

DISCOURS SUR QUELQUES

propriétés de l'Air, & le moyen d'en connoître la température dans tous les climats de la Terre.

PAR M. AMONTONS.

LEs expériences qui peuvent conduire à connoître la nature de l'air dans lequel nous vivons, sont d'une conséquence assez considérable pour mériter qu'on y fasse une particulière attention. Celles que je fis il y a trois ans sur la dilatation de l'air par la chaleur de l'eau bouillante, me firent connoître que des masses inégales d'air chargées de mêmes poids ou de poids égaux, augmentoient également la force de leur ressort par des degrés de chaleur égaux; & comme mon principal but dans ces expériences étoit de connoître de combien la chaleur de l'eau bouillante augmentoit le ressort de l'air au-dessus de ce qu'il en conserve dans l'eau que nous appellons froide, ces expériences me portèrent pour lors à croire que ce n'étoit que d'une quantité capable de soutenir dix pouces en hauteur de mercure outre le poids de l'atmosphère : mais ayant depuis poussé plus loin ces expériences, j'ai trouvé que le ressort de l'air augmenté par la chaleur de l'eau bouillante n'étoit pas fixé à ne soutenir seulement que dix pouces de mercure plus que la charge de l'atmosphère; mais qu'il en soutenoit plus ou moins à proportion des poids dont il étoit chargé, & que cette augmentation étoit toujours environ le tiers de ces poids, lorsque l'air est d'abord dans l'état que nous appelons ici temperé, & moins que le tiers lorsque l'air est dans un état plus chaud que le temperé, & au contraire plus que le tiers quand l'état de l'air est plus froid que le temperé. Par exemple, si au tems du temperé une masse d'air chargée par trente pouces de mercure, y compris la charge de l'atmosphère, a augmenté son ressort par la chaleur

1702.
28. Juin.

de l'eau bouillante, jusqu'à soutenir dix pouces de mercure outre la charge égale à trente pouces de mercure; lorsque cette même masse sera chargée par 60 pouces, elle augmentera son ressort de 20 pouces, & de 30 pouces lorsqu'elle sera chargée de 90, & ainsi des autres. D'où il paroît que nous pouvons tirer cette conséquence, qu'*un même degré de chaleur, pour petit qu'il puisse être, peut augmenter toujours de plus en plus la force du ressort de l'air, si cet air est toujours chargé d'un poids de plus grand en plus grand.* Et d'autant que, comme nous l'avons déjà remarqué, des masses inégales d'air augmentent également la force de leur ressort par des degrés de chaleur égaux, nous pouvons encore tirer cette autre conséquence, qu'*une très-petite parcelle d'air, pour petite qu'elle soit, peut acquérir une force de ressort plus grande, & plus grande toujours de plus en plus par un très-petit degré de chaleur, si cette petite parcelle est toujours chargée de plus en plus.* Ces propriétés de l'air pourront peut-être dans la suite nous servir à expliquer plusieurs effets Physiques dont nous ignorons présentement les causes.

Je viens de dire que l'expérience m'avoit fait connoître que des masses inégales d'air chargées de poids égaux augmentoient également la force de leur ressort par des degrés de chaleur égaux, & que les forces de ressort qu'elles acqueroient étoient d'autant plus considérables, que les poids dont elles étoient pressées étoient grands, dont la raison est que ces masses d'air étant ou dans un même milieu, ou considérées comme telles & chargées de poids égaux, il n'y a point de raison pourquoi l'une dût acquérir une force de ressort plus considérable que l'autre. Car quoiqu'il soit vrai que si ces masses d'air avoient la liberté de s'étendre, les plus grandes augmenteroient davantage leurs volumes que les plus petites; cela ne doit point néanmoins avoir lieu pour l'augmentation de leur ressort, puisque, suivant la règle de M. Mariotte, des masses inégales d'air chargées également, doivent se réduire à des volumes proportionnés à leurs premières masses, pour acquérir de nouveaux degrés égaux de force de ressort; & que par

l'inverse de cette même règle , si des masses égales d'air chargées inégalement ont la liberté de s'étendre , elles occuperont à la vérité des espaces proportionnés aux poids dont elles sont chargées ; mais ne pouvant s'étendre , elles doivent nécessairement acquérir des forces de ressort proportionnées à ces mêmes poids.

Après avoir reconnu ces vérités , j'ai tenté d'en faire l'application ; & j'ai cru pouvoir avantageusement m'en servir à perfectionner ces Instrumens qui servent à mesurer les degrés de chaleur , & qu'on nomme pour cette raison Thermomètres.

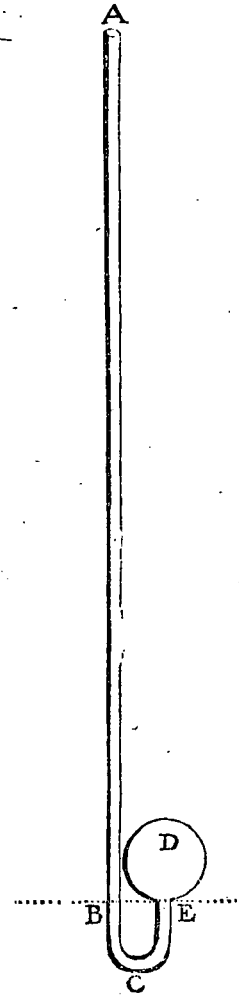
Peu de personnes ignorent que les premiers Thermomètres qu'on a voulu faire avec l'air agissoient non-seulement par le froid & par la chaleur de l'air extérieur , mais encore par son plus ou moins de pesanteur ; & que le mouvement de ces Thermomètres causé par le poids de l'air , étoit pour le moins aussi sensible que celui qui étoit causé par la chaleur , ce qui en rendoit les observations peu certaines , & par conséquent inutiles. Il est bien vrai qu'on a inventé depuis les Thermomètres à esprit-de-vin scélés hermétiquement , qui ne paroissent agir que par les changemens qui arrivent à l'air quant au froid ou quant au chaud : mais outre que l'esprit-de-vin ne reçoit pas l'impression aussi promptement que l'air , & que les grosses masses la reçoivent plus lentement que celles qui le sont moins , il est d'ailleurs presque impossible que leurs tuyaux soient égaux d'un bout à l'autre ; ce qui fait qu'une même quantité de liqueur , qui n'occupoit vers le bas que l'étendue par exemple de 40 parties de leur graduation , étant poussée vers le haut en occupera quelquefois 45 à 50, plus ou moins. D'où vient que si ces Thermomètres étoient réglés seulement sur le plus grand chaud & sur le plus grand froid d'un climat , les temperés de ces Thermomètres se trouveroient tous différens les uns des autres , quoiqu'en effet ils dussent être véritablement les mêmes. Mais bien plus , supposons , ce qui n'est pas , que ces Thermomètres n'aient aucun des défauts que nous venons de remarquer ;

