

P H Y S I Q U E G É N É R A L E .

LES programmes de l'enseignement de l'école centrale des travaux publics, qui ont été publiés à l'ouverture de cette école, ont eu pour objet de présenter l'ensemble des connaissances qu'on devait d'abord parcourir rapidement pendant la durée des cours préliminaires. Aujourd'hui que cet objet est rempli, ils deviennent le bulletin même de ce qui s'est fait; ainsi il serait superflu d'entrer dans de grands détails à cet égard.

Il suffira de dire, pour ce qui regarde la physique générale, que, dans un aussi court intervalle, on a été obligé de se borner à en présenter aux élèves les principaux phénomènes: ce n'est, pour ainsi dire, que l'esquisse d'un grand tableau qu'on leur a montrée, mais où ils ont pu au moins remarquer, tantôt des pays qu'une heureuse culture fertilise, tantôt des terrains arides qui n'attendent qu'une main habile pour les mettre en valeur, par-tout enfin la nature aux prises avec le génie qui déchire sans cesse une portion du voile dont elle s'enveloppe.

Quoique ce cours ait été resserré en dix-huit leçons, cela n'a pas empêché que les grandes théories n'aient été développées, et particulièrement celle du calorique, qui a été présentée d'une manière entièrement neuve.

On en a sur-tout soigneusement écarté tous ces systèmes qu'enfanta le délire d'une imagination brillante, et qui ne sont appuyés sur aucune observation; ou si l'on a parlé de ces systèmes, ce n'a été que pour faire voir jusqu'où peut aller l'abus de l'esprit philosophique. En physique, il n'y a qu'une seule manière de philosopher; c'est de beaucoup observer, et de ramener à des faits généraux l'explication des faits particuliers.

On a encore eu soin, comme on le fera toujours par la suite, d'en bannir tout ce qui ne tient pas immédiatement à la science, et l'on s'est bien gardé d'offrir le spectacle de ces jeux dont on alimente la plupart des cours de physique, parce que c'est à de grandes idées, et non à des tours de charlatan, qu'il faut rattacher l'instruction des jeunes gens qui sont destinés à faire de grandes choses.

En général, on s'est moins occupé de leur mettre beaucoup de choses sous les yeux, que de leur bien faire voir le petit nombre de celles qu'on leur a présentées ; on s'est attaché sur-tout à les bien ordonner entr'elles, et à leur faire sentir leur mutuelle dépendance : car c'est en grande partie dans cette ordonnance que consiste tout l'art de l'enseignement, comme c'est dans la méditation des vérités acquises que consiste la meilleure manière de s'instruire.

Les arts, ces enfans du génie, qu'a si long-temps dégradés l'ignorance, qui sont venus en foule entourer le berceau de la liberté naissante, et à qui la liberté dans toute sa force, va rendre avec usure les bienfaits qu'elle en a reçus ; les arts, dis-je, pourraient-ils être oubliés dans un cours où l'on devait passer en revue tous les grands phénomènes de la nature, et où ces arts eux-mêmes apportaient sans cesse le tribut de leur industrie ?

Toutes les fois que l'occasion s'en est présentée, on n'a pas négligé d'entrer dans tous les détails relatifs à chacun d'eux, et sur-tout de les venger du mépris que versaient continuellement sur eux l'orgueil et l'ineptie.

On a fait exécuter en grand la machine que le citoyen *Coulomb* a imaginée pour mesurer les frottemens, afin que les élèves puissent continuer le travail intéressant qu'il a commencé sur cet objet.

On a profité du grand froid de cet hiver pour répéter devant eux la belle expérience de la congélation du mercure, dans laquelle on s'était proposé non-seulement de connaître exactement le degré de froid nécessaire pour opérer ce phénomène, mais encore de déterminer la quantité de calorique absorbée par le mercure en repassant à l'état liquide. Le premier objet paraissait avoir été déjà assez bien rempli à Londres par *Cavendish*, qui a fixé le degré de cette congélation à $-32^{\circ},5$; mais il restait à constater ce résultat à Paris, où l'expérience n'avait pas encore été tentée. On en trouvera le détail à la fin de ce bulletin ; mais on se propose de la répéter de nouveau dans l'amphithéâtre du cabinet de physique, et de la préciser davantage. On choisira pour cela le temps des plus grandes chaleurs, et il sera beau d'offrir le passage subit d'une température très-haute à un froid inconnu dans nos contrées, et de transporter, pour ainsi dire, au milieu de la zone torride, le climat des zones glaciales.

