

la terre; et cette loi représente les observations des marées avec une telle exactitude, qu'on aurait pu remonter, par ces observations seules, à la loi de l'attraction réciproque au carré des distances.

E X T R A I T

*D'un Rapport fait par M. BIOT, sur un
Mémoire de MM. DULONG et PETIT, relatif
aux lois de la dilatation des solides, des
liquides et des fluides élastiques à de hautes
températures.*

L'ESPRIT d'exactitude qui s'est introduit depuis quelques années dans toutes les expériences de chimie et de physique, a fait rechercher, avec un soin extrême, tout ce qui pouvait servir à la perfection du thermomètre; on a constaté de nouveau la fixité des termes extrêmes de l'échelle thermométrique; on a donné les procédés les plus propres pour les déterminer, et comme l'un d'eux est influencé par la pression de l'atmosphère, on a trouvé le moyen de l'en rendre indépendant par le calcul; on a senti la nécessité de diviser cet intervalle fondamental en parties de capacités égales, et l'on a donné des moyens très-sûrs pour y parvenir, malgré les irrégularités inévitables dans le diamètre intérieur des tubes de verre; enfin l'on a reconnu et assigné toutes les précautions nécessaires pour employer l'instrument d'une manière comparable. Un thermomètre construit et employé selon ces principes, devient donc un indicateur très-exact des températures qui l'affectent,

quelle que soit la nature du liquide qui le compose, pourvu toutefois que les degrés divers de chaleur auxquels on l'expose n'en changent pas la constitution. Ainsi, sous ce rapport, il est absolument indifférent d'employer des thermomètres d'eau, d'alcool ou de mercure. S'ils sont construits avec exactitude, les températures seront également bien définies par chacun d'eux ; mais dans les usages ordinaires, on emploie communément le thermomètre à mercure, et cette préférence est fondée, car le mercure obtenu par la distillation est toujours identique avec lui-même, il ne se laisse point décomposer par la chaleur, sa dilatation absolue est fort sensible, et elle est constamment croissante depuis la température où il se gèle jusqu'à celle où il se vaporise, propriété que tous les autres fluides, l'eau, par exemple, ne possèdent pas. C'est pourquoi l'on est dans l'usage de rapporter les dilatations de tous les corps aux indications du thermomètre à mercure, c'est-à-dire, que l'on compare ces dilatations à celles du mercure dans le verre, et qu'on les exprime en fonctions de celles-ci. On a trouvé de cette manière que, depuis les degrés les plus voisins de la congélation du mercure jusque vers celui de l'ébullition de l'eau, les dilatations des gaz, des vapeurs, du verre, des métaux, et en général des corps solides, sont, sans aucune différence sensible, proportionnelles à la dilatation apparente du mercure dans le verre, et par conséquent à sa dilatation absolue. Mais on a trouvé aussi que, pour tous les liquides qui bouillent à des températures beaucoup moins élevées que le mercure, les dilatations, comparées à celles du mercure,

mercure, deviennent croissantes à mesure que ces liquides approchent du terme de leur ébullition ; d'où il est naturel de conclure, par analogie, que les dilatations du mercure lui-même paraîtraient constamment croissantes dans les températures élevées, si on les comparait à celles d'un autre liquide, dont les points de congélation et d'ébullition fussent beaucoup plus éloignés ; ou, ce qui serait mieux encore, si l'on comparait cette dilatation à celle d'un gaz sec, tel que l'air, qui, ne changeant pas de constitution dans les plus grandes différences de températures que nous puissions produire, semble devoir par cela même offrir un terme de comparaison plus uniforme que tous les autres corps.

