

occuper, la proportionnalité existe très sensiblement, et l'on ne commet pas d'erreurs appréciables en l'appliquant.

204. **Chaleur spécifique.** — Les résultats que nous venons de signaler sont vrais également, avec la même approximation, pour des corps quelconques : pour un corps déterminé, il y a très sensiblement proportionnalité entre la quantité de chaleur fournie ou absorbée par le corps et la variation correspondante de température.

Mais l'expérience montre que pour des poids égaux de corps différents, il faut des quantités de chaleur différentes pour produire la même variation de température. C'est ce que montre l'exemple suivant :

On mélange 1 kilogramme d'eau à 0° et 1 kilogramme de mercure à 60° : lorsque l'équilibre est établi la température des deux corps est égale à 1°,93. L'eau a donc reçu 1,93 calorie et pour fournir cette quantité de chaleur, la température du mercure a dû s'abaisser de  $60 - 1,93 = 58,07$ . Donc pour 1° la masse de 1 kilogramme de mercure aurait fourni seulement  $\frac{1,93}{58,07} = 0,0333$  calorie. Cette quantité est ce qu'on appelle la *chaleur spécifique* du mercure. Une remarque analogue peut être faite pour tous les corps ; on a alors :

*La chaleur spécifique d'un corps est la quantité de chaleur (nombre de calories) qu'il faut fournir ou enlever à une masse de 1<sup>kg</sup> pour faire varier sa température de 1°.*

De ces diverses considérations, on déduit que si  $p$  est le poids d'un corps,  $t$  et  $t'$  les valeurs entre lesquelles varie sa température sous l'influence d'une quantité de chaleur  $q$ , et  $c$  sa chaleur spécifique, on a :

$$q = c(t - t'), \text{ si } t > t' \quad \text{ou} \quad q = c(t' - t), \text{ si } t' > t.$$

La notion de chaleur spécifique ne peut évidemment s'appliquer qu'aux corps homogènes ; c'est dire qu'elle a peu d'importance directement dans l'étude des êtres organisés.

## CHAPITRE II

### PROPAGATION DE LA CHALEUR. — CONDUCTION

205. **Modes de propagation de la chaleur.** — Considérons un corps porté à une température différente de celle de l'enceinte dans laquelle il se trouve, plus élevée par exemple. L'expérience montre que cette température s'abaisse plus ou moins rapidement, le corps se refroidit. Quelles sont les causes de ce refroidissement ? Ces causes sont au nombre de trois :

1° La *conduction* : le corps fournit aux corps avec lesquels il est en contact, notamment à son support, une certaine quantité de chaleur qui se propage dans ce corps en élevant successivement la température des divers points.

2° La *radiation* : le corps envoie, à travers les corps qui l'entourent, de la chaleur qui passe à travers ceux-ci sans les échauffer pour aller s'arrêter plus loin sur d'autres corps qui l'absorbent et dont la température s'élève.

3° La *convection* : le corps étant en contact avec un corps fluide, échauffe directement les couches du fluide qui le touchent, celles-ci deviennent plus légères (251), s'élèvent en emportant la chaleur qu'elles ont reçue pour être remplacées par d'autres couches pour lesquelles se produit le même effet.

Des considérations analogues, mais inverses, seraient à signaler si la température du corps était inférieure à celle de l'enceinte.

Les questions relatives à la convection et à la radiation seront étudiées ultérieurement et nous nous occuperons surtout ici de la conduction.

206. **Conduction.** — Lorsqu'on échauffe un point d'un corps, on reconnaît que la température des divers autres points s'élève progressivement : tel est, comme nous l'avons dit, le phénomène de la *conduction* ; la *conductibilité* est la propriété que possède ce corps de transmettre ainsi la chaleur.

Quand on considérait la chaleur comme un fluide, ce phénomène s'expliquait par un écoulement du fluide du point où la température est la plus élevée à ceux où elle est plus basse. Dans l'hypothèse que nous avons indiquée et admise, il n'y a rien de semblable : il y a aux divers points des molécules dont les vibrations ont plus ou moins d'amplitude. Celles pour lesquelles l'amplitude est la plus grande, dont la température est la plus élevée, communiquent une certaine quantité de force vive aux molécules voisines dont les vibrations prennent plus d'amplitude, dont la température s'élève ; le même effet se produit de proche en proche, jusqu'à ce que tous les points ayant la même température, si cela est possible, il n'y ait plus communication de mouvement d'une molécule aux molécules voisines.

Considérons, par exemple, une barre pour laquelle les résultats sont simples à énoncer. Supposons que, au début, tous ses points soient à une même température et qu'on vienne à en échauffer un, une de ses extrémités, par exemple, en maintenant sa température constante.

On observe que, plus ou moins rapidement, les températures des autres points s'élèvent de telle sorte que la température d'un point dépend de sa position et de l'instant de l'observation. Mais, à partir d'un certain moment, chaque point conserve une température invariable, celle-ci ne dépendant plus que de la position du point. La première phase de



ce phénomène constitue l'état *variable*, la seconde l'état *permanent*; ce dernier seul a été étudié complètement et doit être considéré dans la plupart des applications. Il était cependant intéressant de signaler le premier état, parce qu'on rencontre quelque chose d'analogue pour les courants électriques; mais dans ce cas, l'état variable n'a qu'une très courte durée, de telle sorte qu'il est très difficile de l'observer, tandis qu'il se prolonge assez longtemps dans le cas de la propagation de la chaleur pour qu'on ait le temps de l'étudier.

207. — Tous les corps ne se comportent pas de même au point de vue de la conduction de la chaleur. Occupons-nous d'abord des solides.

Si l'on prend diverses barres de mêmes dimensions placées à côté l'une de l'autre dans l'air et dont on amène une extrémité à une même température, on reconnaît, lorsqu'on l'état permanent est atteint, que les distances où une température déterminée est observée ne sont pas les mêmes pour les divers corps. C'est ce que montre l'appareil d'Ingenhousz (fig. 91) où

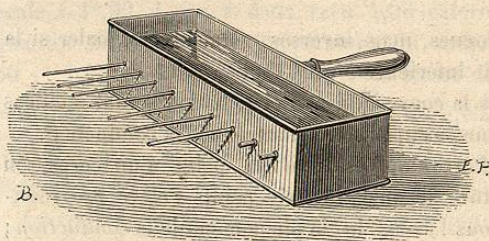


Fig. 91.

la température ainsi notée est celle de la fusion de la cire. On dit que le corps est d'autant meilleur conducteur que la cire a été fondue plus loin de l'extrémité chauffée.

On ne peut aisément concevoir une masse continue dont on échaufferait un point au centre. On doit penser que, si la masse est amorphe ou cristallisée dans le système cubique, les points qui ont une température déterminée doivent être tous à la même distance du point chaud. Le lieu des points qui sont à la même température est une *surface isotherme*; dans ce cas les surfaces isothermes sont sphériques. Si le corps est cristallisé dans un système autre que le système cubique, le mode de cristallisation dénotant une dissymétrie dans les propriétés moléculaires, on peut prévoir que les surfaces isothermes n'auront pas la même simplicité que dans le cas des corps amorphes, que ce ne seront pas des sphères; c'est ce qu'ont démontré diverses recherches, notamment celles de Sénarmont et celles de M. Jeannetaz.

208. — Il est un autre cas que l'on ne peut réaliser expérimentalement: c'est celui qui est désigné sous le nom de *mur indéfini*. Le corps considéré est limité par deux plans parallèles s'étendant dans la direction de ces plans à des distances très grandes par rapport à leur distance. Dans ce cas les surfaces isothermes sont des plans parallèles aux faces du mur et, d'après le calcul, la répartition des températures dans l'épaisseur du

mur est simple. Nous n'insisterons pas sur ce point et nous dirons seulement qu'il existe une relation entre la quantité de chaleur qui passe à travers une étendue déterminée du mur et la différence de température qui existe entre les deux faces: il y a en effet proportionnalité entre ces quantités.

On appelle *coefficient de conductibilité* d'un corps la quantité de chaleur qui passe en 1 seconde à travers une surface de  $1\text{m}^2$  d'un mur de 1 mètre d'épaisseur et dont les faces sont maintenues à des températures différant de  $1^\circ$ . Ce coefficient intervient dans tous les calculs relatifs à la conductibilité.

Il serait difficile d'en obtenir la valeur d'après des expériences réalisant les conditions que suppose le mur indéfini; mais on peut le déduire plus aisément de l'observation de ce qui se passe dans une barre de petite section dont les extrémités sont maintenues à des températures déterminées. La loi de répartition est moins simple: il faut tenir compte, non seulement de la chaleur qui se propage d'une extrémité à l'autre, mais aussi de celle que, sur toute sa longueur, la barre cède à l'air ambiant. La décroissance de température, rapide au début, se ralentit de plus en plus à mesure qu'on s'éloigne de l'extrémité chaude. Malgré la complexité de la loi de répartition qu'il est inutile de donner, les expériences sont plus faciles et permettent de faire avec précision des comparaisons de coefficients de conductibilité (Expériences de Despretz, de Frantz et Wiedemann).

La chaleur passe également par conduction d'un corps à un autre avec lequel il est en contact. On appelle *coefficient de conductibilité extérieure* la quantité de chaleur qui passe en 1 seconde à travers une surface de  $1\text{m}^2$ , les deux corps étant maintenus à des températures différant de  $1^\circ$ .

L'étude de la conduction dans les liquides et les gaz est très difficile à cause de la mobilité de ces corps; l'échauffement d'une partie amène presque toujours la production de courants et la propagation se produit par convection en même temps que par conduction. Cependant des expériences de Despretz, de Murray, de Regnault semblent démontrer que les lois de la répartition de la chaleur par conduction sont les mêmes dans les liquides et les gaz que dans les solides.

Les liquides sont peu conducteurs en général et les gaz encore moins; cependant le mercure a une conductibilité analogue à celle des métaux, et il semble que la conductibilité de l'hydrogène soit relativement assez forte.

209. — La connaissance des lois de la conduction et des coefficients de conductibilité permet de calculer la quantité de chaleur gagnée ou perdue par un corps qui est en contact avec un autre corps à une température différente par l'intermédiaire d'un solide; cette question est très



importante parce qu'elle permet de tenir compte du gain ou de la perte dans toutes les recherches qui portent sur les quantités de chaleur. Malheureusement cet effet n'est pas le seul, il s'accompagne presque toujours de gains ou de pertes par radiation et par convection. Ici le problème est beaucoup plus complexe et malgré les recherches, notamment de Newton et de Dulong et Petit, on n'a pas les éléments nécessaires pour faire les corrections correspondantes. Il serait donc illusoire de calculer théoriquement l'action de la conduction alors qu'on négligerait deux autres actions non moins importantes.

En réalité, il faut renoncer à déterminer théoriquement ces corrections. Ce qui est préférable, et c'est la méthode généralement suivie maintenant, c'est de régler l'expérience de manière à pouvoir faire directement sur l'appareil des recherches préliminaires sur la formule empirique qu'il convient d'appliquer pour effectuer la correction, et d'utiliser ensuite cette formule pour faire le calcul des corrections dans l'expérience définitive.

Ajoutons toutefois que, comme première approximation et tant que la différence de température entre le corps considéré et le milieu ambiant est faible, on peut admettre que les pertes ou gains de chaleur à un instant donné sont proportionnels à cette différence. Il suffit alors d'une observation pour évaluer la quantité de chaleur perdue ou gagnée en 1<sup>s</sup> pour une différence de température de 1°.

**210. Application de la conductibilité.** — La connaissance des conditions qui facilitent ou qui empêchent la communication de la chaleur d'un corps à un autre est importante au point de vue pratique. Les dispositions à adopter sont naturellement différentes, suivant qu'on veut utiliser cette communication ou s'y opposer.

Toutes les fois qu'il s'agira de produire le passage de la chaleur d'un corps à un autre par conduction (laissant de côté les effets de la radiation et de la convection) il faudra placer entre ces corps un intermédiaire ayant la moindre épaisseur possible et constitué par un corps bon conducteur, un métal par exemple. Tel est le cas des appareils de chauffage dans lesquels on n'emploie pas l'action directe du foyer, tels que les poêles; au point de vue qui nous occupe, les poêles métalliques sont préférables aux poêles en faïence, d'abord parce que leurs parois peuvent avoir une moindre épaisseur, à résistance égale; puis parce que la fonte qui est généralement employée est plus conductrice, a un coefficient de conductibilité plus grand que la faïence. Il est vrai que, comme nous l'avons dit (189), la fonte présente des inconvénients d'un autre ordre que l'on peut considérer comme suffisants pour en faire rejeter l'emploi. Les gaz qui sortent du poêle sont à une température élevée et on peut les utiliser aussi à chauffer l'air ambiant; pour cela on fait passer ces gaz dans des tuyaux en tôle mince : il existe dès lors une faible différence de température entre les deux faces de ces lames, et l'air vient s'échauffer

par conduction (et par convection) par son contact avec la face externe. Dans certains cas, on augmente l'effet en donnant à ces tuyaux une grande longueur avant la sortie de la pièce à chauffer : il ne faut pas toutefois que cette longueur soit trop grande, car alors la pente deviendrait insuffisante et le tirage se ferait mal.

