
SUITE DE L'ESSAI D'HYGROMÉTRIE

PAR M. LAMBERT. (*)

Après m'être assuré par des observations de plusieurs années de la longueur qu'il faut donner aux cordes de boyaux pour que de la plus grande humidité à la plus grande sécheresse de l'air elles ne fassent qu'un tour, je commençai en 1771 à faire trois hygrometres correspondans de la même corde que dans mon premier Essai j'ai appelée la corde mince, & qui a $\frac{38}{100}$ ligne de diametre. Je nommerai ces hygrometres *G*, *H*, *I*, afin de les distinguer des six hygrometres dont j'ai fait usage dans mon premier Essai d'Hygrométrie. Je laissai ces hygrometres pendant plusieurs mois à côté l'un de l'autre & je vis qu'ils continuoient d'avoir la même marche.

Au mois de Mars 1771 j'envoyai l'hygrometre *G* à Mr. le Prélat de *Felbiger*, à Sagan, qui prend beaucoup d'intérêt à tout ce qui regarde les observations météorologiques, & qui tout récemment a fait appliquer au clocher de son Abbaye un conducteur électrique, pour mettre l'église à couvert des coups de foudre auxquels elle avoit été exposée ci-devant.

Ce Prélat avoit déjà reçu de Mr. *Titius*, Professeur de Mathématiques à Wittemberg, un hygrometre dont la corde devoit faire quatre tours du plus humide au plus sec. Il ne tarda pas à en comparer la marche avec celui que je venois de lui envoyer. Ces deux hygrometres se trouverent correspondans. L'hygrometre de Mr. *Titius* avoit une spirale dont quatre tours étoient divisés en 360 degrés, & afin de ne point confondre les tours, Mr. *Titius* y avoit attaché un fil par les deux bouts, en sorte que l'aiguille tournant en arriere, le fil se dévoit de la corde. Mon hygrometre ne faisant qu'un seul tour n'avoit qu'un simple cercle divisé en 360 de-

(*) Voyez Anc. Mém. T. XXV. p. 68,

Nouv. Mém. 1772.

grés. Ainsi dans l'un & l'autre hygrometre le zéro de la division marque la plus grande humidité, le 180^{me} indique l'humidité moyenne, & la plus grande sécheresse de l'air va jusqu'au 360^{me} degré.

Ces deux hygrometres correspondoient, à quelques degrés près dont tantôt l'un tantôt l'autre avançoit, & cette correspondance continue encore à présent. J'ignore comment M. *Titius* a déterminé le zéro de son hygrometre. Mais pour ce qui regarde le point de la plus grande sécheresse il proposoit un air échauffé au 30^{me} degré du Thermometre de Mr. de Réaumur. Quant à moi je me suis borné à déterminer les degrés extremes par une suite d'observations de plusieurs années. Ainsi ces deux hygrometres se trouvoient correspondans par un simple hazard. Il y a dans chaque année des jours où différentes marques extérieures font connoître la sécheresse & l'humidité extremes. Les jours les plus secs se rencontrent ordinairement au mois de Mai après plusieurs jours sereins & après que les vents de terre ont séché les rues, les champs & les marais. Le tems le plus humide a lieu ordinairement au commencement & quelquefois vers la fin de l'hyver. C'est alors que l'humidité entre dans les maisons & s'attache aux murs au point qu'elle est sensible. On peut assez bien régler un hygrometre conformément à ces degrés extremes, pour juger ensuite des degrés intermédiaires. Si dans les années suivantes on trouve un tems encore plus sec ou plus humide, il est toujours facile d'en tenir compte & de rectifier l'échelle faite d'après les premières observations. C'est au moins ce qu'on peut faire de mieux jusqu'à ce qu'on ait trouvé deux degrés de sécheresse & d'humidité constans pour la division de l'échelle des hygrometres.

Ayant appris de Mr. le Prélat de *Felbiger* qu'il fait faire à Sagan des observations météorologiques trois fois par jour, j'en fis de même à Berlin, afin de pouvoir ensuite comparer la marche de l'hygrometre à Sagan avec les deux que j'avois gardés chez moi. Le 20 Nov. 1771 je plaçai l'hygrometre *I* dans une chambre que je ne fis point chauffer & pour l'autre *H* je le laissai dans la chambre où je suis ordinairement, qui fut chauffée tous les matins jusqu'au 24 Mars 1772, où le beau tems commençoit à rendre la cha-

leur du fourneau superflue. Je marquai chaque jour les degrés de ces hygrometres. Je communiquai tous les mois ces observations à Mr. le Prêlat de Felbiger, & je reçus les siennes en échange. Les premieres observations firent d'abord voir que les variations de l'humidité à Sagan & à Berlin étoient fort analogues, & je trouvai ensuite qu'il en étoit de même dans les mois suivans. Je m'attachai surtout à comparer ensemble les degrés observés les matins, qui sont, pour ainsi dire, le résultat des variations journalieres, causées surtout par l'action du Soleil pendant le beau tems, & par les vapeurs qui s'élevent pendant la nuit. On trouvera à la fin de ce Mémoire trois Tables. La premiere contient les degrés de l'hygrometre *I*, que j'avois placé dans la chambre qui ne fut point chauffée. La seconde Table marque les degrés de l'hygrometre *H* que j'ai laissé dans le poêle chaud où je me tiens pour l'ordinaire. Enfin la troisieme renferme les observations faites à Sagan avec l'hygrometre *G* que j'avois envoyé à Mr. le Prêlat de Felbiger. On voit par ces Tables, que la variation totale de ces hygrometres est fort différente. Car elle fut pour l'hygrometre

<i>I</i>	de	— 21	degrés	jusqu'à	289
<i>H</i>	de	191	- - -		268
<i>G</i>	de	70	- - -		280.

Ainsi l'hygrometre *I* varia de 310 degrés, l'hygrometre *H* de 77 & l'hygrometre *G* de 210.

Cette différence doit principalement être attribuée aux circonstances où ces hygrometres se trouverent. L'hygrometre *A* étoit, pour ainsi dire, exposé immédiatement à l'air extérieur. La chambre ne fut point chauffée pendant l'hyver. Par conséquent point de chaleur qui eût pu le tenir plus au sec. Une fenêtre étoit presque toujours ouverte, & personne n'y entroit; j'y allois seulement observer les degrés de l'hygrometre ou pour d'autres occupations de peu durée. Il n'en fut pas de même de l'hygrometre *H*. La chambre fut tenue chaude pendant tout l'hyver. Les fenêtres étoient alors fermées, & pendant l'été il n'y en avoit qu'une que je laissois ouverte de jour. Tout cela devoit nécessairement retenir l'hygrometre *B* plutôt au-dessus qu'au-dessous des degrés de sécheresse moyenne. Aussi cet hy-

grometre ne participant que très peu aux variations de l'air extérieur, surtout pendant les mois d'hiver, n'indiquoit, pour ainsi dire, que les vestiges de ces variations. L'hygrometre *C* de Sagan tint à peu près le milieu entre les hygrometres *A, B*. Il fut placé dans un corridor dont l'une ou l'autre porte étoit presque toujours ouverte.

