



## E S S A I

D'HYGROMÉTRIE OU SUR LA MESURE DE L'HUMIDITÉ.

PAR M R. L A M B E R T.

## §. I.

Quoique de tous les Instrumens dont la Météorologie a été enrichie depuis plus d'un siècle, il n'y en ait gueres ou aucun qui ne demande encore quelque perfection ultérieure, on peut dire que celle des Hygrometres est restée le plus en arriere. Le barometre, dès sa premiere invention, parla au moins un langage intelligible: le thermometre ne le parla pas d'abord. Ce n'est qu'en 1714 que *Fahrenheit* remit à Mr. *Wolf* deux thermometres correspondans, & encore aujourd'hui ce langage n'est que comparatif. Mais les hygrometres se trouvent toujours dans la même imperfection qu'ils avoient depuis leur premiere découverte. C'est cependant l'instrument qu'on a le plus diversifié, vu le grand nombre d'especes très différentes les unes des autres qu'il y en a. Il semble même qu'on s'est plutôt appliqué à les varier & à leur donner plusieurs ornemens, qu'à les considérer de plus près, pour apprendre à en connoître le langage, & à le rendre intelligible. Comme ce langage ne laisse pas d'être intéressant, j'ai cru ne point perdre mon tems en faisant là-dessus les recherches que je vais exposer dans ce Mémoire, & qui pourront donner lieu à en faire ensuite bien d'autres. Entrons pour cet effet en matiere.

§. 2. Il n'est pas nécessaire d'expliquer ce que c'est que l'*humidité*. On n'a qu'à passer par un brouillard pour s'en appercevoir; car c'est une humidité qui tombe sous la vue & le tact. On la voit encore dans les vapeurs qui s'élevent des fluides bouillonnans. Elle se rend aussi visible, quand pendant l'hyver elle s'attache aux fenêtrés, ou qu'elle  
couvre



couvre les objets exposés à l'air en forme de bruine, ou enfin lorsqu'elle se présente en forme de rosée, qui couvre la surface chevelue des plantes d'une infinité de petites gouttes. Enfin elle s'attache visiblement aux corps vitrés, métalliques &c. lorsque pendant l'hyver on les transporte du froid dans des chambres chauffées. En tout cela il n'y a rien qui ne soit connu de tout le monde. Un corps se nomme *sec*, lorsqu'il n'y a pas d'humidité perceptible; mais, si l'humidité va à un degré excessif, alors le corps est dit *mouillé*, ou encore *trempe*, lorsque pour le mouiller on le plonge dans l'eau ou quelque autre liqueur aqueuse. L'air est *humide*, lorsqu'il est sensiblement chargé de particules aqueuses; & quand il ne l'est pas sensiblement, on dit qu'il est *sec*. *Le degré d'humidité de l'air* c'est la masse ou encore le poids de toutes les particules aqueuses, qui nagent dans un certain volume p. ex. dans un pied cube d'air. Voilà donc à quoi doit se réduire le langage des hygrometres. Ce langage sera le plus intelligible, & en Physique il y a quantité de recherches qui l'exigent. Il faut savoir ce langage lorsqu'il s'agit de la vitesse du son. Il est encore d'un grand usage dans la théorie des hauteurs barométriques. Il fait un article essentiel dans toute la Météorologie. Et même l'économie peut en tirer plus d'un usage, ne fût-ce que l'estimation du plus ou moins d'humidité des demeures, qui non seulement influe très considérablement sur la santé, mais encore sur tout ce qu'on y garde & sur les demeures elles-mêmes. Ce même langage répandra encore du jour sur la nutrition des végétaux, auxquels l'humidité peut être & utile & nuisible. Tâchons donc de la poursuivre dans les principaux phénomènes qu'elle offre pour être évalués & mesurés. Commençons pour cet effet à la voir dans sa naissance.

§. 3. Tout le monde fait ce que c'est que *l'évaporation*. L'eau s'évapore. C'est un phénomène qui ne sauroit être plus connu. Pour sécher un corps mouillé quelconque, on fait qu'on n'a qu'à l'exposer à l'air. On fait qu'il sèche moins vite lorsque l'air est humide, & que pour le sécher plus promptement, c'est au feu qu'il faut l'exposer. On fait encore que le soleil d'été sèche efficacement, & que pendant l'hy-



ver le fourneau chauffé le fait également. Tout cela est connu, & même très connu. En est-il de même de la mesure de tous ces effets? C'est ce que je ne dirai pas. Ce n'est pas cependant qu'on n'ait rien fait à cet égard. Les meuniers, à qui il importe quelquefois de ménager l'eau, surtout en temps de sécheresse & dans les endroits où les sources sont peu abondantes ou même sujettes à tarir, les meuniers, dis-je, ont depuis longtems eu occasion de tenir compte de l'évaporation de l'eau. Mais tout cela ne se faisoit qu'en gros. La fameuse question sur l'origine des sources & des rivières occasionna des recherches plus exactes; & de là vint aussi que parmi les instrumens météorologiques on rangea encore ceux qu'on fit pour mesurer la quantité des pluies & celle des évaporations.

§. 4. Dans les expériences qu'on a faites à cet égard, il n'étoit d'abord question que de savoir en gros combien d'eau il s'évapore par an. Mr. de *Muffchenbroek* paroît avoir été un des premiers qui ont songé à examiner, si l'évaporation s'accroît simplement en raison des surfaces, ou si la profondeur de l'eau entre également en ligne de compte. Il crut pouvoir déduire de ses expériences, qu'à surfaces égales la quantité d'eau qui s'évapore en tems égaux des vases cylindriques ou prismatiques est en raison des racines cubiques des hauteurs, de sorte qu'un vase de 8 pouces de hauteur évaporerait deux fois plus, qu'un autre qui ne seroit que d'un pouce de hauteur, toutes choses d'ailleurs égales. J'ignore si cet illustre Physicien a eu égard à toutes les circonstances; mais je vois bien à quoi la question peut être réduite lorsqu'il s'agit de la considérer physiquement. On sait qu'il s'éleve de l'eau, surtout lorsqu'on la chauffe, un grand nombre de petites bulles d'air. Leur mouvement en montant est accéléré, & cela est très visible. Ensuite elles augmentent de volume d'une façon également visible. La raison de l'un & de l'autre phénomène est très claire. La vitesse s'augmente parce que ces bulles sont 800 fois plus légères que l'eau. Ensuite elles sont moins comprimées à mesure qu'elles montent davantage. Enfin en montant il s'y joint encore de l'air qui se trouve dans les interstices de l'eau, par lesquels elles se font chemin

en



en montant. Tout cela est très clair, & susceptible d'un calcul que j'ai fait il y a plus de 12 ans, mais que je supprimerai ici, parce que je le trouve assez étranger au but que je me propose. Je dirai donc seulement que ces bulles d'air, quand elles parviennent à la surface, la soulèvent; ce qui se comprend aisément par les forces de cohésion. Quelques unes restent dans cet état pendant plus ou moins de tems. Enfin la pellicule d'eau qu'elles élèvent s'éténue en ce que l'eau découle, comme dans les bulles de savon, jusqu'à ce qu'enfin elles crevent en une infinité de petites gouttes, dont les plus grosses retombent dans l'eau, tandis que les plus petites nagent dans l'air. On voit que par là le volume de l'eau diminue du moins tant soit peu, & si c'étoit là la seule cause de l'évaporation, il est clair que la profondeur de l'eau entreroit en ligne de compte, & que par la même raison l'évaporation dépendroit encore de la figure du vase. On voit aussi que l'évaporation se feroit dans une raison beaucoup plus forte de la profondeur que celle que Mr. de *Musschenbroek* assigne. Car, comme à la bulle qui monte se joint tout l'air qu'elle rencontre, il est clair que l'accroissement de son volume dans chaque élément de l'espace est en raison de la surface du volume qu'elle a déjà acquis.

§. 5. Mais il s'en faut de beaucoup que ce soit là la seule cause de l'évaporation, quoique sans contredit elle soit d'un grand effet dans les évaporations violentes, je veux dire dans la fermentation & dans l'ébullition, où c'est par force que l'air est chassé des interstices qu'il occupoit. Mais partout où cet état violent n'a pas lieu, le nombre des bulles n'est pas fort grand & il diminue même jusqu'à cesser enfin tout à fait. Mais, comme nonobstant cela l'évaporation va son train, il est clair qu'il faut en chercher une autre cause. Avec tout cela la question de la profondeur de l'eau subsiste encore; car il est clair que, si la cause de l'évaporation se trouvoit dans l'eau même, elle croîtroit plus ou moins en raison de la profondeur & généralement en raison de la masse de l'eau. L'expérience de Mr. de *Musschenbroek* semble l'insinuer, & j'avois fait moi-même au mois de Janvier 1755 une expérience qui me conduisoit au même résultat; car ayant versé dans un petit vase



vasé parallépipède de 240 grains d'eau, & l'ayant suspendu à une des balances que j'ai décrites dans les *Acta Helvetica*, dans une chambre qu'on chauffoit deux fois par jour, je trouvai l'évaporation plus forte au commencement que vers la fin. Il est vrai que le froid extérieur augmentant, la chambre s'en ressentit, au point que le thermometre de Réaumur restoit de 4 degrés plus bas. Mais je ne crus pas d'abord que cette différence pût altérer considérablement la vitesse de l'évaporation. Ensuite le résultat différa totalement de la regle de Mr. de *Muffchenbroek*. Je vis donc qu'il falloit entrer plus avant dans cette recherche.

§. 6. Comme cependant je différois d'une année à l'autre, le 8<sup>me</sup> Tome des Mémoires de l'Académie Royale de Suede me tomba entre les mains; j'y vis que Mr. *Wallerius* non seulement révoquoit en doute la regle de Mr. de *Muffchenbroek*, mais qu'en détaillant les nombreuses expériences qu'il avoit faites, il établit que l'évaporation se fait simplement en raison des surfaces, sans que la profondeur y entre pour rien. Il conclut encore que la vitesse de l'évaporation dépend de la chaleur & du vent, & ensuite il rapporte un grand nombre d'expériences faites sur l'évaporation des eaux salées & d'autres liquides. Toutes ces expériences paroissent faites avec beaucoup de soin, quoique pour la plupart d'entr'elles Mr. *Wallerius* n'ait employé que quelques heures ou tout au plus un ou deux jours. La principale loi qu'il établit, c'est celle des surfaces; & je n'hésite pas d'en inférer que la cause de l'évaporation ordinaire, c. à d. non-violente, (§. 4.) n'est pas dans l'eau, mais qu'elle doit être cherchée dans la contiguité de l'air & de l'eau, ou pour parler plus clairement, il faut envisager l'air comme un fluide corrosif, dissolvant & absorbant, & établir que l'évaporation se fait par maniere de *solution*, ou que l'eau se dissout dans l'air comme les sels se dissolvent dans l'eau, ou les métaux dans l'eau forte ou régale.

§. 7. Le but de ce Mémoire exigeant des expériences faites sur l'eau douce, j'ai cru devoir faire moi-même toutes celles qui pourront  
ront

ront y être de quelque utilité. Je commençai donc, pour m'assurer de la règle des surfaces, en observant l'évaporation qui se feroit de plusieurs verres à très peu près cylindriques, & de différente grandeur, non pendant quelques heures, mais pendant plusieurs mois, c. à d. depuis le 24 Avril 1767 jusqu'au 5 Septembre de la même année. J'aurois même continué ces expériences quelques semaines de plus, si je n'avois délogé alors. En voici le détail.

Je pris 5 verres à très peu près cylindriques, & j'en mesurai la hauteur, le diamètre de la base & celui d'en haut, en lignes du pied de Paris. Je numérotai ces verres par N<sup>o</sup>. 1, 2, 3, 4, 5. C'est ce que j'observe ici, afin de pouvoir y rapporter ce que je dirai dans la suite de ce Mémoire. Les mesures se trouverent être

N <sup>o</sup> .	Hauteur	Diam. de la base	Diam. d'en haut	Volume
1	80	31	34 $\frac{3}{4}$	39 pouces cub.
2	59 $\frac{1}{2}$	28	32	24 $\frac{1}{2}$
3	38	26	32	14 $\frac{5}{8}$
4	29	18	20 $\frac{1}{2}$	5
5	25	14	18	3

Ensuite je les remplis d'eau que j'avois eue plusieurs heures dans la chambre. Tous ces verres furent placés sur le fourneau, qui dès-lors ne se chauffoit plus. Pendant tout le tems de l'observation ils y restèrent sans que personne y touchât. Au bout de quelques jours il s'y posa successivement un peu de poussière, mais qui partie coula à fond, partie s'attacha au verre à mesure que l'évaporation fit baisser la surface de l'eau. De cette façon l'eau elle-même resta claire pendant tout le tems de l'observation. Afin d'en mesurer la partie évaporée, j'avois d'avance collé à chaque verre en dehors une échelle divisée en lignes, en sorte qu'en mettant l'œil de niveau avec la surface, je voyois sans peine à quelle hauteur elle s'arrêtoit chaque fois. Le fourneau étoit de côté, en sorte que le vent n'y passoit pas directement. La plus grande partie du tems de ces observations une fenêtre du côté de l'Orient resta ouverte de jour, & pendant les grandes chaleurs qu'il fit

cette année-là au mois d'Août, je la laissai encore ouverte de nuit, quoiqu'en abaissant le rideau. Cependant je vis que tout cela n'altéroit pas beaucoup l'évaporation, quoique toutes les fois que la fenêtre resta fermée, elle diminuât sensiblement. Mais, pour aller d'abord au devant des doutes qui pourroient en naître au sujet de la règle de Mr. de *Muffchenbroek*, on voit qu'il étoit nécessaire de prendre des verres de très différente hauteur. C'étoit le moyen d'avoir les résultats simultanés & successifs de l'évaporation. Les quatre premières semaines me mirent en état de juger du reste. De là vient aussi que vers la fin je me bornai à répéter l'observation une fois par semaine, en négligeant même les circonstances du tems.

§. 8. Je renfermerai les résultats observés dans la table suivante, où la première colonne marque les jours & les heures, le signe — signifiant avant midi & le signe + après midi. Les cinq colonnes suivantes marquent les hauteurs de l'eau observées dans chaque verre en lignes & parties décimales de ligne. La septième colonne indique l'état de l'air, la huitième la hauteur du barometre, que je crois avoir été d'une ou de deux lignes trop bas, la neuvième les degrés du thermometre de Réaumur & enfin la dixième fait voir si la fenêtre a été ouverte ou non.

J. H. 1767.	1.	2.	3.	4.	6.	Temps.	Barom.	Th.	Fenêtre.
Avr. 24 + 5	78,0	57,2	35,7	27,2	21,1	clair, nuées	27. 8 $\frac{3}{4}$	11 $\frac{1}{2}$	ouverte de
25 — 8	77,9	57,1	35,6	27,1	21,0	couvert	27. 11	10 $\frac{1}{2}$	jour
+ 3	77,2	56,8	35,3	26,8	20,7	nuées	27. 11	10 $\frac{1}{2}$	- - -
26 + 3	77,0	56,4	34,9	26,4	20,3	clair	27. 11 $\frac{3}{4}$	10 $\frac{1}{2}$	- - -
27 + 5	76,5	55,8	34,3	26,1	19,8	clair	27. 8 $\frac{3}{4}$	11	- - -
28 + 3	76,2	55,4	33,9	25,7	19,2	clair, nuées	27. 10 $\frac{1}{2}$	11	- - -
29 + 4	75,8	55,2	33,5	25,2	18,6	couvert, nuées	28. 2	11 $\frac{1}{2}$	- - -
30 + 3	75,3	54,8	33,2	24,8	18,2	clair	28. 1 $\frac{1}{2}$	10 $\frac{1}{2}$	- - -
Mai 1 + 7	74,8	54,4	32,7	24,3	17,7	clair	28. 1 $\frac{1}{2}$	9	- - -
2 + 5	74,6	54,0	32,4	23,9	17,3	cl. flocc. de neige	27. 10 $\frac{1}{2}$	9 $\frac{1}{2}$	- - -
3 + 5	74,1	53,7	31,9	23,4	17,0	nuées	27. 11	8	- - -
4						clair, pluie			fermée
5 + 4	73,3	53,0	31,4	22,8	16,3	couvert, pluie	27. 6	9	- - -
6 + 5	73,2	52,7	31,1	22,4	15,9	couvert, nuées	27. 7 $\frac{1}{4}$	9	- - -



Planche I.  
Fig. 1.

§. 9. Je ne m'arrêterai pas à faire de longues comparaisons entre les nombres de cette table, tandis qu'on les fera comme d'un seul coup d'œil quand ces nombres se changent en figure. Car on comprend sans peine que le tems peut être représenté par des-abscisses, & que les ordonnées pourront représenter la hauteur de l'eau. C'est ce que j'ai fait dans la premiere Figure, où on voit la ligne des abscisses divisée en semaines à commencer depuis le 26 Avril. On y voit encore les cinq lignes courbes 1, 2, 3, 4, 5, dont les ordonnées expriment la hauteur de l'eau dans les verres répondans à ces numéros. L'ordonnée du 26 Avril est divisée en pouces, & le premier pouce en 12 lignes, servant d'échelle pour les ordonnées. De cette maniere on voit d'abord que ces cinq lignes courbes ne se courbent pas beaucoup, mais qu'elles gardent entr'elles un certain parallélisme. D'abord elles ne baissent pas beaucoup, & cela vient de ce qu'au mois de Mai la fenêtre étoit souvent fermée & la chaleur très petite. Mais vers le mois de Juin ce double obstacle de l'évaporation cessa, & cela fait aussi que ces courbes dès-lors baissent davantage. Vers la fin de ce mois la chaleur diminua & la fenêtre ne fut pas toujours ouverte; aussi voit-on que ces courbes alors baissent un peu moins, quoique toujours fort parallèlement. Il est donc visible que la regle de Mr. *Wallerius* est très fondée, & qu'on peut établir que l'évaporation suit simplement la raison des surfaces, ou bien que la hauteur verticale diminue en raison simple du tems, toutes choses d'ailleurs égales, c. à d. même exposition, même chaleur, même air &c.

§. 10. Comme dans ces observations les verres se trouvoient dans la chambre, il est très naturel de conclure que l'évaporation se fit plus lentement que s'ils avoient été exposés à l'air extérieur, & surtout à un air d'été bien sec. Je trouve cependant qu'en prenant un terme moyen l'évaporation pendant 120 jours avoit été de 66 lignes ou  $5\frac{1}{2}$  pouces, ce qui pendant toute une année produiroit à très peu près 18 pouces. Et c'est là précisément la hauteur moyenne de la pluie de toute une année. On voit qu'il y a là des circonstances qui se compensent. Car, quoiqu'en été l'évaporation soit plus forte en plein air, il n'est pas douteux qu'en échange elle ne soit beaucoup moins

moins forte en d'autres tems, & surtout pendant les grands froids, ou lorsque l'air, pour être déjà surchargé d'humidité, n'en reçoit plus davantage.

§. 11. Mais, pour voir ce qui arriveroit non seulement en plein air, mais même au soleil de la canicule, je me prévalus de quatre beaux jours successifs qu'il fit depuis le 6 jusqu'au 9 Août de la même année. Je remplis donc les verres N<sup>o</sup>. 2, 3, 4, 5, & je les exposai à une fenêtre ouverte, où le soleil donnoit depuis le matin jusqu'au soir, vu que la fenêtre avoit le soleil du midi en face à environ 5 degrés près. Et quoique le beau tems fût interrompu, je ne laissai pas de continuer ces observations jusqu'à ce que l'eau fût toute évaporée, ce qui arriva de la façon qu'on va voir dans la Table suivante.

J.	H.	1.	2.	3.	4.	5.	Temps.	Th.	Fenêtre
Août 6	10		48,5	34,0	26,2	20,2	serain		ouverte
7	1		44,2	28,7	20,8	14,2	serain	22	rideau
8	8		40,6	25,7	18,0	10,2	serain, clair	25	abaissé
9	8		36,6	22,3	13,8	5,3	serain	25	
10	8		33,5	19,2	11,0	1,5	clair	25	
11	8		30,5	16,0	7,5		couvert, clair	25	
12	8		27,2	12,8	4,5		clair	25	
13	7½		24,0	9,8			clair		
14	8		20,5	7,0			clair, nuées	21	
15	10		17,5	2,5			nuées, pluie	20	
16	8		15,4				clair, pluie	19	
17	8		11,7				soleil, pluie	17	
18	8		10,0				nuées, sol. couv.	17	
19	9		8,0				pluie, couvert	17	
20	8		7,2				couvert, soleil	15	
21	8		5,3				nuées, pluie	15	
22	8		4,3				soleil	15	
23	8		3,0				couvert, soleil	17	
24	8		1,5				nuées, pluie	17	
25	8		0,5				soleil	17	



Fig. 1. §. 12. On voit bien qu'ici tout alloit plus vite. En effet le verre N<sup>o</sup>. 5. fut mis à sec en 4½ jours, tandis que dans l'expérience précédente il fallut 45 jours, & partant 10 fois plus de tems. Sur cette table j'ai construit la seconde Figure, où on voit les quatre lignes courbes N<sup>o</sup>. 2, 3, 4, 5, répondantes aux quatre verres employés dans cette expérience. L'abscisse est divisée en jours, depuis le 6 d'Août jusqu'au 14, & le premiere ordonnée représente les pouces & lignes de la hauteur de l'eau. Les courbes sont encore ici fort peu courbes, mais le parallélisme n'est plus si bien observé, surtout la courbe N<sup>o</sup>. 5. baissa plus fortement, ce que je crois venir de ce que le verre ayant été plus petit, il pouvoit se chauffer plus facilement. Ensuite, pour fermer la fenêtre vers la nuit, il falloit ôter les verres, & la difficulté de les remettre dans la même position paroît avoir produit l'anomalie qui se voit dans la courbe N<sup>o</sup>. 4. depuis le 10 d'Août. Enfin les verres ne pouvoient pas tout à fait être placés en sorte que le soleil commençât & cessât d'y donner dans un même instant. Avec tout cela on voit que les courbes sont presque droites, & qu'elle affectent sensiblement le parallélisme. J'en infere qu'encore dans les cas où le soleil contribue à accélérer l'évaporation, elle suit simplement la loi des surfaces, en ce que la hauteur de l'eau diminue en raison simple du tems, toutes choses d'ailleurs égales.

§. 13. Au mois d'Octobre je remplis encore le verre N<sup>o</sup>. 3, & je le plaçai devant une fenêtre vers le Nord, où le soleil ne donnoit point. L'eau dans ce verre depuis le 22 Octobre jusqu'au 15 Novembre baissa par la simple évaporation depuis 33 lignes de hauteur jusqu'à 24,7 lignes, & partant de 8,3 en 24 jours, ce qui est moins que dans la premiere expérience. Aussi le thermometre pendant ces 24 jours s'arrêta toujours entre 5 & 9 degrés au dessus du tempéré.

§. 14. Mais, pour achever d'examiner la regle des surfaces, je profitai de l'hyver suivant, pour placer les verres sur le fourneau chauffé. Je n'y mis d'abord que le verre N<sup>o</sup>. 3, afin d'en voir le résultat

sultat comme en gros. Comme le froid n'étoit pas encore très fort, je ne fis chauffer que le matin. Le thermometre en plein air se trouva d'un ou de 2 degrés au dessous du terme de congélation, & dans la chambre il varia entre 8 & 12 degrés, suspendu près de la fenêtre. J'observai la hauteur de l'eau chaque matin avant qu'on chauffât, & elle se trouva

le 3 Decembre	-	-	30,5	lignes
4	-	-	26,5	
5	-	-	21,2	
6	-	-	17,0	
7	-	-	10,5	
8	-	-	5,5	
9	-	-	0	

De là je vis que l'évaporation étoit très considérable, & qu'elle n'étoit gueres inférieure à celle du 6 — 10 Août produite par le soleil en plein air.

§. 15. Là-dessus je plaçai sur le fourneau les verres N°. 2, 3, 5, & l'évaporation se trouva être

		J.	H.	I.	2.	3.	4.	5.
1767. Dec.	10	—	8		56,5	33,3		21,0
			0		56,0	32,3		19,5
		+	2½		54,7	32,0		18,5
		+	9		54,2	31,6		17,2
	11	—	9		53,5	31,0		16,8
			0		52,8	30,3		14,3
			2		51,8	29,4		13,0
			6		51,0	28,5		11,6



12	0	48,6	26,6	8,7
+	8	46,2	24,8	5,6
13	9	45,5	23,6	4,6
	0	45,0	23,2	2,6
+	12	42,7	21,3	0
14	9	42,0	21,0	
+	12	38,0	17,0	
15	9	37,5	16,5	
	0	36,4	15,0	
+	10	35,0	14,0	
16	$9\frac{1}{2}$	34,2	12,8	
17	9	28,8	7,6	
	0	27,2	5,2	
+	6	25,3	3,3	
18	$8\frac{1}{2}$	24,0	2,1	
	0	20,6	0	21,6 rempli de nouveau
+	$2\frac{1}{2}$	19,6		19,7
19	9	17,5		17,5
	0	15,0		14,0
+	6	12,0		10,0
20	$8\frac{1}{2}$	10,7		9,0
	0	9,0		6,2
+	2	7,2		3,6
+	7	6,0		1,5
21	11	0		0
22	9	57,8		rempli de nouveau
	0	55,2		
+	2	51,8		
+	8	49,0		



23	—	8	48,0			
		0	46,0			
	+	10	42,7			
24	—	9	42,0			
	+	2	38,6			
	+	9	36,2			
25	—	8	35,7			
		0	32,8			
	+	9	29,0			
26	—	8	27,2			
		0	24,0			
27	—	8	20,0			
		0	17,0			
	+	2	15,0			
28	—	9	12,7			
	+	2	6,6			
	+	8	5,2			
29	—	9	4,5			
		0	0			

§. 16. Ces observations confirment assez sensiblement la loi des surfaces. Les petites irrégularités qui s'y observent, proviennent non seulement de ce qu'il n'étoit pas possible de chauffer également, mais de ce que peu à peu il falloit chauffer davantage à cause du froid qui alloit en augmentant, de sorte que le 15 il commença à geler & le 26 le thermometre en plein air baissa jusqu'à 8 degrés au dessous du terme de la glace. L'évaporation en devint plus forte & même d'une façon assez régulière. Je dois encore remarquer que les verres N<sup>o</sup>. 2. & 5. se trouverent placés assez également; mais le verre N<sup>o</sup>. 3. avoit été plus près du mur. Cela fit aussi qu'il se chauffa moins, & que l'évaporation en fut plus lente. Du reste je supprime les lignes courbes que j'ai construites d'après ces observations. Elles se cour-



bent assez régulièrement, en sorte que, nonobstant les petites inflexions journalières qui leur donnent une figure serpentante, elles tournent la concavité vers l'axe, ce qui est une marque de l'évaporation accélérée. J'ai par-là appris encore qu'il falloit les répéter d'une façon plus détaillée, & surtout qu'il falloit mettre dans l'eau un thermomètre, afin de tenir compte des changemens de chaleur.

§. 17. Pour cet effet je n'employai que le verre N°. 3, que je plaçai tout près de la partie supérieure du fourneau. J'y plongei un thermomètre; j'en avois un autre à côté de la fenêtre du midi, & un troisième en plein air au Nord. Je marquai encore le tems qu'il faisoit, & l'heure où le fourneau fut chauffé. Ces observations durerent depuis le 2 Janvier jusqu'au 6; le 5 il fallut remplir de nouveau le verre, & le 7 je le remplis encore, en le plaçant un peu plus près du mur. Voici les observations telles que je les ai faites.

1768. Janv.	J.	H.	N°. 3.	Temps	Thermometres		
					dans le verre	dans la chambre	en plein air
	2	— 9 $\frac{1}{2}$	33,5	<i>chauffé</i> - -	0	6	— 13
		— 10	33,7	<i>brouillard</i> -	35		
		— 11	33,1	- - - -	50		
		+ 0 $\frac{1}{2}$	31,3	- - - -	48		
		+ 2	29,7	- - - -	40	10	
		+ 3,10	28,8	<i>soleil</i> - -	34		
		+ 8,10	27,0	<i>clair</i> - -	28		
	3	— 9, 0	25,8	<i>chauffé, clair</i>	8	3 $\frac{1}{2}$	— 14
		— 10,10	25,8	- - - -	28	5 $\frac{1}{4}$	
		+ 0,45	23,7	<i>soleil</i> - -	50	8	
		+ 2,10	21,4	<i>clair</i> - -	43		
		+ 3,55	20,3	- - - -	35		
		+ 8,45	18,3	- - - -	18		



4	-	8, 0	17,3	<i>chauffé</i> - -	6	$2\frac{3}{4}$	-	$14\frac{1}{2}$
	-	10,20	17,3	- - - -	23	4		
	-	11,56	15,9	- - - -	49	7		
	+	1,20	13,6	- - - -	45	9		
	+	5,50	10,9	nuées - -	25	6		
5	-	8,45	9,1	<i>chauffé, clair</i>	8	2	-	13
	-	10,55	8,5	- - - -	49	6		
	-	11,54	5,9	- - - -	56	9		
	+	0,55	3,0	- - - -	50	10		
	+	2,12	34,7	- - - -	28	10		rempli de nouveau
	+	6,55	32,8	<i>chauffé</i> - -	30	8		
	+	8, 1	31,8	- - - -	44	9		
	+	9, 5	30,7	- - - -	43	$9\frac{1}{2}$		
	+	10,10	29,5	- - - -	38	$9\frac{1}{2}$		
	+	10,40	29,3	- - - -	36	9		
6	-	8,43	26,7	<i>chauffé</i> - -	12	5		
	-	9,55	26,4	- - - -	24	6		
	-	10,28	26,2	- - - -	42	$7\frac{1}{2}$		
	-	10,55	25,5	- - - -	53	9		
	-	11,15	25,0	- - - -	58	10		
	-	11,34	24,0	- - - -	60	11		
	+	0,12	22,2	- - - -	60	$11\frac{1}{2}$		
	+	0,48	21,0	- - - -	56	12		
	+	1,12	20,0	- - - -	52	$12\frac{1}{4}$		
	+	1,42	19,1	- - - -	50	$12\frac{1}{4}$		
	+	2, 6	18,1	- - - -	48	$12\frac{1}{4}$		
	+	4, 9	15,9	- - - -	35	11		
	+	4,42	15,7	- - - -	32	$10\frac{1}{4}$		
	+	5,50	15,0	- - - -	30	10		
	+	7, 7	14,2	- - - -	27	9		
	+	8,10	13,8	- - - -	22	$8\frac{1}{2}$		
	+	9, 8	13,8	- - - -	21	8		



7	-	8,40	35,5	chauffé - -	6	4 $\frac{1}{3}$	- 9	rempli de nouveau
	-	9,24	35,5	- - - -	11	5		
	-	10, 0	35,4	- - - -	20	5 $\frac{1}{2}$		
	-	11,53	34,2	- - - -	45	10		
	+	0,45	33,5	- - - -	42	11		
	+	1,22	33,0	nuées minces	40	11 $\frac{1}{2}$		
	+	2, 8	32,2	chauffé - -	38	10		
	+	3, 4	31,6	chauffé - -	38	10 $\frac{3}{4}$		
	+	6,38	29,1	- - - -	37	10 $\frac{1}{2}$		
	+	7,43	28,8	- - - -	34	10 $\frac{1}{2}$		
	+	8,30	28,2	- - - -	31	10 $\frac{1}{4}$		
	+	10,13	27,4	- - - -	26	9 $\frac{3}{4}$		
8	-	8,15	25,6	chauffé - -	11	5 $\frac{1}{2}$	- 10	
	-	9,33	25,2	- - - -	22	6 $\frac{1}{2}$		
	-	10, 7	25,1	- - - -	30	7 $\frac{1}{2}$		
	-	10,45	25,0	- - - -	35	8		
	+	0,21	23,8	- - - -	37	9		
	+	1,25	23,0	- - - -	35	9 $\frac{1}{4}$		
	+	2,58	21,9	- - - -	30	9		
	+	9, 6	18,8	chauffé - -	18	7		
	+	10, 6	18,6	- - - -	31	7 $\frac{1}{2}$		
9	-	8,20	16,6	chauffé - -	12	5	- 8 $\frac{1}{2}$	

Fig. 3. Dans ces expériences il arriva à propos que les trois premiers jours l'eau se chauffa à un degré près également. Cela m'engagea à comparer la marche du thermometre avec l'abaissement de l'eau dans la troisieme Figure. L'axe y est divisé en jours & le premier jour en heures. On y voit de même pour les ordonnées une échelle qui représente les lignes de l'abaissement de l'eau & une autre qui représente les degrés du thermometre. La courbe pour l'abaissement de l'eau descend en serpentant, mais on voit que cela se fait les trois premiers jours entre deux droites paralleles; le cinquieme elle descend au dessous

fous, mais aussi alors le thermometre avoit été de 10 degrés plus haut, & cela explique l'anomalie qui se voit là où la courbe va joindre l'axe. Comme, les trois jours précédens, la marche du thermometre étoit à très peu près la même, on voit aussi que les inflexions de la courbe de l'évaporation sont très semblables. Il s'ensuit donc que la loi des surfaces a lieu encore quand l'eau est chauffée jusqu'au 50 degré du thermometre de Réaumur. On voit encore combien le degré de chaleur influe sur la vitesse de l'évaporation.