qu'est-ce qu'un degré de chaleur de ces Thermomètres? quelle connoissance ces degrés nous donnent-ils de la température de notre climat? Il est certain qu'on n'en peut tirer aucune; les premiers de ces Thermomètres ont été gradués à l'aventure sur le plus grand froid & sur le plus grand chaud de quelques années, & ne peuvent servir au plus qu'à nous faire connoître qu'il y en a quelques-unes qui sont plus chaudes ou plus froides que les autres; ce qui n'a pas une grande utilité, lorsqu'on ne peut pas en connoître certainement la différence, & ces Instrumens sont peu propres à transmettre à la postérité les observations qu'on peut faire sur la différente température des climats: car de dire, par exemple, que l'année dernière le Thermomètre a monté 7 ou 8 parties plus que la précédente, ce n'est pas donner mieux à connoître de combien cette année a été plus chaude que l'autre, que si l'on disoit à une personne qui seroit en peine de sçavoir la longueur d'un Pendule à secondes, qu'elle est égale à celle d'un bâton qu'on lui montreroit; la longueur de ce bâton lui étant inconnue, celle qu'il demanderoit la lui seroit de même: mais si on lui dit que la longueur de ce Pendule est de trois pieds huit lignes & demie; alors comme ces mesures sont connues & fixées par l'usage & par la comparaison qu'on en peut faire à toutes sortes de grandeurs, il ne lui reste plus aucun doute sur quoi raisonnablement il puisse demander à être éclairci. Il n'en est pas de même d'un degré des Thermomètres qui ont paru jusqu'à présent; on ne peut pas dire qu'il soit, par exemple, la centième partie de la différence du plus grand chaud au plus grand froid d'une année, puisque ces différences ne sont presque jamais égales; & quand elles le seroient, ce ne seroit au plus que pour un certain climat; ainsi un degré de Thermomètre ne peut être comparé à aucun degré de chaleur, & n'en sçauroit être par conséquent la mesure. Au contraire, si je dis que la plus grande chaleur de l'été dernier a été, par exemple, les six septièmes de celle de l'eau bouillante, ce degré de chaleur étant connu par mille & mille effets journaliers,

celui que je veux donner à connoître le devient aussi, & j'en puis tirer toutes les conséquences dont j'ai besoin. Il faudroit donc qu'on convînt d'un certain degré de chaleur constant & invariable, connu de tout le monde, auquel on pût comparer, & qui comprît tous les autres degrés de chaleur qui peuvent être dans l'air que nous respirons. C'étoit apparemment là l'intention de feu Monsieur Colbert, lorsqu'il projeta de faire construire une quantité considérable de Thermomètres, & de les envoyer dans différentes parties de la terre pour y faire des observations: mais il y a apparence que ce grand Ministre n'abandonna ce dessein, que parce qu'il jugea bien que les Thermomètres à esprit-de-vin, tels qu'ils étoient alors, étoient peu propres pour cela, & qu'il auroit été presque impossible d'établir une assez grande uniformité dans ces Thermomètres. Je ne sçai pas si j'aurai été assez heureux de trouver le moyen d'exécuter ce dessein dans toute sa perfection; mais au moins suis-je persuadé que ce que j'en donne ici pourra beaucoup y contribuer.

Ce degré de chaleur nécessaire pour établir l'uniformité dans la construction des Thermomètres pourroit être celui de l'eau commune bouillante, l'expérience m'ayant fait connoître qu'elle ne peut acquérir un plus grand degré de chaleur, quelque long-tems qu'elle soit sur le feu, & quelque grand que soit ce feu.

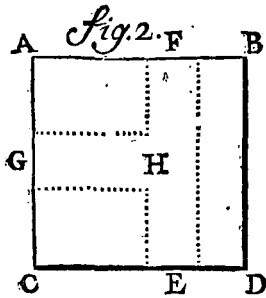
(Fig. 1.) *ABCD* est un de ces tubes de verre dont je me suis servi pour les expériences ci-devant rapportées dans les Mémoires de 1699, pour connoître l'augmentation du ressort de l'air par la chaleur de l'eau bouillante, ouvert en *A*, recourbé en *C*, & se terminant en une boule *D*. La grosseur de ce tube est d'environ demi-ligne intérieurement, celle de la boule de trois pouces un quart peu plus ou peu moins sans conséquence; & en cela ces Thermomètres ont un grand avantage sur les autres par l'égalité de leur mouvement, si facile à trouver dans ces nouveaux Thermomètres, si difficile à rencontrer dans les anciens; la longueur de ce tube depuis *A* jusqu'en *B* sera