Cette recherche est, comme on voit, différente de la détermination des températures. Celle-ci est parfaitement résolue par les divers procédés thermométriques et pyrométriques, pourvu qu'on ait soin de lier leurs indications par l'expérience, de manière à en former une série continue ; mais la comparaison de toutes les dilatations à celles d'une substance dont la constitution pourrait être regardée comme invariable serait aussi une chose très-utile ; car si l'on s'était assuré par l'expérience que les accroissemens de volume d'une telle substance fussent, comme cela est très-probable, sensiblement proportionnels aux accroissemens de chaleur qu'on y introduirait, on saurait par cela même comment la chaleur se dissimule dans les autres substances à des températures diverses ; on pourrait mesurer les quantités réelles de chaleur que les corps émettent ou

absorbent à diverses températures ; on pourrait graduer les accroissemens de leur volume, de manière qu'ils répondissent à des accroissemens égaux de chaleur.

C'est ce travail, important pour la chimie et la physique, que MM. Petit et Dulong ont entrepris ; la partie de leurs recherches, qu'ils ont soumise à l'Institut, se rapporte à la première division que nous avons établie, et qui se présente d'elle-même dans cette recherche : c'est la mesure des dilatations du mercure et des corps solides comparée à celle de l'air à de hautes températures.

Les auteurs du Mémoire ont d'abord comparé la dilatation de l'air à celle du mercure dans le verre. L'appareil qu'ils ont employé pour cet objet est analogue à celui que M. Gay-Lussac a mis autrefois en usage pour le même but au-dessous du terme de l'ébullition de l'eau. Cet appareil est essentiellement composé d'une cuve métallique en forme de parallépipède, établie sur un fourneau de même grandeur. On verse dans ce vase un liquide qu'on chauffe à divers degrés. M. Gay-Lussac avait employé l'eau, MM. Petit et Dulong ont employé une huile fixe, pour pouvoir élever davantage la température. Un ou plusieurs thermomètres plongés verticalement dans le liquide, et dont les tiges sortent au-dessus du couvercle du vase, servent pour indiquer à peu près sa température, et montrent s'il est nécessaire d'augmenter ou de diminuer le feu ; mais il ne faut pas que le tube qui contient le gaz soit plongé dans l'eau de cette manière, car la température n'est pas la même dans les diverses couches

horizontales d'un liquide qu'on chauffe par son fond. Ainsi, pour pouvoir connaître exactement celle qui agit sur le gaz, il faut placer le tube qui le contient dans une situation horizontale ; alors sa température pourra être parfaitement indiquée par un excellent thermomètre à mercure placé vis-à-vis de lui dans la même couche, et disposé aussi horizontalement. Pour rendre l'égalité des températures encore plus certaine, MM. Petit et Dulong avaient introduit dans le liquide des tiges armées de volans qu'on faisait mouvoir, ce qui établissait entre toutes les couches une parfaite mixtion.

Dans les expériences de M. Gay-Lussac, le gaz dont on observait la dilatation était enfermé dans le tube qui le contenait, au moyen d'une petite goutte de mercure qui faisait l'effet d'un piston mobile, et l'on observait sur la graduation du tube le point où le gaz dilaté amenait successivement ce piston. Dans les expériences de MM. Petit et Dulong, le tube à gaz était entièrement ouvert, et avait son extrémité effilée à la lampe. Il se vidait d'air atmosphérique à mesure que la température du bain s'élevait. Quand on voulait arrêter l'expérience, on observait la température indiquée par le thermomètre horizontal, en tirant tant soit peu sa tige hors du bain ; puis on fermait hermétiquement au chalumeau l'extrémité effilée du tube de gaz, et l'on observait au même instant la pression barométrique. Il est clair que le volume d'air chauffé, contenu alors dans le tube, faisait équilibre à cette pression. Cela fait, on enlevait le tube, on le portait dans une

chambre voisine à la température ordinaire ; puis, lorsqu'il s'était refroidi, on cassait son bec sous le mercure ; ce métal s'y élevait, forcé par la pression atmosphérique ; on observait la hauteur à laquelle il s'arrêtait ; on mesurait aussi la température : on avait donc ainsi la mesure de l'élasticité de l'air que la chaleur du bain n'avait pas expulsée. Alors, retournant ce tube sans permettre au mercure d'en sortir, on le pesait dans cet état ; on le pesait ensuite entièrement plein de mercure : on connaissait ainsi les volumes que l'air chaud et froid avaient successivement occupés. Comme on connaissait de plus les pressions, il était facile de ramener ces volumes à ce qu'ils auraient été sous des pressions égales, et de comparer la proportion de leur accroissement à la différence de température que le thermomètre à mercure avait indiquée.

