

---

# NOUVEL HYGROMÈTRE A CONDENSATION,

PAR M. HENRI GILBAULT,

Professeur - agrégé au Lycée de Toulouse.



Pour déterminer l'humidité absolue ou l'humidité relative avec un hygromètre à condensation, il faut observer exactement :

- 1° Le moment d'apparition du dépôt de rosée;
- 2° La température de la surface sur laquelle se produit ce dépôt.

Jusqu'ici un grand nombre de physiciens se sont attachés à perfectionner les procédés d'observation du premier point, c'est-à-dire de l'apparition du dépôt de rosée.

Mais on ne s'est pas préoccupé également de la seconde partie des mesures, c'est-à-dire de la détermination de la température de la surface sur laquelle se produit le dépôt de rosée. Dans les hygromètres de Daniell (1), de Regnault (2), de M. Alluard (3) et de M. Crova (4), on admet que la température donnée par un thermomètre plongé dans le liquide réfrigérant est égale à celle de la surface métallique extérieure sur laquelle se produit la condensation; mais ce point ne saurait être admis, le liquide réfrigérant, qui est de l'éther ou du sulfure de carbone, ayant une conductibilité thermique très faible. Récemment M. Dufour (5) a proposé d'employer, comme lame de condensation, une plaque de cuivre rouge argentée ayant 0<sup>cm</sup>,12 d'épaisseur, percée suivant son grand axe d'un trou pouvant contenir un thermomètre autour du réservoir duquel est tassée de la limaille de cuivre rouge très fine. « L'avantage principal que présente cet hygromètre est que

---

(1) DANIELL, *Annales de Gilbert*, t. LXV, p. 169; 1827.

(2) REGNAULT, *Annales de Chimie et de Physique*, 3<sup>e</sup> série, t. XV, p. 129; 1845.

(3) ALLUARD, *Journal de Physique*, 1<sup>re</sup> série, t. VII, p. 328; 1878.

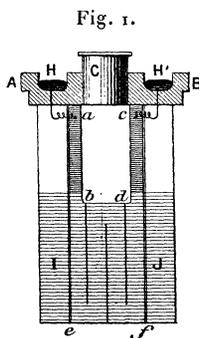
(4) CROVA, *ibid.*, 2<sup>e</sup> série, t. II, p. 166; 1883.

(5) DUFOUR, *ibid.*, 2<sup>e</sup> série, t. VIII, p. 74; 1889.

la température du thermomètre varie d'une façon beaucoup plus régulière et graduelle que ce n'est le cas lorsqu'il plonge dans le liquide volatil ; en outre et surtout, la température qu'il donne se rapproche beaucoup plus de celle de la surface polie du métal que ne peut le faire un thermomètre plongé simplement dans le liquide. » Mais, comme le fait observer très justement M. Dufour lui-même, le thermomètre, dans les conditions précédentes, ne donne pas encore exactement la température de la surface extérieure de la lame de cuivre argentée, à cause de la non-homogénéité de la masse thermométrique : bloc de cuivre et thermomètre.

Supposons que l'on prenne une lame métallique infiniment mince et de faible dimension, qu'on la fasse adhérer à l'une des faces d'une lame de verre refroidie par son autre face et que l'on puisse déterminer exactement la température de cette plaque de métal, indépendamment de la lame de verre, au moment de l'apparition du dépôt de rosée ; on aurait un hygromètre parfait. Or il existe un procédé très délicat pour évaluer la température d'une lame métallique infiniment mince : il suffit d'en mesurer la résistance électrique. C'est ce procédé que j'ai employé.

*Description de l'appareil.* — Après un certain nombre d'essais, je me suis arrêté à un appareil en verre ayant la forme d'un prisme à base carrée (*fig. 1*) dont la base a  $2^{\text{cm}},5$  de côté et dont la hauteur est de  $7^{\text{cm}},5$ . La face



antérieure, en verre plus mince que le reste, est d'abord recouverte sur toute sa surface de platine, par exemple, par le procédé de M. Dodé <sup>(1)</sup> et de M. Jouglet <sup>(2)</sup> ou par celui de M. Cailletet <sup>(3)</sup>, puis, au moyen d'acide,

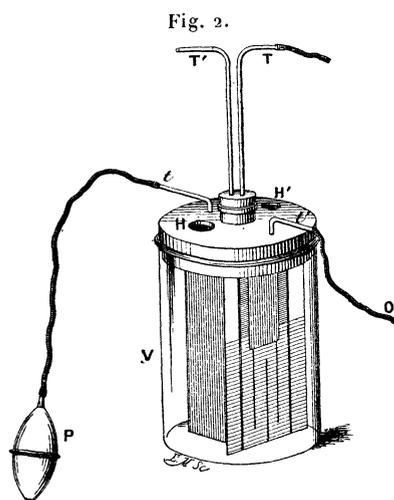
<sup>(1)</sup> DODÉ, *Bulletin de la Société chimique*, t. III, p. 398; 1865.