de 46 pouces, afin que la totalité AC soit environ de 48. Il y aura du mercure depuis l'entrée E de la boule, & dans tout le reste du tube jusques vers l'ouverture A , en sorte que la boule D étant dans l'eau bouillante, l'air qu'elle renferme soutienne par son ressort 73 pouces de mercure, y compris le poids de l'atmosphère qu'on suppose toujours égal à 28 pouces, & seulement 45 pouces sans le comprendre, à commencer au niveau du mercure qui sera en E ; alors la surface du mercure dans le tube AB proche de l'ouverture A , sera le terme d'où l'on pourra commencer à compter tous les autres degrés de chaleur qui seront moindres que celui de l'eau bouillante: car étant inouï qu'il y ait aucun climat dont la chaleur égale celle de l'eau bouillante, & n'y ayant point d'endroit sur terre où on n'en puisse facilement avoir, on aura par conséquent un degré de chaleur connu dans tout pays, qui comprendra tous les autres au-dessous, & duquel on pourra commencer à les compter. Si bien que pour exprimer le plus grand ou le moindre degré de chaleur d'un climat, il n'y aura qu'à compter le nombre des pouces & des lignes dont la surface du mercure vers A sera plus basse que l'endroit où la chaleur de l'eau bouillante l'avoit fait monter, ayant de plus égard au poids de l'atmosphère dans le tems de l'observation, s'il est plus ou moins pesant que 28 pouces de mercure; parce que la surface du mercure vers A sera trop basse de la quantité dont le poids de l'atmosphère excédera celui de 28 pouces de mercure, ou trop haute de la quantité qui défaillera desdits 28 pouces. C'est pourquoi dans le premier cas on ôtera cet excès des pouces & lignes comprises depuis le degré de la chaleur de l'eau bouillante, & dans le second cas on l'y ajoutera. Il sera donc facile, à l'aide de ces Thermomètres, de connoître la température de tous les climats de la terre, & de construire d'autres Thermomètres à esprit-de-vin pour chaque climat qui pourront être comparés à ces nouveaux Thermomètres à air. Les degrés qu'ils indiqueront ne seront plus in-

connus,

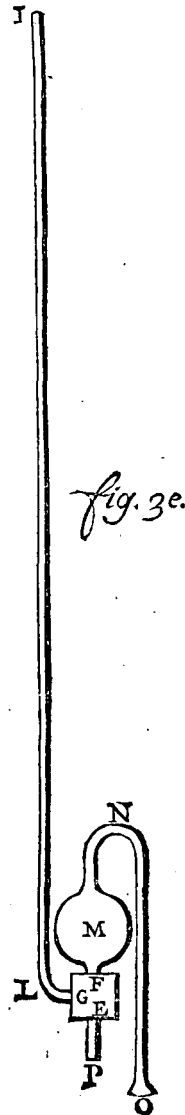
connus, & on pourra en transmettre la connoissance à la postérité, pour en retirer les usages avantageux qu'il y a lieu de s'en promettre, non-seulement pour toutes les matieres de Physique, mais encore pour notre propre conservation : mais comme j'ai ci-devant dit qu'il falloit qu'il y eût du mercure dans le tube *ACE* depuis l'entrée *E* de la boule, enforte que lorsque la boule *D* est dans l'eau bouillante, l'air qu'elle renferme soutienne par son ressort 73 pouces de mercure, y compris le poids de l'atmosphère, au-dessus du niveau du mercure qui est en *E*, & que plusieurs personnes pourroient ne pas trouver d'eux-mêmes la maniere d'introduire ce mercure avec ces circonstances, il n'est pas hors de propos de dire ici de quelle maniere on le doit faire.



ABCD est un petit morceau de bois de hêtre, de noyer, ou de quelque autre bois de pareille nature, d'environ un pouce en carré & de demi-pouce d'épaisseur, dans l'épaisseur duquel on percera de part-en-part un trou de vilbrequin comme *EF* d'environ trois lignes, à trois lignes & demie de grosseur, & encore un autre de pareille grosseur comme *GH* qui vienne seulement rendre dans le premier & non plus avant; on appliquera avec du mastic en *G* un tube de verre (FIG. 3.) *ILG* d'environ quatre pieds de long ouvert par les deux bouts *IG* & recourbé en *L* à environ un pouce de l'extrémité *G*; on appliquera ensuite en *F* un autre tube comme *FMNO* aussi ouvert par les deux extrémités *F* & *O*, enflé vers *F* en une boule *M* d'environ deux pouces de diamètre à demi-pouce de l'extrémité *F*, recourbé ensuite en *N* le plus près de la boule *M* que faire se pourra; & redescendant ensuite vers *O* de 6 à 7 pouces, l'on appliquera encore en *E* un autre bout de tube seulement de deux à trois pouces de long : tous ces tubes n'auront qu'environ une à deux lignes intérieurement, excepté l'extrémité *O* qui sera un

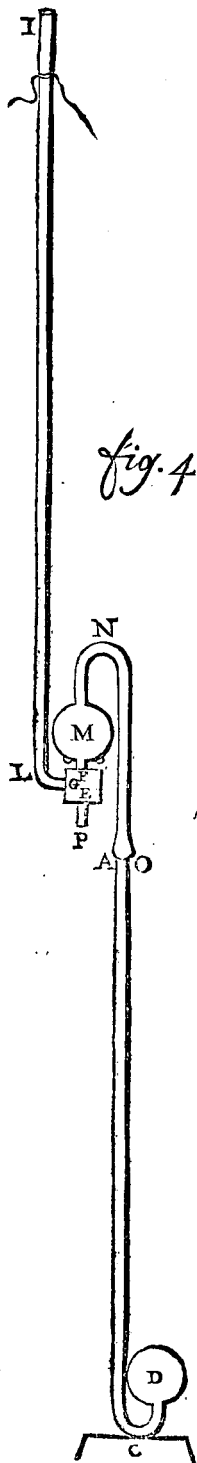
1702.