Pour voir maintenant d'un coup d'œil l'analogie entre la marche de l'hygrometre *I* à Berlin & de l'hygrometre *G* à Sagan, je l'ai dessinée dans une Figure suivant une même échelle. Cette marche fut, à deux ou 3 degrés près absolument la même pendant les 10 derniers jours du Mois de Novembre 1771. Après cela l'hygrometre de Berlin tourna considérablement plus vers l'humide que celui de Sagan. Cela dura jusqu'à la fin de Mars, où l'hygrometre de Berlin commença à être presque toujours plus sur le sec que celui de Sagan. Vers le mois de Septembre ils commencerent à se rapprocher, en sorte que tantôt l'un tantôt l'autre se tint plus sur le sec, & au mois de Novembre celui de Berlin commença à se tenir constamment plus sur l'humide, comme il l'avoit fait l'hiver précédent depuis le 10 Déc. 1771 jusqu'au 1 Avril 1772.

Ces différences entre les hygrometres de Sagan & de Berlin n'empêchèrent point que leurs variations particulieres ne fussent fort semblables, à l'exception de quelques anomalies où ces hygrometres par des causes accidentelles varioient en sens contraire, ou se dévançoient l'un l'autre d'un ou de deux jours.

On voit encore que la cause qui vers la fin de Février avoit rendu l'air à Berlin extrêmement humide, n'influa que fort peu sur l'hygrometre de Sagan. C'étoit un vent du Sud, qui nous amena une forte pluie & un tems fort humide. Il paroît que ce vent dominoit beaucoup moins à Sagan.

Les variations hygrométriques étant donc fort analogues à Berlin & en Silésie, je ne doute pas qu'elles ne le soient dans un plus grand district de pays. Mais je n'ai point là-dessus d'observations détaillées. Cependant M. *Brander*, célèbre Méchanicien d'Augsbourg, me mande que Mr. *Maschenbauer*, Directeur du Bureau d'adresse de cette ville, observe l'hygrometre, & en publie les résultats dans une feuille hebdomadaire. Ses hygrometres

font de ficelle & s'allongent quand le tems devient plus sec. Il en a trouvé la longueur

pour la plus grande sécheresse	43 ^{p.} 8 ^{p.} 4 ^{l.}	34 ^{p.} 7 ^{p.} 0 ^{l.}
pour la plus grande humidité	41. 5. 0	32. 9. 6
& par conséquent la variation	2. 3. 4	1. 9. 6

Ainsi la variation pour l'un ou l'autre de ces hygromètres est comme 37 à 39.

Mr. *Maschenbauer* trouva ses hygromètres le plus au sec le 28 Juin 1772. A Berlin cela n'arriva que le 29 après midi, où l'hygromètre *I* marqua le 29^{me} degré. Cette sécheresse arriva donc à Berlin un jour plus tard qu'à Augsbourg. A Sagan l'hygromètre avoit marqué le degré le plus sec le 20 Juin, mais le 28 & le 29 il marqua un tems moins sec.

La plus grande humidité à Augsbourg fut observée le 13 Décembre 1771. Nous avons pareillement à Berlin une humidité très forte, qui s'attacha aux murs dans les maisons, le 12 Décembre au soir où l'hygromètre se tint sur le 74^{me} degré. Cependant cette humidité, quoique fort grande, fut surpassée par celle du 29 Février 1772, où l'hygromètre *A* se trouva sur le 21^{me} degré au-dessous de zéro. Avec tout cela l'humidité du 12 Décembre à Berlin peut toujours être regardée comme parallèle à celle du 13 Déc. à Augsbourg, de sorte qu'à cet égard on peut dire qu'elle fut antérieure à Berlin d'un jour entier, tandis que tout au contraire ce fut à Augsbourg que la plus grande sécheresse fut antérieure d'un jour. La position des deux villes, tant à l'égard des mers qu'à l'égard des vents, fait qu'en tout cela il n'y a rien qui ne soit fort naturel.

Comme donc les degrés extrêmes d'humidité & de sécheresse se rencontrent à un jour près à Augsbourg & à Berlin, il y a apparence qu'il en fera de même des autres variations considérables. Car quant aux petites variations qui ne sont que journalières, il est naturel de conclure qu'elles iront d'autant plus souvent en sens contraire, que les deux endroits qu'on veut comparer, sont plus éloignés l'un de l'autre. J'ai cependant prié

Mr. Brander de vouloir bien me faire avoir deux mois entiers des observations de Mr. Maschenbauer, & nommément les mois de Décembre 1771 & de Juin 1772, ce qu'il a eu la bonté de faire. Mr. Maschenbauer a divisé l'échelle de son hygrometre en 200 degrés, dont 100 se comptent vers le sec, & les autres 100 vers l'humide. J'ai tiré d'après les observations des matins une courbe à double trait au mois de Décembre & de Juin, qui marque la marche de l'hygrometre d'Augsbourg. On voit par là d'un coup d'œil que cet hygrometre tourna vers l'humide depuis le 1 jusqu'au 13 Décembre, à la petite exception près qu'il y a entre le 9 & le 10 Décembre. Cette exception fut plus grande à Berlin, & encore plus grande à Sagan. Depuis le 13 Décembre jusqu'au 23 les hygrometres avancerent & reculerent, celui d'Augsbourg fort uniformément, celui de Berlin & de Sagan d'abord avec plus de vitesse, ensuite plus lentement & avec moins d'uniformité. Depuis le 23 jusqu'au 31 l'hygrometre de Sagan varia fort peu; celui de Berlin avança d'abord vers le sec, mais moins vite que celui d'Augsbourg, qui ensuite recula de deux jours plutôt & plus fortement. La variation pendant ce mois fut à peu près la même.

Il en est tout autrement au mois de Juin, où la variation de l'hygrometre d'Augsbourg est très considérable en comparaison de ceux de Berlin & de Sagan. Il y a pourtant quelque analogie, si on compare les *maximum* & les *minimum*, entre ces trois hygrometres. Voici comment je crois que cette comparaison doit être faite.