§. 18. Comme dans toutes ces expériences je me suis borné à mesurer la hauteur de l'eau, afin de ne point remuer les verres, il est clair que cette hauteur a toujours été augmentée par la dilatation produite par la chaleur. Mais l'effet n'influe presque en rien sur le résultat de ces observations. Car l'eau se dilate à peine la moitié autant qu'un esprit de vin médiocre, de sorte qu'encore que nous supposions une dilatation de 40 sur 1000 pour l'intervalle entre la glace & l'eau bouillante, cela ne produiroit qu'une dilatation de 25 sur 1000 pour les 50 degrés du thermometre, de sorte que la hauteur de l'eau n'en fut augmentée que d'une  $\frac{1}{40}$  partie, tout au plus. Or, comme l'eau se chauffa fort vite, l'effet qui en résulta fut que, tandis que le fourneau fut chauffé, ou tandis que le thermometre monta, la hauteur de l'eau resta presque la même, & qu'elle en baissa ensuite un peu plus vite quand le thermometre descendit. Mais, l'effet étant très petit, j'en ai fait abstraction, quoique du reste il eût été facile de faire la réduction requise.

§. 19. Pour ce qui regarde l'observation du 6 Janvier, je l'ai représentée plus en grand dans la quatrième Figure. L'abscisse est divisée en heures, & la première heure de 10 en 10 minutes. Pour les ordonnées on y voit deux échelles, dont la première est pour le thermometre, la seconde pour l'évaporation. La courbe ABC fait voir la marche du thermometre, ou l'échauffement de l'eau. Et la courbe DEF offre l'abaissement de sa surface. Je me suis servi d'une semblable figure, mais dessinée plus en grand, pour comparer la vitesse de l'évaporation avec les degrés de chaleur. Pour cet effet il fallut

Fig. 4.



pour chaque ordonnée PH tirer une tangente EG, afin d'en inférer : Comme le tems PG est à EP, ainsi un tems de 24 heures à un quatrième nombre, qui exprime combien de lignes s'évaporent dans l'intervalle d'un jour lorsque la chaleur de l'eau est pendant tout ce tems = PH. Par ce moyen je trouvai qu'il répond à la

chaleur de						l'évaporation diurne de
61°	-	-	-	-	-	67 lignes
60	-	-	-	-	-	65
49	-	-	-	-	-	39½
35	-	-	-	-	-	17,2
23	-	-	-	-	-	8,7

Fig. 5.

Ces nombres, avec une légère correction qu'il fallut donner au dernier, forment la courbe de la cinquième Figure. Les abscisses sont divisées en degrés du thermomètre, & les ordonnées en pouces & lignes de l'évaporation répondante. Comme la courbe tourne sa convexité vers l'axe, il s'enfuit que l'évaporation augmente en plus forte raison que les degrés du thermomètre.

§. 20. Dans ces expériences la chaleur n'alloit que jusqu'au 60 degré, tandis que l'eau bouillante va jusqu'au 80<sup>m</sup>. Il restoit encore à voir ce qui arriveroit lorsque l'eau bouilliroit excessivement. Pour cet effet je pris un cylindre de fer blanc, d'un diamètre de 16 lignes, & de la hauteur de 22 lignes. J'y versai de l'eau bouillante & l'ayant mis sur la braise, pour continuer l'ébullition, je trouvai que dans l'espace de 25 minutes toute l'eau s'étoit évaporée. Le cylindre ayant été rempli à 20 lignes de hauteur, cela donne 48 lignes ou 4 pouces par heure, & partant 96 pouces ou 8 pieds par jour. Cette quantité est très considérable. Mais ce n'est plus la simple évaporation qui la produit. L'eau bouillonna excessivement, & jeta une infinité de petites gouttes dans l'air, dont une grande partie ne tomba plus dans le cylindre à cause du peu de largeur qu'il avoit. Du reste j'ai déjà observé ci-dessus ce qui arrive dans cette espèce d'évaporation

ration



ration violente (§. 4.) & cela fait qu'elle ne sauroit être comparée avec les expériences que je viens de rapporter.

§. 21. Il seroit assez difficile d'assigner *a priori* une équation algébrique, qui satisfît à la courbe qu'offre la cinquieme Figure. Il faudroit pour cet effet mieux connoître la façon dont l'air agit sur l'eau & les forces de cohésion qui s'y opposent dans l'eau même; mais nous pourrons toujours indiquer les symptomes généraux, auxquels cette courbe doit satisfaire. D'abord, on sait que la vertu corrosive ou dissolvante de l'air agit encore sur la glace. Cela fait que le point A, quoiqu'il réponde au terme de congélation, n'est pas le commencement de la courbe, mais que la courbe y coupe l'axe ou la ligne des abscisses sous un angle fini, de sorte que l'abscisse peut encore devenir négative, quoique suivant toute apparence il y ait pour les premiers degrés négatifs quelque petite anomalie. Ensuite, comme la courbe tourne assez uniformément sa convexité vers la ligne des abscisses, il n'est pas douteux que cela ne continue au delà du 60<sup>me</sup> degré de chaleur, quoiqu'à mesure qu'elle s'approche du 80<sup>me</sup> degré, les effets de l'évaporation violente (§. 4.) commencent à devenir sensibles & à prédominer enfin. Cela fait donc croître les abscisses encore plus fortement qu'elles ne croissent dans la figure, qui ne s'étend que jusqu'au 60<sup>me</sup> degré. On peut tirer de cette courbure quelque conclusion relativement aux forces qui agissent dans l'évaporation. Car, comme l'évaporation suit la loi des surfaces, j'en ai déjà inféré ci-dessus que la force active doit être cherchée dans l'air (§. 6.). Cette force agit avec plus de facilité lorsque les forces de cohésion dans l'eau se trouvent diminuées, & il est clair que la chaleur y contribue par la dilatation qu'elle produit. Cette dilatation diminue les forces de cohésion, parce qu'on voit que l'eau est d'autant plus fluide qu'elle est plus chaude. Ensuite elle amplifie les interstices qui se trouvent entre les particules d'eau, & cela donne un accès plus libre aux particules d'air, pour absorber celles de l'eau avec plus de facilité. La courbe fait voir que cet effet va en augmentant. Cependant je ne dirai pas que l'ordonnée qui répond au 80<sup>me</sup> degré de chaleur, en soit l'asymptote.

Car

Car, quelque forte qu'y soit l'évaporation, l'expérience rapportée ci-dessus (§. 20.) montre qu'elle n'est pas instantanée, mais qu'elle a un degré fini de vitesse. Ensuite on fait que le degré d'ébullition de l'eau dépend de la hauteur du barometre, & que dans la machine de *Papin* on peut lui donner un degré de chaleur considérablement plus grand. On fait encore qu'en jettant de l'eau dans du cuivre fondu, cela produit une espece d'ébullition instantanée & même très dangereuse. Enfin on fait qu'en la jettant sur l'argent fondu, elle y reste en grande partie, & qu'elle ne s'y évapore que fort lentement. Il semble que dans ce cas l'air en est d'abord entierement chassé, & que les particules terrestres de l'eau s'y chauffent jusqu'à s'embraser. Il est donc clair que la courbe de la cinquieme Figure, après avoir passé l'ordonnée du 80<sup>me</sup> degré, ou en général celui de son ébullition ordinaire, non seulement continue, mais qu'elle y suit des loix qu'il est assez difficile de prévoir. On pourra cependant voir là-dessus un petit, mais excellent, traité de Mr. *Leidenfrost*, imprimé à Duisbourg en 1756, & dédié à l'Académie: *De aquæ communis nonnullis qualitatibus*.

§. 22. Quoique donc la courbe de la cinquieme Figure ne soit pas si facilement déterminée par la théorie, cependant quand il ne s'agit que d'en faire usage, nous pourrons en attendant nous borner à lui substituer une courbe du genre parabolique, qui ne s'en écarte pas sensiblement depuis 0 jusqu'au 60<sup>me</sup> degré de chaleur, ce qui suffira du moins pour les effets de l'évaporation simple ou non forcée. Voici donc ce que j'ai trouvé. Soit  $x$  le degré du thermometre au dessus du point de congélation,  $y$  le nombre de lignes d'eau qui s'évaporent dans l'espace de 24 heures, lorsqu'elle a le degré de chaleur  $x$ ; il sera à très peu près

$$y = \frac{1}{15}x + \frac{1}{200}x^2 + \frac{1}{72000}x^3 + \&c.$$

Ou bien, en comptant les degrés par dizaines, soit  $\xi = 10x$ , & il sera

$$y = \frac{1}{3}\xi + \frac{1}{2}\xi^2 + \frac{1}{72}\xi^3 + \&c.$$

Com-

Comparons cette formule aux ordonnées de la courbe. Il sera

x	ξ	ordonnée	calcul
10	1	2	2 + $\frac{1}{7^{\frac{1}{2}}}$
20	2	6	6 + $\frac{1}{9}$
30	3	13	13 + $\frac{3}{8}$
40	4	24	24 + $\frac{8}{9}$
50	5	41	41 + $\frac{5^{\frac{3}{2}}}{7^{\frac{1}{2}}}$
60	6	65	65

On voit de là que les différences sont toutes au dessous d'une ligne. Mais il y a dans la formule

$$y = \frac{4}{3}\xi + \frac{1}{2}\xi^2 + \frac{1}{7^{\frac{1}{2}}}\xi^3 + \&c.$$

une autre circonstance qui mérite quelque attention; c'est qu'on n'a qu'à en soustraire

$$\frac{1}{3}\xi \quad * \quad + \frac{1}{7^{\frac{1}{2}}}\xi^3$$

pour avoir

$$y' = \xi + \frac{1}{2}\xi^2 + \frac{1}{3}\xi^3 + \&c.$$

§. 23. Cela m'a fait présumer qu'il pourroit bien être

$$y = e^{\xi} - 1.$$

J'ai donc cherché à adapter aux ordonnées une équation logarithmique, & j'ai trouvé que la suivante

$$\log \left( \frac{3y + 13}{13} \right) = \frac{x}{60} \log 16$$

y satisfait à environ une ligne près. Cette formule se trouve en mettant pour base les ordonnées 0, 13, 65, qui répondent aux abscisses équidistantes 0, 30, 60. En la comparant aux ordonnées de la figure, on trouve



x	ordonnée y	calcul
0	0	0
10	2	2,54
20	6	6,57
30	13	13
40	24	23,10
50	41	39,33
60	65	65

d'où l'on voit que les différences sont très petites. En admettant cette formule qui se réduit à

$$\log \left( y + \frac{13}{3} \right) = \frac{x}{60} \log 16 + \log \frac{13}{3},$$

on voit qu'il faudra tant soit peu abaisser l'abscisse AB, afin de la faire coïncider avec l'asymptote de la courbe AC. Ensuite le commencement des abscisses A doit être avancé un peu vers la quatrième Figure ou le devant de la table; ce qui aura lieu en posant

$$y + \frac{13}{3} = \eta,$$

$$x + \frac{60}{\log 16} \cdot \log \frac{13}{3} = z.$$

On aura par-là

$$\log \eta = \frac{\log 16}{60} \cdot z,$$

ou bien

$$\log \eta = m \cdot z,$$

ce qui donne

$$dy = m y dz,$$

c'est à dire, l'accroissement de l'évaporation  $d\eta$  est en raison composée du degré de l'évaporation  $\eta$  & de l'accroissement de la chaleur  $dz$ ,  
ce

ce qui veut encore dire qu'en posant  $d z = \text{const.}$  la cause qui accélère l'évaporation est proportionnelle à l'évaporation même. Cette loi, qui est très simple, ne doit pas être étendue aux évaporations forcées; car elle n'a été déduite que des évaporations simples, qui se font sans fermentation & sans ébullition violente, mais uniquement par l'action absorbante de l'air, aidée par la chaleur. Elle donne pour le 80<sup>m</sup>e degré de chaleur 170 lignes d'évaporation simple. On voit bien que cela diffère beaucoup des 8 pieds que donne l'expérience rapportée au §. 20. J'en ai suffisamment détaillé la raison, de sorte que cette différence n'ôte rien à l'admissibilité de la formule que nous venons de trouver.

§. 24. L'évaporation dépend encore de différentes autres circonstances. D'abord il est fort à présumer que la hauteur du baromètre ou le poids de l'atmosphère y influe. Les vapeurs, les brouillards & les nuées montent & descendent assez régulièrement avec le baromètre. Réciproquement, la chaleur de l'eau bouillante étant plus grande à mesure que le baromètre s'élève d'avantage, il s'ensuit que l'eau bouillante s'évapore plus facilement à mesure que l'air est moins comprimé. Mais, pour déterminer ces effets, il faudroit comparer l'évaporation qui se fait sur les plus hautes montagnes avec celle qui s'observe au niveau de la mer, toutes choses d'ailleurs égales, c'est à dire, même eau, même chaleur, même humidité de l'air &c. On fait aussi que, même dans le vuide, l'eau engendre peu à peu un nouvel air & des vapeurs, quoique cela se fasse fort lentement.

§. 25. Ensuite l'évaporation est moindre à mesure que l'air est plus chargé d'humidité. Et comme les vapeurs ne s'envolent qu'assez lentement de la surface de l'eau, il s'ensuit que l'air voisin est toujours fort humide. Voilà donc une des causes pourquoi le vent accélère l'évaporation, c'est qu'il emporte l'air humide & en amène de plus sec. A cette cause il s'en joint une autre, c'est que le vent dominant sur l'eau, renforce l'action absorbante de l'air. Pour établir là-dessus certaines règles, il faudra commencer par comparer l'évaporation



tion avec le degré d'humidité. Mais, comme les expériences que j'ai faites là-dessus sont encore relatives aux hygrometres, il convient de commencer par examiner ces instrumens.