De même si l'on veut produire le chauffage par l'eau chaude ou la vapeur circulant dans des tuyaux, il faut que ceux-ci soient métalliques et qu'ils aient un grand développement et une faible épaisseur.

Pour la même raison, les vases destinés à la cuisson des aliments sont avantageusement faits en métal si les vases sont destinés à être mis en contact avec le combustible enflammé, bois, charbon ou flammes de gaz; l'effet peut être moins satisfaisant si le vase est placé latéralement à quelque distance, parce que, dans ce cas, l'échauffement se produit surtout par radiation et, comme nous le dirons, le poli du métal constitue une condition défavorable.

**211.** — Il est évident qu'il y a intérêt, au contraire, à employer des corps mauvais conducteurs et épais, s'il s'agit de s'opposer à la transmission de la chaleur. Parmi tous les corps, les gaz, l'air, peuvent être avantageusement utilisés; mais ils doivent être placés dans des conditions telles qu'ils ne puissent se déplacer ou que, au moins, ils soient gênés dans leurs déplacements, sans quoi le phénomène de convection se produit et amène rapidement la transmission de la chaleur.

C'est ce qui explique l'usage que l'on fait avantageusement des fourrures et des étoffes constituées par des filaments lâches ou présentant de longs poils; outre que la substance même, les poils ou la laine sont mauvais conducteurs, la protection tient surtout à l'action de l'air interposé. L'emploi de couvertures de chaume, de paille, se justifie d'une manière analogue. Enfin, c'est aussi par la mauvaise conductibilité de l'air qu'on explique le rôle protecteur des doubles fenêtres : dans ce cas, il convient d'ailleurs de tenir compte aussi de l'action spéciale du verre sur les radiations, action dont nous parlerons plus tard.

Il importe de remarquer que les mêmes moyens d'action doivent servir aussi bien s'il s'agit d'empêcher un corps chaud de se refroidir quand il est placé dans un air froid que de s'opposer à ce qu'un corps froid se réchauffe dans un milieu plus chaud, puisque, dans l'un et l'autre cas, il s'agit de s'opposer à la transmission de la chaleur. C'est ainsi qu'une couverture de chaume sert à garantir les habitations des froids de l'hiver, comme elle empêche, en été, la fusion de la glace dans les glaciers ou dans les voitures ou wagons qui transportent cette substance; c'est ainsi, également, que nous nous couvrons de laine pour éviter les refroidissements pendant les temps froids, et que, en enveloppant de la glace dans une étoffe de laine, on empêche ou on diminue la fusion dans un air chaud.



212. — Dans ce qui précède, nous supposons que l'on considérait un corps amené à une température déterminée que l'on voulait maintenir malgré l'action d'un milieu ambiant à une autre température. Il est un autre cas à considérer et il est particulièrement important, car c'est celui qui se présente pour l'homme et les animaux : le corps considéré produit de la chaleur d'une manière continue.

Supposons d'abord qu'il n'existe pas de causes de perte de chaleur : la température devra alors s'élever d'une manière continue. S'il existait une perte de chaleur *constante*, mais telle qu'elle fût inférieure, pour un temps donné, à la quantité de chaleur produite dans le même temps, la température s'élèverait aussi d'une manière continue, mais plus lentement que dans le cas précédent.

Examinons maintenant le cas réel, celui du refroidissement par le milieu ambiant et par les corps au contact. Supposons que, au début, le corps considéré et le milieu aient la même température, il n'y aura, de ce fait, ni gain, ni perte de chaleur. Mais le corps considéré produit de la chaleur; sa température s'élève et les pertes apparaissent : une partie de la chaleur, seulement, produit l'élévation de température; l'autre partie, faible parce que la différence de température est petite, est communiquée au milieu ambiant. Mais cette partie qui représente la perte croît d'instant en instant puisque la température du corps s'élève; les variations de celle-ci deviendront de plus en plus lentes jusqu'à ce que la température soit devenue telle que la perte par refroidissement à chaque instant soit égale à la quantité de chaleur produite dans le corps.

Pour l'homme, la température normale du corps est de  $37^{\circ},5$ ; elle est constante; la quantité de chaleur produite à chaque instant doit être d'autant plus grande que la température extérieure est plus basse, puisque les pertes croissent à peu près proportionnellement aux différences de température et que pour maintenir la température constante la quantité de chaleur produite doit être égale au gain. L'emploi des vêtements en temps froid a pour but de diminuer la perte : il convient donc d'employer des vêtements constitués par des corps mauvais conducteurs d'une part, et d'autre part de les disposer de telle sorte qu'ils emprisonnent des couches d'air maintenues immobiles.