	Augsbourg	Berlin	Sagan
Minimum	le 3	le 4	le 4
Maximum	le 5	le 5	le 5
Minimum	le 6	le 7	le 7
Maximum	le 8	le 9	le 10
Min.	le 9	le 10	
Max.	le 11	le 11	
Min.	le 12	le 12	le 12
Max.	le 17	le 16	le 15
Min.	le 19	le 18	le 19
Max.	le 20	le 19	le 20
Min.	le 22	le 22	le 23
Max.	le 24	le 25	le 25
Min.	le 25	le 25	le 26
Max.	le 28	le 29	le 29

Du 9 au 11 Juin l'hygrometre de Sagan avoit une variation de moins, & le 27 celui de Berlin en avoit une de plus. Il semble que le sol élevé d'Augsbourg contribue à rendre les variations en été plus fortes.

Les observations d'une seule année ne sont gueres suffisantes pour déterminer ce qu'il peut y avoir de régulier dans la variation annuelle de l'humidité de l'air. Les années 1771, 1772 y sont peut-être les moins propres. L'année 1771 étoit une des plus humides que nous ayons eues depuis longtems; & l'année 1772, depuis le mois d'Avril jusqu'à la fin du mois d'Octobre, amena un tems sec, qui n'étoit que très rarement interrompu par quelque pluie abondante. J'ai pris pour chaque mois la somme des degrés de l'hygrometre *A* dans la premiere Table, & en la divisant par le nombre des jours j'ai obtenu les termes moyens pour chaque mois. Les voici.

1771. Nov.	- - -	155	1772. Mai	- - -	241	
	Déc.	- - -	145	Juin	- - -	267
1772. Janv.	- - -	140	Juillet	- - -	252	
	Févr.	- - -	129	Août	- - -	238
	Mars	- - -	136	Sept.	- - -	239
	Avril	- - -	233	Oct.	- - -	222
			Nov.	- - -	195	

On voit par là que le mois de Novembre 1771 étoit de près de 40 degrés plus humide que le même mois en 1772. A en juger par toutes les circonstances, les termes moyens seront, pour le mois le plus sec 270, & pour le mois le plus humide 110.

J'ajouterai encore les termes moyens tirés de la troisieme Table, qui renferme les observations faites à Sagan. Et comme je viens de recevoir encore le tableau de la marche de l'hygrometre de Mr. le Professeur *Titius* à Wittemberg, je n'ai pas manqué d'en faire la comparaison avec ceux de Berlin & de Sagan. J'ai vu d'abord que l'échelle n'étoit pas la même, mais que le nombre des degrés différoit bien au-delà du double, l'hygrometre de Wittemberg ayant varié depuis le 58^{me} degré jusqu'au 604^{me}. J'ai donc pris les termes moyens pour chaque mois, & en les comparant à ceux que

donne la premiere Table j'ai trouvé que le zéro de mon hygrometre devoit correspondre au degré — 150 de l'hygrometre de Mr. *Titius*, & que le 360^{me} degré du mien devoit correspondre au 788^{me} du sien, de sorte que l'hygrometre de M. *Titius* parcourt 938 degrés pendant que le mien fait le tour entier de 360 degrés. Le rapport est à très peu près comme 13 à 5, de sorte que 13 degrés de l'hygrometre de M. *Titius* équivalent à 5 du mien. Du reste cette comparaison peut très bien n'être pas tout à fait exacte. Elle se fonde sur ce que le tems sec de l'été est à peu près au même degré à Wittemberg & à Berlin, & que réciproquement le tems humide de l'hyver est à peu près également humide dans ces deux endroits. Ce dernier énoncé est plus sujet à caution que le premier, surtout lorsqu'on ne veut comparer que les degrés observés pendant quelques semaines. Mais comme j'ai fait la comparaison pour 13 mois consécutifs, l'un portant l'autre, j'ai lieu de croire qu'elle sera assez juste. Elle l'est encore assez pour le but que je me propose & qui est que moyennant cette réduction l'analogie de la marche des hygrometres à Sagan, à Wittemberg & à Berlin se voie mieux que si je laissois les degrés de celui de Wittemberg deux ou trois fois plus grands que ceux des hygrometres de Sagan & de Berlin. La quatrieme Table renferme les degrés de l'hygrometre de Wittemberg réduits d'après ceux que Mr. *Titius* a observés chaque jour le matin. Pour comparer ces degrés avec ceux de la premiere & de la troisieme Table, il faudroit les dessiner dans la même Figure, ce qui rendroit la Figure trop chargée & trop confuse. J'ai cependant dessiné la courbe qui représente la marche de l'hygrometre de Wittemberg depuis le 8 Janvier jusqu'au 19 Février, où cela pouvoit se faire sans confusion à cause de la différence assez considérable qu'il y avoit alors entre l'humidité des trois endroits. Or on voit que malgré cette différence la marche des trois hygrometres ne laissa pas de conserver un parallélisme très marqué. Il s'en faut de beaucoup que ce parallélisme soit aussi visible dans les nombres de la premiere, troisieme & quatrieme Table, qu'il l'est dans la Figure. Car en ne comparant ces nombres qu'en gros on seroit porté à croire qu'il n'y a aucun rapport entre la marche des trois hygrometres. Dans la Figure ce rapport saute d'abord aux yeux. Voici maintenant les degrés moyens de

ces trois hygrometres pour chaque mois, c'est à dire les quotiens qui résultent de la division de la somme des degrés observés par le nombre des observations ou des jours.

	Mois.	Berlin	Witteinberg	Sagan
1771	Novembre	155	169	164
	Décembre	145	141	175
1772	Janvier	140	112	200
	Février	129	106	199
	Mars	136	178	212
	Avril	233	232	238
	Mai	241	243	226
	Juin	263	265	265
	Juillet	252	253	234
	Août	238	248	248
	Septembre	239	242	239
	Octobre	222	224	222
	Novembre	195	213	220
	Somme	2588	2626	2842
	Degré moyen	199	202	219

Il résulte de cette Table que l'hyver à Sagan a été considérablement moins humide qu'à Berlin & à Wittemberg. Ce n'est pas que je croie qu'il y ait eu moins de pluie; mais les inondations furent dans les deux derniers endroits d'une plus longue durée qu'à Sagan, le sol de Sagan étant beaucoup plus élevé que celui de Berlin & de Wittemberg. Ainsi l'hyver de 1771 à 1772 à Sagan approche plus de l'état moyen qui doit résulter de la comparaison d'un grand nombre d'années, que le même hyver à Berlin & à Wittemberg. En récompense l'automne, qui étoit à peu près également sèche dans les trois endroits, l'étoit néanmoins beaucoup plus que dans une année ordinaire. C'étoit une des plus belles automnes que nous eussions eues depuis longtems. Aussi les nouvelles publiques font foi qu'il en a été de même dans des pays fort éloignés, ce qui fait encore voir que les grandes variations qui arrivent dans l'humidité de l'air s'étendent dans un grand district de l'hémisphère que nous habitons.

PL. III.