§. 26. Je ne donnerai pas ici la description de toutes les especes d'hygrometres qu'on a imaginées. On les trouve dans la plupart des traités de Physique expérimentale, avec plusieurs remarques sur leurs différens degrés de bonté & de sensibilité. Ceux qu'on fait de sel imbibent l'humidité assez facilement, mais ils ne la relâchent qu'avec peine. Ceux qu'on fait de bois ne paroissent pas être fort durables, surtout si d'abord on y a employé du bois frais; il perd peu à peu la facilité qu'il avoit de gonfler par l'humidité de l'air, quoique peut-être vers la fin il se mette dans quelque état de permanence. J'ai vu des planches de bois de sapin, qui avoient en séchant perdu au delà d'une 30<sup>me</sup> partie de leur largeur. Mr. *Leutmann* dans son *Traité des instrumens météorologiques* vante fort les hygrometres faits de cordes de violon, imprégnées de quelque sel alcalin. Il dit que, même après un intervalle de dix ans, il les a trouvées encore de la même bonté & sensibilité. J'ignore de quelle maniere il s'en est assuré, & je crois que le sel ne devoit servir qu'à les rendre plus sensibles. Mais l'expérience m'a fait voir qu'elles le sont assez indépendamment du sel. Il y a plus de 15 ans que j'en ai fait pour des observations météorologiques, sans m'appercevoir qu'elles se soient sensiblement gâtées. Il convient de n'en point employer qui soient huilées, parce que l'huile ne seche qu'avec une lenteur extreme. Mr. *Leutmann* conseille de prendre des cordes fort grosses; ce sera probablement pour qu'elles en soient plus roides & moins sujettes à se courber. Mais on conçoit aisément qu'elles sont plus sensibles à mesure qu'elles sont plus minces. Les hygrometres qu'on fait des éponges ne sont gueres sensibles, à moins qu'on ne les impregne de sel. Ils ont l'avantage d'indiquer le poids de l'humidité. Mais comme ils doivent rester exposés à l'air, on ne sauroit empêcher que peu à peu il n'y tombe de la poussiere, ce qui en augmente le poids sans que l'air en soit d'autant plus humide. Ainsi les cordes faites de boyaux sont toujours préférables. Mais, comme dans tout  
cela



cela on n'a encore ni des principes théorétiques, ni des expériences faites à dessein, pour voir clair dans cette matière, il faudra entrer dans un champ qu'on n'a point encore cultivé du tout. Commençons à le défricher.

§. 27. On fait que les cordes faites de boyaux, de chanvre, de lin &c. changent de longueur & qu'elles se tournent suivant les changemens d'humidité. On rapporte des expériences qui font foi du changement de longueur. *Schwenter* dit que les cordes dont il se servoit pour l'arpentage s'étoient raccourcies de la seizième partie, ou d'un pied sur seize. On raconte encore que, pour achever d'élever l'obélisque de *Sixte-quin*, le Mécanicien *Fontana* se vit obligé de mouiller les cordes pour les raccourcir. Je ne sais pas comment ces cordes étoient faites; car ayant mouillé des cordes de boyau & des ficelles de chanvre, je vis qu'elles se détortilloient, qu'elles gonfloient & que je pouvois, sans y employer beaucoup de force, les allonger considérablement, & que je ne pouvois pas le faire lorsqu'elles étoient sèches. *Dulencé*, dans son *Traité des barometres* &c. dit que les cordes de boyau s'allongent lorsqu'on les mouille; *Wolf, Sturm* & plusieurs autres prétendent qu'elles se raccourcissent. Quoi qu'il en soit, l'expérience est facile à faire pour quiconque veut entrer là-dessus dans quelque recherche. Je n'ai pas fait usage de l'allongement des cordes pour mes hygrometres, mais bien de la qualité que les cordes ont de se tordre en avant & en arrière suivant que l'humidité de l'air varie. Elles s'entortillent lorsque l'air est plus sec, & elles se détortillent quand il est plus humide, & la corde n'a pas besoin d'être fort longue pour que ce changement soit sensible. La longueur de 2 ou 3 pouces suffit, au lieu que pour la variation de longueur elle doit être de plusieurs pieds. Voici maintenant, comment mes hygrometres sont faits.

§. 28. A est un cercle de carton appuyé sur trois pieds faits de fil de fer. AB est un fil de fer, tourné en forme de vis, qui porte le cercle FG fait de papier de carre, divisé en heures & minutes ou en degrés & troué au centre C. Par ce trou passe la corde de boyau

Planche III.  
Fig. 12.



boyau AB, affermie en A avec de la cire d'Espagne, & portant l'*index* ou l'aiguille DE, qui est faite de bois léger. On voit que la vis sert également pour laisser à l'air un accès libre à la corde & pour la soutenir dans une direction droite & verticale. L'usage des pieds de fil d'archal paroîtra dans la description des expériences. J'ai employé trois hygrometres faits sur le pied que je viens de dire, & trois autres où la corde passe par une caisse parallépipede, ouverte par en bas, comme si c'étoit l'axe d'une aiguille d'horloge. Aussi dans ces trois derniers le cercle est divisé en heures comme dans les horloges, & les heures sont subdivisées de 5 en 5 minutes. La façon dont les cordes sont tordues fait que, dans le tems sec, l'aiguille tourne suivant l'ordre des heures, au lieu que dans le tems humide elle tourne en sens contraire. Les trois premiers hygrometres sont divisés en degrés, mais en sens contraire, de sorte qu'ils indiquent en croissant les degrés de l'humidité ou son accroissement. Les cordes sont de boyau, mais de différente grosseur. Je désignerai, pour éviter toute confusion, les trois hygrometres faits en forme d'horloge par les lettres A, B, C, & les trois autres faits de la façon décrite dans la 12<sup>m</sup>e Figure par les lettres D, E, F. Les hygrometres B, D, E sont faits d'une corde plus grosse, & les hygrometres A, C, F d'une corde plus mince. Or il s'agissoit d'en connoître les diametres. Je m'y pris de trois façons différentes. D'abord je coupai de la corde mince la longueur de 3 pieds ou 36 pouces, mesure de Paris, & j'en trouvai le poids de 9½ grains, poids de Berlin. Je coupai pareillement 18 pouces de la grosse corde, & j'en trouvai le poids de 12 grains, ce qui pour 36 pouces donne 24 grains. Supposant donc la gravité spécifique des deux cordes égale, il s'ensuit que les quarrés des diametres sont comme 2 à 5, ce qui donne les diametres comme 11 à 7, ou plus exactement comme 19 à 12. Ensuite je les mesurai moyennant une loupe & une des échelles de verre faites par Mr. *Brander*, célèbre Mécanicien à Augsbourg. Sur cette échelle la ligne du pied de Paris se trouve divisée en dix parties avec une délicatesse & une exactitude surprenantes. Moyennant cela je trouvai le diametre de la grosse corde  
de

de  $\frac{1}{10}$  lignes exactement, & celui de la mince de  $\frac{3}{10}$  lignes. Le rapport est  $\equiv 30:19 \equiv 19:12\frac{1}{10}$ , ce qui ne diffère presque point du tout du premier rapport. Enfin je pris un cheveu dont l'épaisseur étoit à peine  $\frac{1}{30}$  de ligne, de la longueur de  $13\frac{1}{2}$  pouces, & je vis que ce cheveu tourné autour de la grosse corde avoit la longueur de 85 circonférences, mais tourné autour de la petite corde, il avoit la longueur de 135 circonférences. Ce rapport est  $\equiv 27:17 \equiv 19:11\frac{2}{7}$ , & partant encore très peu différent du premier, qui tient même le milieu entre les deux dernières mesures. J'établirai donc le rapport des diamètres comme 19 à 12. La dernière mesure donne encore le diamètre de la grosse corde  $\equiv 0,607$  lignes & celui de la mince  $\equiv 0,383$ , ce qui ne diffère que d'une  $\frac{1}{10}$  & d'une  $\frac{1}{4}$  partie de la mesure faite moyennant l'échelle & la loupe, de sorte que la grosse corde peut être considérée comme ayant un diamètre de  $\frac{1}{10}$  de ligne, & la mince de  $\frac{3}{10}$ . Enfin il reste encore à indiquer la longueur des cordes employées dans les six hygromètres, & nommément la longueur de la partie exposée à l'air. Car on conçoit bien que, pour affermir la corde en A & en H avec de la cire d'Espagne, il falloit la ficher en A dans le carton & en H dans le bois de l'aiguille, & que la partie qui entroit dans le carton & dans l'aiguille avec de la cire d'Espagne fondue, ne pouvoit plus produire aucun effet relativement à l'humidité. Voici les longueurs en lignes du pied de Paris.

Hygrometre	longueur	corde	construction
A - - -	12''' - - -	mince	} en forme d'horloge
B - - -	14 - - -	grosse	
C - - -	23 - - -	grosse	
D - - -	18 - - -	mince	} dans la forme de la 12 <sup>m</sup> e Figure
E - - -	18 - - -	grosse	
F - - -	33 $\frac{1}{2}$ - - -	mince	

Voilà donc ce qu'il falloit dire d'avance, afin d'être ensuite & plus clair & plus bref. Considérons maintenant un peu les cordes & leur structure.



Planche II.  
Fig. 13.

§. 29. On fait qu'on les fait de boyaux vidés & lavés. Les boyaux, enflés d'air, forment des cylindres qui se tournent en spirales; & non enflés, on peut les applatir en sorte qu'ils forment une longue bande, dont les bords sont parallèles. C'est dans cette position que ces boyaux bien mouillés doivent être tordus pour former des cordes bien faites. Mais en les tordant les bandes commencent à se plier longitudinalement, & cela aide à remplir le creux qui resteroit au milieu de la corde, comme cela arrive lorsqu'on enveloppe un fil de fer cylindrique avec une bande de papier en forme de vis sans fin, ce qui est faisable sans que le papier prenne des plis. J'ai dessiné dans la 13<sup>me</sup> Figure une corde en profil. On y voit l'axe AB marqué par une ligne ponctuée. On y voit encore les jointures des bords de la bande & les filamens longitudinaux plus comprimés que les autres. Ces jointures peintes en profil représentent une ligne courbe, qui est celle des sinus, ainsi appelée par *Leibnitz*, parce qu'en prenant sur l'axe les arcs, les ordonnées représentent les sinus répondans. Dans mes cordes ces courbes ainsi projetées coupent l'axe sous un angle de 45 degrés. J'ignore s'il en est de même dans toutes les cordes; car cela dépend du plus ou moins de tours qu'on donne à la roue pour les tordre. Les cordes de chanvre ou de lin different à cet égard considérablement, surtout celles qui sont faites de deux ou trois fils tordus séparément. L'angle constant de 45 degrés fait que lorsqu'on conçoit la surface de la corde étendue en plan, les jointures représentent des lignes droites FG, EH. Et le point G étant la continuation de E, la droite EG est perpendiculaire à HG & = HG. Cela a lieu lorsque la corde est faite d'un seul boyau. Mais, comme pour des cordes plus grosses on emploie plus d'un boyau, alors le nombre des jointures se double, en sorte qu'entre HE, GF, il y en a encore une, deux, trois &c. autres. Or, comme dans le cas d'un seul boyau, GI marque la largeur du boyau, on voit aisément combien les fibres longitudinales ont dû être resserrées, pour être réduites à une si petite largeur. Ce cas existe dans la corde mince de mes hygrometres; elle n'est faite que d'un boyau. Le diametre de cette corde étant = 0,6 lignes, on en trouve

trouve la circonférence  $EG = \frac{13,2}{7}$  lignes, ce qui donne  $GI = \frac{13,2}{7} \cdot \sqrt{\frac{1}{2}} = \frac{4}{3}$  lignes. Il est clair que la largeur du boyau a

été plusieurs fois plus grande. Il est clair aussi que, pour resserrer les fibres longitudinales, elles ont dû être considérablement allongées. Mais, quoi qu'il en soit, la longueur qu'elles ont obtenue, est la somme de toutes les droites GF, HE, dont chacune pour la corde mince est de  $\frac{8}{3}$  lignes.

§. 30. Or on fait que la corde gonfle à mesure qu'on la mouille davantage. Il est clair aussi que, si cela arrivoit également en tout sens, la corde ne tourneroit pas. Mais, comme elle tourne en se détortillant, il faut que les fibres gonflent davantage en largeur qu'elles ne gonflent en longueur, c'est à dire, davantage suivant la direction GI que suivant la direction GF. Nous pouvons même supposer que ce dernier effet est imperceptible en comparaison du premier. Et comme par l'humidité le diamètre de la corde augmente, & que l'angle EHG reste très sensiblement le même, il est clair que c'est tout comme si on tournoit un même fil en forme de vis autour d'un cylindre plus grand. Le nombre des tours qu'on lui fera faire sera en raison réciproque des diamètres. Or, comme pour la corde

mince nous venons de trouver  $EG = \frac{13,2}{7}$  lignes = HI, il est

clair que pour 70 tours il y faut une corde de 132 lignes, ou 11 pouces de longueur. L'Hygrometre A n'ayant que 12 lignes de longueur, il n'a non plus que  $6\frac{4}{7}$  tours. Mais du tems le plus humide au tems le plus sec je l'ai vu faire  $\frac{3}{4}$  tour, ce qui étant la  $\frac{2}{7}$  partie des  $6\frac{4}{7}$  tours, il s'ensuit que l'augmentation du diamètre peut aller depuis 15 à 17, ce qui veut dire depuis 0,383 à 0,434 lignes. En mouillant la corde mince, j'en vis grossir le diamètre jusqu'à 0,5 lignes.



§. 31. Si d'une même corde on fait des hygrometres de différentes longueurs, alors les variations de ces hygrometres répondantes à une même variation de l'humidité, sont en raison des longueurs des cordes. Car, comme chaque tour GF, HE &c. y contribue également, il est clair que les variations seront en raison du nombre de ces tours. Mais le nombre de ces tours est en raison de la longueur de la corde. Donc &c.

§. 32. La vitesse avec laquelle les aiguilles tournent, croît également en raison de la longueur des cordes; car cette vitesse est la somme des vitesses qui sont dues à chaque tour GF, HE &c.

§. 33. Si les cordes ne sont pas de la même grosseur, quoique de la même longueur, les variations des hygrometres seront en raison réciproque des diametres; car les tours seront également en raison réciproque des diametres.

§. 34. Dans le même cas, les vitesses des variations seront également en raison réciproque des diametres; car l'humidité n'entre que par les surfaces des cordes, tandis qu'elle doit se distribuer par tout leur volume. Donc la vitesse avec laquelle cela se fait est en raison des surfaces divisées par le volume, & partant en raison des diametres divisés par les quarrés des diametres, c'est à dire, en raison réciproque des diametres. Delà il suit que les tems dans lesquels les aiguilles parcourent un même nombre de degrés, sont en raison réciproque des diametres. Il convient d'observer qu'en tout cela on suppose des cordes d'une même structure & qualité, quoique différentes en grosseur.

§. 35. Ces propositions méritent bien d'être examinées par des expériences. Il s'agit d'abord de voir, si des hygrometres dont les cordes sont de différente longueur & grosseur, ont une marche sensiblement analogue & conforme à ce que je viens de dire. Pour faire voir cela comme d'un coup d'œil, j'ai dessiné dans la septieme Figure la marche des trois hygrometres A, B, C, observée depuis le 22 Octobre jusqu'au 7 Novembre 1768. Les jours se trouvent marqués

Planche II.

Fig. 7.

qués sur la ligne des abscisses, & au commencement il y a l'échelle pour les ordonnées, dont les nombres expriment les heures des cadrans, c'est à dire, des angles de 30 en 30 degrés. Les courbes A, B, C, marquent la marche des hygrometres désignés ci-dessus par les mêmes lettres. Ces hygrometres se trouvoient suspendus à un même mur à côté l'un de l'autre entre deux fenêtres qui font face au Midi, de sorte que le soleil ne pouvoit jamais y donner, & qu'ils étoient également à l'abri du vent, quoique du reste les fenêtres ne fussent ouvertes que très rarement, que la chambre ne fût point chauffée, & que personne n'y demeurât; je n'y entrais que de tems en tems pour observer ces instrumens ou pour d'autres occupations de peu de durée. Ces courbes font voir sans peine qu'elles gardent un certain parallélisme, en ce qu'elles s'approchent & s'éloignent de la ligne des abscisses en même tems & d'une façon fort semblable. J'ai choisi les observations de cette saison, parce qu'on fait qu'à l'approche de l'hyver les variations de l'humidité sont fort considérables. Aussi voit-on qu'elles furent presque journalieres en ce que ces courbes haussent & baissent considérablement. Le 28 Octobre & le 4 Novembre j'ouvris la fenêtre, afin de laisser l'entrée libre à l'humidité de l'air extérieur, qui fut alors très sensible, & surtout le 4 Novembre, ou la pluie étoit encore plus forte & la rue embourbée. Deux jours après tout cela sécha, & les hygrometres avancerent presque à vue d'œil vers les degrés extremes de sécheresse, pendant un tems fort clair. La variation fut pour l'hygrometre

	A	B	C
4 Nov. à 9 h. du soir - - -	IV: 50 - - -	IX: 30 - - -	IX: 0
7 Nov. à 4 h. du soir - - -	XII: 25 - - -	I: 42 - - -	III: 25
Donc la variation - - - - -	V: 35 - - -	IV: 12 - - -	VI: 25
Ce qui fait en degrés - - -	167½ - - -	126 - - -	192½

§. 36. Or il est pour les hygrometres

	A	B	C
la longueur des cordes	12 - - -	14 - - -	23
le rapport des diametres	12 - - -	19 - - -	19
Divisant donc la longueur par les diametres, il sera	1,00 - - -	0,74 - - -	1,21

§. 37. Ces nombres doivent, du moins à très peu près, être en raison des variations observées - - - 167½ - - - 126 - - - 192½.  
Or il est

$$167\frac{1}{2} : 100 = 126 : 75\frac{1}{4}$$

ce qui s'accorde assez bien avec 0,74.  
Ensuite il est

$$167\frac{1}{2} : 100 = 192\frac{1}{2} : 115,$$

ce qui differe davantage de 121. La différence, quoiqu'encore assez petite, peut très bien provenir de la différente position des instrumens & surtout de la différente vitesse avec laquelle les aiguilles tournoient. Car il est très possible que l'air extérieur ait changé d'humidité, avant que l'hygrometre ait pu se tourner conformément à celle qu'il avoit. Il se peut aussi que quoique j'aye observé les hygrometres plus d'une fois par jour, je n'aye pas attrapé le moment où chacun d'eux étoit le plus avancé ou le plus reculé. Mais cette dernière circonstance se compense en prenant la somme des variations principales, qui est pour l'hygrometre

	A	B	C
de degrés	668 - - -	517 - - -	752

§. 38. Ces nombres sont

en raison de	1,00 - - -	0,77 - - -	1,13
au lieu de - - -	1,00 - - -	0,74 - - -	1,21.

Il semble donc qu'il y avoit quelque petite différence dans les cordes. Cependant ces observations confirment suffisamment, & même plus que je ne l'ai prétendu, qu'en effet la grosseur des cordes les rend  
moins

moins sensibles. Car la corde B est de deux lignes plus longue que la corde A, & néanmoins elle varie beaucoup moins. Les variations des cordes A, C, sont presque égales; cependant la corde C est presque deux fois plus longue que la corde A.

§. 39. Du reste la correspondance de ces hygrometres resta assez sensible. C'est ainsi p. ex. que le 17 Novembre ils indiquoient

A	B	C
X: 0	XII: 0	I: 0

& je les retrouvai sur ces degrés le 19, 20, 22 Nov. le 3, 4, 11, 24 Dec. le 1, 3, 10, 23 Janv.

§. 40. Il restoit encore à soumettre mes hygrometres à d'autres examens, qui devoient aboutir à en faire connoître le langage & les loix de leurs variations. On voit bien qu'il étoit question d'un sec absolu & d'une humidité absolue, ou du moins connoissables. Quant au sec absolu, il est clair qu'on le trouve sous la cloche d'une machine pneumatique en vidant l'air & même à reprise. La question étoit, si en mettant l'hygrometre, même mouillé de propos délibéré, sous la cloche, l'évacuation de l'air y produiroit quelque effet sensible. Mais, d'après les expériences que Mr. Gerhard a faites là-dessus à ma requiſition, l'hygrometre dans le vuide cessa de subir aucune variation, même pendant plusieurs jours, de sorte qu'il n'y avoit rien à trouver par ce moyen-là. Et comme il ne convenoit pas d'exposer l'hygrometre à côté d'un feu ou de la braise, parce que la corde y eût souffert des changemens trop violens & probablement aussi des effets de la grande chaleur, il valoit mieux se désister de l'expérience.

§. 41. Je pris donc le verre N<sup>o</sup>. 3. (§. 7.) & y ayant versé de l'eau à la hauteur d'environ  $\frac{1}{2}$  pouce, j'y plaçai l'hygrometre D. Je couvris tout de suite le verre avec un verre plan du même diamètre, & je bouchai les jointures avec de la cire molle, afin d'empêcher toute communication avec l'air extérieur. Ce procédé se fonde sur ce que je savois par d'autres observations faites incidemment, que l'eau continue de s'évaporer lors même qu'elle se trouve enfermée

dans quelque bouteille bien bouchée. Je le faisois encore par ce qu'ayant un jour fait un thermometre à eau, la surface de l'eau dans le tuyau baissa peu à peu, & qu'au haut du tuyau, quoique fermé hermétiquement, il s'attacha de petites gouttes d'eau qui grossirent peu à peu. Aussi le succès répondit à l'attente, en ce que l'hygrometre commença à tourner visiblement vers les degrés d'humidité, & même dès le premier instant, de sorte qu'on peut en inférer que dès le premier instant l'air dans le verre se chargea de vapeurs. Cette expérience fut faite le 7 Novembre 1768, à commencer du matin à 8 heures 23 minutes, peu de tems après que le feu eut été mis au fourneau. Le thermometre varia jusqu'après midi de 11 à 14 degrés au dessus du tempéré. Voici maintenant la marche de l'hygrometre comparée avec le tems exprimé en minutes.

tems minutes	Hygrom. degrés	tems minutes	Hygrom. degrés
0	0	212	269
7	10	225	288
10	15	288	323
16	28	315	335
21	42	435	385
28	60	497	412
38	87	585	452
45	104	645	462
60	132	705	476
75	155	798	495
90	176	855	502
105	194	1440	540
138	226		

On voit par cette table que, généralement parlant, le mouvement de l'hygrometre se ralentit. Car en 1440 minutes ou 24 heures il parvint à peine au double de ce qu'il étoit en 212 minutes ou  $3\frac{1}{2}$  heures. Mais le commencement de sa marche a d'abord été accéléré, comme on le voit dans la neuvieme Figure, que j'ai construite pour la premiere

re



re demi-heure. L'abscisse AB y est divisée en minutes, & les ordonnées sont prises sur l'échelle BD. On voit que la courbe AC tourne d'abord sa convexité vers AB, mais qu'elle s'approche bien vite de son point d'inflexion contraire. Elle doit avoir AB pour tangente en A, parce que, quelque vite que l'air se charge de vapeurs, cela commence par zéro, & que par là l'hygrometre doit d'abord tourner infiniment peu. Mais la Figure fait voir que la courbure en A change avec une extrême vitesse, & que l'air dès la première minute doit déjà être considérablement chargé de vapeurs.

§. 42. Je répétai cette expérience avec le même verre & le même hygrometre le 10, & le 13 Noy. je la fis avec l'hygrometre E, afin de comparer la vitesse de leur marche. Voici d'abord l'observation faite avec l'hygrometre D; elle commença le 10 Nov. à 7 heures 40 min. du matin, pendant qu'on chauffoit la chambre, l'hygrometre étant sur 41 degrés.

tems minur.	Hygr. D degrés	tems minur.	Hygr. D degrés	tems minur.	Hygr. D degrés
0	0	20	40	155	199
1	1	25	51	180	209
2	2½	30	61	225	233
3	4½	35	72	253	247
4	6	40	82	275	259
5	8½	43	86	300	270
6	10½	45	92	325	277
7	12	58	115	370	292
8	14	60	119	395	304
9	16	75	142	580	395
10	17½	85	156	640	400
11	21	95	166	735	415
12	22½	115	182	750	423
13		120	185	805	441
14	26	130	191	880	457
15	28	135	193	915	461
18	36	145	197	1460	506

On



On voit donc qu'ici la marche de l'hygrometre fut plus lente d'environ une  $\frac{1}{4}$  ou  $\frac{1}{3}$  partie, ce qu'il faut attribuer à la chaleur, qui peut avoir été ici un peu plus grande. Car j'ai remarqué encore dans d'autres expériences, que la chaleur diminue l'huméfaction de l'hygrometre.

§. 43. Voici maintenant l'expérience faite avec l'hygrometre E. Elle commença le 13 Novembre à 8 heures 25 minutes du matin.

tems minur.	Hygr. E degrés	tems minur.	Hygr. E degrés	tems minur	Hygr. E degrés
0	0	44	58	250	179
1	$\frac{1}{2}$	50	66	290	191
2	2	55	70	325	204
3	4	62	80	355	216
4	6	67	86	380	227
5	8	71	95	450	252
8	12	80	98	465	257
9	13	85	102	485	264
14	18	95	111	515	275
55	20	105	118	540	279
17	22	115	123	610	299
21	28	130	130	685	316
27	33	155	143	720	328
29	37	170	148	1135	396
31	39	180	153	1395	435
35	46	195	158		
40	52	220	167		

On voit donc qu'ici la marche étoit plus lente que celle de l'hygrometre D dans l'observation précédente.

§. 44. Mais, pour comparer plus aisément ces deux expériences, je les ai construites dans la huitième Figure. La ligne des abscisses est divisée en heures, & l'ordonnée AC en degrés. La courbe AD marque la marche de l'hygromètre D, & la courbe AB celle de l'hygromètre E. Les droites GFE sont parallèles à AB, & les parties GF, GE, sont en raison du tems que les hygromètres employoient pour parcourir un nombre égal de degrés. J'y ai marqué ces rapports. On voit qu'ils ne diffèrent presque en rien, & qu'on peut établir qu'ils étoient comme 100 à 57. Or, les hygromètres D, E étant de même longueur (§. 28.), le théorème veut que ce rapport soit en raison réciproque des diamètres (§. 34.) & partant en raison de 19 à 12 (§. 28). Or il est

$$100 : 57 = 19 : 10,8$$

ce qui est moins que 12 d'une 15<sup>me</sup> partie. Mais, en comparant la table du §. 43. avec celle du §. 41, où la marche de l'hygromètre D étoit plus vite d'une  $\frac{1}{4}$  partie, le rapport se trouve être exact. J'ai déjà observé que ces petites différences viennent de ce que la chambre n'étoit pas également chauffée. Les expériences que je rapporterai ci-après feront voir plus évidemment, que la chaleur diminue assez considérablement l'humidité, soit qu'elle aide à sécher la corde de l'hygromètre, soit qu'elle fasse aller les vapeurs vers la surface du verre. Ce qui est très visible, c'est qu'après un intervalle d'environ huit heures, surtout lorsque l'air de la chambre commence à se refroidir, on voit d'assez grosses gouttes d'eau s'attacher tant aux côtés du verre qu'au couvercle. Cela forme une espèce de distillation assez lente, dont peut-être on pourroit tirer parti dans la Chymie; elle a l'avantage de ne point être violente, parce que la simple variation de la chaleur de la chambre la produit.

§. 45. J'ai répété la même expérience avec l'hygromètre D le 8 Novembre, en commençant à 3 heures 47 minutes après midi,

O

*Mém. de l'Acad. Tom. XXV.* l'hy-



Hygrometre étant sur 36 degrés. La marche de l'aiguille fut comme suit.

tems minutes	hygr. D degrés	tems minutes	hygr. D degrés
0	0	217	244
9	19	253	267
23	46	319	298
36	71	344	309
50	98	373	322
63	120	395	332
76	136	914	482
91	153	974	484
129	187	1100	489
151	205	1215	490
189	227		

Comme la chambre ne fut chauffée que le matin, & qu'elle se refroidit depuis l'après-midi, cela devoit accélérer d'abord la marche de l'hygrometre. Mais, comme l'observation dura jusqu'au midi du lendemain, on voit aussi que l'échauffement de la chambre en ralentit la marche dans les quatre dernières observations.

§. 46. J'avois fait ces expériences afin d'observer l'hygrometre dans un air aussi rempli de vapeurs qu'il pouvoit l'être, & il faut bien qu'il l'ait été, puis que les vapeurs commençoient à s'attacher au verre. Il étoit donc question de voir, si dans un tems p. ex. de 24 heures, le même hygrometre parcourroit un même nombre de degrés. Ces observations font voir que cela arrive à une  $\frac{1}{3}$  partie près.

§. 47. Il restoit encore à voir jusqu'où l'hygrometre tourneroit en le laissant dans le verre plusieurs jours de suite. C'est ce que je fis le 19 Janvier 1769, avec le même hygrometre D, qui se trouva  
alors

alors sur 310 degrés, de sorte que l'air de la chambre fut encore plus sec que dans les expériences des §. 42. & 45. L'observation commença à 9 heures 16 min. du matin, l'hygrometre étant sur 310 degrés. La marche fut comme suit.

tems minutes	hygr. D degrés	tems minutes	hygr. D degrés	tems minutes	hygr. D degrés
0	0	1484	502 •	3682	737
9	19	1588	500	4209	755
32	56	1766	501	4452	763
49	96	1876	521	4639	766
166	205	2016	532	4912	780
220	228	2146	561	5328	792
324	270	2203	605	5784	800
514	352	2251	620	6064	812
560	364	2789	710	6499	820
589	371	2969	722 •	6641	822
656	384	3044	722	7100	840
816	410	3199	727		
1366	485	3504	734		

On voit qu'encore dans cette expérience l'hygrometre tournoit d'environ 500 degrés en 24 heures. Et comme, les jours suivans, l'humidité y avoit moins de prise, la variation de la chaleur s'y rendit encore plus sensible; car ordinairement, depuis les 9 ou 10 heures jusques vers le midi, l'hygrometre ne varioit plus, ou il retrogradoit même, comme cela se voit dans la table où j'ai marqué un •. La marche du second jour ne fut plus que d'environ 200 degrés, & le troisieme jour elle se réduisit à 45, comme encore les jours suivans. Il semble qu'il y ait là quelque chose d'asymptotique.

§. 48. Le 24 Janvier, à 8½ heures du matin, j'ouvris le verre pour remettre l'hygrometre à l'air. La corde se trouva si mouillée qu'elle

qu'elle avoit perdu presque toute son élasticité. Je la mesurai moyennant la loupe & l'échelle de verre de Mr. *Brander* (§. 28.), & j'en trouvai le diamètre tant soit peu plus grand que 0,5 lignes. Son diamètre à l'air étant de 0,38 lignes, on voit qu'elle étoit fort gonflée. Cela convient assez bien avec le nombre de degrés qu'elle a parcourus. Car, comme dans la corde mince il faut 132 lignes pour 70 tours (§. 29.), & que la corde de l'hygrometre est de 18 lignes (§. 28.), nous aurons

$$132 : 70 = 18 : 9\frac{6}{11}.$$

Ainsi la corde dans l'air sec a  $9\frac{6}{11}$  tours, ce qui étant multiplié par 360, donne 3436 degrés. Or de ces 3436 degrés il faut soustraire les 840 degrés dont elle s'est détortillée dans le verre, & il reste 2596 degrés, ou  $7\frac{1}{9}$  tours, qu'elle avoit encore dans son dernier état d'humidité. Mais le gonflement étant en raison réciproque du nombre de tours ou de degrés (§. 30.), nous aurons

$$2596 : 3436 = 0,38 : 0,5003;$$

donc le diamètre de la corde étoit gonflé jusqu'à être de 0,5 lignes, comme l'observation le donne.

§. 49. Mais, pour voir un peu mieux la marche de l'hygrometre dans cette expérience, j'ai dessiné d'après les nombres de la table du §. 47. la quatorzieme Figure. La ligne des abscisses AB y est divisée en jours & en minutes, & l'ordonnée AC en degrés. Sur ces échelles est construite la courbe ADFG, pointée depuis H, où elle commence à avoir des inflexions anormales, qui proviennent de la variation de la chaleur. Elle doit bien en avoir encore une entre AH vers le midi du premier jour, mais cette inflexion est moins sensible, tant parce que ce jour la grande vitesse du mouvement de l'aiguille la rend moins perceptible, que parce que l'air n'étoit point encore si chargé de vapeurs que le jour suivant. J'ai remarqué que, nonobstant ces inflexions anormales, on pouvoit tirer la courbe AHEFG, en sorte que sa courbure fût très uniforme

me

me & exemte de ces inflexions en sens contraire; & il n'est pas douteux que cette courbe ne représente la marche de l'aiguille pour le cas où on suppose la chaleur constante. De la façon qu'elle est dessinée dans la Figure, elle paroît avoir l'ordonnée AC pour tangente initiale. Mais cela n'est pas; car j'ai fait voir ci-dessus (§. 41.) que sa tangente initiale est la droite AB, & qu'il y a tout près du commencement A un point d'inflexion contraire, qui fait que cette courbe, après avoir d'abord tourné vers AB sa convexité, oppose ensuite à cette droite sa concavité.

§. 50. Ces symptomes viennent des deux causes qui produisent le mouvement de l'aiguille de l'hygrometre. La premiere de ces causes est l'évaporation. Cette cause agit si promptement que, dès la premiere minute, l'air dans le verre est déjà très chargé de vapeurs (§. 41.). Or, si cela arrivoit dès le premier instant, la courbe A E F G tourneroit partout sa concavité vers AB, parce qu'alors il n'y auroit que la seconde cause qui est l'huméfaction de la corde. Cette cause agit beaucoup plus lentement & d'une façon purement relative, puisqu'elle est comme une fonction de la différence entre l'humidité de l'air & celle de la corde. Car on conçoit que, si l'une & l'autre est égale, l'hygrometre ne subira plus de variation, puisqu'alors la différence est = 0. A cette cause il s'en joint encore une autre, c'est que l'évaporation diminue à mesure que l'air est déjà rempli de vapeurs. Nous verrons dans la suite que cette cause influe extrêmement sur la courbure de la courbe A E G. Car, ayant remis l'hygrometre à l'air, qui garda sensiblement un même degré de sécheresse, je vis qu'en moins de 4 heures la corde se retrouvoit dans l'état où elle avoit été avant l'expérience, tandis que dans le verre elle avoit mis cinq jours pour acquérir le degré d'humidité qu'elle a acquise.

§. 51. Il convenoit encore de changer de verre. C'est ce que je fis le 25 Janvier 1769. Je versai un peu d'eau dans le verre N°. 2. (§. 4). J'y plaçai l'hygrometre D; l'ayant couvert & en ayant bien bouché les jointures, j'observai la marche de l'hygrometre, à com-



mencer depuis les 9 heures 33 minutes du matin, l'hygrometre étant alors sur le 194<sup>me</sup> degré, & par conséquent fort sec.

tems min.	hygr. D degrés	tems minut.	hygr. D degrés	tems minutes	hygr. D degrés
0	0	115	171	324	260
2	5	120	175	362	269
4	11	133	181	374	270
6	15	141	185	420	278
7	17	162	193	490	292
12	31	173	198	547	301
20	50	187	203	587	308
27	68	203	210	660	311
32	79	224	218	867	338
37	88	238	224	1320	382
43	100	246	226	1380	386
47	106	256	231	1620	360
52	115 *	273	236	2100	388
66	133	289	244	2760	402
92	156	304	254		
99	162	319	259		

Comme dans cette expérience l'hygrometre avoit été de 116 degrés plus sec que dans l'expérience précédente, il n'est pas étonnant que sa marche fût d'abord plus accélérée; aussi est-ce à la 52<sup>me</sup> minute qu'il faut commencer, si on veut comparer cette table avec la précédente, & depuis là la marche a été beaucoup plus lente. Car, depuis la 52<sup>me</sup> minute jusqu'à la 1380, l'aiguille n'avança que de 115 jusqu'à 386 degrés, ce qui en 1328 minutes ne fait que 271 degrés, au lieu que dans l'expérience précédente elle parcourut dans un même tems jusqu'à 482 degrés. Ces nombres 482 & 271 sont à très peu près en raison réciproque du volume d'air renfermé dans les verres N<sup>o</sup>. 2, & N<sup>o</sup>. 3, employés dans ces expériences. C'est aussi ce qui doit être. Car la surface de



de l'eau dans les deux verres ayant été à très peu près égale, il devoit s'évaporer une même quantité d'eau en un même tems. Mais dans le verre N<sup>o</sup>. 2. cette quantité d'eau se distribuoit dans un plus grand volume d'air, que dans le verre N<sup>o</sup>. 3. Ainsi l'humidité devoit être en raison réciproque des volumes d'air, & partant (§. 7.) en raison de  $24\frac{1}{2}$  à  $14\frac{1}{2}$ , ou de 49 à 29. Cette marche presque deux fois plus lente fit aussi que la chaleur y produisit un effet encore plus sensible, en ce que le second jour vers le midi l'aiguille rétrograda de 26 degrés.

§. 52. Voyons maintenant de quelle maniere l'aiguille rebroussa chemin, lorsque je remis l'hygrometre à l'air pour laisser sécher la corde, ou pour la laisser se remettre dans son état naturel ou conforme à l'état de l'air libre. C'est ce que je fis le 9 Nov. 1768, d'abord après avoir retiré l'hygrometre D du verre après l'expérience rapportée au §. 45. L'aiguille se trouva sur le degré 172, à 34 minutes après midi. Sa marche rétrograde fut comme suit.

tems min.	hygr. D degrés	tems min.	hygr. D degrés	tems minur.	hygr. D degrés
0	0	34	270	93	433
6	33	36	295	111	455
8	51	40	307	126	466
10	70	41	312	141	473
11	76	43	320	150	475
15	109	45	329	180	478
16	120	48	340	210	478
18	137	50	347	256	479
19	148	52	353	300	483
21	169	55	362	314	486
25	205	58	370	362	489
27	212	60	376	408	491
28	229	65	390	451	493
30	243	71	403	556	494
31	250	81	421	680	495



De cette manière l'hygrometre retourna, à 5 degrés près, dans l'état où il avoit été le 8 Novembre. avant que je l'eusse mis dans le verre. J'ai dessiné sa marche dans la dixieme Figure, en employant les mêmes échelles que dans la huitieme (§. 44.). De cette manière on voit d'un coup d'œil combien il séchoit plus vite dans l'air, qu'il ne devenoit humide dans le verre, où sa marche suivoit la courbe AFD (Fig. 8.) tandis qu'en séchant, sa marche fut ABD (Fig. 10.) bien plus précipitée. Ce n'est pas que la corde sèche plus facilement qu'elle ne s'humecte à circonstances égales. Mais les circonstances n'étoient point égales, puisque dans le verre l'air n'acquît son dernier degré d'humidité que peu à peu. Or, quoique la courbe ABD paroisse avoir deux asymptotes & qu'elle n'offre point d'inflexion en sens contraire, il faut néanmoins observer que c'est uniquement parce que la corde n'avoit pas été assez humide. C'est ce que d'autres expériences m'ont fait voir.

§. 53. Car ayant, après l'expérience du 10 Novembre (§. 42.) laissé l'hygrometre dans le verre jusqu'au 13 Novembre, je vis qu'il avoit fait depuis le 41 degré deux tours entiers jusqu'au 29 degré. Je le mis donc à l'air pour en observer la marche rétrograde, qui fut comme suit, à commencer depuis les 8 h. 15 m. du matin du 13 Novembre.



tems minut.	hygr. D degrés	tems minut.	hygr. D degrés	tems minut.	hygr. D degrés
0	0	24	133	95	599
1	1	25	145	105	629
2	2	26	162	115	649
3	3	27	168	140	682
4	4	31	207	165	699
5	6	37	251	180	706
6	14	39	267	190	711
7	18	40	278	205	713
8	26	41	289	230	716
9	34	46	339	260	719
11	49	50	373	300	721
12	58	54	407	335	723
13	65	60	442	365	724
14	68	65	470	390	726
15	73	72	508	460	727
18	81	77	531	525	727
20	95	86	569		
21	99	90	584		

En comparant cette table avec la précédente, on voit que la marche initiale avoit été ici beaucoup plus lente, & que ce n'est qu'après 47 minutes qu'elle commença à devancer. Il paroît donc que la corde a besoin de sécher jusqu'à un certain point, avant qu'elle puisse acquérir le degré d'élasticité requis pour se tordre avec la plus grande vitesse. Et comme ensuite, à mesure qu'elle sèche davantage, son mouvement se ralentit, on voit bien qu'il faut plus de force pour qu'elle se tordre davantage, puisqu'à mesure qu'elle devient plus sèche elle se remet dans l'état de compression que le cordier lui avoit donné en la tordant.

§. 54. J'observai encore la même chose le 24 Janvier 1769, en retirant l'hygrometre du verre où je l'avois laissé pendant les cinq jours précédens (§. 47.). Mais je ne pus continuer l'observation pour des affaires qui me survinrent. Ainsi je rapporterai simplement ce que le tems me permit d'observer. Ce fut à 8½ heures que je retirai l'hygrometre du verre, l'aiguille se trouvant sur 140 degrés, après environ 2½ tours qu'elle avoit faits dans le verre. Sa marche rétrograde fut comme suit.

tems minutes	hygr. D degrés	tems minutes	hygr. D degrés	tems minutes	hygr. D degrés
0	0	60	218	112	497
9	7	65	232	115	504
10	8	70	250	125	540
15	21	75	275	—	—
37	58	85	340	232	1014
41	72	90	387	265	1014
45	90	102	450	285	1020
53	144	105	460	430	1020

Comme dans cette expérience la corde avoit été encore plus imprégnée d'humidité, la marche initiale de l'aiguille en étoit aussi plus lente, quoiqu'elle eût séché dans un air plus sec de plus de 100 degrés. Mais aussi elle redoubla ensuite de vitesse, & je fus surpris, après une absence d'environ 2 heures, de voir qu'elle avoit fait un chemin de 474 degrés, & qu'elle se trouvoit entièrement remise dans l'état qui répondoit au degré de sécheresse de l'air.

§. 55. Je rapporterai encore l'expérience faite avec l'hygrometre E, que je retirai du verre le 14 Novembre (§. 43.) après midi à 1 h. 15 minutes, tandis qu'il se trouvoit sur 39 degrés. La marche rétrograde de l'aiguille fut comme suit.

tems



tems minutes	hygr. E degrés	tems minutes	hygr. E degrés	tems minutes	hygr. E degrés
0	0	50	209	110	363
1	0	55	230	115	369
2	1	60	245	125	378
5	6	65	261	135	386
10	26	75	280	165	400
15	59	80	302	185	405
20	76	85	317	215	414
25	103	90	326	240	426
30	128	95	338	285	429
35	151	100	347	390	437
45	193	105	355	—	—

Ici donc la marche initiale étoit encore fort lente, comme généralement toute la marche de l'aiguille. La raison en est assez naturelle. Car, outre que la corde de l'hygrometre étoit plus grosse, il n'y avoit pas tant de degrés à parcourir. Cette dernière circonstance fait que cette table ne peut pas sans restriction être comparée à celle du §. 52, pour ce qui regarde les diamètres des cordes, que nous avons vu ci-dessus (§. 28.) être comme 19 à 12. C'est dans ce rapport que devroient être les tems employés à parcourir un même nombre de degrés. Or nous trouvons dans les 2 tables les degrés 347, parcourus en 100 minutes par l'hygrometre E, & en 50 minutes par l'hygrometre D; mais il est

$$19: 12 = 100: 63\frac{3}{5},$$

de sorte que l'hygrometre D auroit dû y employer 63 minutes. Il n'y en employa que 50, parce que pour parcourir plus de degrés sa marche en devoit être plus accélérée. Aussi le rapport des degrés qui sont 495 & 437, réduit ces 63 minutes à 55, ce qui differe moins de 50. Mais, comme la marche n'est pas tout à fait proportionnelle, je n'insisterai pas davantage sur cette comparaison.



§. 56. Tirons encore de ces observations la conséquence, que lorsque l'humidité de l'air change subitement & beaucoup, les hygrometres marquent ce changement par un mouvement fort sensible, mais que ce mouvement est plus lent & moins perceptible, lorsque l'humidité ne change que de quelques degrés. Car on voit dans toutes ces tables (§. 52 — 55.) que les derniers degrés sont parcourus fort lentement. De là il peut arriver que, quand les variations de l'air sont subites & fréquentes, l'hygrometre suit le nouveau changement avant que de s'être accommodé entièrement à celui qui précédoit. Voilà donc ce qui explique les petites anomalies qui se trouvent dans la septieme Figure, & dont j'ai parlé ci-dessus (§. 37. & suiv.).

§. 57. Dans les expériences de l'hygrometre placé dans le verre, il n'étoit gueres possible de tenir compte de l'humidité causée par l'évaporation de l'eau qui couvroit le fond du verre. Car, comme il faut peu d'eau pour rendre l'air très humide, on conçoit que même pendant les cinq jours que dura l'observation rapportée au §. 47, la surface de l'eau ne pouvoit baisser que très peu, d'autant que sa surface étoit très grande. Il est clair qu'il falloit diminuer cette surface, afin d'en rendre l'évaporation plus petite. Et c'est ce que je fis de la façon suivante.

§. 58. Le 15 Novembre 1768, je pris un verre de thermometre dont la boule étoit de  $10\frac{1}{3}$  lignes, la longueur du tuyau de 4 pouces  $7\frac{1}{2}$  lignes, & son diametre intérieur de  $1\frac{1}{8}$  ligne. Je le remplis d'eau jusqu'à l'ouverture du tuyau & le plaçai dans le verre N<sup>o</sup>. 1. (§. 4.), après avoir divisé le tuyau en lignes, pour voir à travers le verre l'abaissement de la surface de l'eau. Je plaçai encore dans le verre l'hygrometre F, & je couvris le verre d'un verre plan & circulaire de même diametre, en bouchant les jointures avec de la cire amollie, afin d'empêcher toute communication de l'air dans le verre avec l'air extérieur. Ce qui étant fait, j'observai tant l'abaissement de la surface de l'eau dans le tube que la marche de l'hygrometre. Et comme l'eau dans le tube pouvoit s'élever & s'abais-  
ser



ser tant soit peu par les variations de la chaleur, j'en observai la hauteur le matin avant qu'on mît le feu au fourneau, parce qu'alors le thermometre dans la chambre se trouvoit ordinairement entre 9 & 10 degrés, c'est à dire, au tempéré. Je dois encore avertir que, pour rendre l'effet de la chaleur insensible, j'aurois pu me borner à un simple tube de verre de la longueur de tout au plus un pouce. Car, comme l'évaporation suit la loi des surfaces (§. 9. & suiv.), il est clair qu'elle auroit été la même. Mais avec tout cela il eût été nécessaire d'observer l'abaissement de la surface de l'eau, les matins. Car comme la chaleur fait varier l'évaporation (§. 19. & suiv.), on voit que de cette maniere on observe l'effet des variations diurnes de la chaleur. J'observai encore qu'ordinairement vers le midi l'hygrometre rétrogradoit un peu, pendant que la chaleur de la chambre alloit vers son *maximum*. Mais j'ai fait voir ci-dessus (§. 49.) dans la quatorzieme Figure, que les effets de la variation de la chaleur se compensent, en sorte que le total de la marche de l'hygrometre se regle sur un degré de chaleur moyen & constant.



J.	H. M.	Hygr.	Ev.	J.	H. M.	Hygr.	Ev.	J.	H. M.	Hygr.	Ev.
15	— 9.55	251	0	18	— 8.25	304	2	+	10.45	333	5 $\frac{1}{4}$
	— 9.57	249			— 10.0	303		30	— 7.30	338	
	— 10.0	246			— 11.30	292		+	11.45	337	
	— 10.05	243			+	1.35	293	1	— 7.35	341	
	— 10.10	241			— 4.37	298		+	0.5	337	
	— 10.15	239			— 8.20	300		2	— 8.15	347	6
								+	0.5	336	
	— 11.10	248		19	— 8.15	309		3	— 0.25	339	
	— 11.20	248			— 10.45	308		—	8.10	346	
	— 11.30	246			+	1.30	308	+	0.25	332	
	— 11.40	246			— 6.40	308		+	10.45	338	
	— 11.50	248		20	— 8.15	317		4	— 8.10	345	
	— 12.00	248			+	0.10	316	+	1.30	338	
	— 12.10	251			+	7.20	317	+	10.20	336	
	— 12.20	253		21	— 8.30	323	3 $\frac{1}{2}$	5	— 8.30	344	6 $\frac{1}{4}$
	— 12.30	254			+	1.15	322	+	11.20	335	
	— 12.40	252			— 11.20	323		6	— 8.30	341	
	— 12.50	258		22	— 8.35	319		—	11.10	349	
	— 1.00	266			+	2.20	324	+	11.24	331	
	— 1.10	267			+	11.35	328	+	8.30	338	7
	— 1.20	269		23	— 8.45	332		+	10.52	327	
	— 1.30	271			+	1.20	324	+	8.28	334	
	— 1.40	272			— 10.55	327		+	1.20	328	
16	— 7.30	285		24	— 8.10	332	4	+	11.15	329	
	— 7.35	287			+	0.55	316	+	8.50	337	7 $\frac{1}{4}$
	— 7.40	283			+	10.45	332	+	2.20	331	
	— 7.45	273		25	— 8.15	329		+	10.35	332	
	— 7.50	270			+	2.45	323	+	10.2	330	
	— 7.55	268		26	— 0.25	324		11	— 8.0	337	7 $\frac{1}{4}$
	— 8.00	268			— 7.50	334	4 $\frac{1}{2}$	12	— 8.0	337	
	— 8.05	282			+	1.25	324	+	3.30	334	
	— 8.10	283		27	— 0.35	328		13	— 8.30	338	8 $\frac{1}{4}$
	— 8.15	284			— 8.5	334					
17	— 8.0	295			+	0.55	318				
	— 8.05	290			+	11.20	328				
	— 8.10	294		28	— 7.20	335					
	— 8.15	287			+	0.8	328				
	— 8.20	294			— 10.35	332					
	— 8.25	296		29	— 8.10	336					

Je dois remarquer que le 6 Déc. j'avois placé le verre dans une chambre froide, pendant quelques heures du soir, afin de voir si cela accélérerait l'évaporation, comme en effet cela arriva un peu. §. 59.

§. 59. Cette expérience m'apprit que je pouvois placer dans le verre un tuyau d'un plus grand diametre. C'est ce que je fis aussi le 13 Déc. à 1 h. 5 m. après-midi. Il falloit cet intervalle de tems pour remettre l'hygrometre à l'air, afin que l'aiguille pût retourner sur le degré répondant à l'humidité de l'air extérieur. Je remplis donc d'eau une espece de phiole, qui ressembloit en tout à un verre de thermometre. Le diametre de la boule étoit de  $14\frac{1}{2}$ , le diametre intérieur du cylindre ou du tuyau de 3 lignes exactement, & la longueur du tuyau de  $37\frac{1}{2}$  lignes. Le tuyau fut rempli jusqu'en haut, & j'y avois collé une échelle divisée en lignes. Je plaçai donc cette phiole & l'hygrometre dans le même verre N°. 1. Je le couvris & bouchai les jointures avec de la cire. Voici le résultat des observations.

J.	H.M.	Hygr.	Ev.	J.	H.M.	Hygr.	Ev.	J.	H.M.	Hygr.	Ev.						
13	+	1. 5	244	0	+	10.25	294	2 $\frac{1}{2}$	31	-	8. 0	46					
		5.15	310			9. 0	317			+	11.30	24					
		7. 0	317			+	11. 0	320			-	8. 0	49				
		8. 0	323			22	-	8. 0	339			+	10. 0	26			
		9.40	334			+	1. 0	285				2	-	8. 0	57		
14	-	8. 0	14			+	10. 0	338				3	-	8. 0	59		
		-	11. 0	7			23	-	9. 0	358	3			+	6. 0	26	
		+	7.25	39			+	6. 0	348					-	8. 0	71	
		+	10. 0	46			+	10.30	343					+	10. 0	43	
15	-	8. 0	89				24	-	8. 0	3				-	8. 0	78	
		+	2.20	54			25	-	8. 0	8				+	10. 0	47	
		+	10. 0	118	1		+	0.30	289					-	8. 0	88	
16	-	8. 0	159				+	10. 0	2					+	9. 0	41	
		+	4.10	149			26	-	8. 0	14				-	8. 0	96	
17	-	0.15	172				+	1. 0	342					+	9.20	46	
		-	8.15	208			+	10. 0	2					-	8. 0	103	
		+	5.25	218			27	-	8. 0	24				-	8. 0	95	
		+	11. 6	225			+	8.30	8					10	-	8. 0	96
18	-	8.35	258	2			28	-	8. 0	36				11	-	8. 0	90
		-	11.45	193			+	1. 0	349					12	-	8. 0	100
		+	10. 7	241			+	10. 0	30					13	-	8. 0	114
19	-	8. 0	270				29	-	8. 0	43				14	-	8. 0	120
		+	10.30	258			+	1.30	3					15	-	8. 0	116
20	-	8. 0	290				+	9.30	24					16	-	8. 0	115
		+	1.45	249			30	-	7.30	50				17	-	8. 0	117
		+	5.35	294			+	9.30	22	4							6



§. 60. On voit que, dans ces deux expériences, j'ai été plus assidu à observer l'hygrometre pendant les premiers jours, afin de voir les variations journalieres qui provenoient de celles de la chaleur, lesquelles faisoient tous les jours vers le midi rétrograder l'aiguille. On voit aussi sans peine que l'évaporation se ralentit peu à peu, à mesure que la quantité évaporée rendoit l'air plus humide. Et comme le petit tuyau évaporoit moins que le grand, vu que les bafes des cylindres étoient comme 1 à 7, on voit aussi qu'il s'évaporoit plus de lignes dans la premiere expérience que dans la seconde, quoique la premiere ne durât que 28 jours tandis que la seconde en dura 35. J'ai dessiné dans la sixieme Figure la courbe d'évaporation pour la seconde expérience. La ligne des absciffes AB représente les jours, & les ordonnées 1, 2, 3, 4, 5, 6, marquent autant de lignes d'évaporation. Comme la courbe AD tourne sa concavité vers l'axe, on voit que l'évaporation devient plus lente.

Planche I.  
Fig. 6.

§. 61. Ces observations, & surtout celles de la dernière expérience, nous mettent en état d'évaluer le degré d'humidité que l'air dans le verre avoit de plus pour chaque ligne d'évaporation. Car le volume d'air contenu dans le verre est donné, & nous avons vu ci-dessus qu'il est de 39 pouces cubiques. Or le tuyau ayant un diamètre intérieur de 3 lignes exactement, il ne s'agit que de calculer de combien de lignes cubiques est un cylindre de 3 lignes de diamètre & d'une ligne de hauteur. Cela donne, en employant le rapport d'Archimede,  $7\frac{1}{4}$  lignes, ou plus exactement  $7\frac{2}{3}$  lignes. Mais nous pourrons, sans admettre une erreur considérable, supposer nombre rond 7 lignes; & comme la boule, le tuyau & l'hygrometre occupent environ 1 pouce cubique d'espace, nous donnerons au volume d'air renfermé dans le verre, 38 pouces. Ce qui fait 38.1728 lignes cubiques. Divisant donc 38.1728 par 7, nous aurons 9380, de sorte que le volume d'air est 9380 fois plus grand que le cylindre de 3 lignes de diamètre & d'une ligne de hauteur. Mais, comme l'eau est 840 fois plus pesante que l'air, il est clair que, pour comparer les poids, il faut diviser les 9380 par 840: ce qui donne  $\frac{11}{7}$ . Donc chaque  
ligne



ligne d'eau qui s'évaporait du tuyau dans la dernière expérience, augmentait la gravité spécifique de l'air d'une  $\frac{6}{7}$  partie. Ou bien, en supposant le poids de l'air avant l'évaporation égal à 67, il augmentait de 6 pour chaque ligne d'eau qui s'évaporait du tuyau. Or, comme un pied cube d'air pèse environ  $\frac{1}{17}$  de livre ou 640 grains, il faudra compter  $57\frac{1}{3}$  ou nombre rond 57 grains d'augmentation pour chaque ligne d'eau qui s'évaporait du tuyau.

§. 62. Mais, pour comparer encore l'évaporation avec la marche de l'hygromètre, j'y ai employé les degrés observés les matins, afin de faire abstraction des anomalies qui venoient de la variation de la chaleur (§. 58.). C'est sur ce pied que j'ai dessiné la onzième Figure, où la ligne des abscisses AB est divisée en 6 parties égales, comme représentant les 6 lignes d'évaporation observées. Les ordonnées prises sur l'échelle BD représentent les degrés parcourus par l'aiguille de l'hygromètre. Comme donc la courbe AD tourne sa concavité vers AB, on voit que la marche de l'hygromètre se ralentit, quand encore l'humidité s'accroît également.

Planche II.  
Fig. II.

§. 62. J'ai aussi dessiné dans la même Figure la courbe AC qui marque la marche de l'hygromètre dans la première expérience (§. 58.) pour autant de lignes d'évaporation du petit tuyau, qui avoit une ouverture 7 fois plus petite. Aussi les ordonnées sont-elles environ 7 fois plus petites. Car, l'ordonnée CD étant de 610 degrés, l'ordonnée CB est à peine de 90. Ce n'est pas cependant que cela me satisfasse; car, à proprement parler, l'ordonnée CB auroit dû être égale à l'ordonnée EF, construite sur  $AE = \frac{1}{7} AB$ , puisqu'une évaporation de  $\frac{6}{7}$  ligne du grand tuyau doit produire un même degré d'humidité qu'une évaporation de 6 lignes du petit tuyau. Et cela devoit faire  $CB = EF$ . Or on voit que CB est beaucoup plus petite. Il faudra donc conclure que, dans l'un & l'autre cas, l'eau évaporée s'est en partie attachée au verre; & comme elle en avoit plus le tems dans la première expérience que dans la seconde, cela avoit pu produire, du moins en partie, la différence qui se voit entre les ordon-

nées BC, EF. Aussi peut-on établir que, tandis que dans la seconde expérience il s'évaporoit 7 fois plus d'eau en même tems, cela pouvoit agir plus efficacement sur l'hygrometre que dans la premiere expérience. Car il est très sûr, que quelque sensible que puisse être la corde de l'hygrometre, elle ne l'est pas infiniment. Il faudra toujours lui attribuer un certain degré d'inertie, qui fait qu'un petit changement d'humidité ne l'affecte pas. Par cette raison nous ferons mieux de nous en tenir à la seconde expérience, où toutes ces petites anomalies doivent naturellement avoir été beaucoup moins sensibles.

§. 63. Comme donc les 6 lignes d'eau évaporées dans la dernière expérience avoient fait tourner l'aiguille de l'hygrometre F de 610 degrés, il s'ensuit que l'hygrometre A n'auroit tourné que de 220 degrés. Car les cordes étant de même grosseur, les mouvemens sont en raison de leur longueur. Or il est (§. 28. 31.)

$$33\frac{1}{2} : 12 = 610 : 219$$

ou nombre rond 220 degrés. Cette variation de l'hygrometre A est très possible en plein air. Il s'ensuit donc que l'humidité de l'atmosphère peut varier tout autant que celle de l'air renfermé dans le verre. Mais nous avons vu (§. 61.) que pour chaque ligne d'évaporation un pied cube de cet air augmentoit de 57 grains, ce qui pour 6 lignes donne 342 grains. Ce poids étant ajouté à 640 grains, donne le poids d'un pied cube d'air très humide, de 982 grains. Ce qui fait un rapport de 13 à 20. Or j'ai fait voir dans un Mémoire sur la vitesse du son, que l'air peut très bien être chargé d'un tiers de son poids, de particules aqueuses & non élastiques. Nous voyons donc que le résultat de la dernière expérience ne s'accorde pas mal avec ce que j'avois déduit d'autres principes, totalement différens de ceux que j'ai établis dans le présent Mémoire. Du reste il est bien sûr que l'air peut encore être plus chargé de vapeurs. Il l'étoit sans contredit dans l'expérience du §. 47. où l'hygrometre D avoit fait un tour de 840 degrés, & même de 1020 degrés, lorsqu'il sechoit dans un  
air



air plus sec (§. 54.) que celui du tems où je l'avois mis dans le verre. Or, comme les cordes des hygrometres sont de même grosseur, on voit que l'hygrometre F auroit dans les mêmes circonstances fait un tour beaucoup plus grand, c. à d. de 1890 degrés. Car il est (§. 28. 30.)

$$18 : 33\frac{1}{2} = 1020 : 1898$$

ou nombre rond 1900 degrés, ce qui est plus que le triple des 610 degrés que l'évaporation de 6 lignes d'eau lui avoit fait parcourir. Cependant il ne paroît pas vraisemblable que l'air libre puisse jamais être aussi chargé d'humidité qu'il l'étoit dans le verre après 5 jours d'évaporation de l'eau qui en couvroit le fond. Je n'ai point encore vu l'hygrometre A au dessous du degré VI. Il étoit sur ce degré dans un tems où l'humidité de l'air s'attachoit très sensiblement aux murs, au linge, au papier. Le degré de la plus grande sécheresse que j'aye observé, c'est le degré III; (c'étoit le 28 Mai 1769, & l'air étoit si sec, que l'encre séchoit dans un instant non seulement sur le papier mais même dans la plume,) de sorte que la plus grande variation de cet hygrometre n'excédoit pas 270° ou les  $\frac{3}{4}$  du cercle.

§. 64. J'ai dit ci-dessus que les hygrometres faits d'éponges ne sont gueres sensibles (§. 26.). Pour m'en assurer, je pris une petite éponge, qui ne pesoit que 38 grains poids de Berlin: je la trempai dans l'eau, & l'ayant ensuite comprimée pour en faire écouler l'eau, elle pesa 93 grains, de sorte qu'elle avoit 55 grains d'humidité de plus, que lorsqu'elle étoit sèche. C'est ce que je fis le 19 Oct. 1768 à 3 $\frac{1}{2}$  heures après-midi. Je la suspendis à une balance afin de mesurer la diminution successive de ces 55 grains d'eau, & je trouvai

tems	poids
0 <sup>h</sup> . 0 <sup>'</sup> - - - -	55
2. 25 - - - -	42
3. 20 - - - -	41
5. 21 - - - -	32
6. 45 - - - -	27
16. 0 - - - -	9

de sorte qu'après 16 h. de tems elle avoit encore 9 grains d'humidité.



§. 65. Le 20 Octobre 1768, à 7 heures du matin, je pris une autre éponge qui pesoit 51 grains, & après avoir été humectée 138 grains, de sorte qu'elle se trouvoit imprégnée de 87 grains d'eau. En séchant elle perdit ces 87 grains comme suit :

tems	poids	tems	poids
0 <sup>h</sup> . 0'	- - - 87	13 <sup>h</sup> . 30'	- - - 36
0. 18	- - - 85	15. 20	- - - 31
0. 55	- - - 81	16. 12	- - - 29
1. 30	- - - 78	22. 5	- - - 21
2. 5	- - - 75	24. 50	- - - 17
3. 4	- - - 72	25. 45	- - - 16
5. 1	- - - 64	26. 30	- - - 14
6. 11	- - - 60	27. 35	- - - 13
7. 14	- - - 56	28. 34	- - - 12
8. 54	- - - 50	29. 49	- - - 11
10. 18	- - - 46	31. 11	- - - 10
11. 28	- - - 42	33. 48	- - - 7
12. 34	- - - 39	38. 35	- - - 4
		48. 22	- - - 1

Ainsi il fallut deux jours de tems avant que cette éponge perdît toute l'humidité qu'elle avoit prise.

§. 66. Le 22 Octobre 1768, à 8 heures du matin, je liai ces deux éponges ensemble qui s'imprégnèrent de 138 grains d'eau; cette humidité se perdit comme suit

tems

tems	poids	tems	poids
0 <sup>h</sup> . 0'	- - - 138	28 <sup>h</sup> . 30'	- - - 63
1. 0	- - - 133	30. 0	- - - 60
3. 30	- - - 125	34. 0	- - - 53
6. 22	- - - 114	48. 0	- - - 36
8. 35	- - - 107	51. 30	- - - 32
9. 45	- - - 104	54. 0	- - - 26
13. 5	- - - 97	57. 30	- - - 21
14. 32	- - - 94	62. 0	- - - 17
24. 0	- - - 73	72. 0	- - - 11
26. 20	- - - 68	83. 0	- - - 6
		96. 0	- - - 3

de forte qu'en quatre jours de tems cette éponge ne s'étoit point encore tout à fait séchée.

§. 67. Comme, pendant ces trois expériences, l'humidité de l'air extérieur ne varioit que très peu, les éponges doivent avoir séché assez régulièrement. La quinziesme Figure fait voir cela d'un coup d'œil pour les trois expériences. Les abscisses marquent le tems, les ordonnées font voir pour chaque moment le poids de l'humidité qui restoit encore dans l'éponge. Ce n'est qu'en D où le dessèchement étoit un peu irrégulier, comme on le voit par la ligne ponctuée. Aussi voit-on dans la septieme Figure que le 24 Octobre l'humidité de l'air avoit varié un peu plus sensiblement.

Planche III.  
Fig. 15.

§. 68. Les éponges ne pouvoient sécher qu'à mesure que l'air extérieur touchoit immédiatement les particules d'eau dont elles étoient pénétrées. Ainsi c'est aux surfaces extérieures que le dessèchement devoit commencer. C'est aussi ce que l'expérience fait voir. On n'a qu'à laisser sécher une éponge. Les extrémités seront seches tandis que les parties intérieures seront encore fort humides. Si, au lieu d'une éponge mouillée, on suppose un globe d'eau librement exposé à l'air, la loi des surfaces (§. 9.) veut que le diametre diminue en rai-



son simple & directe du tems. Or le poids du globe est en raison du cube du diametre. Ainsi ce poids diminue en raison cubique du tems que l'air doit encore employer pour achever l'évaporation. Si donc le desséchement de l'éponge suivoit la même loi, la racine cubique de l'humidité décroîtroit en raison simple du tems. Mais, comme l'accès de l'air aux parties intérieures de l'éponge est moins libre, il y a apparence que l'éponge sécha un peu moins vite. Quoi qu'il en soit, il est facile d'en faire l'essai sur la troisieme de ces expériences (§. 66.) en prenant le tems de 12 en 12 heures.

tems	poids	racine cubique	différence
0	138	5, 17	—
12	101	4, 66	0, 51
24	72	4, 16	0, 50
36	49	3, 66	0, 50
48	33	3, 21	0, 45
60	20	2, 71	0, 50
72	12	2, 29	0, 42
84	7	1, 91	0, 38
96	3	1, 44	0, 47

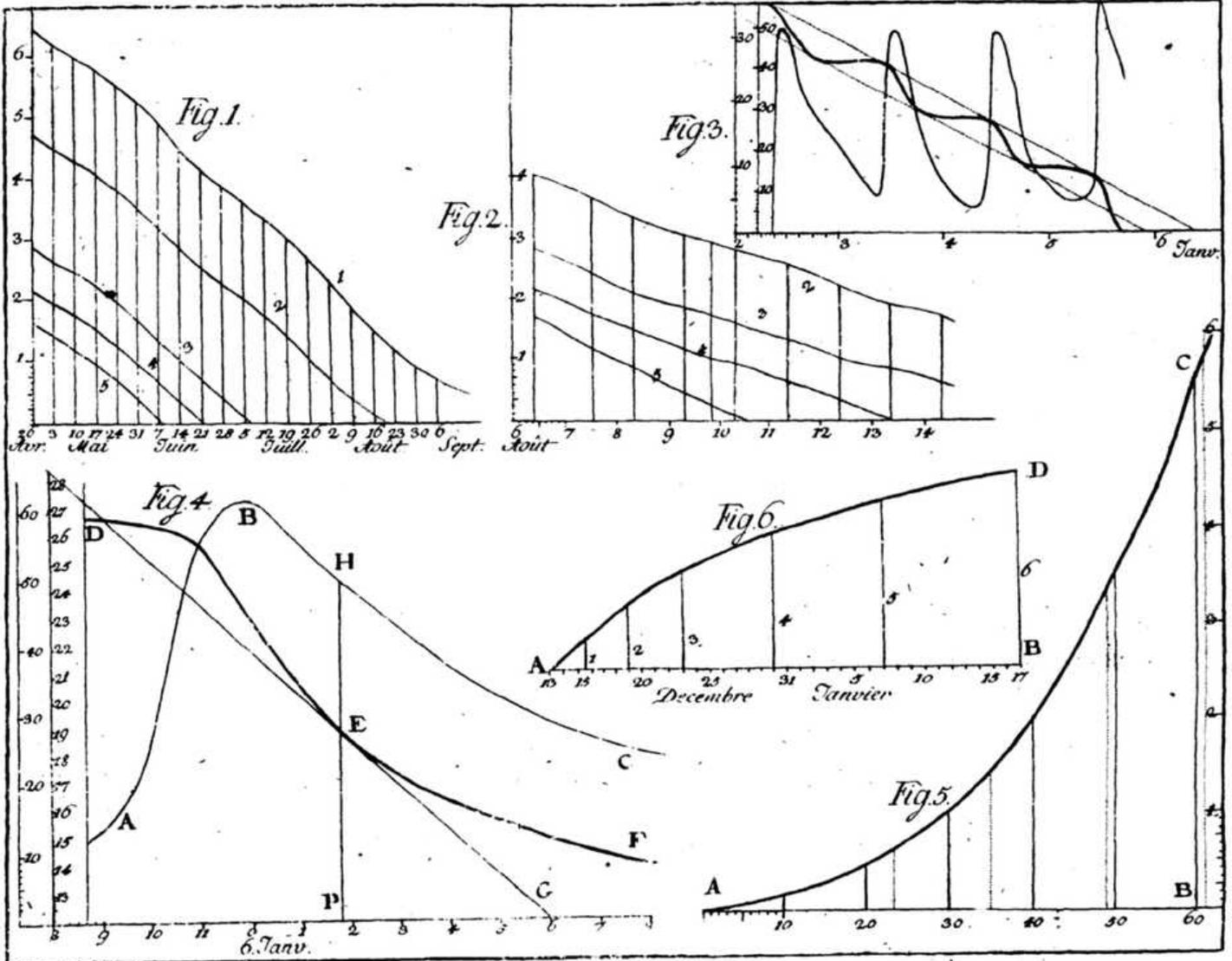
Toutes ces différences devroient être égales. Or, à quelque anomalie près, elles ne sont pas fort différentes. Mais il semble pourtant qu'elles diminuent vers la fin, & c'est une marque que l'éponge séchoit un peu moins vite que n'auroit fait un globe d'eau.

§. 69. Dans la seconde expérience nous avons

tems	poids	racine cubique	différence
0	87	4, 43	—
12	41	3, 45	0, 98
24	18	2, 62	0, 83
36	6	1, 81	0, 81
48	1	1, 00	0, 81

Ici les différences sont encore assez égales, quoiqu'un peu plus petites vers la fin, mais beaucoup plus grandes que celles de la troisieme expérience.

§. 70.



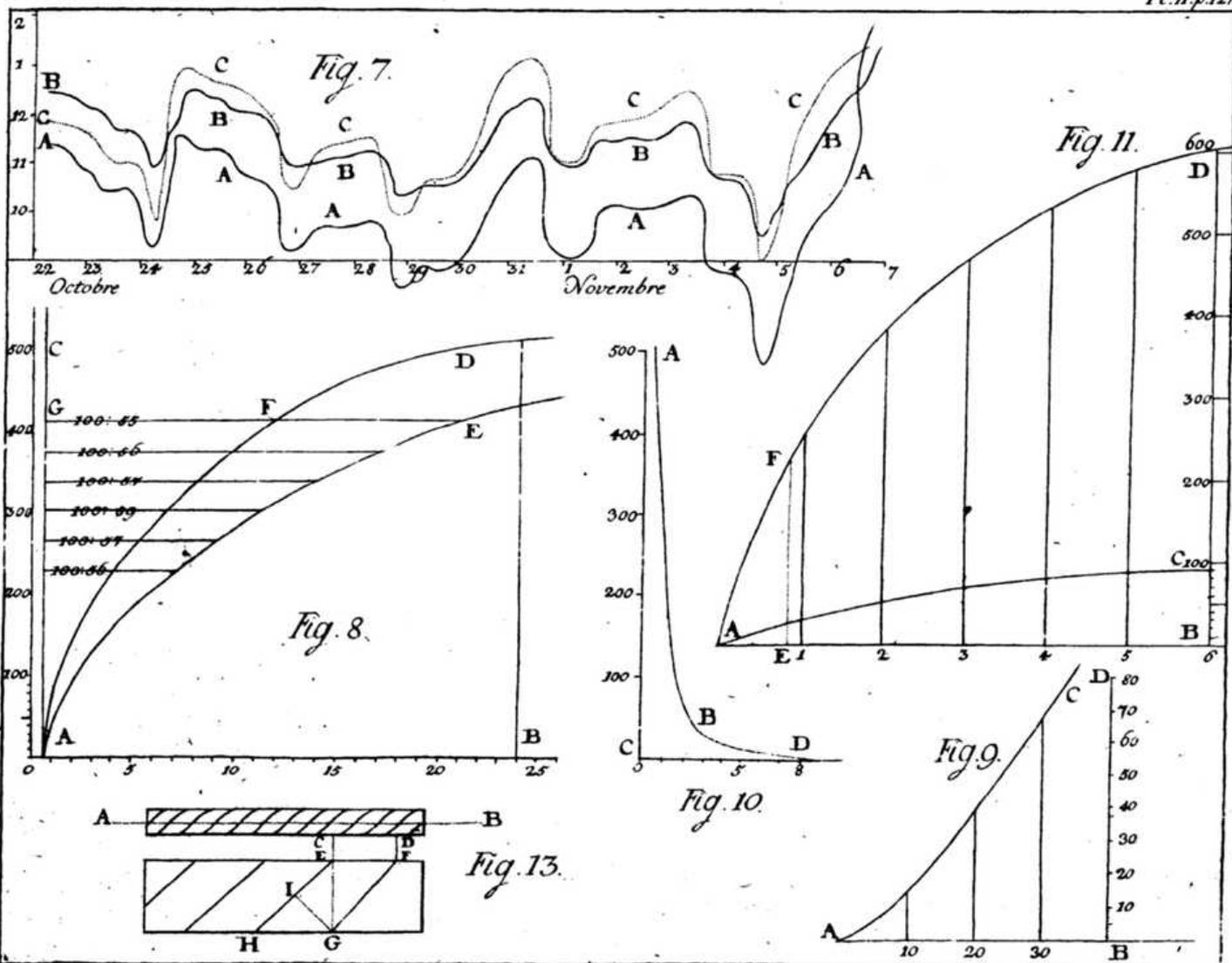


Fig. 12.

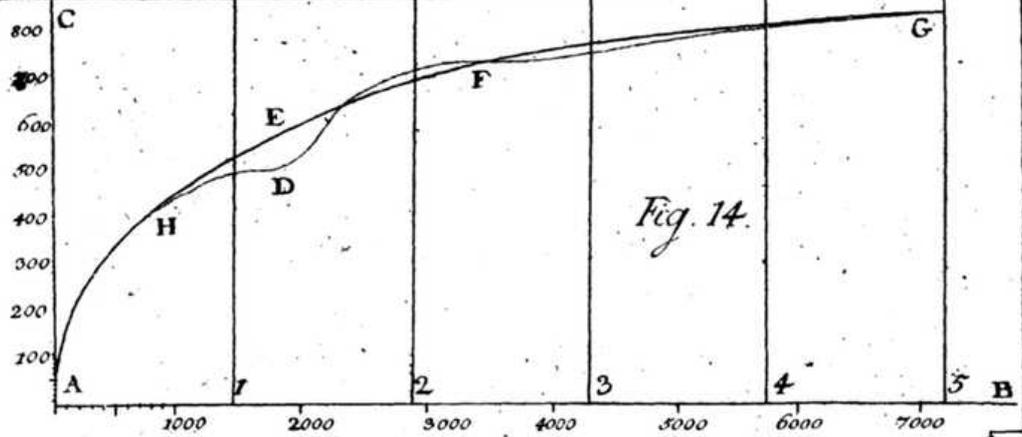
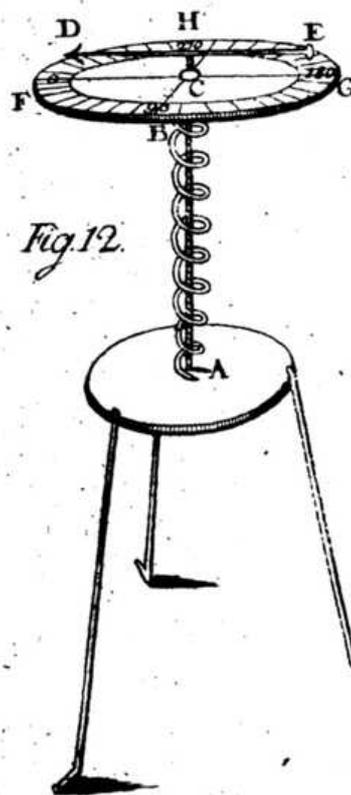
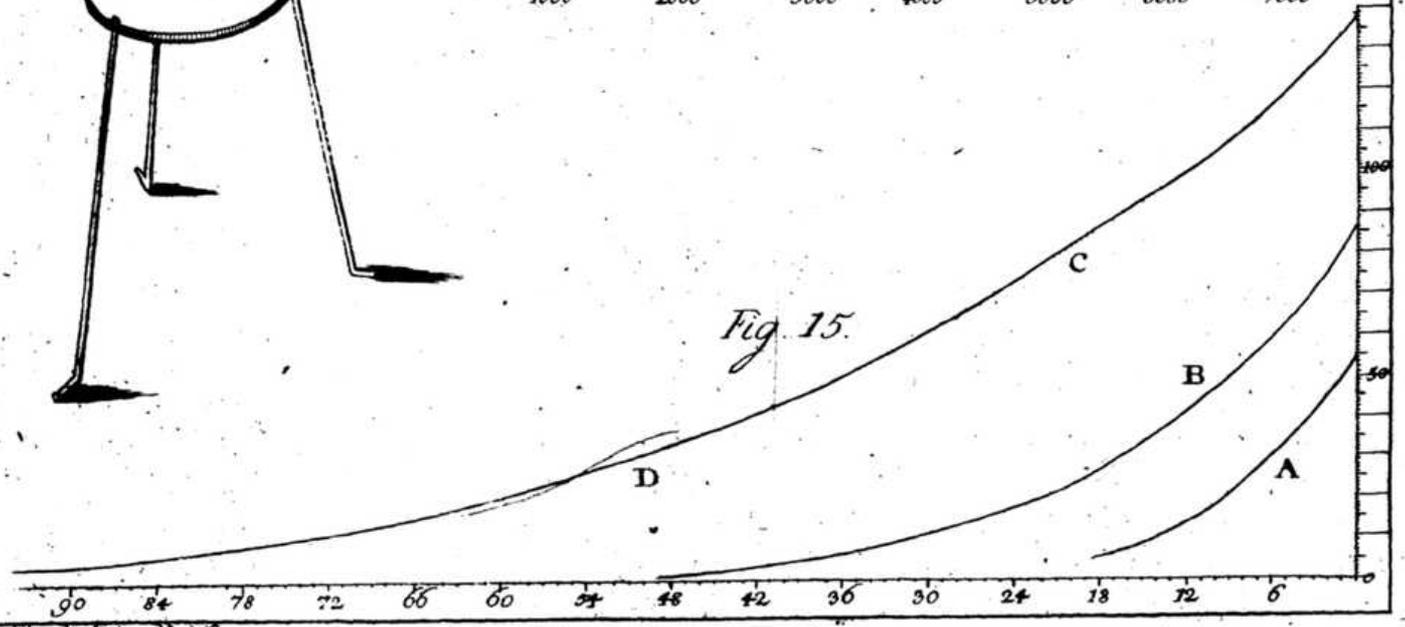


Fig. 14.

Fig. 15.





§. 70. Dans la premiere expérience nous avons

tems	poide	racine cubique	différence
0	55	3, 80	—
12	14	2, 41	1, 39
24	1	1, 00	1, 41

Ici les différences font encore fort égales, mais pourtant plus grandes que dans la seconde expérience.

§. 71. Cette différence provient de ce que, dans les trois éponges, le rapport entre le volume & la surface n'est pas le même, mais qu'il diminue à mesure que le volume est plus grand. Il s'y joint encore une autre raison, qui est que l'accès de l'air extérieur aux parties intérieures de l'éponge devient plus difficile à mesure que l'éponge a plus de diametre; & c'est là encore ce qui doit ralentir le dessèchement. Le poids des éponges étoit de 38, 51 & 89 grains, & ces nombres font en même tems comme leurs volumes. Mais, comme la figure des éponges n'étoit pas absolument réguliere, je ne déciderai pas quel rapport il faudroit établir à cet égard.

