CHAPITRE XI

HYGROMÉTRIE.

731. **Définitions préliminaires.** — 1° *Objet de l'hygrométrie.* — On appelle *hygrométrie* la partie de la physique qui a pour objet la détermination de la proportion de vapeur d'eau contenue soit dans l'atmosphère, soit dans un volume d'air limité. Cette quantité est très variable ; mais l'air n'est jamais saturé de vapeur d'eau, du moins dans nos climats. Il n'est non plus jamais complètement sec ; car si l'on y expose des substances *hygroscopiques*, c'est-à-dire ayant une grande affinité pour l'eau, comme le chlorure de calcium, l'acide sulfurique, en tout temps elles absorbent de la vapeur d'eau.

Le degré d'humidité de l'atmosphère ne dépend pas de la quantité absolue de vapeur d'eau qu'elle contient, mais de la tension de cette vapeur. L'air, lorsqu'il est froid, peut être très humide avec peu de vapeur, et très sec, au contraire, avec une plus grande quantité, lorsqu'il est chaud. Ainsi, l'air contient, en général, plus de vapeur d'eau l'été que l'hiver, et cependant il est moins humide, parce que, la température étant plus élevée, la vapeur est plus loin de son point de saturation. De même, lorsqu'on chauffe un appartement, on ne diminue point la quantité de vapeur qui est dans l'air ; mais on diminue l'humidité de celui-ci, parce qu'on en recule le point de saturation. L'air peut même devenir alors assez sec pour nuire à l'économie animale[1].

2° *État hygrométrique.* — L'air n'étant point, en général, saturé, on nomme *état hygrométrique* ou *fraction de saturation* de l'air, le rapport de la quantité actuelle de vapeur d'eau qu'il renferme à la quantité qu'il contiendrait s'il était saturé, à température égale.

Autre définition. — La loi de Mariotte s'appliquant aux vapeurs non saturées (686), il en résulte qu'à égalité de température et de volume, le poids de la vapeur, dans un espace non saturé, croît comme la pression, et, par suite, comme la tension de cette même vapeur. On peut donc substituer au rapport des quantités de

1. C'est pour cela qu'il est bon, lorsqu'on se chauffe avec des poêles, de placer au-dessus des vases contenant de l'eau, dont l'évaporation prévient une dessiccation excessive de l'atmosphère.

vapeur celui des forces élastiques correspondantes, et définir l'état hygrométrique de l'air *le rapport entre la force élastique de la vapeur d'eau qu'il contient et la force élastique de celle qu'il contiendrait à la même température, s'il était saturé.*

C'est-à-dire qu'en représentant par f la tension de la vapeur qui est dans l'air, par F celle de la vapeur saturée à la même température, et par e l'état hygrométrique, on a $e = \frac{f}{F}$, d'où $f = F \times e$.

Conséquences. — I. La température ayant varié, l'air peut contenir la même quantité de vapeur, et cependant ne pas avoir le même état hygrométrique. En effet, lorsque la température s'élève, la force élastique de la vapeur que contiendrait l'air à l'état de saturation, croît plus rapidement que la force élastique de la vapeur qui se trouve actuellement dans l'air, et alors le rapport de ces deux tensions, ou l'état hygrométrique, devient plus petit.

II. On verra bientôt (741, I) comment de l'état hygrométrique on déduit le poids de la vapeur contenue dans un volume donné d'air.

3° *Hygromètres.* — On nomme *hygromètres* des instruments qui servent à déterminer l'état hygrométrique de l'air. On en a imaginé un fort grand nombre, qu'on peut rapporter à quatre espèces principales : les *hygromètres chimiques*, les *hygromètres à absorption*, les *hygromètres à condensation*, et les *psychromètres*.

732. **Hygromètre chimique.** — L'hygromètre chimique est moins, à proprement parler, un instrument qu'une méthode particulière d'hygrométrie.

Principe de la méthode. — Cette méthode consiste à faire passer un volume connu d'air sur une substance avide d'eau, sur du chlorure de calcium par exemple. Ayant pesé la substance avant le passage de l'air et la pesant après, on trouve un excès de poids, qui représente la vapeur qui était contenue dans l'air.

Soient p ce poids, V le volume de l'air qui a passé par le tube desséchant, t la température, f la tension actuelle de la vapeur, on a

$$p = V \,.\, 1^{gr},292 \,.\, 0,622 \,.\, \frac{1}{1 + \alpha t} \cdot \frac{f}{760}.$$

Dans cette équation tout est déterminé directement, sauf f qu'on en déduit.