Comme les années précédentes je me suis borné à marquer les degrés extrêmes du sec & de l'humide, je suppléerai au défaut d'observations non interrompues par celles qui se trouvent rapportées dans le N^o. 381 des Transactions de la Société Royale des Sciences de Londres. Elles sont de Mr. *Crucquius*, qui observa pendant les années 1721, 1722, 1723 le poids d'une petite éponge imprégnée de sel ammoniac. Voici pour ces trois années les termes moyens pour chaque mois.

Janv. 86	Juillet 61.
Févr. 82	Août 65.
Mars 76	Sept. 69.
Avril 68	Oct. 74.
Mai 63	Nov. 82.
Juin 61	Déc. 85.

Ces trois années different assez peu l'une de l'autre, de sorte que ces termes moyens approchent fort de ceux qui résulteroient d'une plus longue suite d'observations. Ils expriment le poids de l'éponge. Cela fait que pour compter les degrés de l'humide vers le sec, il faut les soustraire du terme moyen du mois de Janvier, qui est le plus grand. Nous aurons donc

Janv. 0	Juillet 25
Févr. 4	Août 21
Mars 10	Sept. 17
Avril 18	Oct. 12
Mai 23	Nov. 4
Juin 25	Déc. 1

Ces nombres croissent & décroissent à très peu près comme les degrés moyens de la chaleur, à cette exception près que les degrés extrêmes de la chaleur tombent 4 ou 5 semaines après les solstices, au lieu que les degrés extrêmes de l'hygrometre coïncident, ou peu s'en faut, avec ces points cardinaux de l'écliptique. Les termes moyens du thermometre de Mr. *Crucquius* pour chaque mois sont

Janv. 1083	Juillet 1137
Févr. 1085	Août 1140
Mars 1090	S. pt. 1130
Avril 1180	Oct. 1114
Mai 1122	Nov. 1099
Juin 1134	Déc. 1090

C'étoit un thermometre à air, dont la dilatation 1070 répondoit au terme de la glace, & la dilatation 1510 au terme de l'eau bouillante.

Pour comparer d'autant plus facilement la marche de ce thermometre avec celle de l'hygrometre, j'ai dessiné l'une & l'autre dans une Figure. De cette maniere on voit d'un seul coup d'œil, que l'hygrometre devance le thermometre, mais beaucoup plus au printems que vers l'automne. Les beaux jours qui ordinairement précèdent l'équinoxe y contribuent efficacement. Et surtout en Hollande ce sont ces beaux jours du printems qu'il faut choisir lorsque du haut du clocher d'une ville on veut voir distinctement les villes & les villages des environs. Au contraire les beaux jours de l'automne amènent ordinairement la rosée de la nuit, les bruines & les brouillards des matinées.

Pl. IV.
Fig. 1.

Les ordonnées pour la courbe, tant de l'hygrometre que du thermometre sont une fonction de la longitude du Soleil de la forme

$$y = A + B \sin \lambda + C \cos \lambda + D \sin 2\lambda + E \cos 2\lambda + \&c.$$

On voit, par la Figure, que cette suite doit être fort convergente, & que pour trouver ces ordonnées à très peu près, on peut se contenter du terme

$$y = B. \sin \lambda$$

lorsqu'on prend le commencement des abscisses là où la courbe en montant coupe l'axe; ce qui, à l'égard de la courbe dessinée pour l'hygrometre, arrive fort près du jour de l'équinoxe du printems, le 23 ou 24 Mars. Cette formule représentera assez bien les variations annuelles moyennes de l'humidité. En supposant pour l'hygrometre A les degrés 110, 270

comme termes moyens répondans au 23 de Décembre & de Juillet, je trouve les termes moyens pour les mêmes jours de

Janv. 120	Juillet 260
Févr. 150	Août 230
Mars 190	Sept. 190
Avril 230	Oct. 150
Mai 260	Nov. 120
Juin 270	Déc. 110.

L'hygrometre de Mr. *Crucquius* ayant été fait d'une éponge il convient de voir comment ces sortes d'hygrometres correspondent avec ceux qui sont faits de cordes de boyaux. Je rapporterai les observations que j'ai faites là-dessus en 1752 à Coire dans le pays des Grisons. Au mois de Septembre de cette année je pris une éponge nette du poids de 210 grains. Après l'avoir imprégnée de sel de tartre le poids en fut augmenté jusqu'à 255. Je suspendis cette éponge à une de ces balances que j'ai décrites dans le 3^{me} Volume des *Acta helvetica*, & qui indiquent le poids d'elles-mêmes. Je plaçai à côté un hygrometre dont la corde avoit 43 lignes de longueur & $\frac{2}{5}$ ligne de diamètre. Voici les observations pour les heures du matin.

1752	Eponge.	Corde.	1752	Eponge.	Corde.	1752	Eponge.	Corde.
Sept. 30	255	220	Oct. 17	256	180	Nov. 3	247	208
Oct. 1		—	18	252	195	4	242	235
2		—	19	249	208	5	240	242
3	260	174	20	250	200	6	244	213
4	262	170	21	255	165	7	249	175
5	265	157	22	254	183	8	242	233
6	275	98	23	249	200	9	236	273
7	278	120	24	248	208	10	242	210
8	279	125	25	246	213	11	242	230
9	269	162	26	243	235	12	243	223
10	262	170	27	240	235	13	238	240
11	252	200	28	242	235	14	234	267
12	249	220	29	244	225	15	236	245
13	259	157	30	240	258	16	238	245
14	260	169	31	243	230	17	241	207
15	258	175	Nov. 1	241	233	18	244	200
16	260	168	2	245	217	19	247	190

On verra mieux dans la seconde Figure que par ces nombres jusqu'à quel point la marche de ces deux hygrometres étoit correspondante. La ligne pointée est pour l'éponge. Ses ordonnées sont prises sur l'échelle de derrière. L'autre courbe est pour la corde, & ses ordonnées sont prises sur l'échelle de devant. On trouve sans peine que l'hygrometre à éponge sèche & s'humecte avec moins de vitesse. De là vient par ex. que le 6 & le 7 Novembre il alla encore vers l'humide tandis que la corde tournoit déjà vers le sec. De là vient encore que partout où la variation de l'humidité de l'air est subite, l'éponge n'indique qu'une partie de cette variation. On voit dans la Figure, que les inflexions de la courbe pointée sont toujours moins grandes que celles de la courbe dessinée pour la corde. Voici encore une autre preuve.

En 1755 au mois d'Octobre je lavai cette éponge pour en faire sortir le sel & la poussiere dont elle étoit chargée. Je la suspendis de nouveau à la même balance, & j'en trouvai le poids de 540 grains. C'étoit le 28 Octobre 1755 à 11 heures & demie du matin. Le 29 à la même heure elle pesa encore 398 grains. Le 30 à la même heure son poids fut encore de 286 grains. Le 31 à 8 heures 20 minutes elle pesa 243 grains & à 2 heures 40 minutes après midi son poids fut de 232 grains. Cette éponge séchoit donc avec beaucoup de lenteur, quoique depuis le 28 Octobre qui étoit un jour couvert & en partie pluvieux, le tems se remit au beau, & que l'hygrometre à corde tournât vers le sec. Cela devoit accélérer le dessèchement de l'éponge, & néanmoins il fallut quatre jours de tems pour le produire. Du reste cette éponge étoit fort grosse, pesant $3\frac{1}{2}$ jusqu'à $4\frac{1}{2}$ dragmes. Si elle n'avoit pesé qu'une dragme, elle auroit eu plus de surface relativement au volume, & cela auroit accéléré assez sensiblement les variations de son poids. On peut voir les expériences que j'ai faites à ce sujet, dans l'Essai d'hygrométrie qui se trouve dans les Mémoires de l'Académie pour l'année 1769. Avec tout cela la petite éponge que j'ai employée alors & qui pesoit 39 grains, demande un jour entier, même dans le tems le plus sec, pour perdre 53 grains d'humidité. C'est ce que me fit voir une expérience faite le 23 Juin 1772. Cette éponge hu-

mectée avec de l'eau pesoit 88 grains; elle sécha jusqu'au lendemain, où à une heure après midi son poids fut de 35 grains, de sorte qu'elle perdit les 53 grains d'eau dont je l'avois imprégnée le jour précédent à 6 heures du matin. Voici l'expérience complete.

Tems.	Poids de l'éponge.	Poids de l'eau.	Hygrom. A	Therm. de Réaumur.
0 ^h . 0'	88	53	330	17,0
0, 41	85	50		
1, 46	81	46		
2, 27	78 $\frac{1}{2}$	43 $\frac{1}{2}$	328	17,7
2, 46	77 $\frac{1}{2}$	42 $\frac{1}{2}$	327	17,8
3, 17	76	41	328	18,0
4, 57	68	33	331	18,6
6, 14	62 $\frac{1}{2}$	27 $\frac{1}{2}$	334	18,9
7, 9	58 $\frac{1}{2}$	23 $\frac{1}{2}$	338	19,2
10, 3	48	13	347	19,2
10, 36	46 $\frac{1}{2}$	11 $\frac{1}{2}$	347	19,1
11, 6	44	9	347	19,2
11, 41	44	9	347	19,0
12, 8	43	8	347	19,0
13, 26	40	5	347	19,0
16, 16	37	2	345	19,0
23, 22	35 $\frac{1}{2}$	1 $\frac{1}{2}$	340	18,0
31, 6	35	0	347	20,0

Les cordes de boyaux demandent moins de tems pour acquérir ou perdre l'humidité. Cependant il faut toujours pour cela plusieurs heures, surtout lorsqu'elles ne sont pas très minces. Cela fait encore que l'humidité de l'air change en effet plus fortement que les hygrometres à corde ne l'indiquent. J'entens lorsque la variation est subite, ou lorsque l'air en peu d'heures de tems devient alternativement plus sec & plus humide. Car dès qu'il s'agit de plusieurs jours, alors l'hygrometre à boyau suit les variations de l'humidité de l'air, comme dans la Figure la courbe pour l'hygrometre à éponge suit celle que j'ai dessinée pour l'hygrometre à corde. Il y auroit bien moyen de calculer les variations de l'humidité de l'air, celles de l'hygrometre étant données, mais il faudroit auparavant connoître la loi suivant laquelle les cordes de boyaux acquierent & perdent l'humidité. Or

cela n'est pas facile. J'ai donné dans le premier Essai des expériences qui pouvoient répandre quelque jour sur cette matiere, mais sans les pousser au point de pouvoir y appliquer quelque formule. Je vais donc exposer quelques-unes de celles que j'ai faites depuis.

La difficulté de trouver deux points d'humidité qui soient fixes, me fit venir l'idée de chercher un de ces points dans l'eau même, c'est à dire de suspendre une corde à boyau dans l'eau & de voir jusqu'à quel point elle se détortilleroit. Je vis d'avance qu'il n'étoit pas indifférent de donner à l'eau un degré de chaleur quelconque, mais qu'il falloit s'en tenir à un degré fixe, & qui approche fort du tempéré. Car si l'eau avoit une chaleur assez grande pour fondre la graisse qui reste toujours encore dans les cordes, la corde pourroit se détortiller au point de perdre entièrement la force qu'elle a de se tordre en séchant. J'ai trouvé à cet égard des phénomènes assez singuliers. Une corde de boyau de 18 lignes de longueur, coupée du même bout que j'ai nommé la grosse corde dans mon premier Essai, se détortilloit de 1320 degrés dans l'eau qui n'avoit que 10 degrés de Réaumur de chaleur. Ce fut le 5 Mai 1772 à 5 heures du matin. En la suspendant ensuite dans l'eau qui avoit 45 degrés de chaleur, elle tourna 40 degrés & plus vers le sec. Je la retirai pourtant bientôt pour la laisser sécher. Cela n'arriva pas le 8 Mai, où l'eau avoit plus de 60 degrés de chaleur. C'étoit alors une corde mince de $11\frac{3}{4}$ lignes de longueur. Elle se détortilloit dans l'eau tempérée de 885 degrés, & après l'avoir suspendue dans l'eau chaude, elle fit en moins de deux minutes encore 3 ou 4 tours en se détortillant d'avantage, après quoi elle s'arrêta, où ne tourna que très lentement. Je la retirai de l'eau, & je trouvai son diametre, qui d'abord n'étoit que de 0,38 lignes, grossi de telle sorte qu'il étoit de 0,7 lignes, c'est à dire presque du double. En séchant elle ne fit qu'un tour de 540 degrés. A l'égard des cordes que je suspendis dans l'eau tempérée, il y en avoit qui en séchant s'entortilloient au delà de ce dont elles ne s'étoient pas détortillées dans l'eau. D'autres revinrent au même point, & d'autres enfin resterent en arriere. Il est clair que c'est dans les cordes elles-mêmes qu'il faut

chercher la cause de ces différens effets. L'état des cordes est naturellement un état forcé, & les cordiers ne se donnent gueres la peine de les tordre également dans toute leur longueur. J'en infere qu'une corde, après s'être détortillée dans l'eau, se remet en séchant dans un état d'équilibre qui, à plusieurs égards, vaut mieux que celui que le cordier l'avoit forcée de prendre.

Fig. 3.

Voici maintenant comment j'ai fait ces sortes d'expériences. *ABC* est un fil de fer ou de cuivre jaune, auquel j'affermis en *B* avec de la cire d'Espagne une corde de boyau *BD*, à laquelle étoit pareillement affermi en *D* une aiguille *EF*. Le fil de fer *ABC* étoit courbé en *A*, *C*, en sorte qu'en le posant sur le bord du verre toute la corde *BD* étoit au-dessous de la surface de l'eau *GH* que j'y avois versée. De cette maniere la circonférence du verre pouvoit en *EF* être divisée en degrés, soit avec de l'encre, soit en y collant un papier. Mais ordinairement je me bornai à la diviser en quatre parties, c'est à dire de 90 en 90 degrés, & de marquer le tems où l'aiguille avoit fait chaque quart de tour. Pour compter d'autant plus facilement le nombre des tours j'attachai un fil de lin au fil de fer entre *AB*, & l'autre bout de ce fil fut attaché à l'aiguille entre *ED*. De cette maniere l'aiguille, en tournant, tourna ce fil tout autant de fois autour de la corde qu'elle fit de tours entiers, & il fut facile de les compter. C'est de la même maniere que Mr. le Professeur *Titius* arrangea ses hygrometres, dont les cordes étoient assez longues pour faire quatre tours du tems le plus humide au tems le plus sec.

Ces sortes d'expériences pouvoient servir à trouver de quelle maniere & combien de fois les cordes de différentes grosseur & longueur suspendues dans l'eau, chaude à un degré donné, tourneroient en se détortillant, & comment elles tourneroient en arriere, ou se tordroient, lorsqu'après les avoir retirées de l'eau, on les suspendroit pour les laisser sécher. Mais je voulois encore voir quel étoit le rapport entre les tours que fait une corde en séchant & le poids de l'humidité qui s'y trouve. Pour cet effet je pris une corde de boyau de $\frac{71}{100}$ ligne de diametre & de plus de 4 pouces de longueur.

gueur. J'attachai un fil de lin très mince par les deux bouts de la corde, en sorte que ce fil fût assez long pour faire une dizaine de tours autour de la corde. Je suspendis cette corde dans l'eau, dont la chaleur n'étoit que de 9 degrés de Réaumur, & je marquai le tems qu'elle employa pour chaque tour que le bout d'en bas fit en se détortillant. Ce fut le 15 Novembre 1772 le matin à 8 heures 39 minutes que je commençai cette expérience. En voici le résultat

tems	Nombre
h. m.	de tours.
0. 0	0
0. 16	1
0. 25	2
0. 33	3
0. 41 $\frac{1}{2}$	4
0. 52	5
1. 23	6
1. 53	6 $\frac{1}{2}$
2. 26	7
4. 21	8
5. 21	8 $\frac{1}{3}$

La corde avant que d'être suspendue dans l'eau ne pesoit que $3\frac{2}{10}$ grains, mais après l'avoir retirée de l'eau à 2 heures après midi elle pesoit $7\frac{7}{10}$ grains, & son diamètre étoit $1\frac{1}{23}$ ligne. Elle avoit fait dans l'eau $8\frac{1}{3}$ tours. Je la suspendis à une balance, afin d'observer en combien de tems elle perdrait chaque $\frac{1}{10}$ grain d'humidité, & de combien elle retourneroit en arriere. Voici le détail de ces observations.

Tems.	Tours.	Poids.		Tems.	Tours.	Poids.
2. 0'	8. 120	7, 7		3. 57	6. 170	5, 5
8	8. 110	7, 4		4. 5	6. 110	5, 4
14	8. 85	7, 3		12	6. 40	5, 3
18	8. 75	7, 2		18	6. 10	5, 2
23	8. 70	7, 1		24		5, 1
27	8. 60	7, 0		51	5. 120	4, 8
32	8. 50	6, 9		5. 4	5. 70	4, 7
37	8. 40	6, 8		18	5. 0	4, 6
42	8. 30	6, 7		35	4. 290	4, 5
47	8. 0	6, 6		53	4. 210	4, 4
52	7. 330	6, 5		6. 20	4. 140	4, 3
57	7. 290	6, 4		53	4. 90	4, 2
3. 4	7. 230	6, 3		7. 50	4. 10	4, 1
9	7. 180	6, 2		8. 44	4. 0	
15	7. 150	6, 1		9. 5	3. 340	4, 0
21	7. 95	6, 0		19. 0	3. 300	3, 95
31	6. 340	5, 9				
38	6. 300	5, 8				
44	6. 260	5, 7				
53	6. 190	5, 6				

On comprend sans peine qu'il n'étoit gueres possible de déterminer précisément le tems où la corde pesoit juste un certain nombre de dixiemes parties de grain. D'un autre côté il n'étoit pas facile non plus de juger de combien de degrés le bout inférieur de la corde avoit tourné au delà d'un certain nombre de tours. Il pouvoit y en avoir plus ou moins. Ainsi il faut songer à compenser l'un par l'autre. Pour cet effet j'aurai encore recours à la construction, & je le ferois, ne fût-ce même que pour voir d'un coup d'œil ce qu'on ne déduiroit qu'avec moins de clarté des nombres que l'expérience a fournis. Ce que ces nombres font voir sans peine, c'est que la corde à la fin perdit son humidité en sorte qu'elle parvint à n'avoir plus que le poids qu'elle avoit avant que d'être suspendue dans l'eau. On voit aussi qu'au lieu que dans l'eau elle avoit fait $8\frac{1}{3}$ tours, en séchant elle ne parvint en se tordant qu'au $3\frac{5}{8}$ ^{me} tour, de sorte qu'elle resta plus détortillée qu'elle n'avoit été avant d'être suspendue dans l'eau. Je trouvai son diametre de $\frac{5}{11}$ ligne, & sa longueur de $45\frac{3}{4}$ lignes, de sorte qu'en

séchant elle s'étoit considérablement raccourcie, puisqu'elle avoit 53 lignes de longueur lorsque je la retirai de l'eau.

Soit maintenant la droite AB divisée en heures & en minutes de tems, j'ai construit les deux courbes CD , CM . Les ordonnées de la première représentent le nombre de tours & de degrés qui en chaque moment restoit encore à faire. Les ordonnées de la seconde courbe désignent le poids de l'eau qui restoit encore dans la corde. Les nombres de la Table donnoient à la première courbe une inflexion assez régulière. Mais la seconde avoit une inflexion anormale que j'ai indiquée par des points près de E . Cette irrégularité vient probablement de la balance qui ne pouvoit pas avoir toujours la même position, parce qu'il falloit toujours y mettre & en ôter des dixièmes de grain. Quoi qu'il en soit, l'irrégularité qui en résulte est facile à reconnoître & à corriger. C'est ce que j'ai fait en tirant la courbe conformément à ce que tous les autres points demandoient. Fig. 4.

Ces courbes font voir d'un coup d'œil que les tours que fit la corde en séchant ne sont pas en raison simple du poids de l'humidité. L'humidité s'évapore toujours plus lentement, au lieu que la corde tourne d'abord avec une vitesse uniformément accélérée, qui ensuite devient égale ou constante près du point d'inflexion de la courbe CD , & qui enfin se ralentit en sorte que la courbe CD devient asymptotique.

J'ai déjà remarqué dans mon premier Essai, qu'une corde toute mouillée doit perdre une partie de son humidité avant qu'elle puisse avoir l'élasticité requise pour se tordre avec quelque vitesse. Elle n'acquiert cette vitesse que peu à peu. Il se peut même qu'après avoir été retirée de l'eau, elle ne commence à se tordre qu'au bout d'un certain tems. Dans cette expérience j'ai raccourci ce tems, parce qu'après avoir retiré la corde de l'eau je la couchai sur un papier brouillard qui emporta d'abord l'humidité de la surface de la corde. De là vient que la courbe CD commence depuis le point C à s'abaisser vers l'axe AB , ce qui ne seroit pas arrivé si j'avois laissé l'humidité qui couvroit sa surface.

La courbe CD étant en C parallèle à l'axe AB , & baissant d'abord en raison du quarré du tems, l'équation pour une ordonnée quelconque peut être représentée par

$$y = \frac{a}{1 + b\tau^2 + c\tau^4 + \&c.}$$

Dans cette expression τ dénote le tems, y une ordonnée quelconque, a l'ordonnée initiale. Il s'agit de déterminer les coefficients b, c, d &c. Pour cet effet j'ai mesuré les ordonnées d'heure en heure, & je les trouve

τ	y
0	1590
1	1380
2	880
3	490
4	225
5	110
6	60

Ces nombres peuvent être assez exactement exprimés par la formule

$$y = \frac{3180 \cdot \tau}{e^\tau - e^{-\tau}}$$

Car on trouve

τ	y calc.	y exp.	diff.
0	1590	1590	0
1	1353	1380	— 27
2	878	880	— 2
3	476	490	— 14
4	233	225	+ 8
5	107	110	— 3
6	47	60	— 13

Ces différences entre le calcul & l'expérience sont assez petites & assez irrégulières pour pouvoir être attribuées aux difficultés d'observer à quelques degrés près le nombre de tours que la corde fit en se tordant. Elles peuvent encore être diminuées en posant généralement

$$y = \frac{3180n\tau}{e^{n\tau} - e^{-n\tau}}$$

& en déterminant n par l'expérience. Car ici ce n'est que par des cir-

constances particulieres que ce coefficient n ne diffère que très peu de l'unité. La formule générale

$$y : 2a = \frac{n\tau}{e^{n\tau} - e^{-n\tau}}$$

fait voir que la courbe CD reste toujours la même pour des cordes plus ou moins grosses. Car le tems $n\tau$ croît en raison du tems τ , & les ordonnées y sont proportionelles à l'ordonnée initiale a . Ainsi la courbe CD étant une fois construite, il n'y a qu'à changer d'échelle tant pour les abscisses que pour les ordonnées, pour l'appliquer à toutes sortes de cordes. Car on aura en général

$n\tau$	$y : 2a$
0	1, 00000
1	0, 85092
2	0, 55143
3	0, 29946
4	0, 14931
5	0, 06738
6	0, 02975

Voici maintenant encore quelques expériences.

Le 9 Mai 1772, je coupai de la corde mince un bout de $11\frac{3}{4}$ lignes en long & je le suspendis dans l'eau tempérée, depuis 2 heures 13 minutes après midi jusqu'à 7 heures du soir, où je le retirai pour le laisser sécher. J'observai le tems qu'il employa pour chaque quart de tour.

Dans l'eau.		degrés.	Dans l'air.		degrés.
tems	h. m.		tems	h. m.	
0.	0	— 40	0.	0	912
0.	$5\frac{1}{2}$	+ 0	0.	9	900
0.	9	+ 90	0.	21	810
0.	$11\frac{1}{4}$	+ 180	0.	27	720
0.	$13\frac{1}{2}$	+ 270	0.	$32\frac{1}{2}$	630
0.	$15\frac{3}{4}$	+ 360	0.	$37\frac{1}{2}$	540
0.	18	+ 450	0.	$44\frac{1}{4}$	450
0.	21	+ 540	0.	53	360
0.	34	+ 630	1.	$3\frac{1}{4}$	270
0.	50	+ 720	1.	$23\frac{1}{2}$	180
0.	79	+ 810	10 Mai, matin		90
3.	47	+ 900			
5.	32	+ 912			

Cette corde devoit dans l'air retourner jusqu'au — 40^{me} degré, ainsi elle resta en arriere de $90 + 40 = 130$ degrés. Mais d'un autre côté elle étoit parvenue par là au degré d'élasticité qui lui est naturel, puisqu'elle se l'étoit donné elle-même. Il s'agissoit néanmoins de voir si l'expérience confirmeroit cette façon d'envisager la chose.

Pour cet effet je la suspendis de nouveau dans l'eau le 11 Mai suivant depuis les 6 heures 55 minutes du matin jusqu'à 2 heures 35 minutes après midi, où je la retirai par la laisser sécher. Voici comment elle fit chaque quart de tour

Dans l'eau			Dans l'air		
tems		degrés	tems		degrés
h.	m.		h.	m.	
0.	0	+ 80	0.	0	912
0.	5	90	0.	5	900
0.	9 $\frac{3}{4}$	180	0.	13	810
0.	12 $\frac{3}{4}$	270	0.	19	720
0.	16 $\frac{3}{4}$	360	0.	23 $\frac{1}{2}$	630
0.	21	450	0.	29	540
0.	26 $\frac{1}{2}$	540	0.	34	450
0.	33 $\frac{1}{3}$	630	0.	42 $\frac{1}{2}$	360
0.	44	720	0.	51	270
1.	2	810	1.	9	180
7.	40	912	2.	36	90
			5.	25	85
			&c.		

Ici donc la corde dans l'eau se détortilla jusqu'au même degré où elle étoit parvenue le 9 Mai, & encore dans l'air elle se remit au 85 degré, de sorte qu'il ne lui resta à parcourir encore que 5 degrés pour retourner au point où elle avoit été le matin. Ce jour-là le tems étoit couvert & se préparoit à la pluie qui le 12 Mai dura toute la journée.

Je répétois avec la même corde la même expérience le 16 Mai 1772 en la mettant dans l'eau depuis 2 heures 16 minutes après midi jusqu'à 7 heures 45 minutes du soir, où je la laissai sécher. La corde tourna de la manière suivante:

Dans l'eau			Dans l'air		
tems		degrés	tems		degrés
h.	m.		h.	m.	
0.	0	130	0.	0	920
0.	7 $\frac{1}{2}$	180	0.	17	880 . . .
0.	11 $\frac{1}{2}$	270	0.	26	810
0.	15 $\frac{1}{2}$	360	0.	33	720
0.	19 $\frac{1}{2}$	450	0.	47	540
0.	24 $\frac{1}{2}$	540	1.	2	360
0.	30 $\frac{1}{4}$	630	1.	32	180
0.	39	720	2.	22	90
0.	53	810	12.	15	70
1.	50	900			
4.	9	912			
5.	29	920			

Dans cette expérience la corde étoit d'abord elle-même plus humide que les deux premières fois, néanmoins elle se détortilla dans l'eau à 8 degrés près au point où elle étoit parvenue dans les deux premières expériences. Elle sécha de 20 degrés plus que la première fois & de 15 degrés plus que la seconde. Ces différences sont petites en comparaison du grand nombre de degrés que la corde avoit parcourus, dans chacune de ces expériences. Du reste l'air fut de 40 à 50 degrés des hygrometres *A*, *B* plus humide le 16 Mai, qu'il ne l'étoit le 9 & 10 du même mois.

J'ai encore fait une expérience semblable le 4 & le 5 Mai avec un autre bout de la même corde, long de $11\frac{3}{4}$ lignes. Je le suspendis dans l'eau le 4 Mai à 10 heures 13 minutes du matin, & le retirai le 5 Mai à 6 heures 34 minutes du matin pour le laisser sécher. Voici comment il tourna.

Dans l'eau		Dans l'air	
tems		tems	
h. m.	degrés	h. m.	degrés
0. 0	0	0. 0	960 +
0. 4 $\frac{1}{2}$	90	0. 20	900
0. 7	180	0. 29	810
0. 9	270	0. 35	720
0. 10 $\frac{1}{2}$	360	0. 41 $\frac{1}{2}$	630
0. 13	450	0. 47	540
0. 15	540	0. 54	450
0. 18	630	1. 1 $\frac{1}{2}$	360
0. 21	675	1. 11 $\frac{1}{2}$	270
0. 32	700	1. 29	180
0. 42	760	2. 19	90
0. 49	800	3. 24	45
1. 7	860		
1. 30	910		
1. 54	940		
2. 42	950		
4. 7	960		
20. 21	960 +		

Cette corde parcourut donc dans l'eau 960 degrés. Celle du 9 Mai parcourut $40 + 912 = 952$ degrés. La différence est de 8 degrés, & pouvoit être bien plus grande. Car on voit bien qu'une corde d'un pouce environ de longueur ne peut gueres être coupée en sorte qu'elle ait à une $\frac{1}{120}$ partie près la même longueur qu'une autre déjà coupée. Et quoiqu'elles soient coupées d'un même bout, il ne s'enfuit pas qu'elles soient également tordues. L'effet fait voir que cela n'étoit pas. Car en séchant, la corde du 9 Mai resta en arriere de 130 degrés, celle du 5 Mai ne resta en arriere que tout au plus de 45 degrés. Nous verrons ensuite ce qu'il y avoit d'anomal dans ces cordes lorsqu'elles se détortilloient dans l'eau, surtout la premiere fois. Il s'agit d'abord de revenir à notre formule pour en faire l'application au desséchement de ces cordes.

Fig. 5. J'ai construit dans la cinquieme Figure les courbes dont les ordonnées représentent le desséchement de la corde employée le 9, le 11 & le 16 Mai 1772. Ces courbes ne coïncident pas, & c'est de quoi on peut alléguer une double raison. En premier lieu elles sont construites sur une même

même échelle, & comme la corde n'a pas toujours parcouru un même nombre de degrés, cela fait que les ordonnées initiales ne sont pas égales, & par conséquent les autres ordonnées ne sauroient l'être non plus. En second lieu le moment où la corde, après avoir été retirée de l'eau & essuyée avec un papier gris, commençoit à tourner, ne pouvoit pas être observé exactement. Je ne puis pas dire non plus que la corde ait été chaque fois également essuyée. De là il suit que le point *A* n'est pas le vrai commencement des abscisses, ou que s'il l'est par ex. pour la courbe intermédiaire *CM*, il ne l'est pas pour les deux autres. Mais je dois d'abord dire que

CM est la courbe pour l'expérience du 9 Mai,

cm celle pour le 11 Mai,

dn celle pour le 16 Mai.

La courbe *CM* ne paroît pas non plus avoir la droite *AB* pour son axe, puisqu'elle s'en approche beaucoup plus lentement que les deux autres. J'avois laissé la corde suspendue pendant toute la nuit du 9 au 10 de Mai, de sorte que la dernière observation fut faite le 10 le matin. Mais je ne saurois dire si le degré d'humidité de l'air n'a pas varié pendant la nuit. Ce que je trouve dans mes régîtres météorologiques, c'est que l'hygromètre *H* qui le 9 dans la matinée marqua le 265^{me} degré, marqua le soir le 280^{me}, de sorte que l'air devint plus sec. Quoi qu'il en soit c'est aux deux autres courbes *cm*, *dn* que je m'en tiendrai principalement.

Comme le commencement des abscisses est incertain il nous faut une ordonnée de plus pour y appliquer la formule

$$y : 2a = \frac{n\tau}{e^{n\tau} - e^{-n\tau}}.$$

Cela n'empêche pas cependant que l'ordonnée *Ad* ne puisse être regardée comme à très peu près égale à l'ordonnée initiale. Car pendant les premières minutes ces ordonnées ne varient que très insensiblement. Je regarde donc la longueur de l'ordonnée initiale comme donnée. Dans l'expérience du 16 Mai elle est = 850 degrés = *a*. Pour avoir encore deux au-

tres ordonnées je fais $n\tau = 1$, & $n\tau = 4$, & je trouve les ordonnées répondantes.

$$y = \frac{1700}{e - e^{-1}} = 723$$

$$y = \frac{6800}{e^4 - e^{-4}} = 254.$$

Or après avoir construit la courbe dn sur un plus grand papier, je trouve que l'ordonnée 723 répond à $27\frac{1}{2}$ minutes de tems pris sur l'abscisse AB . L'ordonnée 254 se trouva pareillement répondre à 1 heure 27 minutes ou 87 minutes. La différence $87 - 27\frac{1}{2} = 59\frac{1}{2}$ est égale à $\frac{3}{n}$, ce qui donne $n = \frac{1}{19\frac{5}{8}}$; de sorte que le tems de $19\frac{5}{8}$ minutes doit être regardé comme l'unité. Soustrayons encore ces $19\frac{5}{8}$ minutes des $27\frac{1}{2}$ minutes, il reste $7\frac{2}{3}$ minutes & c'est le tems qui s'écoula avant que la corde commençât à tourner. