

on appelle *corps athermanes*, ceux qui arrêtent complètement la chaleur incidente, c'est-à-dire qui sont opaques pour la chaleur.

Les rayons calorifiques, lorsqu'ils passent d'un milieu dans un autre milieu diathermane, éprouvent d'ailleurs une *réfraction* qui est soumise aux mêmes lois que celle de la lumière (751). — Chacun a pu constater, par exemple, qu'en recevant sur une lentille convergente les rayons du soleil, on obtient, au foyer principal où viennent passer les rayons lumineux réfractés, une concentration de chaleur qui permet d'y allumer de l'amadou, du drap, etc.

856. **Décomposition de la chaleur par un prisme.** — **Radiations lumineuses et radiations obscures.** — Quand on répète, avec un prisme de *sel gemme*, l'expérience de la décomposition de la lumière solaire (759), et qu'on emploie une pile thermo-électrique étroite pour explorer les diverses parties du faisceau dispersé, on constate que la pile accuse des quantités de chaleur croissantes, depuis le violet U (fig. 699) jusqu'au rouge R. En outre, la pile accuse encore des quan-

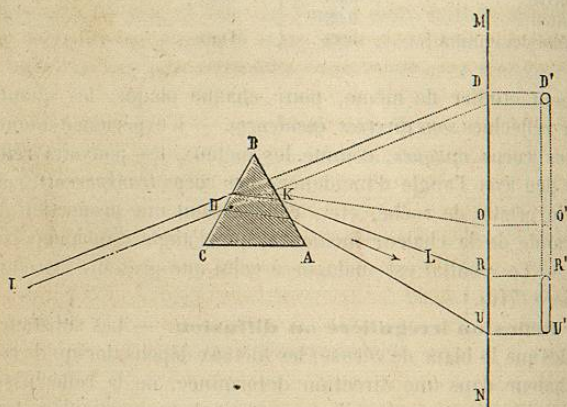


Fig. 699. — Décomposition de la chaleur par un prisme.

tités sensibles de chaleur au delà du rouge, dans une étendue RO qui est à peu près égale à UR. — Les radiations émises par le soleil comprennent donc, non seulement des rayons qui sont à la fois *calorifiques et lumineux*, mais aussi des rayons de *chaleur obscure*, moins déviés par le prisme que les premiers (*).

La même expérience, répétée avec une autre source *lumineuse*,

(*) Un prisme de verre donnerait aussi un spectre calorifique, mais moins étendu au delà du rouge que le spectre fourni par le prisme de sel gemme. Nous verrons, en effet, que le verre absorbe la plus grande partie des rayons de chaleur *obscur* et ne laisse guère passer que les rayons de chaleur *lumineuse*.

luminosos y detiene todos los calorificos

comme la lampe de Locatelli (fig. 695) ou la spirale incandescente (fig. 694), fournit encore un spectre dans lequel on trouve des rayons de chaleur obscure, et des rayons qui sont à la fois calorifiques et lumineux : ces derniers sont seulement en proportion moindre que dans la lumière solaire. — Enfin, les sources *obscur*, comme la plaque chauffée (fig. 695), ou le cube d'eau bouillante (fig. 692), ne donnent plus de spectre lumineux, mais uniquement des rayons de chaleur obscure, moins déviés que ne seraient les rayons rouges.

Il résulte, de l'ensemble de ces expériences, que les rayons *calorifiques obscurs*, quand on les compare aux rayons *calorifiques lumineux*, ne présentent, par rapport à ceux-ci, que des différences du même ordre que celles qui distinguent entre eux les rayons lumineux de diverses couleurs. Ces rayons de chaleur se séparent, sous l'action d'un prisme, absolument comme se séparent les rayons des diverses couleurs qui constituent la lumière blanche, en vertu de leurs différences de réfrangibilité. — Nous allons voir que les mêmes analogies se retrouvent dans la *transmission* des rayons calorifiques, au travers de substances de natures diverses.

857. **Pouvoirs diathermanes des diverses substances, pour les diverses espèces de rayons calorifiques.** — Pour étudier le

degré de transparence des diverses substances pour la chaleur, ou leur *diathermanéité*, on les fait en petites plaques, que l'on place sur un support (fig. 700), entre la source de chaleur et la pile thermo-électrique : la déviation de l'aiguille du galvanomètre fait connaître la quantité de chaleur transmise. On enlève ensuite la plaque, et on laisse arriver directement le faisceau calorifique sur la pile : on obtient une autre déviation, qui fait connaître la quantité de chaleur incidente.

On appelle *pouvoir diathermane* d'une plaque, pour un faisceau calorifique de nature déterminée, le rapport entre la quantité de chaleur transmise et la quantité de chaleur incidente.

L'expérience montre que le pouvoir diathermane d'une même substance présente, en général, des valeurs très diverses, selon la *nature* de la chaleur incidente. — Voici quelques exemples des résultats obtenus :

1° Si l'on prend, comme sources de chaleur, le cube à eau bouillante ou la plaque de cuivre chauffée, c'est-à-dire des sources *obscur*, on constate que les plaques de verre ou de cristal de roche ne laissent passer que des quantités de chaleur presque inappréciables. — Ces substances n'ont donc, pour les rayons *calorifiques obscurs*, qu'un pouvoir diathermane *sensiblement nul*.

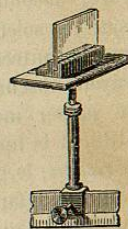


Fig. 700. — Plaques pour l'étude des pouvoirs diathermanes

2° Au contraire, si l'on prend, comme sources de chaleur, la lampe de Locatelli ou la spirale incandescente, c'est-à-dire des sources lumineuses, la quantité de chaleur transmise au travers de ces mêmes plaques est une fraction très notable de la quantité de chaleur incidente. — Ce résultat, comparé au précédent, montre que ces substances (verre ou cristal de roche) n'arrêtent, dans les faisceaux émis par ces sources, que les rayons de chaleur obscure; elles laissent passer, avec la lumière, une portion considérable de rayons calorifiques lumineux. On a même constaté directement qu'elles ont, pour ces rayons pris isolément, un pouvoir diathermane voisin de l'unité.

3° Enfin, certaines autres substances, comme le sel gemme, laissent toujours passer la presque totalité de la chaleur incidente, quelle que soit la source de chaleur employée. Le sel gemme a donc un pouvoir diathermane sensiblement égal à l'unité, pour les rayons calorifiques de toutes natures.

Ces résultats offrent une analogie remarquable avec ceux que présente la transmission de la lumière, au travers des divers corps. — Ainsi, le verre ou le cristal de roche, recevant le faisceau de chaleur complexe qu'émet la lampe de Locatelli, ne laissent passer que les divers rayons de chaleur lumineuse et arrêtent les rayons de chaleur obscure, absolument comme une vitre rouge, recevant la lumière blanche du soleil, ne laisse passer que les rayons rouges et arrête les rayons des autres couleurs. — Le sel gemme laisse passer aussi bien les rayons obscurs que les rayons lumineux, comme une vitre incolore laisse passer indifféremment les rayons des diverses couleurs qui constituent la lumière blanche.

En résumé, le pouvoir diathermane de chaque substance dépend de la nature du faisceau calorifique qu'elle reçoit, comme le degré de transparence d'une substance, pour la lumière, dépend de la composition de la lumière incidente (*).

(*) MM. Masson et Jamin ont étudié, non plus la transmissibilité de faisceaux de chaleur hétérogène, mais la transmissibilité propre de chacun des faisceaux homogènes dans lesquels on peut les décomposer. — Pour cela, ils recevaient le spectre solaire, obtenu au moyen d'un prisme de sel gemme, sur un écran percé d'une petite ouverture. En donnant successivement diverses positions à cette ouverture, ils pouvaient laisser passer des faisceaux appartenant exclusivement à telle ou telle portion du spectre, et étudier la transmission de chacun d'eux au travers des diverses lames. Ils ont reconnu ainsi :

1° Que le verre, le cristal de roche, la glace, et en général toutes les substances transparentes pour la lumière, sont aussi diathermanes pour tous les rayons de chaleur lumineuse;

2° Que ces mêmes substances laissent passer encore les rayons de chaleur obscure voisins du rouge, mais éteignent les rayons de chaleur obscure extrême, c'est-à-dire les moins déviés par le prisme;

3° Qu'un verre fortement coloré en rouge, qui ne laisse passer que la lumière rouge et éteint les autres couleurs, laisse passer également la chaleur des rayons rouges et éteint les autres rayons calorifiques.