Opération. — Pour faire passer à volonté un volume d'air plus ou moins considérable, on dispose l'expérience comme le montre

la figure 750. Deux réservoirs de laiton A et B, identiques de construction et de capacité, servent successivement d'aspirateurs. A cet effet, ils sont fixés à un même axe autour duquel on les fait alternativement basculer. De plus, ils communiquent entre eux par une tubulure centrale, tandis que, par deux tubulures pratiquées dans l'axe, ils sont toujours en communication, le réservoir inférieur avec l'atmosphère, et le supérieur, par l'intermé-

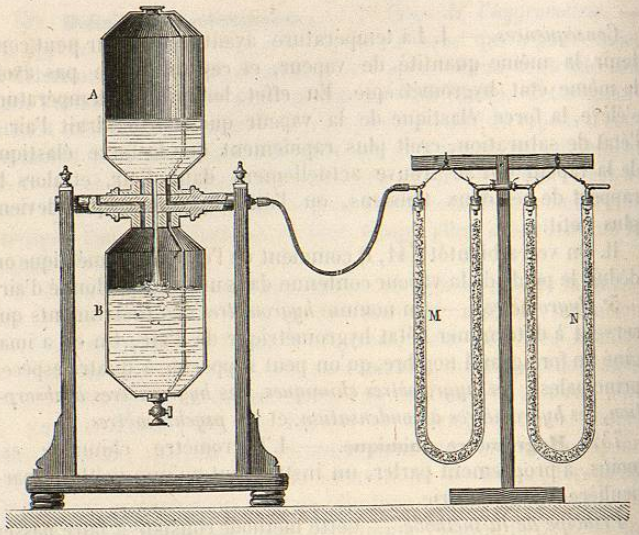

Fig. 750.

diaire d'un tube de caoutchouc, avec une série de tubes M, N, remplis de chlorure de calcium ou de pierre ponce sulfurique. Le premier de ces tubes, N, est destiné à absorber la vapeur d'eau contenue dans l'air aspiré ; le second, M, arrête la vapeur qui tend à passer des réservoirs dans le tube N.

Le réservoir inférieur étant plein d'eau et l'autre plein d'air, on fait basculer l'appareil, de manière que le liquide s'écoule lentement de A en B. Le vide se faisant en A, l'air rentre par les tubes N, M, et abandonne sa vapeur d'eau dans le premier. Quand toute l'eau s'est écoulée en B, on fait basculer de nouveau l'appareil ; le même écoulement recommence et le même volume d'air est aspiré à travers le tube N. Si la capacité de chaque réservoir est de 10 litres, et qu'on ait fait basculer cinq fois l'appareil, 50 litres

d'air ont traversé le tube N et s'y sont desséchés. Si donc, avant l'expérience, on a pesé ce tube avec les matières qui sont dedans, et si on le pèse après, l'excès de poids donne la quantité de vapeur d'eau contenue dans 50 litres d'air au moment de l'expérience. De ce poids on déduit l'état hygrométrique de l'air. Ce procédé est le plus précis ; mais il n'est ni assez simple ni assez rapide pour servir aux observations météorologiques.

Calcul de l'expérience. — Le volume d'air fourni directement par l'appareil n'est pas celui qui doit être porté dans la formule ci-dessus. En effet, l'air qui est entré dans l'aspirateur s'y est saturé d'humidité à la température t de l'expérience ; il y a donc pris la pression $H - F$, F étant la tension maximum correspondante à la température t, et il y occupe le volume U. Or cet air avait dans l'atmosphère la pression $H - f$, et y occupait le volume V, dont nous avons besoin. La loi de Mariotte donne :

$$V(H - f) = U(H - F), \quad \text{d'où} \quad V = U \cdot \frac{H - F}{H - f}.$$

733. **Hygromètre à cheveu.** — 1° *Principe.* — C'est le type des hygromètres à absorption. Ces instruments sont fondés sur la propriété qu'ont certaines substances organiques de s'allonger par l'humidité et de se raccourcir par la sécheresse. On a imaginé plusieurs hygromètres à absorption.

2° *Description de l'hygromètre de Saussure.* — L'*hygromètre à cheveu* ou *hygromètre de Saussure* (du nom du physicien auquel il est dû) se compose d'un cheveu c, tendu sur un cadre de cuivre (fig. 751). Ce cheveu a été dégraissé préalablement dans une solution au centième de sous-carbonate de soude. On peut aussi le dégraisser en le plongeant dans de l'éther sulfurique pendant vingt-quatre heures, ainsi que l'a fait Regnault. S'il n'était pas dégraissé, il n'absorberait que peu de vapeur, et son allongement serait très faible, tandis que, débarrassé de toute matière grasse, il s'allonge rapidement en passant de la sécheresse à l'humidité.