Quant à ce qui regarde le cours habituel de physique, qui n'a qu'une leçon par décade, l'ouverture s'en est faite par un précis de l'histoire de la science, dont on s'est contenté de parcourir rapidement les principales époques, et dont les détails viendront naturellement à mesure que les phénomènes se présenteront.

Ensuite on a offert le tableau général de toutes les sciences physiques, pour en faire connaître l'ensemble et pour montrer comme on peut les concevoir enchaînées entr'elles : mais on n'a pas oublié d'observer que toutes ces divisions, qui ne sont que factices, n'ont été imaginées que pour le soulagement de la mémoire ; que toutes les vérités se tiennent dans l'ordre physique ainsi que dans l'ordre moral, et qu'à proprement parler il n'y a qu'une science, celle de la nature.

Ce tableau a été accompagné de développemens et de notions préliminaires, dans lesquels on a établi tous les principes et précisé toutes les définitions, et où la métaphysique n'a eu d'accès que pour en montrer l'absurdité lorsqu'elle a voulu s'introduire dans la physique.

Les leçons suivantes ont dû naturellement commencer par les cinq propriétés générales des corps, c'est-à-dire, par celles dont ils jouissent tous de la même manière et sans exception, telles que l'étendue, l'impénétrabilité, la mobilité, l'inertie et la gravité.

La leçon de la deuxième décade a été employée à traiter de l'étendue, non pas dans ses rapports abstraits, qui sont l'objet de la géométrie, mais dans ses rapports matériels ; et, sous ce dernier point de vue, on a fait voir qu'aux yeux d'une saine philosophie, la matière est divisible à l'infini ; et qu'au témoignage de nos sens, elle l'est à un point qui passe les bornes de notre imagination.

Cette question de la divisibilité de la matière à l'infini, a long-temps agité les écoles, et l'on n'en a parlé que pour faire sentir que la physique serait encore dans l'enfance, si ceux qui en ont élevé l'édifice se fussent occupés de pareils objets.

La troisième leçon, c'est-à-dire, celle de la dernière décade, a été consacrée à faire voir tous les phénomènes qui tendent à prouver l'impénétrabilité des corps, et particulièrement celle des fluides élastiques qui, par la facilité avec laquelle ils permettent un libre passage aux autres

corps qui les traversent, semblent se soustraire à cette loi fondamentale de la nature, que tous les corps s'excluent mutuellement du même lieu.

On a fait voir que c'est de-là que les forces tirent leur origine, et que c'est dans cette loi seule qu'il faut chercher la cause de la communication du mouvement, et en général de tous les changemens qui s'opèrent dans la nature.

B A R R U E L.

EXPÉRIENCE DE LA CONGÉLATION DU MERCURE,

Faite à l'École centrale des Travaux publics, le 18 Nivôse, l'an 3 de la République,

Par les citoyens HASSENFRAZ, WELTER, BONJOUR et HACHETTE.

ON a d'abord préparé l'acide nitrique qui devait servir à l'opération; pour cela on a pris de l'acide dont la pesanteur spécifique était 1,526, et l'on y a mis une certaine quantité de neige, qui se trouvait à la température de l'atmosphère, et qui a produit de la chaleur. On a ajouté ensuite successivement de nouvelles doses de neige, jusqu'à ce qu'il n'y eût plus de chaleur produite; alors l'acide affaibli ne pesait plus spécifiquement que 1,420, et était à la température de l'atmosphère.

Après cette préparation on a fait un mélange de trois parties de neige et d'une de sel marin contenant son eau de cristallisation, la température de l'atmosphère étant -9° ; et l'on a obtenu un froid de -17° (thermomètre de Réaumur).

On a observé que cette température résultant du mélange, n'a pas changé pendant trois jours, quoique celle de l'atmosphère ait varié depuis 5° au-dessus de zéro jusqu'à 9° au-dessous. Ce mélange n'a pris la température de l'atmosphère que lorsque le sel a été entièrement fondu.

Ce deuxième mélange étant fait, on y a plongé deux petits seaux de verre, l'un rempli de neige, l'autre d'acide nitrique, préparé de la manière qui vient d'être indiquée; une demi-heure après, l'acide a pris la température du mélange, c'est-à-dire -17° ; mais la neige n'avait pas encore tout-à-fait atteint le même degré. Au moyen d'une main de fer-blanc, on a versé peu-à-peu de cette neige dans le seau qui contenait

l'acide nitrique, et on a remué le mélange dans lequel était plongé un thermomètre à alcool, qui a baissé graduellement, d'une manière sensible, pendant huit à dix minutes, et est descendu jusqu'à -31° : alors le mercure renfermé dans des boules de tubes de verre mince, plongées aussi dans le mélange précédent, a passé à l'état solide. Celui qui tenait le tube croit s'être aperçu de ce changement d'état par une petite secousse que sa main a éprouvée, et qui a pu être occasionnée par la retraite subite du mercure ; phénomène semblable à celui qu'on observe lorsque le phosphore se fige. On a de plus observé qu'une portion du métal était cristallisée.

On s'est ensuite assuré de la solidification du mercure, en le battant sur un tas avec un marteau, refroidis l'un et l'autre dans le second mélange, c'est-à-dire, à la température de -17° ; il s'est fortement aplati dans cette opération. Un des instituteurs a mis dans sa main ce métal ainsi aplati et encore solide, qu'il a tenu pendant un certain temps ; il en a éprouvé une sensation douloureuse et semblable à celle que produit une brûlure ; le mercure y a laissé une trace blanche qui a rougi ensuite ; cette trace était encore sensible plusieurs jours après l'expérience.

On a remarqué qu'à la température de -31° , l'addition de neige n'augmentait plus le froid, qu'au contraire elle le diminuait par une production de chaleur ; cet instant était facile à saisir, parce qu'alors la neige surnageait l'acide en forme de petits glaçons.

Après cette expérience, on a fait les deux suivantes :

1.^o On a pris un creuset de charbon, dans lequel on a versé huit onces de mercure qui était à la température $+8^{\circ}$, marquée par un thermomètre très-sensible qui était plongé dans ce fluide, et dont le mercure pesait (1) 66 décigrammes 88 centièmes. On a jeté ensuite dans ce bain 515 décigrammes 90 centièmes de mercure prêt à se geler, c'est-à-dire, dont la superficie de convexe devenait concave. Lorsque la température du mélange est devenue uniforme, le thermomètre s'est trouvé à zéro.

2.^o Dans un bain semblable au précédent, mais dont la température était -3° , on a pris une boule de mercure, congelé suivant le procédé

(1) Le décigramme vaut, comme l'on sait, 1 grain 88 centièmes et demi environ, en conformité de la loi du 18 germinal an III.

déjà décrit, et qui pesait également 515 décigrammes 90 centièmes. Lorsque la boule a été entièrement fondue, le thermomètre d'observation était à -20 degrés.

Dans ces deux expériences, le thermomètre a descendu avec une vitesse qui n'a pas permis de suivre sa marche; il est resté fixe un moment, c'est alors qu'on l'a observé; il est remonté ensuite graduellement.

La première de ces deux expériences avait pour objet de faire reconnaître de combien de degrés une masse connue de mercure, à la température qui convient à la congélation de ce métal, abaisserait la température d'une autre masse de mercure, dont le poids et la température seraient donnés. Dans cette masse était plongée la boule d'un thermomètre à mercure, qui servait à indiquer les températures.

On ajoutera à la masse de mercure, celle du métal contenu dans le thermomètre, et l'on fera abstraction du calorique renfermé dans le verre du thermomètre et dans les parois du vase. Cette abstraction altérera les résultats; mais on n'a aucun moyen de faire les corrections nécessaires. On observera seulement que le vase qui contenait le bain, était un charbon percé à dessein; et comme cette substance est peu conductrice, on peut regarder comme petite, l'altération qu'elle aura produite dans les résultats.

Le poids total du mercure, du bain et de la boule de mercure, était de 2512 décigrammes 61 centièmes $= A$. Celui de la masse refroidie au degré de la congélation du mercure, était de 515 décigrammes 90 centièmes $= B$.

Le mercure du bain était d'abord à 8 degrés au-dessus de la glace, et par l'immersion de la petite masse froide, le tout fut amené à zéro.

D'après cela, si le mercure était également dilatable à toutes les températures, c'est-à-dire, si la même quantité absolue de calorique opérerait la même dilatation dans la même masse, quelle que fût la température actuelle, en nommant $-n$ le degré de la congélation du mercure, on devrait avoir $8A = -Bn$; d'où l'on tirerait $n = -\frac{8A}{B} = -\frac{20100,88}{515,90}$

$= -39$ environ; c'est-à-dire, que le degré de température de la congélation du mercure serait -39° , tandis que la première des expériences précédentes ne donne que -31° pour cette température.

Il suit de-là que, dans les degrés voisins de la congélation, le mercure n'est pas aussi dilatable que dans les degrés plus élevés; et que ce liquide se comporte à-peu-près comme celui de l'eau, qui, près de la température de la glace, est peu dilatable, moins même que le verre, et dont la dilatabilité augmente peu à peu, et devient enfin très-grande dans les températures voisines de l'ébullition.

On a négligé le calorique fourni dans cette expérience par le verre du thermomètre et par les parois du vase. Il est évident que sans ce calorique, la température aurait été plus abaissée qu'elle ne l'a été; et qu'au lieu de s'arrêter à zéro, elle aurait descendu un peu au-dessous. Dans les calculs précédens on aurait eu, dans l'équation $n = -\frac{8A}{B}$, un coefficient

un peu plus grand que 8; ce qui aurait donné pour la température hypothétique de la congélation du mercure, un nombre plus bas que -39° ; mais aussi il faut remarquer que la différence dont il s'agit ici, ne peut pas être très-grande, et que c'est peut-être la porter trop loin, que de supposer $-39^{\circ},5$ pour cette température hypothétique.

Dans la seconde expérience, on avait pour objet de rechercher la quantité de calorique absorbée par le mercure, pour passer de l'état solide à l'état liquide. Pour cela, dans un bain tout-à-fait semblable à celui de l'expérience précédente, mais à la température de 3 degrés au-dessous de la glace, on a jeté une boule de mercure congelée du poids de 515 décigrammes 90 centièmes. Cette boule s'étant fondue, la température du mélange s'est fixée à 20 degrés au-dessous de la glace; ainsi le refroidissement du bain a été de 17 degrés.

Le refroidissement est la somme de deux effets: 1.^o de celui occasionné par la fusion du mercure, en liquide de même température; 2.^o de l'élévation de température de ce mercure rendu liquide, jusqu'à celle de -20° . Il faut, de ce résultat, séparer le second effet, afin de connaître le premier.

Pour cela, observons que le mercure, rendu liquide à la température de -31° , a été porté à la température de -20° ; ce qui indique une élévation de 11° . Or si, dans l'expérience précédente, une masse semblable, pour s'élever de -31° à zéro, a refroidi de 8 degrés la masse du même bain, on trouvera, par la proportion suivante (en regardant

le mercure comme ayant une dilatabilité constante), de combien la masse du bain a dû être refroidie par l'élévation de température de la boule de mercure rendue liquide.

$$31^{\circ} : 11^{\circ} : 8 : x = 2,84.$$

Ainsi le refroidissement occasionné par l'élévation de la boule rendue liquide, serait $2^{\circ},84$; retranchant ce nombre de 17° de refroidissement éprouvés par le bain, il reste $14^{\circ},16$ qu'il faut attribuer à la fusion seule du mercure. Enfin, pour trouver à quelle température le calorique absorbé par la fusion aurait porté la masse du mercure liquide, s'il n'avait été appliqué qu'à cette seule masse, nommant x le degré de cette température, on a l'équation suivante: $2512,61 \times 14,16 = 515,90 x$: ce qui donne $x = 68,96$.

On voit donc que, quand le mercure congelé se fond pour se convertir en mercure coulant de même température, il absorbe une quantité de calorique, qui, si elle était portée sur ce même mercure coulant, élèverait la température de $68^{\circ},96$, et la porterait à $37^{\circ},96$ au-dessus du terme de la glace.

Dans le raisonnement que l'on vient de faire, on a supposé que la dilatabilité du mercure était constante, tandis qu'il est certain qu'elle va en décroissant à mesure que le métal approche de la température de la congélation. Il nous faudrait une suite d'expériences pour reconnaître, d'une manière suffisante, la loi du décroissement de cette dilatabilité. A défaut d'expériences, nous pouvons au moins rechercher dans quel sens est l'erreur que nous avons dû commettre.

1.^o Les 11° d'élévation de température qu'a pris le mercure coulant, sont tout au bas de l'échelle du mercure liquide, et dans la partie où il est le moins dilatable; donc l'abaissement que cette élévation a dû occasionner dans la masse du bain à — 3° , a dû être plus grand que $2^{\circ},84$, ainsi que nous l'avons trouvé; donc la portion de cet abaissement, qu'il faut attribuer à la simple fusion de la masse congelée, ne doit pas être tout-à-fait aussi grande que $14^{\circ},16$. Il suit de-là, que si le calorique absorbé par le mercure congelé, pour devenir liquide, était porté sur cette masse liquide seule, il n'élèverait pas sa température de $68^{\circ},96$.

2.^o Cette quantité de calorique serait appliquée au mercure liquide,

dans la partie la plus basse de son échelle, et où il est le moins dilatable; donc elle le dilaterait moins que nous ne l'avons supposé. Il est vrai que, comme l'élévation qui en résulterait, serait d'environ $68^{\circ},96$, il y aurait à-peu-près moitié du calorique appliqué au mercure liquide, dans une partie de son échelle où il est plus dilatable que dans la première expérience; ce qui diminue l'erreur. Mais il ne doit pas y avoir compensation exacte, parce que la dilatabilité du mercure ne croît pas d'une manière uniforme; et il est probable que l'excès du calorique absorbé, pour faire parcourir au mercure la moitié inférieure des $68^{\circ},96$, sur la quantité moyenne, est plus grand que l'excès de cette quantité moyenne sur le calorique absorbé, pour parcourir l'autre moitié. Il y a donc deux raisons pour regarder le nombre $68^{\circ},96$ comme trop grand.

Or les expériences analogues faites sur l'eau, apprennent que la glace à zéro, en se fondant pour se convertir en eau liquide à zéro, absorbe autant de calorique qu'il en faudrait pour porter cette eau de zéro à 60° . Il se présente donc ici un résultat assez singulier, c'est que, jusqu'à ce qu'on ait fait des expériences plus nombreuses, on peut dire que la glace à zéro, et le mercure congelé, pour se convertir en liquides, absorbent le calorique qui serait nécessaire pour élever, d'environ 60° , les liquides correspondans, pris d'abord chacun à la température de sa propre congélation.

En prenant pour base du calcul précédent l'expérience de *Cavendish*, laquelle paraît aussi mériter quelque confiance, et qui fixe le degré de la congélation du mercure à — $32^{\circ},5$, on trouve que la quantité de calorique nécessaire pour fondre le mercure solide, élèverait de nouveau la température de ce même mercure coulant, à $67^{\circ},7$; résultat qui est encore plus favorable à la dernière conséquence que nous venons de tirer.