Les considérations que nous avons indiquées précédemment ne s'appliqueraient pas dans le cas où l'atmosphère ambiante aurait une température égale ou supérieure à  $37^{\circ},5$ ; forcément alors, s'il n'intervenait d'autres actions, la température du corps s'élèverait jusqu'à devenir supérieure à celle de l'atmosphère et jusqu'à ce que les pertes devinssent égales à la chaleur produite. Mais en réalité, les choses ne se passent pas ainsi : il faut faire intervenir un autre phénomène, l'évaporation qui est, par elle-même, une cause de refroidissement. Nous étudierons

plus tard l'influence de ce phénomène et les conséquences qu'il convient d'en déduire au point de vue dont nous nous occupons.

213. — Rumford a fait des expériences sur les conditions du refroidissement de diverses substances; nous n'en reproduisons pas les résultats parce que les corps qu'il a employés ne sont pas actuellement parfaitement définis. Nous préférons citer des nombres obtenus par Coulier parce qu'ils se rapportent à des étoffes bien déterminées. Coulier remplissait d'eau chaude un vase qu'il recouvrait d'étoffes diverses et notait le temps nécessaire pour obtenir dans l'air un abaissement de température de  $5^{\circ}$ . Or tandis que ce résultat était obtenu en  $11^m\ 30^s$  environ pour la toile de coton ou la toile de chanvre, il fallait  $14^m\ 50^s$  pour y arriver avec du drap tel qu'il est employé pour la confection des équipements de soldat. (Nous laissons ici de côté ce qui a rapport à la couleur dont les effets seront étudiés lorsque nous parlerons de ces radiations.)

Les vêtements ont également pour effet d'agir dans le cas de l'action directe des rayons solaires; nous y reviendrons plus tard.

214. — La grande conductibilité des métaux explique quelques effets dont certains ont reçu des applications utiles.

Collons, en les tendant bien, deux feuilles de papier, l'une sur un cylindre de bois, l'autre sur un cylindre de métal de même diamètre, et soumettons-les à l'action d'une flamme pendant quelques instants : le papier appliqué sur le bois sera roussi, charbonné, au point où la flamme aura agi; on n'observera aucune altération sur l'autre papier.

Cette action est facile à concevoir; dans le métal, à cause de la grande conductibilité, la chaleur s'est rapidement propagée dans toute la masse sans que, nulle part, la température puisse s'élever notablement. Dans le bois, au contraire, la chaleur se propageant très mal, la température au point soumis à l'action de la flamme s'est élevée suffisamment pour produire la décomposition du papier.

C'est par une action analogue qu'on explique l'influence des toiles métalliques sur les flammes : une flamme est une masse gazeuse dont la température est élevée jusqu'à produire l'incandescence; si la température s'abaisse, la masse cesse d'être visible, ce n'est plus une flamme.

Si dans une flamme on place une toile métallique, la flamme est arrêtée par celle-ci; elle continue d'exister au-dessous, elle a cessé au-dessus. Le courant gazeux a bien traversé la toile, comme on peut s'en assurer de diverses façons, et notamment en renversant l'expérience : on place la toile au-dessus d'un orifice qui dégage du gaz d'éclairage et on enflamme celui-ci au-dessus de la toile, la flamme existe alors au-dessus de la toile et non au-dessous.

En un mot, la toile métallique traversée par un courant de gaz empêche que l'inflammation communiquée à une des parties du courant



puisse se propager à l'autre; elle établit, elle maintient une notable différence de température entre les deux parties du courant.

L'explication de cet effet est analogue à celle de l'expérience précédente : à cause de la grande conductibilité du métal la chaleur de la flamme se répand rapidement dans toute la masse sans rester accumulée. Mais comme la masse de cette toile est toujours faible, sa température s'élèverait vite si son refroidissement, qui est très rapide à cause de la grande surface de contact du métal avec l'air, n'amenait une perte considérable de chaleur, perte suffisante pour empêcher l'élévation de température.