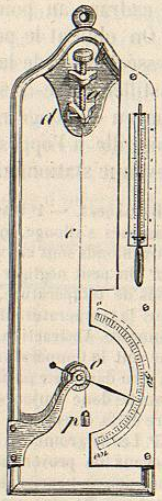

Fig. 751.

Le cheveu c est maintenu, à son bout supérieur, par une pince serrée avec une vis de pression d. Cette pince s'élève ou s'abaisse, pour tendre le cheveu, au moyen d'une vis b dont l'écrou, placé au-dessus de a, est fixe. Si le cheveu était noué, il en résulterait une torsion qui rendrait l'allongement irrégulier. A sa partie infé-

rieure, il s'enroule sur une poulie à deux gorges *o*, à laquelle il est fixé. Sur la deuxième gorge s'enroule en sens contraire un fil de soie qui supporte un petit poids *p*. Enfin l'axe de la poulie porte une aiguille qui se meut sur un cadran gradué. Quand le cheveu se raccourcit, sa contraction relève l'aiguille; lorsqu'il s'allonge, le poids *p* la fait descendre.

Graduation du cadran. — On marque zéro au point où, à la température ordinaire, l'aiguille s'arrête dans de l'air complètement desséché, et 100 au point où elle s'arrête dans de l'air saturé de vapeur d'eau; puis on partage l'intervalle compris entre ces deux points en 100 parties égales : ce sont les degrés de l'hygromètre.

Le zéro, ou *point d'extrême sécheresse*, se détermine en plaçant l'hygromètre sous une cloche de verre dont on dessèche l'air avec des substances très avides d'eau, comme le chlorure de calcium ou le carbonate de potasse calciné. L'air perdant peu à peu son humidité, le cheveu se raccourcit et fait tourner la poulie et son aiguille, mais très lentement. Au bout de quinze à vingt jours seulement, l'aiguille devient stationnaire, ce qui indique que l'air de la cloche est complètement desséché. On marque alors zéro sur le cadran, au point correspondant à l'aiguille.

On obtient le point d'extrême humidité en retirant les matières desséchantes de la cloche, et en mouillant ses parois avec de l'eau distillée. Celle-ci se vaporise, sature bientôt l'air de la cloche, et le cheveu s'allonge rapidement. Le contrepoids *p* fait alors tourner l'aiguille à l'opposé du zéro. En moins de deux heures, elle est devenue stationnaire : on marque 100 au point où elle s'arrête.

Remarques. — 1° D'après Saussure, un cheveu tendu par un poids de 3 décigrammes s'allonge, entre zéro et le degré 100 de $\frac{1}{46}$ de sa longueur. Les cheveux blonds sont ceux dont l'allongement est le plus régulier.

2° On peut négliger les allongements du cheveu qui seraient dus aux variations de température, car la dilatation correspondante à une différence de 35° dans la température de l'air ne déplace l'aiguille que des $\frac{3}{4}$ d'un degré de l'hygromètre. Abstraction faite de cette faible dilatation, on observe que, quelle que soit la température, l'aiguille de l'hygromètre revient toujours exactement au zéro dans l'air parfaitement sec, et au degré 100 dans l'air saturé : le cheveu absorbe donc toujours la même quantité d'eau, quelles que soient la température et la densité de la vapeur.

3° Les hygromètres à cheveu ont plusieurs inconvénients. Construits avec des cheveux de provenances diverses, ils ne sont pas comparables : leurs indications peuvent varier de plusieurs degrés, quoique étant d'accord aux deux points extrêmes. De plus, un même hygromètre ne reste pas comparable à lui-même, le cheveu s'allongeant par la tension prolongée du poids qu'il supporte. C'est pourquoi le meilleur système de graduation consiste en un cadran entier divisé, *à zéro arbitraire*, sur lequel on détermine de temps à autre la position des points d'extrême sécheresse et d'extrême humidité.

734. **Table de graduation de Gay-Lussac.** — L'expérience montre que les indications de l'hygromètre à cheveu ne sont *nullement proportionnelles* à l'état hygrométrique de l'air. Par exemple, lorsque l'aiguille marque 50 degrés, nombre qui correspond au milieu du cadran, l'air est loin d'être à moitié saturé. Il a donc fallu déterminer empiriquement l'état hygrométrique correspondant à chaque degré de l'instrument. Gay-Lussac y est parvenu à l'aide d'un artifice expérimental fondé sur le fait suivant : *Les vapeurs émises par une dissolution saline ou acide ont une tension maximum d'autant plus faible, pour une même température, que la quantité de sel ou d'acide dissous est plus considérable* (692).