<sup>(2)</sup> JOUGLET, *ibid.*, t. XIII, p. 477.

<sup>(3)</sup> CAILLETET, *Société de Physique*; 1891. — *La Nature*, t. I, p. 91; 1891.

on enlève le platine de la région *abcd* en même temps que l'on trace sur le platine restant des traits en chicane ayant 1<sup>mm</sup> de largeur et destinés à offrir un plus long parcours au courant; la surface de ces traits est enduite de gomme laque. Les languettes *ab* et *cd* de platine sont recouvertes d'une forte couche de cuivre électrolytique, ce qui permet de leur souder des fils de platine qui établissent la communication avec des godets de mercure H et H' où se font les prises de contact; ces godets sont creusés dans une pièce d'ébonite AB qui est traversée en son centre par le col du flacon de verre auquel elle est mastiquée.

De chaque côté de la surface *bdef* sont des lames de verre platiné, abso-



lument semblables à celui de la surface voisine, et qui servent de contraste. Cet ensemble est placé dans un vase cylindrique V dont la pièce d'ébonite AB forme le couvercle; un tube *t'* auquel est relié un caoutchouc met l'appareil en communication avec la région O dont on veut déterminer l'état hygrométrique; un second tube *t* qui descend jusqu'au fond du vase V est relié par un tube de caoutchouc à une poire de même matière P qui produit une aspiration et détermine le passage de l'air dans l'appareil. Dans l'intérieur du petit flacon de verre *abcdef*, on place de l'éther que l'on vaporise facilement au moyen d'un barboteur TT' (*fig. 2*).

*Détermination du coefficient de variation de la résistance électrique du platine avec la température.* — La mesure de la température de la lame de platine infiniment mince *bdef* devant être faite par la détermination de sa résistance électrique, il faut, au préalable, connaître exactement

la résistance de cette lame à 0° et la loi de sa variation avec la température. Pour déterminer cette loi j'ai placé le petit flacon de verre *aecf* dans un bain d'huile de naphte dont la température, qu'on pouvait faire varier, était déterminée exactement au moyen d'un bon thermomètre donnant le  $\frac{1}{20}$  de degré. Les résistances étaient mesurées au moyen du pont simple de Wheatstone, car en général les appareils ont une résistance variant entre 300 et 600 ohms.

Comme résultat de mes expériences, j'ai trouvé qu'entre 0° et 30° on pouvait représenter la résistance  $R_t$  à la température de  $t^\circ$  en fonction de la résistance  $R_0$  à 0° par une formule de la forme

$$(1) \quad R_t = R_0(1 + \alpha t - \beta t^2),$$

dans laquelle

$$\alpha = 0,002882$$

et

$$\beta = 0,00000531.$$

Or de l'équation précédente on déduit

$$(2) \quad t = \frac{1}{R_0(\alpha - \beta t)} (R_t - R_0),$$

et, comme  $\beta$  est très petit, on peut, dans une première approximation, le négliger; on obtient ainsi une première valeur de  $t$  qui permet, en se reportant à une Table calculée pour chaque instrument, d'avoir la valeur du coefficient  $\frac{1}{R_0(\alpha - \beta t)}$  et par suite une valeur exacte de  $t$ .

*Marche d'une expérience.* — Lors d'une expérience, la résistance *HabdeH* (*fig. 1*) forme l'une des branches d'un pont de Wheatstone. Le galvanomètre employé est un modèle Thomson à double enroulement, très sensible et observé par la méthode de Poggendorff. On commence par ramener, à la température où l'on se trouve, le galvanomètre au zéro en ne laissant passer le courant qu'un temps excessivement court, ce qu'on est forcé de faire si l'on emploie pour les mesures une boîte à pont. On fait ensuite passer dans le vase V, en actionnant la poire de caoutchouc P, de l'air dont on veut déterminer l'état hygrométrique; en même temps on met en marche l'aspirateur qui vaporise l'éther et refroidit par conséquent la lame de platine; pendant ce refroidissement, qu'on peut conduire lentement, on enlève de temps en temps des fiches à la boîte de résistance de

façon à ramener le galvanomètre au zéro, de sorte que, lorsque le dépôt de rosée apparaît, on n'a presque plus rien à faire pour que le galvanomètre reste immobile. On peut du reste recommencer plusieurs fois l'apparition de la rosée qui est très fugitive et disparaît instantanément, surtout pendant le passage du courant nécessaire aux mesures. La résistance  $R_t$  ainsi mesurée permet, comme nous l'avons dit précédemment, de calculer la température  $t$  à laquelle apparaît le dépôt de rosée et de connaître par suite la tension de la vapeur dans l'air.

Quant au dépôt de rosée, on peut saisir très exactement le moment où il se produit en observant par réflexion, sur la lame de platine, l'image d'une tige de cuivre rouge; lorsque la surface du platine est sèche et brillante, l'image de la tige est rouge; au contraire, dès que la condensation aqueuse se produit, l'image, tout en conservant sa forme et sa netteté, se décolore.

*Évaluation de l'approximation des résultats donnés par l'appareil.*

— On peut se demander *a priori* si la formation du dépôt de rosée à la surface de la lame de platine *befd* n'en modifie pas la résistance électrique; en outre, à la surface des traits qui divisent cette lame pour en augmenter la longueur, il peut également se condenser de la vapeur d'eau, ce qui constituerait un conducteur nouveau produisant une dérivation.

Mais, comme je l'ai dit, les traits sont recouverts de gomme laque, ce qui évite le dépôt de rosée, et la condensation qui se produit à la surface de la lame métallique est si fugitive qu'elle disparaît pendant les mesures et qu'il n'y aurait pas lieu d'en tenir compte; toutefois, même en admettant la persistance, pendant les mesures, de ce dépôt et lui assignant une épaisseur nécessairement trop grande, on reconnaît que son influence ne pourrait même pas s'exercer sur le  $\frac{1}{10000}$  de la valeur de la résistance; or, si l'on peut évaluer la résistance de la lame de platine avec cette approximation, ce qu'on obtient sans difficulté avec le pont de Wheatstone, on peut par contre en évaluer la température à  $\frac{1}{28}$  de degré près.

Du reste, j'ai fait à cet égard des expériences qui lèvent toute espèce de doute. Je prenais une série de flacons laveurs de faibles dimensions que j'assemblais de façon qu'un courant gazeux pût les traverser, tout en barbotant dans le liquide qu'ils contenaient; à la suite de ces flacons, je plaçais une colonne contenant du verre pilé sur lequel je faisais couler le même liquide. Cet ensemble était placé dans une grande cuve contenant de l'eau à une température constante et connue. Si le liquide contenu dans les flacons laveurs était, comme je le faisais, un mélange d'eau et d'acide

sulfurique en proportions bien définies, l'air qui avait traversé cet ensemble d'appareils en sortait possédant de la vapeur d'eau à une tension parfaitement connue et donnée par des Tables construites par Regnault (1).

Or, j'ai opéré de cette façon à différentes températures avec des mélanges d'eau et d'acide sulfurique répondant aux formules  $\text{SO}^3, 8\text{HO}$  et  $\text{SO}^3, 12\text{HO}$ . Le Tableau suivant, dans lequel j'ai consigné mes résultats, contient, dans la première colonne, les températures des appareils de saturation; dans la deuxième colonne, la composition des solutions employées; dans la troisième rangée sont placés les nombres donnés par Regnault pour les tensions de vapeur des solutions inscrites dans la première rangée; la quatrième colonne renferme les températures  $t$  indiquées par l'hygromètre lorsque se produit la condensation, l'appareil étant placé dans de l'air saturé par les solutions dont la composition se trouve dans une même ligne horizontale; enfin la cinquième colonne renferme les tensions de la vapeur d'eau à la température  $t^\circ$ .

Tableau.

Température.	Composition des solutions.	Tension de vapeur des solutions.	$t^\circ$	
			Température de condensation donnée par l'hygromètre.	Tension de la vapeur d'eau à $t^\circ$ (2).
15.....	$\text{SO}^3, 8\text{HO}$	6,194	4,19	6,179
18.....	»	7,495	7,01	7,497
14.....	$\text{SO}^3, 12\text{HO}$	8,425	8,78	8,448
17.....	»	10,222	11,72	10,268

Or les nombres de la troisième et de la cinquième colonne sont semblables et ne diffèrent au maximum que de  $0^{\text{mm}}, 046$ , c'est-à-dire que la tension absolue de la vapeur d'eau dans l'air est évaluée au moins au  $\frac{4}{1000}$  près.

En terminant, je suis heureux de pouvoir remercier publiquement M. le Professeur Berson de la bienveillante hospitalité qu'il a bien voulu m'accorder à son laboratoire de la Faculté des Sciences de Toulouse et qui m'a permis d'entreprendre ces recherches.

(1) REGNAULT, *Annales de Chimie et de Physique*, 3<sup>e</sup> série, t. XV, p. 181; 1845.

(2) *Ibid.*, p. 139; 1845.