838. **Applications.** — Dans les serres vitrées, où l'on conserve les plantes auxquelles l'action du froid serait funeste, l'observation montre que, même pendant l'hiver, la température s'élève rapidement, sous la simple influence des rayons solaires. — Ce résultat s'explique facilement, d'après ce qui précède. La plus grande partie de la chaleur du soleil pénètre, avec la lumière, au travers des vitres, et échauffe les corps que la serre contient. Ceux-ci, à mesure qu'ils s'échauffent, émettent à leur tour des quantités de chaleur de plus en plus grandes; mais c'est de la chaleur obscure, qui ne peut traverser le verre, en sorte que la chaleur s'accumule progressivement à l'intérieur de la serre. — Il en est de même dans les cloches dont les maraîchers couvrent leurs plantes pour faire mûrir les fruits : il suffit d'introduire la main sous ces cloches, pour constater l'élévation de température qui s'y produit dès qu'elles ont été frappées quelque temps par le soleil.

L'eau jouit, sous ce rapport, de propriétés analogues à celles du verre. De là l'élévation de température qu'éprouve la vase, au fond des étangs peu profonds, sous l'action des rayons solaires (*).

839. **Appareil de M. Mouchot, pour l'utilisation de la cha-**

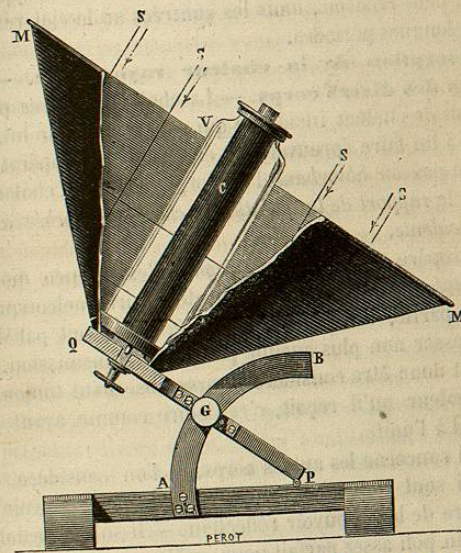


Fig. 701. — Appareil de M. Mouchot, pour l'utilisation de la chaleur du soleil.

leur du soleil comme moyen de chauffage. — C'est par une appli-

(*) La vapeur d'eau, dont se charge notre atmosphère jouit également de propriétés semblables, comme l'ont montré les expériences de M. Tyndall. L'atmosphère humide

cation intelligente des principes précédents, que M. Mouchot a pu, dans ces dernières années, construire un appareil qui permet d'utiliser la chaleur solaire pour échauffer rapidement les liquides, comme l'eau, l'alcool, etc.

Un grand miroir métallique MM (fig. 781), qui a la forme d'un cône et dont la surface intérieure est argentée, est fixé dans une position telle que son axe soit dirigé vers le soleil. Les rayons solaires S, S, reçus sur sa surface, sont réfléchis de manière à venir converger aux divers points de l'axe du cône. Un réservoir cylindrique C, en cuivre mince, noirci à l'extérieur, est placé suivant cet axe et contient le liquide à chauffer : il est entouré d'un cylindre de verre V. — Le verre laisse passer les rayons de *chaleur lumineuse* réfléchis par le miroir, lesquels viennent échauffer le réservoir C, dont la surface noircie les absorbe à peu près intégralement. A mesure que le réservoir et le liquide s'échauffent, ils émettent des quantités de chaleur croissantes, mais cette chaleur *obscur*e est arrêtée par le verre : le refroidissement du liquide est donc à peu près nul, et sa température s'élève rapidement.

On peut ainsi amener l'eau à l'ébullition en 15 à 20 minutes, en opérant par un beau soleil. — On conçoit facilement les applications que cet appareil peut recevoir, dans les contrées où le ciel reste découvert pendant de longues périodes.

840. Absorption de la chaleur rayonnante. — Pouvoirs absorbants des divers corps. — La chaleur *absorbée* par un corps est la portion de chaleur incidente qui est retenue par lui, et qui sert, en général, à lui faire éprouver une élévation de température.

On appelle *pouvoir absorbant* d'un corps, pour une chaleur de nature déterminée, le rapport de la quantité de chaleur absorbée à la quantité de chaleur incidente.

Quand on opère sur le noir de fumée, l'expérience montre que ce corps, recevant un faisceau de chaleur de nature quelconque, n'en renvoie aucune partie, soit par réflexion régulière, soit par diffusion, et n'en laisse passer non plus aucune partie par transmission. — Le noir de fumée doit donc être considéré comme absorbant toujours intégralement la chaleur qu'il reçoit, c'est-à-dire comme ayant un *pouvoir absorbant* égal à l'unité.