On plaçait l'hygromètre à cheveu sous une cloche dans laquelle était un mélange d'eau et d'acide sulfurique, et on notait le degré marqué par l'hygromètre dans cette atmosphère saturée. Pour obtenir la tension correspondante de la vapeur sous la cloche, on faisait passer dans le vide d'un baromètre quelques gouttes de la même dissolution acide. La dépression du mercure dans le baromètre donnait alors la tension de la vapeur dans la cloche, puisque, à l'état de saturation et à température égale, la force élastique d'une vapeur est la même dans le vide que dans l'air (728, 1°). En cherchant enfin, dans les tables des forces élastiques, la tension de la vapeur saturée à la température de l'air sous la cloche, on avait les deux termes du rapport qui représente l'état hygrométrique de l'air correspondant au degré marqué par l'hygromètre (731). En répétant cette mesure avec des dissolutions acides plus ou moins concentrées, et à la température de 10°, Gay-Lussac a trouvé dix termes de la table suivante ; les autres ont ensuite été calculés par Biot, à l'aide de formules d'interpolation.

États hygrométriques correspondant aux degrés de l'hygromètre à cheveu à la température de 10°.

DEGRÉS DE L'HYGROMÈTRE.	ÉTATS HYGROMÉTRIQUES.	DEGRÉS DE L'HYGROMÈTRE.	ÉTATS HYGROMÉTRIQUES.
0	0,000	55	0,318
5	0,022	60	0,363
10	0,046	65	0,414
15	0,070	70	0,472
20	0.094	72	0,500
25	0,120	75	0,538
30	0,148	80	0,612
35	0,177	85	0,696
40	0,208	90	0,791
45	0,241	95	0,891
50	0,278	100	1,000

Remarque. — On voit que l'hygromètre à cheveu marque 72° quand l'air est à moitié saturé. Comme c'est à ce degré que correspond le plus souvent l'aiguille de l'hygromètre à la surface du sol, on en conclut que l'air contient, en moyenne, la moitié de la vapeur nécessaire pour le saturer. Dans nos climats, l'hygromètre ne descend jamais jusqu'à 100 degrés, même après les pluies les plus abondantes. Pendant les plus grandes sécheresses, il monte rarement au delà de 30°. Lorsqu'on s'élève dans l'atmosphère, l'aiguille marche, en général, vers zéro.

Expériences de Regnault. — Selon Gay-Lussac, cette table de graduation était applicable à tous les hygromètres à cheveu. Mais Regnault a reconnu que les indications de ces instruments varient avec l'origine des cheveux, leur couleur, leur finesse, le mode de dégraissage; en sorte que, pour obtenir des indications précises, il faut une table particulière pour chaque hygromètre. Cela prouve combien ces instruments offrent d'incertitudes et de difficultés.

735. **Hygromètres à condensation.** — Les hygromètres à condensation sont construits d'après un principe tout différent, dû à Leroy, médecin de Montpellier.

Principe. — Si l'on refroidit progressivement un corps tel que le vase en verre A (fig. 752), placé dans une atmosphère non saturée, il arrive un moment où l'air qui est en contact avec la surface du vase, et qui se refroidit avec lui, atteint la température où la vapeur d'eau qu'il contient devient saturante. Cette vapeur se condense alors, et se dépose en *buée* ou *rosée* à la surface refroidie. Un thermomètre intérieur indique, à cet instant, la température du *point de rosée*, c'est-à-dire la température de saturation de la couche d'air ambiante.

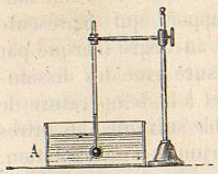

Fig. 752.

De cette simple observation on peut déduire l'état hygrométrique du lieu. En effet, dans un espace libre qui contient un mélange d'air et de vapeur à la pression atmosphérique, lorsque la température *s'abaisse*, la force élastique de la vapeur *reste constante*, car elle augmente autant par la diminution de volume du mélange gazeux qu'elle décroît par l'abaissement de température. Or cette tension, qui, à la température initiale, était plus ou moins inférieure à la tension maximum, finit nécessairement par devenir maximum lorsque la température s'abaisse indéfiniment. Quand la vapeur est ainsi devenue saturante dans la couche d'air qui se refroidit, pour peu que la température s'abaisse encore, le point de saturation est dépassé, et il y a condensation. Cet instant est indiqué précisément par la production de rosée. Si donc on cherche, dans les tables des forces élastiques, la tension f correspondant à la température du point de rosée, cette tension sera précisément celle que possédait la vapeur d'eau au moment de l'expérience. En prenant aussi, dans les mêmes tables, la tension maximum F de la vapeur à la température extérieure de l'air, le quotient $\frac{f}{F}$ représentera l'état hygrométrique de l'atmosphère.