X



peu évasée pour recevoir plus facilement les autres tubes qu'on y pourra appliquer. Ces trois tubes seront tellement appliqués au petit morceau de bois avec du mastic, que le mercure qu'on introduira avec un entonnoir par *I* coule librement vers *F* & vers *E*, & puisse passer selon qu'il sera nécessaire ou par le tube *FMNO* ou par le tube *EP*. On observera de bien couvrir de mastic tout le petit morceau de bois, parce que sans cela le mercure pourroit passer à travers ses pores.

Fig. 4.



Cette petite machine ainsi préparée, on l'appliquera contre une muraille, faisant porter la boule *M* sur deux clous, & liant librement le tube (Fig. 4.) *IL* un peu au-dessous de son extrémité *I*, avec une petite ficelle à un autre clou mis dans le mur pareillement. On appliquera aussi avec du mastic en *O* l'extrémité *A* du Thermomètre, dans lequel on veut introduire du mercure, faisant porter sur quelque chose de solide le bas de ce Thermomètre, le tout ainsi qu'il est représenté dans cette Figure; après quoi l'on fermera avec du mastic l'extrémité *P*, puis avec un entonnoir on versera du mercure dans l'extrémité *I*, qui remplira peu-à-peu la boule *M*, & condensera à mesure l'air de la boule *D*. Lorsque la boule *M* sera tout-à-fait pleine, que le mercure commencera à passer par la courbure *N*, qu'il descendra en *C*, on cessera de verser du mercure, & l'on ouvrira l'extrémité *P* en l'échauffant avec la flamme d'une chandelle poussée par un petit chalumeau, comme lorsqu'on veut sceller hermétiquement; alors on retirera par l'extrémité *P* le mercure de la boule *M*; & si le mercure dans le tube *AC* est environ 27 pouces au-dessus de *E*, (Fig. 1.) lorsque la chaleur de l'air est la même que celle du tempéré du huitième climat, & que le poids de l'atmosphère est égal à 28 pouces de mercure, il n'y aura qu'à détacher le tube du Thermomètre du tube *NO*, en échauffant le mastic de même que ci-devant: mais si le mercure n'étoit pas 27 pouces au-dessus de *E*, il faudra remastiquer l'ouverture *P*, & recommencer à verser du mercure par *I*, jusqu'à ce qu'on juge qu'il soit entré de l'air dans la boule *D* suffisamment pour soutenir le mercure dans le tube *AC*

27 pouces au-dessus de *E* ; ce que l'on connoîtra facilement par la hauteur à laquelle le mercure se soutiendra dans le tube *LI* : que si au contraire dès la première fois le mercure dans le tube *AC* se trouvoit beaucoup au-dessus desdits 27 pouces, ce seroit une marque que la capacité de la boule *M* seroit trop grande ; alors il faudroit ôter le verre de Thermomètre de dessus la machine, & le vider pour recommencer de nouveau à le remplir, observant avant que de le remastiquer au tube *NO*, de mettre dans la boule *M* du mercure suffisamment pour en diminuer la capacité de la quantité à peu-près qu'on l'aura jugée trop grande. S'il se trouvoit des personnes qui eussent les muscles de la respiration assez forts pour en soufflant par *A* réduire l'air en *D* au même état de condensation que ces 27 pouces de mercure, ils n'auroient que faire de la machine *ILMNO*, & ils n'auroient après avoir introduit un peu de mercure dans la boule *D* avec un entonnoir, qu'à souffler fortement par l'ouverture *A*, jusqu'à ce que le mercure pût monter dans le tube *AC* 27 pouces au-dessus de *E* : mais peu de personnes, si tant est qu'il s'en trouve, peuvent être capables de cet effort, & le plus sûr est de se servir de la machine susdite.

Enfin pour achever la préparation du Thermomètre, on observera avec un Baromètre simple quel sera pour lors le poids de l'atmosphère, & quelle hauteur de mercure il soutiendra : on l'ôtera de 73 pouces, & on marquera avec de la couleur sur le tube *CA*, à commencer vis-à-vis de *E*, le nombre de pouces & de lignes qui resteront, la soustraction faite. On mettra ensuite tremper dans un chaudron plein d'eau froide la boule *D*, & mettant le tout sur un assez grand feu, tenant toujours le tube *AC* bien à plomb, on l'y laissera jusqu'à ce que l'eau bouille très-fort ; à mesure que l'eau s'échauffera, on verra monter le mercure, en sorte que quand l'eau sera prête à bouillir, il commencera à dégorger par l'ouverture *A*, si le poids de l'atmosphère n'excède pour lors celui de 28 pouces de mercure, & quand elle sera tout-à-fait bouillante, & qu'il ne sortira plus de mer-

Fig. 1.

éure, il faudra l'incliner tant soit peu à plusieurs reprises, afin d'en faire encore sortir, & de le réduire à la marque qu'on aura faite vers *A*; c'est-à-dire, à la hauteur nécessaire pour avec la pesanteur de l'atmosphère égaler une charge de 73 pouces de mercure. Alors ce Thermomètre sera achevé, il n'y aura qu'à le retirer peu-à-peu & non tout-à-coup de l'eau bouillante, de peur que le trop grand froid de l'air extérieur ne fasse casser le verre.

J'ai observé avec ces Thermomètres, que l'air que nous appellons ici tempéré, soutient environ 19 pouces de mercure moins que celui qui est poussé par un degré de chaleur égal à celui de l'eau bouillante. J'ai dit que nous appellons ici tempéré, parce qu'il n'est pas sûr qu'il soit le véritable, cette connoissance présupposant celle de l'extrême chaud & de l'extrême froid que nous ne connoissons pas encore : mais en attendant que nous ayons pû établir les correspondances nécessaires pour cela, ceux qui voudront en sçavoir davantage sur cette matière, pourront avec ces Thermomètres faire plusieurs expériences pour étendre & pousser plus loin leurs conjectures.

Observations.

Le 16 Juin 1702 j'exposai au Soleil à l'heure de midi un Thermomètre à esprit-de-vin de ceux qui mis au-dehors à l'air libre, sans toutefois être au Soleil, parcoururent une étendue d'environ 33 pouces du plus grand froid au plus grand chaud qu'on expérimente à Paris. J'exposai en même-tems auprès du premier le nouveau Thermomètre dont je viens de donner la description, & j'observai que le degré de chaleur du Soleil soutenoit 13 pouces 2 lignes $\frac{1}{3}$ de mercure moins que celui de l'eau bouillante, & 5 pouces 9 lignes $\frac{2}{3}$ plus que celui de l'air tempéré de notre climat. Pendant l'observation il régnoit un petit vent Nord-Est qui faisoit tantôt descendre & tantôt remonter le mercure dans l'étendue d'un $\frac{1}{2}$ pouce, pendant quoi l'esprit-de-vin de l'autre Thermomètre montoit toujours d'un mouve-

ment assez égal, enforte qu'étant parvenu tout au haut du verre, je fus obligé d'ôter ce Thermomètre du Soleil, crainte qu'il ne cassât; le poids de l'atmosphère égaloit pour lors celui de 28 pouces de mercure ou environ. J'ai mis une autre fois ce nouveau Thermomètre dans de l'eau où il y avoit une assez grande quantité de glace, & le mercure n'y baissa que de deux pouces au-dessous du tempéré, c'est-à-dire 21 pouces au-dessous du degré de chaleur de l'eau bouillante, d'où nous devons vrai-semblablement conjecturer qu'il reste encore dans la glace un degré de chaleur fort considérable; ce que l'on connoitra aisément si on considère qu'après les premières gelées les Thermomètres ordinaires baissent encore considérablement.

Lorsque le mercure monté dans le tuyau *BA*, la capacité que l'air occupe dans la boule *D* est plus grande, prise à la rigueur, que lorsque le mercure descend de ce tuyau, ce qui ne devrait pas être pour qu'absolument parlant les différentes grosseurs des boules n'empêchassent point le mouvement du mercure dans ces Thermomètres d'être exactement égal dans tous. C'est pourquoi dans les expériences qui suivent, qui ont été faites avec des boules de moindre grosseur que celle qu'on a ci-devant déterminée, & avec des tuyaux d'assez grosse ouverture, & qui n'avoient aucune proportion à leurs boules, on ne doit point être surpris si le mouvement du mercure n'est pas précisément tel qu'il vient d'être dit; car ç'a été les inégalités de ces mêmes expériences qui ont fait connoître la nécessité de déterminer plus exactement la proportion des tubes aux boules. On ne doit pas s'attendre cependant que les différences qui proviennent des différentes grosseurs des boules soient fort considérables, & encore moins que ces différences suivent celles de ces boules, puisque supposant deux boules de Thermomètre, l'une de 3 pouces & l'autre de 2 pouces de diamètre, & que la boule de 3 pouces soit appliquée à un tube d'une ouverture de moitié moindre que celle du tube appliqué à la boule de deux pouces, si le mercure descend dans la première 19 pouces au-dessous

de l'endroit où l'eau bouillante l'avoit fait monter, il descendra dans la seconde pour le moins de 18 pouces, au lieu que selon la proportion des boules & des tubes, il n'auroit pas dû descendre seulement 3 pouces dans ce dernier.

Expériences du Samedi 1. Juillet 1702.

On enferma dans deux verres de nouveaux Thermomètres deux masses inégales d'air, l'une environ double de l'autre, chargées chacune par 14 pouces 4 lignes de mercure, & en outre par le poids de l'atmosphère qu'on trouva de 27 pouces 6 lignes $\frac{1}{2}$, ce qui faisoit en tout 41 pouces 10 lignes $\frac{1}{2}$, dont le tiers 13 pouces 11 lignes $\frac{1}{2}$ étoit la hauteur où l'on estimoit que le mercure dût monter, lorsque l'air des deux verres seroit échauffé par la chaleur de l'eau bouillante. Ces mesures furent ainsi réglées, ces verres trempans dans l'eau froide telle qu'elle étoit pour lors; car par plusieurs expériences faites depuis, on a reconnu que les liquides suivent la même température que l'air dans lequel ils sont. On mit ensuite le tout sur le feu, que l'on poussa jusqu'à faire bouillir l'eau très-fort pendant un tems assez considérable, & l'on remarqua que lorsque le mercure fut monté dans le verre dont la boule étoit la plus grosse, à 13 pouces 1 ligne, & seulement à 12 pouces 3 lignes dans l'autre, le mercure cessa entièrement de monter dans tous les deux; ainsi le mercure monta dans le premier 10 lignes $\frac{1}{2}$ moins qu'on ne s'attendoit, & dans le dernier 20 lignes $\frac{1}{2}$. Comme ces expériences furent faites à la hâte & sans préparation, la compagnie n'ayant d'abord témoigné que de souhaiter voir charger ces nouveaux Thermomètres de mercure, on manqua à plusieurs circonstances qui causerent ces différences.

Premièrement, on n'observa point si l'état de l'eau froide dans laquelle on plongea les verres pour les régler étoit celui que nous appellons ici tempéré; car les expériences qui ont servi de fondement à déterminer cette augmentation du ressort de l'air environ au tiers de sa charge, ont été

faites dans cette circonstance , étant vrai-semblable que cette augmentation est plus du tiers , lorsque l'état de l'air enfermé dans les boules est plus froid que le tempéré , & moins que le tiers lorsqu'il est plus chaud.