Cette propriété a été mise à profit pour l'étude des flammes dont on a pu déterminer ainsi la composition en les coupant dans diverses directions. Mais son application principale est celle qu'en a faite Davy pour la lampe des mineurs. On sait qu'il se produit quelquefois dans certaines mines de houille un dégagement de *grisou* ( $C^2H^4$ ) qui forme avec l'air un dangereux mélange détonant. Au contact d'une flamme nue, le mélange prend feu, la détonation se produit, amenant toujours de graves accidents. Davy eut l'idée de placer cette flamme dans un cylindre constitué par une toile métallique, sans que l'intérieur ait aucune communication libre avec l'atmosphère. Dans cette condition, le grisou peut bien entrer dans la lampe, y brûler au contact de la flamme, y produire même une petite explosion, mais l'inflammation ne peut traverser la toile ni se communiquer au mélange détonant qui existe dans la galerie de la mine.

On a perfectionné cette lampe pour satisfaire à diverses conditions, notamment pour obtenir plus de clarté, mais dans tous les modèles on trouve toujours une toile métallique agissant comme nous venons de l'indiquer.

### CHAPITRE III

#### CALORIMÉTRIE

213. **Calorimètre à eau.** — Les calorimètres sont des appareils destinés à mesurer des quantités de chaleur, à mesurer le nombre de calories fournies ou absorbées dans des circonstances données. Nous aurons à nous occuper plus spécialement de ceux qui ont été utilisés pour des recherches physiologiques, sans nous astreindre à l'ordre historique. Nous exposerons d'abord le principe de ces appareils.

Le calorimètre le plus fréquemment employé est le calorimètre à eau. Soit une masse d'eau  $M$  à la température  $t$  dans laquelle nous plongeons

le corps qui fournit une quantité  $Q$  de chaleur qu'il s'agit de mesurer: à la fin de l'expérience l'eau est à la température  $t'$ . D'après ce que nous avons dit plus haut sur la valeur de la calorie (203), la chaleur gagnée par l'eau étant égale à la chaleur fournie par le corps, on a immédiatement  $Q = M(t' - t)$ . En réalité l'opération est moins simple : il faut remarquer que le liquide est contenu dans un vase dont la température passe également de  $t$  à  $t'$  et qu'il absorbe une certaine quantité de chaleur; qu'il en est de même d'un agitateur métallique qui sert à remuer le liquide pour uniformiser la température; qu'il en est de même aussi du thermomètre. On peut tenir compte par le calcul de ces actions, si l'on connaît les poids et les chaleurs spécifiques de ces diverses parties et l'on peut déterminer une masse d'eau  $M'$  qui, au point de vue de l'absorption de la chaleur, produirait seule le même effet que le vase, l'agitateur et le thermomètre agissant ensemble : la quantité de chaleur fournie par le corps a donc servi à élever de  $t$  à  $t'$  la température des masses d'eau  $M$  et  $M'$  qui absorbent une quantité de chaleur

$$(M + M')(t' - t).$$

Mais de plus, il faut tenir compte de ce que le calorimètre a échangé de la chaleur avec le milieu ambiant et les corps voisins. Si nous désignons par  $q$  la perte qu'il a éprouvée et qui correspond à une quantité de chaleur fournie par le corps, on a :

$$Q = (M + M')(t' - t) + q.$$

Si, au contraire, le calorimètre moins chaud que le milieu ambiant en avait reçu une certaine quantité de chaleur  $q'$ , la variation de température serait due à la somme des deux quantités de chaleur, et l'on aurait :

$$Q + q' = (M + M')(t' - t).$$

On peut mesurer  $M$ ,  $t$  et  $t'$  avec précision; on peut également déterminer  $M'$  exactement<sup>1</sup>; mais on ne peut trouver  $q$  avec la même exactitude et il y a toujours une certaine incertitude sur sa détermination. Aussi cherche-t-on à diminuer sa valeur en réduisant autant que possible l'action de la conduction (en plaçant le vase sur de petits supports en liège, très mauvais conducteur), celle de la convection (en entourant le calorimètre d'un second vase ne touchant pas le premier de manière à

1. Si  $m_1, m_2, m_3, m_4$  sont les poids du vase, de l'agitateur, du verre du thermomètre et du mercure de cet appareil et  $c_1, c_2, c_3, c_4$  les chaleurs spécifiques correspondantes, les quantités de chaleur que chacun de ces corps absorbe pour que sa température s'élève de  $1^\circ$  sont, d'après la définition même de la chaleur spécifique,  $m_1 c_1, m_2 c_2, m_3 c_3$  et  $m_4 c_4$ . La masse d'eau  $M'$  qui absorberait autant de chaleur est  $M' = m_1 c_1 + m_2 c_2 + m_3 c_3 + m_4 c_4$ .