MM. Petit et Dulong ont fait une série d'expériences de cette manière ; ils en ont fait une seconde en ne scellant pas le bec du tube à gaz, mais le plongeant à une température assignée dans un bain de mercure sec que l'on présentait au-dessous de lui. On laissait refroidir lentement tout l'appareil ; alors on observait la hauteur de la colonne du mercure élevée dans le petit tube, on mesurait la pression atmosphérique, et le calcul s'achevait comme précédemment.

Ces deux méthodes se sont accordées pour montrer que la dilatation du mercure dans le verre est croissante comparativement à celle de l'air, comme les expériences faites sur les autres liquides devaient le faire présuiner. La

différence est insensible jusqu'à 100 degrés, résultat que M. Gay-Lussac avait déjà constaté, et qui importe pour le calcul des réfractions astronomiques. Au-dessus de ce terme, le thermomètre à mercure s'élève plus que le thermomètre d'air ; et lorsque le premier marque 300 degrés, le second en marque $8\frac{2}{3}$ de moins.

Quoique ce résultat ne donne que la dilatation apparente du mercure dans le verre, cependant on peut en étendre la conclusion générale à la dilatation absolue de ce liquide ; car, selon toutes les analogies, la variabilité de dilatation d'un corps solide tel que le verre, doit, si elle est sensible, être moindre que celle d'un liquide tel que le mercure ; mais quant à la quantité absolue dont la dilatation du mercure précède celle de l'air, il faut, pour la déduire de ce qui précède, connaître celle du verre ou de tout autre métal dont le mercure peut être enveloppé.

C'est encore ce que MM. Petit et Dulong ont cherché à faire ; et comme ils ne doutaient point que la dilatation du verre et des métaux, comparée à l'air, ne fût uniforme ou presque uniforme dans les limites de température que le thermomètre à mercure peut atteindre, ils ont d'abord cherché seulement à mesurer les différences de dilatations des corps solides entre eux, ce qui, comme on sait, est toujours dans ce genre d'expériences la détermination la plus facile. Le procédé qu'ils ont employé est celui que Borda a imaginé pour apprécier les températures des règles de métal destinées à la mesure des bases dans l'opération de la méridienne de France. Ce sont deux règles de diffé-

rentes natures, posées l'une sur l'autre dans toutes leurs longueurs. Elles sont fixement attachées ensemble par l'une de leurs extrémités. A l'autre extrémité il y a sur l'une des règles une division de parties égales, sur l'autre un vernier dont on lit le mouvement avec un microscope. La quantité dont ce vernier marche entre deux températures fixes est évidemment égale à la différence de dilatation des deux barres. En portant sur ce nivellement un appareil de ce genre à diverses températures de plus en plus élevées, jusqu'à 300 degrés du thermomètre à mercure, MM. Petit et Dulong sont parvenus à cette conséquence inattendue, que, dans les hautes températures, la dilatation des métaux suit une marche plus rapide que celle du thermomètre à mercure, et à *fortiori* plus rapide que celle de l'air: de sorte que quand un thermomètre d'air marquerait 300 degrés sur son échelle, le thermomètre à mercure en marquerait 310, et le thermomètre métallique 320.

Il était sans doute impossible de prévoir ce résultat, et l'on était loin de s'y attendre. Toutefois il n'est pas contraire aux analogies; car il ne veut pas dire que la dilatation des métaux comparés à l'air croît plus rapidement que la dilatation absolue du mercure; ce qui serait en effet très-invraisemblable, mais plus rapidement que la dilatation apparente du mercure dans le verre, laquelle est l'excès de la dilatation propre de ce liquide sur celle de l'enveloppe qui le contient. Or, puisque l'observation du thermomètre métallique donne aux métaux une dilatation croissante par rapport à

l'air, il est probable, il est même certain, par les expériences de MM. Petit et Dulong, que le verre participe aussi à cette propriété. Alors, l'accroissement progressif de son volume doit faire paraître celui du mercure moins sensible, et peut le balancer assez pour rendre sa marche plus lente que celle des métaux considérés isolément. C'est aussi ce que les auteurs du Mémoire ont eu soin de remarquer.

Or, si ces idées étaient exactes, la dilatation du mercure dans les métaux, dans le fer, par exemple, devait paraître croissante, ce liquide se dilatant plus que le métal. C'est aussi ce que les auteurs du Mémoire ont vérifié, en pesant les volumes de mercure qui pouvaient être contenus dans un vase de fer à diverses températures de plus en plus hautes. Entre 0 et 100° ils ont trouvé la dilatation absolue du mercure corrigée de celle du fer, exactement telle que l'avaient assignée MM. Lavoisier et Laplace, par des expériences analogues faites dans un matras de verre; mais à des températures supérieures, le mercure s'est dilaté suivant une marche beaucoup plus rapide, car il est sorti du vase de fer en quantité beaucoup plus considérable qu'on ne l'aurait dû obtenir si le fer et le verre eussent conservé des dilatabilités proportionnelles.

On voit donc qu'en supposant les faits bien observés et les réductions numériques faites avec exactitude, on ne peut douter que le mercure, le verre et les métaux les plus fusibles n'aient des marches croissantes par rapport au thermomètre d'air, quand on les expose à des températures plus élevées que le

degré de l'ébullition de l'eau ; et, ce qu'on aurait été loin de croire , que les différences sont déjà très-sensibles au-dessous de 300°. C'est un résultat important que l'on doit aux auteurs du Mémoire. Ne pouvant donc plus regarder aucun de ces corps, si ce n'est peut-être l'air, comme ayant une marche uniforme pour des accroissemens égaux de chaleur, il devient nécessaire de mesurer la dilatation absolue de ce fluide à de hautes températures, et d'établir leurs rapports avec les quantités de chaleur qu'elles exercent, après quoi on connaît les dilata-tions de tous les autres corps en les comparant à lui. C'est alors, et seulement alors, que l'on pourra mesurer des quantités de chaleur par le thermomètre, soit d'air, soit de mercure, et que l'on pourra déterminer les vraies lois du refroidissement et de l'échauffement des corps à toutes les températures. C'est ce que les auteurs ont fort bien senti, et ils se préparent à continuer leurs expériences sous ce point de vue ; nous ajouterons qu'il importe de les y encourager, car ce genre de recherches devient aujourd'hui d'une nécessité indispensable pour l'avancement de nos connaissances dans la théorie de la chaleur.

INSTRUCTION

POUR

MM. LES INGÉNIEURS EN CHEF

DES MINES.

LE service de l'Administration des mines dans les départemens, est susceptible de plusieurs améliorations importantes. A présent que MM. les Ingénieurs, de tout grade, se trouvent plus également répartis, et qu'il existe moins de disproportion entre leur nombre et la masse des attributions qu'ils ont à remplir, leur zèle et leur activité n'éprouveront plus aucun obstacle. Je suis donc persuadé qu'ils feront tous leurs efforts pour seconder mes vues, et me mettre à même d'achever, le plus promptement possible, l'organisation du système administratif de la Direction générale des mines.

Ce but important se rattache à la restauration de l'administration générale du royaume, et rentre par conséquent dans les vues du roi pour la prospérité de la France ; en concourant à les remplir, les membres du corps des mines justifieront la haute protection que Sa Majesté a daigné leur promettre solennellement.

La formation des bureaux, dans chaque nouvel arrondissement, et dans chaque nouvelle station, est le premier objet que je recom-

Formation
des bu-
reaux.