On n'avoit point pris non - plus la précaution de faire que les tubes des verres fussent d'une grosseur proportionnée à la capacité de leurs boules , parce qu'on croyoit ces tubes assez menus pour ne pas causer des augmentations considérables aux volumes d'air enfermés dans ces boules.

Expériences du Mercredi 5. Juillet 1702.

On remit dans l'eau froide , cependant plus chaude que le tempéré , les deux verres de l'expérience précédente ; on y ajouta un Thermomètre à esprit-de-vin , & un à air à la nouvelle maniere , afin de connoître par leur moyen l'état de cette eau froide , & faire la correction nécessaire à la hauteur du mercure contenu dans les deux premiers verres , & on trouva ,

1°. Que l'état de l'eau faisoit tenir le Thermomètre à esprit-de-vin à 60 degrés ; c'est-à-dire , 10 degrés au-dessus du tempéré ou de l'état de l'air dans les lieux fort profonds , comme sont , par exemple , les caves de l'Observatoire.

2°. Que le Thermomètre à air soutenoit 15 lignes de mercure plus que le tempéré , c'est-à-dire , que la surface du mercure dans le tube étoit 27 pouces 3 lignes au-dessus de la surface du mercure dans la boule.

3°. Que la surface du mercure dans les deux tubes des verres de l'expérience précédente étoit 14 pouces 8 lignes au-dessus de la surface de celui de leurs boules.

Enfin on remarqua sur le Baromètre que le poids de l'atmosphère étoit pour lors égal à 27 pouces 5 lignes de mercure , de sorte qu'on ajouta à ce poids de 27 pouces 5 lignes , celui de 14 pouces 8 lignes , ce qui faisoit 42 pouces 1 ligne , dont le tiers 14 pouces un tiers de ligne étoit la quantité dont le mercure seroit monté dans ces tubes

au-dessus de 14 pouces 8 lignes, si l'état de l'eau froide dans laquelle ces boules trempoient eût été celui du tempéré : mais comme il étoit plus chaud, on ôta un pouce de ces 14 pouces un tiers de ligne pour la quantité dont le mercure étoit dans ces verres plus haut qu'il n'y auroit été, si l'eau dans laquelle ils trempoient eût été dans l'état du tempéré : sur quoi il est à remarquer, que quoique le mercure du Thermomètre à air fût quinze lignes plus haut que le tempéré, on n'ôta cependant que 12 lignes de la hauteur du mercure des verres, à cause que l'air de leurs boules n'étoit pas si chargé que celui de la boule du Thermomètre, il n'avoit pas dû augmenter son ressort aussi considérablement : si bien qu'on détermina que le mercure dans les deux verres d'expériences devoit encore monter seulement 13 pouces un tiers de ligne par la chaleur de l'eau bouillante.

Comme il ne s'agissoit pas seulement de sçavoir par expérience, si des masses inégales d'air chargées également, augmentoient également la force de leur ressort par un même degré de chaleur ; mais encore de connoître si cette augmentation étoit d'autant plus grande que ces masses étoient d'autant plus chargées, & si elle étoit toujours environ le tiers des charges de l'air dans l'état du tempéré :

Pour s'en assurer par la même expérience, on détermina aussi à quelle hauteur devoit monter le mercure dans le Thermomètre à air par la chaleur de l'eau bouillante ; & comme la hauteur où il se trouvoit pour lors dans l'eau froide étoit de 27 pouces 3 lignes, qui joints à 27 pouces 5 lignes, poids de l'atmosphère au tems de l'expérience, faisoient en tout 54 pouces 8 lignes, dont le tiers 18 pouces 2 lignes $\frac{2}{3}$ étoit la quantité dont il auroit dû monter par la chaleur de l'eau bouillante : mais comme l'eau froide, cependant plus chaude que le tempéré dans laquelle il trempoit, le soutenoit 15 lignes au-dessus du tempéré, on détermina que le mercure ne devoit encore monter que seulement de 16 pouces 11 lignes $\frac{2}{3}$ par la chaleur de l'eau bouillante.

Après avoir ainsi déterminé sur ces trois verres la hauteur

teur à laquelle le mercure devoit monter, ſçavoir dans les deux premiers à 13 pouces un tiers de ligne, & dans ce dernier à 16 pouces 11 lignes $\frac{2}{3}$; on mit le tout ſur le feu que l'on pouſſa comme dans l'expérience précédente, c'eſt-à-dire, juſqu'à ce que l'eau fût tout-à-fait bouillante, & le mercure monta à la hauteur qu'il devoit dans celui des deux premiers verres dont la boule étoit la plus groſſe, & où la différence n'avoit été que de 10 lignes $\frac{1}{2}$ dans l'expérience précédente: mais dans le deuxième il ſ'en fallut environ ſix lignes, & dans le Thermomètre ou le troiſième verre, il ſ'en fallut 2 lignes $\frac{2}{3}$, ce qui ſans doute provenoit de ce que la groſſeur des tubes de ces trois verres étoit conſidérablement diſproportionnée à la groſſeur de leurs boules, & de ce que les volumes d'air ne reſtent pas conſtamment les mêmes, mais qu'ils ſ'altèrent d'autant plus que le mercure des boules eſt pouſſé dans les tubes, comme il a été dit ci-devant; car quoiqu'il ſoit vrai par toutes ces expériences que l'air ne ſe dilate pas à proportion de ſa maſſe, comme fait l'eſprit-de-vin & toutes les autres liqueurs, & qu'ainſi il ne paroît pas néceſſaire que les boules & leurs tubes ſoient proportionnés l'un à l'autre; comme il faut cependant que pour acquérir des degrés de reſſort égaux, les volumes d'air reſtent les mêmes, ou du moins qu'ils augmentent proportionnellement de ce qu'ils étoient avant que la chaleur eût agi deſſus, & que d'ailleurs il n'eſt pas poſſible, quelque étroits que ſoient les tubes, que le mercure qui eſt pouſſé dedans n'altère quelque peu ces volumes; il eſt néceſſaire pour obtenir une parfaite uniformité dans le mouvement du mercure de ces Thermomètres, que les tubes en ſoient à peu près proportionnés à leurs boules; je dis à peu près, car le peu de précision n'eſt ici d'aucune conſéquence.