Pour ce qui concerne les autres corps, si l'on considère, en particulier, ceux qui sont complètement *athermanes*, leur pouvoir absorbant peut se déduire de leur pouvoir réflecteur. — Il suffira de donner à l'un de ces corps un poli assez parfait pour qu'il ne puisse donner lieu qu'à la réflexion régulière, sans diffusion : si l'on mesure le pouvoir réflé-

a donc pour effet de ralentir le refroidissement de notre globe : elle laisse passer, en quantité notable, la chaleur lumineuse émise par le Soleil, et arrête, en très grande partie, la chaleur obscure que la Terre échauffée émet en sens contraire.

teur r de ce corps (835), c'est-à-dire la fraction qui exprime le rapport de la quantité de chaleur réfléchie à la quantité de chaleur incidente, on sera certain que le pouvoir absorbant a est représenté par la fraction complémentaire, c'est-à-dire qu'on aura

$$a = 1 - r.$$

ainsi, pour les métaux polis, la connaissance des pouvoirs réflecteurs fournit, sans nouvelle expérience, les valeurs des pouvoirs absorbants.

Le cas que nous venons de considérer est le plus simple : c'est le seul où les pouvoirs absorbants soient connus avec précision.

841. Égalité du pouvoir absorbant et du pouvoir émissif, pour un même corps et une même espèce de chaleur. — Nous venons de voir que, pour toute espèce de chaleur, le pouvoir *absorbant* du noir de fumée est égal à l'unité. D'après la définition même des pouvoirs émissifs (829), le pouvoir *émissif* du noir de fumée est également représenté par l'unité.

D'autre part, nous venons de voir (840) que, pour les corps *athermanes* ayant un pouvoir diffusif négligeable, on peut toujours déterminer le pouvoir absorbant, au moyen du pouvoir réflecteur. — Or, si l'on compare les pouvoirs absorbants ainsi obtenus, avec les pouvoirs émissifs des mêmes corps rapportés à celui du noir de fumée (829), on trouve deux séries de nombres *identiques*, au moins tant qu'il s'agit de rayons calorifiques de même nature.

Enfin, pour les substances qui ont un pouvoir diffusif, et dont les pouvoirs absorbants n'ont pu être déterminés avec la même exactitude, on constate que toutes les circonstances qui font varier le pouvoir émissif, modifient aussi, et dans le même sens, le pouvoir absorbant.

D'après l'ensemble de ces résultats, on est conduit à admettre que le *pouvoir émissif d'un corps est toujours égal à son pouvoir absorbant*, pour la même espèce de chaleur. — Ce principe, dont la théorie démontre la généralité, permet de se dispenser de la détermination directe des pouvoirs absorbants de certaines substances, quand on connaît leurs pouvoirs émissifs pour la même espèce de chaleur.

842. Hypothèse de l'équilibre mobile de température. — Quand on met en présence divers corps, à des températures différentes, les plus froids s'échauffent, les plus chauds se refroidissent, et il en est ainsi jusqu'au moment où tous ces corps arrivent à une même température, qu'ils conservent ensuite indéfiniment.

Ce résultat pourrait s'expliquer en admettant que les corps les plus chauds sont les seuls qui rayonnent de la chaleur, et que ce rayonnement cesse dès que leur température est devenue égale à celle que les autres corps ont acquise. — Pour chaque corps, la propriété d'émettre de la chaleur serait alors subordonnée à la température des corps environnants.

Il est plus rationnel d'admettre que *tous les corps rayonnent* de la chaleur, mais que, pour chacun d'eux, la quantité de chaleur émise est d'autant plus grande que la température du corps est plus élevée. — Dès lors, plusieurs corps étant mis en présence, si l'un d'eux se refroidit, c'est qu'il émet plus de chaleur qu'il n'en absorbe; si un autre s'échauffe, c'est qu'il absorbe plus de chaleur qu'il n'en émet. — L'équilibre de température, une fois réalisé, se conserve, parce que, pour chacun des corps, la perte de chaleur due à son rayonnement propre est compensée par la chaleur qu'il absorbe. — C'est ce qu'on a appelé *l'équilibre mobile de température*.

845. **Explication de la réflexion apparente du froid.** — Cette manière d'envisager les phénomènes fournit une explication de l'expérience connue sous le nom de *réflexion apparente du froid*.

