres, quoique par des degrés semblables, quand les circonstances sont les mêmes : dans le baromètre, au contraire, où il n'y a qu'un terme fixe, savoir, le niveau qui s'établit de lui-même dès le premier instant, la hauteur de la colonne se mesure d'une manière absolue; et elle augmente ou diminue par des degrés égaux, dans les différens baromètres soumis aux mêmes variations de l'atmosphère.

Si l'on veut introduire la division décimale dans l'échelle du baromètre, les limites des variations de la colonne, qui s'étendent dans l'espace compris à peu près entre le 26^{me}. et le 29^{me}. pouces, répondront, l'une à 70, et l'autre à 78 centimètres, depuis la ligne de niveau, ce qui fait huit centimètres pour le champ de l'observation : dans le même cas, la hauteur moyenne de 28 pouces répondra à 758 millimètres.

Du Ressort de l'Air.

254. L'élasticité de l'air, dont nous allons maintenant nous occuper, est constatée par diverses expériences très-connues. Une des plus ordinaires, est celle dans laquelle on emploie la machine appelée *fontaine de compression*. Elle consiste en un vase de métal d'une forme arrondie, dont le sommet est percé d'une ouverture, au moyen de laquelle on le remplit d'eau jusqu'aux deux tiers environ de sa capacité. On visse ensuite à l'endroit de la même ouverture un tube qui descend dans le vase jusqu'à une petite distance du fond, et dont la partie supérieure qui dépasse l'ouverture est garnie d'un robinet. On adapte à cette même

partie une pompe foulante, et le robinet étant ouvert, on injecte une grande quantité d'air dans l'intérieur du vase : cet air, plus léger que l'eau, s'élève au-dessus, et son ressort augmente avec sa densité, à mesure qu'on donne de nouveaux coups de piston. On ferme le robinet, on dévisse la pompe, et on lui substitue une espèce de petit cône creux, ouvert par son sommet, qui est tourné en haut; dès que l'on ouvre de nouveau le robinet, l'air condensé déployant sa force sur la surface de l'eau, la chasse par le canal plongé dans ce liquide, qu'on voit s'élancer au dehors, sous la forme d'un jet de dix mètres (environ trente pieds) de hauteur, ou davantage.

255. On peut obtenir un effet analogue, par le seul débandement du ressort naturel de l'air, en plaçant sous le récipient de la machine pneumatique un petit vase où tout soit semblable à ce qu'offre la fontaine de compression, au moment où l'on ouvre le robinet pour donner un libre passage à l'eau, excepté que l'air situé au-dessus de ce liquide est dans son état ordinaire. Tandis que l'on fait le vide, l'air renfermé dans le vase, et dont la pression sur l'eau n'est plus balancée par celle de l'air extérieur, se dilate, et fait naître un jet qui s'élève sous le récipient.

256. Mais l'expérience la plus intéressante qui soit relative à cet objet, est celle de Boyle et de Mariotte, pour faire voir que l'air se resserre, à peu de chose près, dans le rapport des poids dont il est chargé. Ces sortes d'expériences méritent d'être préférées, parce qu'elles ne se bornent pas à prouver l'existence d'un phénomène, mais qu'elles nous font connoître encore com-

ment il existe, en déterminant la loi à laquelle il est soumis.

On prend un tube de verre recourbé, dont la branche la plus courte, qui doit être partout d'une égale épaisseur, est d'environ 32 centimètres ou 12 pouces de hauteur, et scellée hermétiquement à son extrémité. L'autre branche, qui est ouverte, doit avoir au moins 26 décimètres, ou huit pieds de hauteur. Le tout est fixé sur une planche qui porte une division adaptée aux deux tubes. On fait d'abord couler un peu de mercure dans la partie recourbée, pour avoir une ligne de niveau, et l'on compte le nombre de degrés compris entre cette ligne et l'extrémité supérieure de la branche la plus courte. Dans cet état de choses, l'air qui occupe cette branche fait équilibre, par son ressort, à la pression de la colonne d'air atmosphérique qui pèse dans l'autre branche, et dont la pression se transmet au moyen du mercure renfermé dans la courbure inférieure. Cette pression, ainsi que nous l'avons vu, est égale à celle d'une colonne de mercure d'environ 76 centimètres ou 28 pouces de hauteur. On verse ensuite du mercure dans la branche la plus longue, et en même temps l'air se resserrant dans l'autre branche, par l'excès de pression qui en résulte, le mercure s'élève dans cette même branche jusqu'à ce qu'il y ait encore équilibre. On mesure alors, d'une part, la longueur de cette colonne d'air comprimé, et de l'autre, l'excès de la colonne de mercure renfermée dans la branche la plus longue, sur celle qui occupe la plus courte. Supposons, pour plus de simplicité, que cet excès soit de 76 centimètres; on trouve que, dans ce cas, la colonne d'air comprimé est réduite à la moitié de la hauteur qu'elle avoit avant qu'on eût introduit le mercure. Or, cette colonne est chargée d'un poids double du premier, puisque l'on a ajouté une pression de 76 centimètres de mercure, à une égale pression exercée par l'air atmosphérique, et qui n'est pas censée avoir diminué; car on peut négliger la petite différence qui résulte de ce que les 76 centimètres qui terminent inférieurement cette colonne, sont actuellement occupés par le mercure. En général, si l'on prend le rapport entre la première pression due à la colonne de l'atmosphère, et une autre pression quelconque exercée par cette même colonne et par le mercure sur-ajouté, les espaces correspondans, occupés par l'air comprimé, seront entre eux dans le rapport inverse des pressions; d'où l'on voit que l'air se contracte, ainsi que nous l'avons dit, à proportion des poids qui le compriment. Si l'on retire ensuite du mercure à plusieurs reprises, l'air s'étendra par son ressort, et les espaces qu'il occupera successivement en sens contraire, suivront encore le rapport inverse des pressions.