Par exemple, la température de l'air étant 15°, supposons que le *point de rosée* soit 5°. En cherchant dans les tables des forces élastiques les tensions correspondantes à 5° et à 15°, on trouve f égal à 6mm,544 et F égal à 12mm,600 : ce qui donne 0,514 pour le rapport $\frac{f}{F}$, c'est-à-dire pour l'état hygrométrique.

Types divers d'hygromètres à condensation. — Les divers hygromètres fondés sur ce principe ne diffèrent entre eux que par la facilité plus ou moins grande de production de la rosée, et par la précision de l'observation du point de rosée. L'hygromètre de Daniell est le premier en date, mais le moins précis. Il a été perfectionné successivement par Regnault et par M. Alluard.

736. **Hygromètre de Daniell.** — *Description de l'instrument.* — Il se compose de deux boules de verre bleu (verre au cobalt), réunies par un tube deux fois recourbé (fig. 753). La boule A est aux deux tiers remplie d'éther, où vient plonger un petit thermomètre renfermé dans le tube. Les deux boules et le tube ont été complètement purgés d'air. Pour cela on fait bouillir l'éther qui est dans la boule A, pendant que la boule B est encore ouverte, puis on ferme celle-ci à la lampe lorsqu'on juge que les vapeurs d'éther ont entraîné tout l'air, de sorte que le tube et la boule B ne contiennent plus que de la vapeur d'éther.

Opération. — La boule B étant enveloppée de mousseline, on verse de l'éther par-dessus, goutte à goutte. Ce liquide, en se vaporisant, refroidit la boule et ce refroidissement produit la condensation des vapeurs qu'elle contient. La tension intérieure étant alors diminuée, l'éther de la boule A donne aussitôt de nouvelles vapeurs qui viennent se condenser de même dans l'autre boule, et ainsi de suite. Or, à mesure que le liquide distille ainsi, de la boule inférieure à la boule supérieure, l'éther qui est dans la première se refroidit ; il en est de même de la couche d'air qui est au contact de la boule, et l'on voit se déposer la rosée, sous la forme d'un anneau, à la hauteur de la surface libre du liquide.

Pour obtenir le *point de rosée* avec plus de précision, on observe une deuxième fois la température au moment où la rosée disparaît par suite du réchauffement, et l'on prend la moyenne entre cette température et celle de la précipitation. Il est bon que, pendant cette expérience, l'hygromètre soit placé dans un courant d'air, sur une fenêtre ouverte par exemple, afin que l'évaporation de l'éther sur la mousseline soit plus rapide. La température de l'air est donnée par un thermomètre placé sur le pied même de l'appareil.

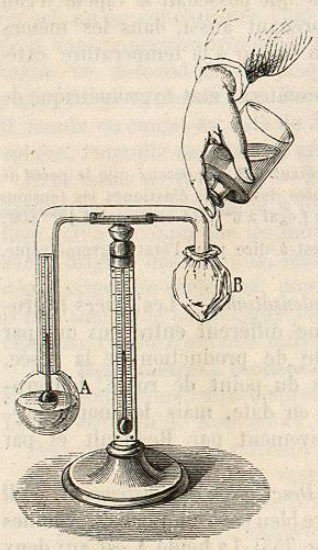

Fig. 755.

Critique de l'instrument.—L'hygromètre de Daniell offre plusieurs causes d'erreur : 1° l'évaporation dans la boule A ne refroidissant le liquide qu'à la surface, le thermomètre qui y plonge ne peut donner avec précision la température du point de rosée; 2° l'observateur, se tenant auprès de l'appareil, modifie l'état hygrométrique de l'air ambiant, ainsi que sa température.

737. **Hygromètre de Regnault.** — Regnault a construit un hygromètre à condensation où ces causes d'erreur sont supprimées.

Description. — Cet instrument se compose de deux dés d'argent, à parois minces et polies, de 45 millimètres de hauteur et 20 de diamètre (fig. 754). Dans ces dés s'ajustent deux tubes de verre D et E. Chacun d'eux contient un thermomètre très sensible fixé à l'aide d'un bouchon. Le bouchon du tube D est traversé par un tube A ouvert à ses deux bouts et plongeant jusqu'au fond du dé. De plus, le tube D est mis en communication par le pied même du support et par un tuyau de plomb avec un aspirateur G rempli d'eau. Le tube E ne communique pas avec l'aspirateur; il contient seulement un thermomètre destiné à faire connaitre la température de l'air au moment de l'expérience.