Reprenons les miroirs conjugués déjà décrits (852); plaçons au foyer F du miroir A'B' (fig. 702) le réservoir d'un thermomètre sensible, puis

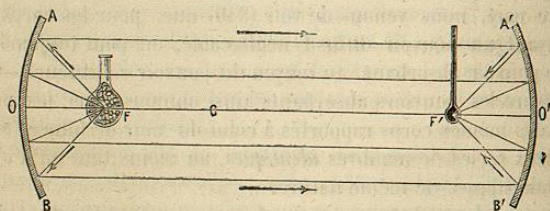


Fig. 702. — Miroirs conjugués, pour la réflexion apparente du froid

fixons au foyer F du miroir AB un ballon de verre contenant de la glace. Le thermomètre indiquera un abaissement de température. — Cette expérience, célèbre dans la science, semblait conduire à admettre l'existence de *rayons frigorifiques*. La théorie de l'équilibre mobile de température dispense de cette hypothèse.

En effet, supposons d'abord que le ballon *ne soit pas encore placé*, et que l'équilibre de température existe; admettons, pour plus de simplicité dans l'explication, que les parois de l'enceinte et la surface du thermomètre soient *dépourvues de pouvoir réflecteur*, et qu'elles aient des *pouvoirs émissifs égaux*. Le thermomètre F envoie sur le miroir A'B' des rayons divergents qui sont réfléchis par ce miroir, puis par le miroir AB, vont passer par le point F, et parviennent ensuite à divers points de l'enceinte. Dans les mêmes directions, et en sens inverse, se propagent des rayons venant de l'enceinte, passant par F, et renvoyés par les miroirs vers le point F'. Puisque l'enceinte et le thermomètre ont même pouvoir émissif, et par suite même pouvoir absorbant, la perte de chaleur reste, pour le thermomètre, toujours égale au gain, et sa température reste invariable. — Au contraire, quand on vient à placer en F le

ballon plein de glace, les rayons qui venaient de l'enceinte en passant par F, et qui étaient ainsi renvoyés par les miroirs sur le thermomètre F', sont remplacés par les rayons moins chauds qu'émet le ballon. Le thermomètre reçoit donc moins de chaleur que précédemment, c'est-à-dire moins de chaleur qu'il n'en perd: il doit donc éprouver un abaissement de température, comme le montre l'expérience.

844. **Identité de la chaleur et de la lumière.** — Il résulte de tout ce qui précède que la propagation de la chaleur se rapproche, en tous points, de la propagation de la lumière.

Pour la chaleur et pour la lumière, les lois de la réflexion sont identiques (851 et 852). — Les rayons calorifiques *obscur*s ne se distinguent des rayons lumineux que par des différences du même ordre que celles qui distinguent entre eux les rayons lumineux des diverses couleurs. La décomposition d'un faisceau de rayons solaires par un prisme de sel gemme (856) montre que les rayons calorifiques obscurs se séparent des rayons lumineux à cause de leur moindre réfrangibilité, comme les rayons rouges se séparent des rayons violets. — L'étude de la transmission de la chaleur (857) montre également que les rayons obscurs peuvent être transmis par certaines substances, et absorbés par d'autres, comme les rayons lumineux de certaines couleurs sont transmis par certaines substances transparentes et absorbés par d'autres. — Les rayons calorifiques obscurs ne paraissent donc présenter, par rapport aux rayons lumineux, d'autre caractère distinctif que d'être incapables d'impressionner notre œil.

L'ensemble de ces phénomènes conduit donc à admettre que la chaleur et la lumière sont dues à une seule et même cause. — Cette hypothèse s'accorde avec ce fait que, pour les rayons les plus réfringibles, les propriétés lumineuses et les propriétés calorifiques sont inséparables. Elle n'est point infirmée par l'existence de rayons de chaleur sans lumière, car il n'est pas absurde de supposer que l'organe de la vue, s'il était constitué d'une manière différente, pourrait être impressionné par ces rayons, comme il l'est par les rayons lumineux (*).

(*) Les liquides qui remplissent le globe de l'œil, et que les rayons doivent traverser avant de tomber sur la rétine, sont *diathermanes pour les rayons lumineux*, mais *athermanes pour les rayons obscurs*: c'est ce que l'expérience permet de constater directement, en opérant sur les liquides d'un œil de bœuf. On voit donc que, en réalité, les rayons calorifiques obscurs n'arrivent pas à la rétine.