Cependant, il est vraisemblable que ce rapport n'est sensiblement exact qu'entre certaines limites, même en supposant que l'air soumis à l'expérience soit sec et reste toujours à la même température, comme cela est nécessaire. Nous trouvons dans les auteurs de physique plusieurs résultats d'expériences qui tendroient à prouver que l'on a poussé très-loin la contraction et la dilatation de l'air, par l'augmentation ou la diminution de pression; mais il ne paroît pas que l'on doive compter beaucoup sur la précision de ces résultats.

Divers Phénomènes produits par la Pesanteur et par le Ressort de l'Air.

257. Si l'on suppose, pour un instant, que l'air de l'atmosphère ait partout la même densité, et que l'on fasse attention ensuite à l'effet de la pesanteur sur les différentes couches de ce fluide élastique, il est aisé de concevoir que chaque couche, comprimée par le poids des couches supérieures, se resserrera dans le sens de sa hauteur, et que, de plus, la densité des couches diminuera à mesure qu'étant à une plus grande distance de la surface de la terre, elles seront pressées par un plus petit nombre de couches supérieures. C'est effectivement ce qui a lieu par rapport à l'atmosphère. Nous ferons connoître, dans la suite, la loi de ce décroissement, et le parti qu'on en a tiré pour mesurer les hauteurs, à l'aide du baromètre.

258. On concevra de même qu'une partie quelconque d'une colonne de l'atmosphère, prise à la surface de la terre, doit toujours faire équilibre, par son ressort, à la pression de la partie supérieure. Ainsi, l'air, exactement renfermé dans une coupe que l'on auroit posée dans une situation renversée, sur un plan parfaitement uni, feroit autant d'effort pour pousser le fond du vase de bas en haut, que l'air extérieur pour le pousser en sens contraire; de sorte que l'on n'éprouveroit aucune difficulté à soulever ce vase, ce qui est d'ailleurs conforme à l'observation.

Mais si l'on supprime une quantité plus ou moins considérable d'air intérieur, comme cela a lieu lorsqu'on fait le vide sous le récipient de la machine pneumatique, alors la pression de l'air extérieur n'étant plus équilibrée par l'action contraire de celui qui reste sous le récipient, il en résultera une difficulté d'autant plus grande pour détacher ce récipient de la platine, que le vide approchera plus d'être parfait.

259. Il suit encore des principes établis précédemment, que si l'on prend à la surface de la terre une certaine quantité d'air dont le ressort fera par conséquent équilibre à une pression d'environ 76 centimètres de mercure, et qu'on introduise cet air dans un espace vide où il puisse se dilater, sa force de ressort, diminuée par la dilatation, sera à la force primitive, en raison inverse des volumes ou des espaces relatifs aux deux états successifs de ce fluide. Cette conséquence peut être vérifiée à l'aide d'une expérience intéressante, qui consiste à introduire dans un baromètre ordinaire une quantité d'air déterminée, en employant pour mesure un tube de même diamètre que celui du baromètre, et dont la hauteur soit connue. Cet air, parvenu au-dessus de la colonne de mercure, s'étendra, par son ressort, dans le vide qui se trouve en cet endroit, et fera baisser le mercure jusqu'à ce que sa force de ressort, jointe au poids de ce qui restera de mercure dans le tube, fasse équilibre à la pression de l'atmosphère. On pourra déterminer d'avance, par un calcul simple, la hauteur de l'espace dans lequel cet air doit se répandre, ou, ce qui revient au même, la hauteur à laquelle s'arrêtera la colonne de mercure. Par exemple, si le tube a 90 centimètres de hauteur, et qu'on y introduise $8{,}25^{\text{cent.}}$ d'air, on trouve, en sup-

posant que la pression de l'air atmosphérique à laquelle étoit d'abord soumis le mercure fût de 76 centimètres, que ce liquide descendra à 57 centimètres au-dessous du niveau; en sorte que l'espace occupé par l'air sera de 33 centimètres (1).

---

(1) Soit, en général, h la hauteur du tube, à partir de la ligne de niveau, p la pression de l'atmosphère, n la quantité d'air, ou la partie de la hauteur du tube qu'occuperoit ce fluide s'il conservoit sa densité primitive, et soit x la hauteur à laquelle le mercure s'arrêtera après la dilatation de l'air; $h-x$ sera la partie de la hauteur du tube dans laquelle l'air se répandra en se dilatant. Or, les espaces occupés par l'air dans ses deux états étant en raison inverse des densités, on aura $h-x : n :: p : \frac{np}{h-x}$, qui exprimera la densité ou la force de l'air dilaté. Mais cette dernière quantité, augmentée de x, qui exprime la hauteur et en même temps la force du mercure, doit faire équilibre à la pression de l'atmosphère. Donc $\frac{np}{h-x}+x=p$, d'où l'on tire $x^2-(h+p)x=np-hp$, et $x=\frac{h+p}{2}\pm\frac{1}{2}\sqrt{4np+(h-p)^2}$.

Si l'on fait $h=90^{\text{cent.}}$, $p=76^{\text{cent.}}$, $n=8{,}25^{\text{cent.}}$ comme ci-dessus, on trouve $x=57$ et $x=109$. La première valeur convient à la supposition présente, et elle donne 76—57, ou 19 centimètres, pour l'expression de la force de l'air dilaté. La seconde valeur est relative à un autre problème, dans lequel on supposeroit un tube fermé par le bas, ouvert par le haut, et d'une hauteur égale à h. On supposeroit de plus, au fond du tube, une colonne de mercure, dont la hauteur, ou, ce qui revient au même, la pression fût égale à p, puis au-dessus une colonne d'air qui, sous la pression de l'atmosphère, occuperoit l'espace n, et enfin, au-dessus de cette dernière, une nouvelle colonne de mercure qui rempliroit le reste du tube. On