Opération. — Pour faire fonctionner l'appareil, on verse de l'éther dans le tube D, jusqu'au milieu environ, puis on ouvre le robinet de l'aspirateur. L'eau qui remplit celui-ci s'écoule, et l'air se raréfie dans le tube D. Par l'effet de la pression atmosphérique, de l'air rentre alors par le tube A; mais comme cet air ne peut pénétrer dans le tube D et dans l'aspirateur qu'en passant au travers de l'éther, il vaporise une partie de ce liquide, et le refroidit ainsi d'autant plus vite que l'écoulement est plus rapide. Il vient un moment où le refroidissement détermine un dépôt de rosée sur le dé, de même que dans l'hygromètre de Daniell. On note alors la température du thermomètre T; au momen où la buée disparait, on marque de nouveau la température du même thermomètre, et l'on prend la moyenne pour la température du point de rosée. On a ainsi les éléments nécessaires pour calculer l'état hygrométrique.

Critique de l'instrument. — Dans l'hygromètre de Regnault, toute la masse d'éther est à la même température, à cause de l'agitation que lui imprime le

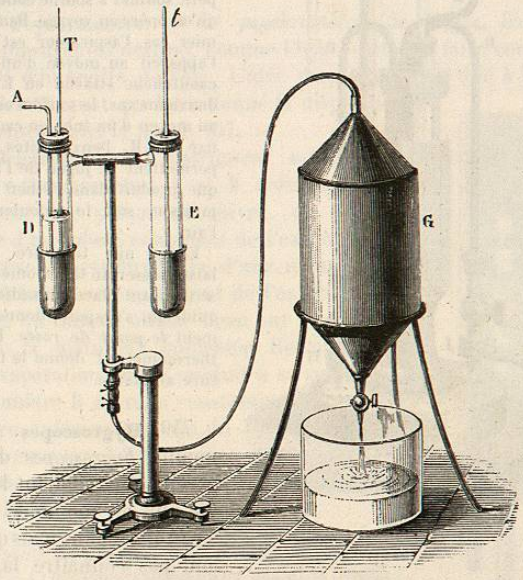

Fig. 754.

courant d'air; de plus, les observations se font à distance au moyen d'une lunette; toute cause d'erreur est donc écartée. C'est un véritable instrument de précision; mais il a l'inconvénient d'exiger une manœuvre délicate. De plus, le dépôt de rosée, se produisant sur un cylindre d'argent poli, est difficile à saisir. Aussi cet hygromètre est-il forcément d'un usage peu répandu.

738. **Hygromètre de M. Alluard.** — *Principe.* — M. Alluard a notablement simplifié l'hygromètre de Regnault sans lui rien enlever de sa précision, de manière à en rendre l'emploi plus facile et par suite plus général. Son appareil se distingue par les deux points suivants : 1° la partie sur laquelle le dépôt de rosée doit être observé est *une face plane* A, bien polie, en argent ou en laiton doré (fig. 755); 2° cette face plane est encadrée dans une lame d'argent ou de laiton B, dorée et polie elle-même, qui ne la touche pas, et qui, n'étant jamais refroidie, conserve toujours le même éclat. Il en résulte que le dépôt de rosée s'observe avec tant de netteté sur la surface A, qu'on ne trouve presque pas de différence entre la température de dépôt et celle de disparition de la rosée.

Description. — L'appareil a la forme d'un prisme droit à base carrée. Trois petits tubes de cuivre CG, DF et E traversent le couvercle supérieur ; CG pénètre

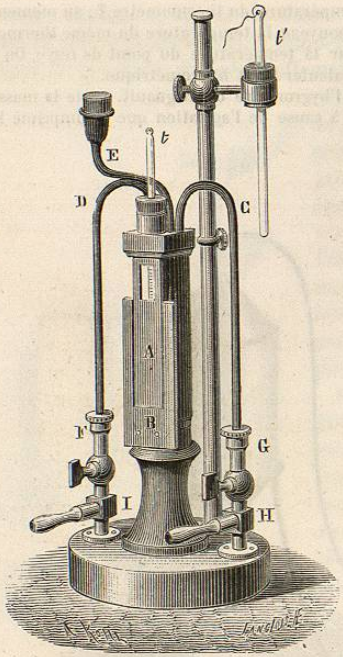

Fig. 755.

jusqu'au fond et les deux autres débouchent en haut. Le tube E est muni d'un entonnoir pour introduire l'éther. On produit l'évaporation et le refroidissement, soit à l'aide d'un aspirateur lorsqu'on opère à poste fixe, soit à l'aide d'un petit soufflet à souffle continu lorsqu'on opère en voyage. Dans le premier cas, l'aspirateur est relié à l'appareil au moyen d'un tube en caoutchouc attaché en I. Dans le deuxième cas, le soufflet est adapté au moyen d'un tube en caoutchouc fixé en H. Deux petites fenêtres permettent de juger de l'agitation que produit dans l'éther soit l'aspiration, soit le refoulement de l'air.

Enfin, une tubulure centrale laisse passer un thermomètre *t* qui, se trouvant placé au milieu du liquide qui s'évapore, donne exactement *le point de rosée*. Un autre thermomètre *t'* donne la température ambiante.

739. **Hygroscopes.** — On nomme *hygroscopes* des appareils qui indiquent bien s'il y a plus ou moins de vapeur d'eau dans l'air, mais qui n'en font pas connaître la quantité. On en construit de plusieurs sortes : les plus employés sont ceux auxquels on donne la forme de petits personnages, par exemple de capucins, dont la tête se couvre d'un capuchon ou se découvre (fig. 756, I), selon que l'air est plus ou moins humide. Ces instruments sont fondés sur la propriété qu'ont les cordes et les boyaux tordus de se détordre par l'action de l'humidité, et de se tordre davantage par la sécheresse. Les mouvements de la pièce

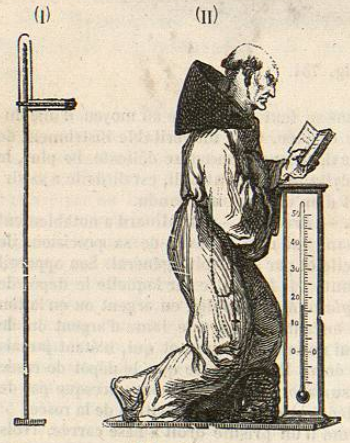

Fig. 756.

mobile sont produits par un petit boyau tordu, qui s'y attache d'un bout et est relié de l'autre bout à un point fixe (fig. 756, II). Ces hygroscopes sont paresseux, c'est-à-dire qu'ils fonctionnent très lentement et que leurs indications sont toujours en retard sur les variations hygrométriques de l'air ; de plus, ils sont fort peu sensibles.

740. **Psychromètre.** — Le *psychromètre* (de ψυχρός, froid, et μέτρον, mesure) est destiné, comme l'hygromètre, à faire connaître le degré d'humidité de l'air. L'idée première en est due à Leslie ; mais c'est August qui lui a donné la disposition représentée dans la figure 757.

1° *Description.* — L'instrument se compose de deux thermomètres A et B, fixés parallèlement sur une plaque de cuivre, de part et d'autre d'un tube C contenant de l'eau distillée. Le réservoir B est enveloppé d'une mousseline ; une mèche de coton, partant de l'extrémité inférieure du tube C, amène l'eau sur la mousseline et la maintient humectée. Refroidi ainsi par l'évaporation qui se produit à sa surface, le thermomètre B marque constamment une température inférieure à celle du thermomètre A ; la différence est d'autant plus grande que l'évaporation est plus rapide et, par suite, l'air moins humide.

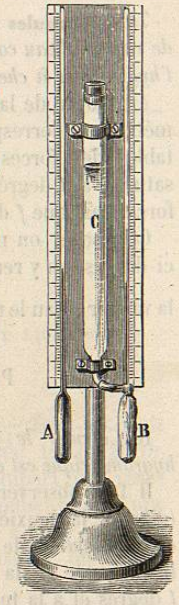

Fig. 757.

2° *Formule du psychromètre.* — C'est de cette différence $(t - t')$ des températures qu'on déduit la tension x de la vapeur dans l'air ambiant. On se sert, pour cela, de l'équation

$$[1] \qquad A(t - t') = \frac{F' - x}{H},$$

où t représente la température du thermomètre sec, t' celle du thermomètre mouillé, F' la tension de la vapeur saturée à t' degrés, H la pression atmosphérique, et A un coefficient qui est constant pour un même instrument.

Cette équation exprime que *la chaleur reçue par le thermomètre mouillé* (laquelle, d'après la loi de Newton que nous verrons plus loin, est proportionnelle à la différence $t - t'$) *est égale à la chaleur enlevée par l'évaporation* (laquelle, d'après Dalton, est directement proportionnelle à la différence $F' - x$ et inversement proportionnelle à H). Cette sorte d'équilibre est atteint lorsque le thermomètre mouillé a pris une température fixe t'.

3° *Opération.* — Il faut commencer par déterminer A. A cet effet, on mesure x directement, à l'aide de l'hygromètre de Regnault, puis on substitue la valeur ainsi trouvée à la place de x dans l'équation [1], qui donne alors pour des valeurs particulières de $(t - t')$, F' et H, la valeur inconnue de A. En portant cette constante dans l'équation, on la rend propre à fournir ensuite les valeurs de x

correspondantes aux différentes valeurs de t et de t' observées à l'aide du psychromètre.

4° *Critique de l'instrument.* — Regnault a constaté que le coefficient A n'est pas absolument constant pour un même instrument; il varie d'abord entre 0,00075 et 0,00130, suivant que l'air est très sec ou très humide; il varie encore avec la rapidité du renouvellement de l'air; il varie enfin suivant que le psychromètre est placé à l'air libre ou à l'intérieur : il s'ensuit que les indications de cet instrument présentent toujours quelque incertitude. A la température de 0° et au-dessous, on ne peut nullement compter sur son exactitude. C'est là un grand inconvénient dans les observations météorologiques, pour lesquelles néanmoins il est presque exclusivement employé. Il y aurait avantage à lui substituer dans la pratique l'hygromètre Alluard.

741. **Formules relatives à l'hygrométrie.** — I. *Calculer le poids de vapeur d'eau contenu dans un volume d'air* V, *à la température* t, *l'hygromètre à cheveu marquant* m *degrés.*

Au moyen de la table Gay-Lussac (734), on trouve l'état hygrométrique e correspondant à m degrés de l'hygromètre, et dans les tables des forces élastiques on trouve la tension F de la vapeur saturée à t degrés; l'équation $f = F \times e$ fait alors connaître la force élastique f de la vapeur dont on cherche le poids.

Cela posé, on n'a plus qu'à appliquer la formule démontrée ci-dessus, en y remplaçant F par f et en adoptant pour la densité de la vapeur d'eau le nombre $\frac{5}{8}$ (au lieu de 0,622). On a

$$P = V \,.\, 1^{gr},293 \cdot \frac{5}{8} \cdot \frac{Fe}{760} \cdot \frac{1}{1+\alpha t}.$$

II. *Calculer le poids* P *d'un volume d'air humide* V *dont l'état hygrométrique est* e, *la température* t *et la pression* H.

Il faut observer que le volume d'air donné n'est autre chose (d'après la deuxième loi des mélanges des gaz et des vapeurs) qu'un mélange de V litres d'air sec à t degrés et sous une pression H diminuée de la tension de la vapeur, et de V litres de vapeur à t degrés et à la tension donnée par l'état hygrométrique : on doit donc calculer séparément le poids de l'air et celui de la vapeur.

La formule connue $f = F \times e$ sert à calculer la tension f de la vapeur qui est dans l'air, e étant donné et F se trouvant dans les tables. La tension f une fois connue, si l'on appelle f' la force élastique propre de l'air, on a

$$f + f' = H, \quad \text{d'ou} \quad f' = H - f = H - Fe.$$

La question est donc ramenée à calculer le poids de V litres d'air sec à t degrés et à la pression $(H - Fe)$, puis celui de V litres de vapeur, également à t degrés, mais à la pression Fe. Ce problème

a été traité ci-dessus, et il est résolu par les formules

$$[1] \qquad p = V \,.\, 1^{gr},293 \cdot \frac{1}{1+\alpha t} \cdot \frac{H - Fe}{760},$$

$$[2] \qquad p' = V \,.\, 1^{gr},293 \cdot \frac{5}{8} \cdot \frac{1}{1+\alpha t} \cdot \frac{Fe}{760}.$$

En ajoutant ces équations membre à membre, on a la formule définitive

$$[3] \qquad P = V \,.\, 1^{gr},293 \cdot \frac{1}{1+\alpha t} \cdot \frac{H - \frac{5}{8}Fe}{760}.$$

CHAPITRE XII

CALORIMÉTRIE.

—

CHALEURS SPÉCIFIQUES DES CORPS SOLIDES ET LIQUIDES. CHALEURS SPÉCIFIQUES DES GAZ.

742. **Définitions préliminaires.** — *Calorimétrie.* — Tous les effets calorifiques étudiés précédemment (variations de température, dilatations, changements d'état), ainsi que la plupart des réactions chimiques, sont accompagnés d'un dégagement ou d'une absorption de chaleur sensible. La calorimétrie a pour objet de mesurer les quantités de chaleur qui apparaissent ou disparaissent dans ces circonstances variées.

Calorimètres. — Les méthodes de mesure sont appelées *méthodes calorimétriques*, et les appareils qui servent à les appliquer sont des *calorimètres.*

Calorie. — Enfin on mesure directement les quantités de chaleur non pas en *unités absolues*, mais avec une *unité secondaire* de même espèce, qu'on appelle la *calorie.* La *calorie* est la quantité de chaleur nécessaire pour élever de 0° à 1° la température de l'*unité de poids* d'eau pure.

743. **Chaleurs spécifiques.** — On constate facilement que des poids égaux de différents corps, étant placés dans les mêmes conditions physiques, se comportent très différemment