Expériences du Samedi 8 Juillet 1702.

On chargea de mercure un verre de nouveau Thermomètre en la manière & avec la machine décrite au Mé-

moire lû en l'Assemblée du Mercredi 28 Juin dernier, & relu une seconde fois dans les Assemblées suivantes, à mesure qu'on vérifia les expériences qui y sont rapportées.

On mit ensuite ce verre dans l'eau sur le feu, que l'on poussa à l'ordinaire jusqu'à ce qu'elle fût tout-à-fait bouillante. En cet état on acheva de réduire la hauteur du mercure, qui étoit monté plus haut que les 45 pouces au-dessus de celui de la boule, précisément à ces 45 pouces, ainsi qu'il est dit au susdit Mémoire, excepté qu'on n'eut point égard au poids de l'atmosphère, qui étoit pour lors de 27 pouces 4 lignes, c'est-à-dire, 8 lignes plus léger qu'il n'auroit dû être, & qu'il auroit fallu par conséquent qu'il y eût eu 45 pouces 8 lignes d'une surface à l'autre pour faire que la charge totale eût été de 73 pouces.

J'ai dit ci-devant que l'air que nous appellons ici temperé soustenoit 19 pouces de mercure moins que la chaleur de l'eau bouillante. J'avois fait porter le jour précédent celui de ces expériences deux de ces nouveaux Thermomètres dans les caves de l'Observatoire, l'un y baissa de 18 pouces 10 à 11 lignes, l'autre seulement de 18 pouces 6 à 7 lignes : De toutes ces expériences il résulte donc,

1°. Que lorsque la grosseur des tubes n'est point proportionnée à la capacité des boules, des masses inégales d'air augmentent à peu près également la force de leur ressort par un même degré de chaleur.

2°. Que plus ces masses d'air sont chargées, & plus elles augmentent la force de leur ressort par le même degré de chaleur.

3°. Qu'il y a apparence que cette augmentation seroit environ le tiers des charges au tems du temperé, si ces masses n'augmentoient pas leurs volumes en poussant dans les tubes une partie du mercure contenu dans les boules.

4°. Et qu'enfin il y a aussi apparence que les effets seroient uniformes dans tous ces verres de quelques grosseurs que soient les boules, si les capacités de ces boules étoient proportionnées à la grosseur de leurs tubes, comme en effet je l'ai expérimenté, & qu'il est rapporté dans

les Mémoires du 20 Juin 1699, p. 113 ; sur quoi il n'est pas hors de propos de dire qu'ayant rompu les deux verres qui ont servi aux expériences du Mercredi 5 Juillet dernier, dans lesquels le mercure devoit monter 13 pouces un tiers de ligne par la chaleur de l'eau bouillante, & où cependant il ne monta à cette hauteur que dans le premier des deux verres, & seulement qu'à 12 pouces 6 lignes $\frac{1}{3}$ dans le second ; & qu'ayant exactement mesuré avec du mercure la capacité tant des tubes que des boules, je trouvai que sur la longueur de 31 pouces la capacité du premier tube étoit $\frac{1}{67}$ partie de la capacité de sa boule, & que la capacité du tube où le mercure n'étoit monté qu'à 12 pouces 6 lignes $\frac{1}{3}$ étoit $\frac{1}{39}$ partie de la capacité de la sienne ; où l'on voit que quoi que ce dernier tube fût d'une grosseur presque double de ce qu'il devoit être, la différence ne fut cependant que de 6 lignes, c'est-à-dire, d'environ $\frac{1}{28}$ partie de la hauteur où le mercure monta, au lieu qu'elle auroit dû être près de la moitié, c'est-à-dire d'environ 6 pouces, si le mouvement du mercure dans ces deux verres s'étoit fait suivant la proportion des tubes aux boules, ainsi qu'il seroit arrivé si elles avoient été pleines d'esprit-de-vin ou de quelque autre liquide, autre que l'air. L'on voit encore par cette expérience que plus la capacité des tubes est petite en comparaison de celles des boules, & plus l'augmentation du ressort de l'air par la chaleur de l'eau bouillante au-dessus de ce qu'il en a dans l'état temperé, approche plus véritablement du tiers de la charge que cet air supporte : mais comme ces tubes étoient déjà d'une petitesse qu'il n'est point à propos de diminuer, il vaut mieux augmenter la grosseur des boules, & les faire jusqu'à trois & quatre pouces de diamètre.

Comme pour rendre raison de ces propriétés de l'air j'ai ci-devant supposé la regle de M. Mariotte touchant l'équilibre de l'air par son ressort, il est bon de la rapporter ici pour une plus grande intelligence, & pour qu'on puisse plus facilement voir de quelle manière on peut s'en servir à les expliquer, & afin aussi qu'il ne paroisse pas que je donne tout à l'expérience, n'ayant que peu ou point d'égard au raisonnement.

*Règle de M. Mariotte pour l'équilibre de l'Air
par son Ressort.*

Lorsque la hauteur du mercure dont on prétend surcharger une masse d'air pressée d'abord seulement par le poids de l'atmosphère, qu'il suppose ainsi que nous, égal à 28 pouces de mercure, est donnée, & qu'on veut trouver le volume où se réduira l'air par cette surcharge, M. Mariotte considère cette masse d'air comme renfermée dans la branche (Fig. 5.) *EC* du tube *ABC* d'égale grosseur en toute sa longueur, ouvert en *A*, recourbé quarrément en *D* & *E*, & fermé en *C*; la partie *B* est pleine de mercure jusqu'à la ligne ponctuée *DE*, la branche *DA* servant à contenir les surcharges qui servent à comprimer l'air en *EC*; après cela M. Mariotte fait l'analogie suivante: Comme la somme du poids de l'atmosphère & de la hauteur du mercure dont on prétend surcharger la masse d'air *EC* est à 28 pouces, poids de l'atmosphère, ainsi le volume d'air *EC* au volume où cette surcharge le réduit.

Maintenant pour faire application de cette règle à nos expériences, supposons trois cubes comme *ABC* dans lesquels les tubes *EC* soient entr'eux dans la proportion de 1, 2, 3, & conséquemment les masses d'air qu'ils renfermeront: supposons de plus la surcharge dont ces masses d'air doivent être pressées égales à 45 pouces en hauteur de mercure, il faudra 1^o, pour avoir le volume où se réduira l'air dans le premier verre, que comme 73 pouces, somme du poids de l'atmosphère 28 pouces & de la surcharge 45 pouces est à 28 pouces poids de l'atmosphère, ainsi 1 volume de l'air pressé seulement de l'atmosphère à $\frac{28}{73}$ volume de l'air surchargé de 45 pouces dans ce premier verre.

2^o. Pour avoir le volume où se réduira le mercure dans le second verre, il faudra que comme 73 pouces à 28, ainsi 2 à $\frac{56}{73}$ volume de l'air surchargé de 45 pouces dans le second verre.

3^o. Enfin pour avoir le volume où se réduira le mercure

dans le troisième verre, il faudra que comme 73 pouces à 28 pouces, ainsi 3 à $\frac{84}{73}$ volume de l'air surchargé de 45 pouces dans le troisième verre.

Or comme ces fractions $\frac{28}{73}$, $\frac{56}{73}$, $\frac{84}{73}$ sont entr'elles comme les nombres 1, 2, 3, ces masses inégales d'air en acquérant des forces de ressort égales, n'ont point changé la proportion qu'elles gardoient entr'elles, & par conséquent elles doivent, restant les mêmes, acquérir des forces égales de ressort, puisque la cause qui les produit est égale, comme est ici supposé le degré de chaleur.

D'ailleurs on ne peut guères avoir d'autre idée des parties du feu, sinon qu'elles sont en un mouvement continu & très-violent; & on ne peut non plus concevoir comment ces parties peuvent échauffer celles des corps les plus solides, qu'en supposant que par l'effort qu'elles font pour les pénétrer, elles leur communiquent une partie de leur mouvement.

Mais comme dans les expériences qui font voir que des masses inégales d'air acquèrent des forces de ressort égales par un même degré de chaleur, il est facile de juger par le calcul précédent, que toutes les parties d'air qui composent les trois différens volumes d'air, ne sont ni plus ni moins ferrées les unes que les autres, & que d'ailleurs les parties du feu qui les mettent en mouvement étant pareillement les mêmes, elles ne peuvent pas en communiquer plus aux unes qu'aux autres. Il est vrai de dire que des masses inégales d'air ne peuvent pas acquérir par un même degré de chaleur des forces de ressort inégales, mais au contraire elles doivent en acquérir d'égales, & c'est ce que l'expérience confirme.

Quant à ce que ces mêmes masses acquèrent des forces de ressort d'autant plus grandes par un même degré de chaleur que ces masses sont plus chargées, il est aisé de concevoir que plus des masses d'air sont chargées, & plus elles contiennent de parties d'air dans un même espace, & que par conséquent les parties du feu ne sçauroient s'insinuer entre ces parties d'air avec la violence que nous sçavons

qu'elles emploient à écarter les parties les plus inébranlables des corps les plus solides, sans écarter ces parties d'air les unes des autres; d'où il suit nécessairement que plus il y a de parties d'air dans un même espace, & plus l'augmentation du volume où la chaleur le réduit doit être grande: mais comme d'ailleurs la cause qui augmenteroit le volume d'un corps qui fait ressort tel qu'est l'air, s'il avoit la liberté de s'étendre, augmenteroit pareillement la force de son ressort, s'il n'avoit pas cette liberté; il suit nécessairement que plus des masses d'air sont chargées, & plus un même degré de chaleur leur doit faire acquérir une plus grande force de ressort, & c'est ce qui véritablement arrive.

Pour ce qui est de ce que l'expérience fait connoître que la force de ressort que l'air acquiert, lorsqu'il est échauffé par la chaleur de l'eau bouillante, est le tiers environ de celle qu'il a au tems du tempéré; nous ne connoissons pas à la vérité encore bien si cela arrive par une suite nécessaire de quelques principes, ou si c'est un pur effet du hazard: en attendant, tout ce que nous pouvons faire là-dessus, c'est de nous assurer par une longue suite d'expériences de la vérité du fait.

SECONDES REMARQUES

Sur les Lignes Géométriques.

PAR M. ROLLE.

1702. **J**E me propose ici d'expliquer par des exemples la méthode dont je me sers pour la résolution des égalités indéterminées, & d'en faire l'application à la Géométrie, suivant ce que j'en ai dit dans un autre Mémoire que je lus à l'Assemblée du 10 Décembre dernier.

1°. Soit pour premier exemple l'égalité que l'on voit ici en *A*, & qu'ayant multiplié tous les termes de son incon-