260. Ceci nous conduit à l'explication des effets produits par la fontaine à laquelle on a donné le nom d'*intermittente*, et dont voici la construction : ABC (*fig.* 26, Pl. IV) est un globe de verre ou de toute autre matière, percé de plusieurs trous, auxquels sont adaptés de petits tubes *n*, *o*, *r*, *s*, et traversé dans le sens de son axe vertical par un tube CZ, dont la partie supérieure *i* s'élève jusqu'à une petite distance du sommet *o*, et dont la partie inférieure s'emboîte exactement dans un cylindre creux SD, fixé au fond d'une cuvette MT. Le bas de ce cylindre est échancré latéralement en *u*, en sorte qu'il y a une communication libre entre l'air renfermé dans le vase ABC et l'air extérieur. La cuvette MT est percée d'un petit trou, au moyen duquel elle communique avec un réservoir K placé en dessous. Lorsqu'on veut faire usage de cette fontaine, on retire le tube CZ du cylindre SD, puis on le renverse, et l'on s'en sert pour introduire de l'eau dans le vase ABC, jusqu'à ce qu'il soit plein. On retourne ensuite le tube, et on le fait rentrer dans le cylindre SD : à ce moment l'air extérieur qui entre librement par l'échancrure *u*, exerce sa pression sur la surface $a\bar{b}$ du liquide ; mais il agit avec une force sensiblement égale sur l'eau qui tend à sortir par les tubes

---

considéreroit ce tube comme placé sous un récipient où l'on feroit le vide ; alors l'air renfermé dans le tube se dilateroit, en chassant une portion de la colonne de mercure qui peseroit sur lui, jusqu'à ce que son ressort fît équilibre à ce qui resteroit de la même colonne. Dans ce cas, la quantité *x*, qu'il s'agiroit de déterminer, seroit la distance entre le bas du tube et le bas de la colonne supérieure de mercure, après la dilatation de l'air.

n, o, r, s, en sorte qu'à cet égard l'eau est en équilibre entre les deux forces de l'air. Elle s'écoulera donc par les petits tubes, en vertu de son propre poids. A mesure que cette eau tombe dans la cuvette MT, il en sort une partie par le trou dont elle est percée; mais comme elle reçoit plus qu'elle ne perd, il y a un terme où l'échancrure u se trouve obstruée, en sorte qu'il ne peut plus entrer d'air dans le vase ABC. Cependant l'eau continue de couler pendant un instant, tandis que l'air intérieur se dilate, jusqu'à ce que son ressort soit tellement affoibli, que ce qui lui en reste, joint au poids de l'eau, soit en équilibre avec la pression de l'air, à l'orifice des tubes n, o, r, s; alors l'écoulement qui se fait par ces tubes s'arrête tout à coup. Mais la cuvette MT continuant de se vider, il arrive bientôt que l'échancrure u redevient libre, et que l'air s'introduit de nouveau dans le vase ABC, en sorte que les petits tubes recommencent à jeter de l'eau. La fontaine coule ainsi et tarit alternativement, jusqu'à ce que le vase qui fournit l'eau soit épuisé.

Des Pompes.

261. Nous nous sommes bornés à indiquer l'air en général, comme cause de l'élévation de l'eau dans les corps de pompe. Mais la manière dont la pression extérieure de ce fluide se combine avec une autre action, qu'il exerce à l'intérieur et qui dépend de son ressort, est susceptible de quelques détails d'autant plus propres à intéresser, qu'ils tendent à mieux faire connoître une des plus belles et des plus utiles productions de la mécanique.

Toutes les pompes peuvent se rapporter à trois espèces; savoir, la pompe *foulante*, la pompe *aspirante*, et celle qu'on nomme *foulante et aspirante*, parce qu'elle réunit les effets des deux premières.

262. La pompe foulante a son piston placé inférieurement au niveau de l'eau. Elle se construit de deux manières : dans l'une, la tige t (*fig.* 27) du piston P est située en dessous, et celui-ci est percé d'une ouverture verticale, dont l'orifice supérieur est garni d'une soupape s à charnière. Lorsqu'il est en repos, il occupe le fond du corps de pompe, dans l'intérieur duquel l'eau s'introduit d'elle-même, à travers le piston, dont elle soulève la soupape, par sa tendance à chercher le niveau. Vers l'endroit mn de ce niveau, le corps de pompe est garni pareillement d'une soupape s' à charnière, qui fait l'office d'un second fond mobile de bas en haut; cette soupape se nomme *dormante*. Tandis que le piston s'élève au moyen du mouvement communiqué à la tige, la soupape s demeure fermée, et l'eau dont il est chargé, monte avec lui jusqu'à la soupape dormante s', qui est forcée de s'ouvrir pour donner un passage à cette eau. La même soupape retombe ensuite par son poids, et empêche le liquide de sortir. Le piston va chercher, en descendant, une nouvelle charge d'eau, avec laquelle il remonte, pour la déposer au même endroit que la première; en sorte que l'eau peut être élevée ainsi à une hauteur arbitraire, pourvu que le moteur ait une force suffisante.

263. Les pompes de la seconde construction diffèrent de la précédente, par la position de la tige, qui est située au-dessus du piston, et de plus, en ce que le piston

est plein, et repose sur une soupape qui garnit le fond de la pompe. Lorsque le piston s'élève, l'eau le suit, pour se mettre de niveau ; pendant sa descente, il refoule cette eau dans un tuyau latéral, où elle s'ouvre un passage en soulevant une soupape, qui s'abaisse dès que le piston est arrivé au bas de sa course.

264. La pompe aspirante représentée *fig.* 28, a son piston P élevé au-dessus du niveau *mn* de l'eau, à une hauteur qui doit être moindre que 32 pieds. Ce piston est percé et garni d'une soupape *s* en dessus. Le corps de pompe a une séparation formée par une autre soupape *s'*, à une certaine distance au-dessous du point *k*, où nous supposons que se termine inférieurement le jeu du piston. Quand celui-ci est en repos à ce même point, l'air intérieur, compris entre la soupape dormante *s'* et le niveau *mn* de l'eau, fait équilibre par son ressort à la pression de l'air extérieur. Quant à l'air renfermé dans l'espace *klzo*, au-dessus de la soupape dormante, et dont le ressort est sensiblement égal à celui de l'air inférieur, son effet se borne, pour le moment, à tenir cette soupape fermée. Lorsqu'ensuite le piston monte, l'air contenu dans l'espace *klzo* se dilate ; celui qui est au-dessous de la soupape dormante la soulève par l'excès de son ressort, et une partie de cet air se répand dans l'espace *klzo*. En même temps l'eau s'élève jusqu'au terme où le ressort de l'air, affoibli par la dilatation, joint au poids de l'eau qui a dépassé le niveau, fait une somme égale à la pression de l'atmosphère. Ce terme ayant lieu au moment où le piston cesse de monter, la soupape dormante, qui se trouve entre deux airs également dilatés, se referme par son poids. Le piston, en descendant

descendant, resserre le volume de l'air compris entre sa base et la soupape dormante; et comme le volume de cet air excède le volume primitif d'une quantité égale à celle qui est entrée dans l'espace *klzo*, il est évident qu'il y a un point où il devient plus dense que dans son premier état, et alors il soulève, par son ressort, la soupape *s* placée au-dessus du piston, et une partie s'échappe au dehors, jusqu'à ce que le reste ait repris sa densité naturelle. A mesure que les deux mouvemens du piston se répètent, l'eau, continuant de monter, parvient jusqu'au piston, qui, en s'abaissant, la force de passer à travers son ouverture, pour l'élever ensuite avec lui; et ainsi successivement, jusqu'à ce qu'elle arrive à la hauteur désirée.

La construction de cette espèce de pompe exige des précautions, pour obvier à un inconvénient qui paroît d'abord singulier. C'est qu'il est possible que l'eau, avant de parvenir au piston, s'arrête tout à coup, et refuse de monter davantage, quoique le piston continue ses mouvemens. Pour concevoir cette possibilité, remarquons que le poids de l'eau, à partir du niveau, va toujours en augmentant, à mesure qu'elle monte, tandis que la quantité d'air qui reste entre l'eau et la base du piston, et dont le ressort se déploie pendant que celui-ci s'élève, va au contraire en diminuant. Il en résulte que le rapport entre les deux forces qui réagissent ensemble contre la pression de l'atmosphère varie continuellement; et ainsi il peut se faire que la somme de ces forces devienne, à un certain terme, capable d'opposer à cette pression une plus grande résistance qu'auparavant. Supposons, par exemple, que l'eau soit arrivée en *hr*, et imaginons qu'elle y soit retenue par une puissance quelconque, tandis que le piston s'élève de *kl* en *fg*, qui est la limite de son mouvement. Si l'espace *hrgf* que celui-ci laissera vide est tel que le ressort de l'air, après sa dilatation, joint au poids de l'eau qui excède le niveau, fasse équilibre à la pression de l'atmosphère, il est aisé de voir que l'eau ne seroit pas montée, dans le cas même où rien ne l'auroit retenue, puisque la condition requise pour l'équilibre est remplie par la seule dilatation de l'air.

Donc si la pompe est tellement construite qu'il y ait un point où l'hypothèse, que nous venons de faire, puisse être réalisée, l'eau restera stationnaire à ce point. Pour que l'hypothèse ne soit jamais admissible, et que la pompe fasse son service dans tous les cas, il faut qu'il y ait entre le jeu du piston et sa plus grande hauteur au-dessus du niveau, un certain rapport que l'on détermine facilement à l'aide du calcul (1).

265. L'eau s'élève dans la pompe aspirante et foulante, comme dans celle qu'on nomme simplement *aspirante*. Mais ici le piston est plein, et lorsque l'eau est parvenue jusqu'à sa base, il refoule cette eau en s'abaissant, et la force de passer dans un tuyau latéral, comme cela a lieu pour la seconde pompe foulante, dont nous avons parlé.

Cette pompe ne diffère de la précédente qu'en ce que

---

(1) La règle à laquelle conduit le calcul, est que le carré de la moitié de la plus grande hauteur du piston au-dessus du niveau de l'eau, ou de la distance entre *fg* et *mn*, doit être plus petit que trente-deux fois le jeu du piston, qui est mesuré par la distance entre *fg* et *kl*.

l'eau, au lieu de passer à travers le piston pendant qu'il s'abaisse, est chassée dans un tuyau particulier; en sorte qu'on a considéré cet effet du piston comme ayant quelque chose de plus marqué, et qui semble caractériser davantage l'action de fouler.

Du Syphon.

266. C'est encore à la pression de l'air que sont dus les effets du syphon, qui sert à transvaser les liqueurs. On appelle ainsi un tube de verre recourbé, dont une des branches est plus longue que l'autre. On tient cet instrument, de manière que la partie recourbée tourne sa convexité vers le haut. On plonge la branche la plus courte dans le vase qui contient la liqueur; on applique la bouche à l'orifice de la plus longue branche, et l'on suce la liqueur, c'est-à-dire, qu'on enfle la poitrine, de manière à produire une dilatation dans l'air qui occupe l'intérieur du syphon; la liqueur s'introduit à l'instant dans celui-ci, par la pression de l'air extérieur. Lorsque le syphon est plein, on retire la bouche, et la liqueur continue de s'écouler par la longue branche, jusqu'à ce que le vase soit vide.

On conçoit aisément la raison de cet effet, en considérant que l'air qui répond à l'orifice de la plus longue branche, presse de bas en haut, suivant la loi de tous les fluides, la colonne d'eau contenue dans cette branche, tandis que l'air, qui repose sur la surface du liquide renfermé dans le vase, agit par l'intermède de ce liquide pour presser dans le même sens la colonne qui occupe la branche la plus courte; et il est clair qu'il n'a besoin de soutenir que la partie de cette colonne, qui s'élève au-dessus du niveau. Or, la différence entre cette même partie et la colonne renfermée dans la branche la plus longue, donne à celle-ci un excès de poids qui n'est pas, à beaucoup près, balancé par l'excès de longueur de la colonne d'air qui répond à l'orifice de la même branche, et ainsi toute la partie de la liqueur, qui n'est pas soutenue par l'air, tombera ; et comme elle est sans cesse remplacée par celle qui vient du vase, l'écoulement ne finira qu'avec la liqueur elle-même.

267. On connoit depuis long-temps une multitude de faits que l'on attribuoit à l'horreur de la nature pour le vide, et dont l'explication s'offre comme d'elle-même, d'après les détails dans lesquels nous sommes entrés sur la pesanteur et l'élasticité de l'air. Lorsqu'on essaye de tirer le piston d'une seringue dont on a bouché l'ouverture, on éprouve une forte résistance, comme s'il étoit attaché au fond par un certain pouvoir, tandis que c'est le poids de l'air qui, en pressant sa base supérieure, l'empêche de monter. Par la même raison, on écarte difficilement les panneaux d'un soufflet, dont on a fermé les ouïes et le tuyau. Lorsque l'on place entre les lèvres un tube dont la partie inférieure est plongée dans l'eau, et que l'on aspire l'air intérieur, pour déterminer l'ascension du liquide, la succion semble être une force qui agit par attraction, tandis qu'on ne fait autre chose que rendre prépondérante l'action de l'air extérieur pour faire monter l'eau dans le tube. On pourroit citer beaucoup d'autres effets du même genre, dont les apparences sont comme des piéges tendus à l'imagination.

De la Mesure des Hauteurs par le Baromètre.

Après avoir montré combien la découverte de la pression que l'air exerce sur la surface des autres corps a contribué à perfectionner la théorie de ce fluide, il nous reste à faire connoître une application de cette découverte, qui a doublé les avantages du baromètre.

L'expérience de Torricelli avoit donné cet instrument à la physique, pour les observations journalières relatives à l'état de l'air. L'expérience de Pascal fit naître l'idée de le substituer, dans certaines circonstances, aux moyens géométriques pour la mesure des hauteurs.

268. La méthode la plus simple d'appliquer le baromètre à cet usage, est fondée sur une observation qui ne peut être regardée que comme un premier aperçu. Elle consiste à supposer qu'en général une ligne de diminution dans la colonne de mercure, répond à une différence de douze toises et demie en hauteur verticale. Ce résultat, traduit dans le langage des nouvelles mesures, donne 108 décimètres d'élévation pour chaque millimètre dont le mercure s'abaisse. L'emploi de ce moyen doit être limité à des hauteurs peu considérables, comme celles qui n'excèdent pas mille ou douze cents toises au-dessus du niveau de la mer.

269. La loi suivant laquelle décroissent les densités de l'air, a fourni une autre méthode qui approche beaucoup plus de la précision, et qui s'étend à toutes les hauteurs auxquelles nous pouvons parvenir. En partant du principe donné par l'observation, que l'air se comprime

en raison des poids dont il est chargé, on prouve que quand les hauteurs sont en progression arithmétique, les densités correspondantes sont en progression géométrique; et il est visible que ces densités, à leur tour, sont en rapport avec les abaissemens du mercure dans le tube du baromètre.

270. On peut démontrer d'une manière fort simple cette relation entre les hauteurs et les densités de l'air qui leur correspondent. Soit *abzs* (*fig.* 29) une tranche d'air prise depuis la surface *ab* de la terre jusqu'à la limite *sz* de l'atmosphère. Divisons cette tranche en une infinité d'autres tranches d'une épaisseur infiniment petite, par des parallèles *dc*, *ef*, *gh*, etc., à la ligne *ab*, dont les distances respectives, *ad*, *de*, *eg*, etc., soient égales entre elles; il est évident que les densités de ces différentes tranches iront en diminuant depuis la ligne *ab*, et que de plus, elles seront successivement comme les poids des quantités d'air situées au-dessus de chacune d'elles, en sorte, par exemple, que la densité de la tranche *abcd* sera à celle de la suivante *dcfe*, comme le poids de l'air contenu dans *dczs* est à celui de l'air contenu dans *efzs*.

Concevons maintenant une courbe *bpxs* tellement tracée que si l'air contenu dans chaque espace *abcd*, *dcfe*, etc., étoit réduit à n'occuper que l'espace correspondant *abnd*, *dnoe*, etc., pris dans l'intérieur de la courbe, le fluide se trouvât distribué uniformément dans l'espace total terminé par cette courbe. On conçoit comment cette hypothèse peut avoir lieu, puisque les densités primitives de l'air et les espaces *abnd*, *dnoe*, situés dans l'intérieur de la courbe, étant de part et d'autre en progression décroissante, on est le maître de choisir une courbe d'une telle nature, que les portions d'air qui passeront des espaces *bnc*, *ncfo*, etc., dans les espaces voisins *abnd*, *dnoe*, fassent croître les densités de l'air qui occupoit d'abord ces derniers espaces, de manière que leurs différences deviennent nulles.

Cela posé, il est visible que les espaces *abnd*, *dnoe*, etc., étant d'autant plus petits que les densités primitives étoient elles-mêmes plus petites, leur rapport sera le même que celui de ces densités ; de plus, les espaces *dns*, *eos*, etc., situés au-dessus des premiers, seront entre eux successivement comme les poids des quantités d'air qui compriment celui que renferment les espaces *abnd*, *dnoe*, etc. Et puisque l'air se condense en raison des poids dont il est chargé, il en résulte que les espaces *dns*, *eos*, etc., seront aussi proportionnels aux espaces *abnd*, *dnoe*, etc. Mais ceux-ci sont les différences entre les premiers, et il est démontré que quand des quantités sont entre elles comme leurs différences, ces quantités, et par conséquent leurs différences, sont en progression géométrique (1) ; donc les espaces *abnd*, *dnoe*, *eopg*, etc.,

(1) Soit $abs = a$, $dns = b$, $eos = c$, $gps = d$, etc., nous aurons, par l'hypothèse, $b : a - b :: c : b - c :: d : c - d$, etc. Donc $ac - bc = b^2 - bc$, et $bd - cd = c^2 - cd$, d'où l'on tire $ac = b^2$ et $bd = c^2$. Donc $a : b :: b : c$, et $b : c :: c : d$, c'est-à-dire, que les quantités a, b, c, d, etc., sont en progression géométrique ; d'où il suit que les différences $a - b$, $b - c$, $c - d$, etc., forment aussi une progression géométrique.

ou, ce qui revient au même, les densités de l'air qui répondent aux hauteurs *ad*, *ae*, *ag*, etc., suivent la loi d'une progression géométrique; et puisque ces hauteurs sont évidemment en progression arithmétique, à cause de l'égalité des distances *ad*, *de*, *eg*, etc., nous en concluerons que quand les hauteurs forment une progression arithmétique, les densités correspondantes de l'air sont en progression géométrique.

Or, les élévations du mercure dans le baromètre sont proportionnelles aux densités de l'air, qui répondent aux différentes hauteurs où ces élévations ont lieu. Donc, si d'une part on exprime ces densités par les nombres de lignes qui les mesurent, à partir de la ligne de niveau, et si d'une autre part on représente en toises les hauteurs auxquelles correspondent les élévations du mercure, on pourra considérer les nombres de toises comme les logarithmes des nombres de lignes.

Supposons, pour un instant, que l'on eût une table construite d'après ce système de logarithmes; voici comment on parviendroit à mesurer la hauteur d'une montagne. On prendroit les deux nombres de lignes que marquoit le baromètre au point le plus bas et au point le plus haut; on chercheroit dans la colonne des logarithmes les nombres de toises correspondans, et la différence entre ces deux nombres donneroit la distance verticale entre les deux stations, ou la hauteur cherchée.

271. Mais les physiciens ont senti que l'on pouvoit se dispenser d'un pareil travail, et faire servir les logarithmes ordinaires à la détermination des hauteurs par le baromètre. Pour y parvenir, il ne s'agissoit que

d'avoir un facteur constant, dont la valeur fût telle que son produit, par les logarithmes de nos tables, donnât des mesures conformes à l'observation. Les premières déterminations de ce genre étoient fondées sur l'observation elle-même ; c'est-à-dire, qu'après avoir choisi parmi les résultats de diverses opérations trigonométriques ceux qui paroissoient mériter le plus de confiance, on cherchoit la valeur du facteur qui devoit être introduit dans le calcul relatif aux indications du baromètre, pour que les résultats de ce calcul s'accordassent avec ceux dont la trigonométrie avoit fourni les données. Deluc, en suivant cette marche, a été conduit à une détermination d'une heureuse simplicité, en ce qu'elle ne laisse presque rien à faire, pour ramener aux nombres que ce savant regarde comme les véritables, ceux que donnent les tables ordinaires ; elle consiste en ce que les logarithmes de ces tables, pris avec sept décimales, n'ont besoin que d'être multipliés par 10000, pour représenter en toises les vrais logarithmes des nombres de lignes qui mesurent les observations correspondantes du baromètre. Ainsi, après avoir pris la différence entre les deux logarithmes tabulaires des nombres de lignes dont il s'agit, on reculera de quatre rangs, vers la droite, la virgule qui suit la caractéristique, et l'on aura la distance verticale entre les deux stations, exprimée en toises et en parties décimales de la toise.

272. Mais ce résultat, et tous les autres du même genre, exigent plusieurs corrections, dont deux surtout ont fixé l'attention des physiciens. On sait que la température varie dans les différens points d'une même

colonne d'air, de manière qu'en général les couches supérieures sont plus froides que les inférieures. Or, les densités de l'air, qui répondent à des hauteurs verticales en progression arithmétique, ne sont censées être exactement en progression géométrique, qu'autant que la température de l'air est uniforme ; d'où l'on voit que dans le cas ordinaire où elle varie, il est nécessaire de corriger les hauteurs du baromètre. Mais d'une autre part l'inégalité de température influe immédiatement, par un effet thermométrique, sur la colonne même de mercure renfermée dans le baromètre, et y produit une augmentation ou une diminution de longueur, qui est étrangère aux indications de cet instrument, ce qui exige une nouvelle correction.

273. On a imaginé différens moyens de faire disparoître ces anomalies. En procédant par la méthode de Deluc, on supprime d'abord l'effet qui a pour cause l'influence immédiate de la température sur le baromètre, et l'on ramène les indications de cet instrument à ce qu'elles auroient été dans le cas d'une variation due à la seule pression de l'atmosphère. On cherche ensuite le nombre de toises qui donne l'élévation proposée, en partant des hauteurs corrigées du baromètre, puis on applique à ce même nombre la correction relative à l'action variable de la chaleur sur la colonne d'air renfermée entre les deux stations.

Pour déterminer la première correction, Deluc avoit cherché, par l'observation, à quel degré de température la hauteur du baromètre n'exigeroit aucune correction. Ce degré répondoit au dixième au-dessus de zéro, sur le thermomètre en 80 parties. Deluc avoit aussi déduit de l'expérience la quantité dont la variation de température allongeoit ou raccourcissoit la colonne de mercure du baromètre, par chaque degré du thermomètre. Cette quantité étoit de $0,^{lig.}075$, en supposant que le baromètre eût été d'abord à 27 pouces. Dans le cas d'une hauteur différente, une réduction donnoit la quantité de la variation. Il étoit facile ensuite d'ajouter à la hauteur observée ce qui lui manquoit, ou d'en retrancher ce qu'elle avoit de trop, à proportion que la température différoit de celle de 10 degrés, qui servoit de terme fixe.

A l'égard de l'autre correction, Deluc avoit cherché de même à quelle température il n'y auroit eu aucun changement à faire dans le nombre de toises donné par les logarithmes des hauteurs modifiées d'après la première correction. Cette température étoit de $16^{d}\frac{3}{4}$ au-dessus de zéro. Le même savant avoit ensuite supposé que la température varioit, dans l'étendue d'une même colonne d'air, de manière à croître ou à décroître en progression arithmétique, et il résultoit de ses expériences que l'air augmentoit ou diminuoit de $\frac{1}{215}$ de son volume, par chaque degré du thermomètre. En combinant ces données avec les observations de la température qui avoit lieu dans les deux stations, on déterminoit l'erreur, en plus ou en moins, du nombre de toises obtenu à l'aide des logarithmes.

274. Laplace a proposé une méthode qui fournit des moyens plus directs pour arriver au même but, et qui ne laissera plus rien à désirer, lorsque la détermination des quantités qui lui servent de bases, aura été prise

de nouveau, avec toute la précision dont elle est susceptible.

Dans cette méthode, le coëfficient constant par lequel on doit multiplier le nombre que donnent les logarithmes tabulaires, dépend du rapport entre le poids d'un volume déterminé de mercure, et celui d'un égal volume d'air, à la température de la glace fondante, et à la hauteur moyenne du baromètre au niveau de la mer. Cette hauteur est à très-peu près de 76 centimètres (28 pouces), et la pesanteur spécifique de l'air comparée à celle du mercure, telle que l'indiquent les expériences faites jusqu'ici, est dans le rapport de l'unité à 10283. D'après cette donnée, le coëfficient constant de la différence entre les logarithmes des nombres de centimètres qui mesurent les élévations du baromètre aux deux stations, est égal à 17972,$^{\text{mt}}$.1.

275. Mais l'hypothèse d'une température uniforme égale à zéro, exige de même ici deux corrections, pour être ramenée aux indications offertes par le thermomètre pendant l'opération même. La première porte sur le coëfficient constant. Pour mieux concevoir en quoi elle consiste, supposons que la température, à la station la plus basse, soit, par exemple, de 16$^{\text{d}}$ au-dessus de zéro, et qu'à la station la plus haute elle soit de 4$^{\text{d}}$ au-dessus de la même limite. La chaleur étant censée décroître en progression arithmétique, à mesure que la température s'abaisse, tel sera son effet sur l'air compris entre les deux stations, que les différences entre les densités réelles des diverses

couches de cet air prises de bas en haut, et celles qui auroient lieu en vertu des seules pressions, suivront elles-mêmes une progression arithmétique.

On pourra donc considérer l'opération comme étant faite par une température uniforme de 10^d, qui étant la demi-somme des températures extrêmes, donne le terme moyen de la progression. Ainsi, l'effet sera le même que si la température ayant été d'abord à zéro, s'étoit élevée subitement de 10^d dans toute la masse d'air renfermée entre les deux stations. Or, dans cette hypothèse, la dilatation subie par l'air auroit fait monter ses différentes couches au-dessus de leur premier niveau, d'où il suit que la colonne de mercure du baromètre, à mesure que l'observateur s'élève, étant pressée par une plus grande quantité d'air que si la température étoit zéro, le baromètre descendra moins que dans le cas de cette même température, et par conséquent le calcul, fait sans aucune correction, donneroit un résultat trop foible. Il faudra donc, pour compenser l'erreur, augmenter le coëfficient constant d'une certaine quantité qu'il s'agit de déterminer. Or, on a observé que, vers la température de la glace fondante, l'air se dilate d'environ $\frac{1}{250}$ de son volume par chaque degré du thermomètre centigrade, qui est celui dont on se servira pour les opérations de ce genre. Donc la quantité dont il faudra augmenter le coëfficient constant est égale au produit de ce coëfficient par $\frac{1}{250}$, et par le nombre de degrés qu'indique la température moyenne. Mais celle-ci étant la demi-somme des températures observées aux deux stations, on voit que l'opération se réduit à multiplier la somme entière par

35,944 mt., qui est le produit du coëfficient 17972,1 mt. par $\frac{1}{2.250}$ ou par $\frac{1}{500}$ (1).

La seconde correction dépend de l'effet thermométrique de la chaleur par rapport au mercure du baromètre. Or, on sait que ce liquide se dilate d'environ $\frac{1}{5412}$ de son volume, par chaque degré du thermomètre centigrade. Il en résulte que si l'on part de la température qui avoit lieu à la station la plus froide, l'effet thermométrique dont il s'agit sera mesuré par la 5412e. partie de la longueur qu'avoit la colonne de mercure, à la même station, prise autant de fois qu'il y a de degrés dans la différence entre les deux températures. En ajoutant le produit au nombre de centimètres que donnoit le baromètre à la station la plus froide, on ramenera l'opération à ce qu'elle eût été, si la colonne de mercure avoit conservé constamment sa densité, en partant de la station la plus chaude.

276. Appliquons cette méthode à la détermination de la hauteur du Mont-Blanc, au-dessus du lac de Genève, d'après les données suivantes indiquées par Saussure (2). Le baromètre, placé à 3 pieds au-dessous

---

(1) L'effet total qui détermine la correction étant la somme des termes de la progression relative aux quantités dont les densités de l'air sont altérées par la chaleur, on a cette somme, en prenant le moyen terme, qui est le produit de la température moyenne par le rapport $\frac{1}{250}$ de dilatation pour un degré, et en le multipliant par le coëfficient constant qui représente le nombre des termes.

(2) Voyage dans les Alpes, No. 2003.

de la cime du Mont-Blanc, étoit à 16 pouces et $\frac{1}{2}$ ligne, qui font $0,4342^{\text{mt.}}$, et le thermomètre en 80 parties, à $-2^{d},3$, qui équivalent à $-2^{d},87$ du thermomètre centigrade.

En même temps, le baromètre placé à Genève, à 13 toises au-dessus du lac, étoit à 27 pouces, 3 lignes, $5,83^{\text{seiz.}}$, qui font $0,7385^{\text{mt.}}$, et le thermomètre en 80 parties à $22^{d},6$, qui répondent à $28^{d},25$ du thermomètre centigrade.

Pour avoir la quantité dont le coëfficient constant doit être augmenté, on multipliera la somme $25^{d},38$ des deux températures $28^{d},25$ et $-2^{d},87$ par $35,944^{\text{mt.}}$, et on ajoutera le produit $912,259^{\text{mt.}}$ au coëfficient constant $17972,1^{\text{mt.}}$, ce qui donnera pour le véritable coëfficient $18884,359^{\text{mt.}}$.

Pour corriger ensuite la hauteur du baromètre à la station la plus froide, ou celle du Mont-Blanc, d'après la variation de la température, on prendra la différence $31^{d},12$ entre les deux températures; on la multipliera par la hauteur $0,4342^{\text{mt.}}$ du baromètre à la station la plus froide, et on divisera le produit par 5412, ce qui donnera $0,0025^{\text{mt.}}$ à ajouter à $0,4342^{\text{mt.}}$. Ainsi la hauteur corrigée sera $0,4367^{\text{mt.}}$.

Maintenant, la différence entre les logarithmes de 0,7385 et 0,4367 est 2281673, laquelle quantité multipliée par le coëfficient corrigé $18884,359^{\text{mt.}}$, donne pour la distance verticale entre les deux stations

4308,79 mt., qui font à peu près 2211 toises (1). Pour avoir la hauteur totale du Mont-Blanc au-dessus du lac de Genève, il ne s'agit plus que d'ajouter 51,65 mt., ou 13 toises, 3 pieds, ce qui fait d'une part 4360,44 mt., et de l'autre 2224,5 t.

On connoît deux mesures trigonométriques de la même hauteur, l'une par Pictet, l'autre par Schuchburg. La première a donné 2238 toises, et la seconde 2257 toises; le résultat de Laplace donne 13,5 t. de moins que celui de Pictet, et 32,5 t. de moins que celui de Schuchburg. Mais comme ces deux derniers résultats diffèrent eux-mêmes d'une quantité très-sensible égale à 19 toises, tout ce que l'on peut conclure de la comparaison que nous venons de faire, c'est que la formule du célèbre géomètre français paroît conduire à des évaluations trop foibles. C'est une suite de ce que les quantités numériques qu'elle renferme n'ont pas été déterminées, ainsi que nous l'avons dit, avec une assez grande précision. D'ailleurs, on a négligé jusqu'ici une correction à laquelle l'auteur se propose aussi d'avoir égard;

(1) Soient H la hauteur du baromètre à la station la plus basse, *h* celle qui répond à la station la plus élevée, que l'on suppose en même temps la plus froide, T la hauteur du thermomètre à la station la plus chaude, *t* celle qui répond à la station la plus froide, et *x* la différence de hauteur entre les deux stations; toutes ces quantités étant exprimées en mètres et en fractions du mètre, la règle dont nous venons de faire une application sera représentée par cette formule :

$$x = 17972{,}1\left(1+\frac{2(T+t)}{1000}\right)L\left(\frac{H}{h+\frac{(T-t)h}{5412}}\right).$$

égard, savoir, celle qui dépend de la vapeur aqueuse que l'air tient en dissolution, et qui ajoute à l'action de la température une nouvelle cause des altérations que subit la loi des densités de l'air, telle que la donne la seule différence des pressions. Des expériences faites avec soin acheveront de perfectionner cette méthode, qui a, sur toutes les autres, l'avantage de ramener à leurs véritables limites les quantités dont la formule offre la combinaison.

277. Le même savant a conçu l'idée heureuse de faire concourir les observations du baromètre avec les mesures géographiques, pour déterminer, d'une manière plus fixe, la position des différens lieux. Cette position, telle que l'offrent les mesures dont nous venons de parler, dépend de l'intersection de deux co-ordonnées perpendiculaires entre elles, dont l'une est la distance au premier méridien, ou la longitude, et l'autre la distance à l'équateur, ou la latitude. On supposeroit une troisième co-ordonnée perpendiculaire aux deux précédentes, qui mesureroit la distance verticale entre le même point d'intersection et le niveau de la mer. On prendroit, pour la France, ce niveau à Brest, où la hauteur moyenne du baromètre est à peu près de 76 centimètres. On feroit dans chaque lieu un grand nombre d'observations barométriques, pendant un an ou deux, et la moyenne entre toutes ces observations donneroit l'élévation du lieu proposé au-dessus du niveau de la mer. On pourroit choisir, dans chaque pays, pour le niveau auquel se rapporteroient les observations, la hauteur moyenne de la rivière la plus voisine. Un pareil travail, exécuté par des observateurs exercés,

et avec des baromètres bien construits, offriroit des résultats intéressans pour la topographie des divers pays.

2. Des effets du Calorique sur l'Air.

278. Nous avons maintenant à considérer les phénomènes qui résultent de la force du calorique, soit pour dilater l'air, soit pour augmenter son ressort. Si nous supposons d'abord une masse d'air échauffé, qui ne soit coërcée par aucun obstacle, il est facile de concevoir que cet air, en se dilatant, acquerra une augmentation de volume qui diminuera sa pesanteur spécifique, en sorte que, s'il est environné d'un air plus froid, il s'élevera, et sera aussitôt remplacé par une portion de l'air environnant; et si la chaleur continue d'agir dans le même espace, il s'établira une espèce de circulation, en vertu de laquelle un air plus dense prendra continuellement la place d'un air raréfié.

279. L'action qu'exerce la chaleur sur l'air des appartemens à cheminée, nous fournit un exemple familier de ce phénomène. Les molécules de cet air, répandues autour du brasier, devenant respectivement plus légères par la raréfaction, une partie s'élève dans le tuyau de la cheminée, et l'autre va gagner le haut de l'appartement; en même temps un nouvel air arrive par le bas, pour remplacer l'air ascendant, et il en résulte une succession non interrompue de deux courans contraires; l'un supérieur, qui s'éloigne de la cheminée; l'autre inférieur, qui se porte vers elle. Les vîtesses de ces deux courans diminuent à mesure que les couches se rapprochent d'une certaine hauteur moyenne où l'air est stationnaire. On peut observer les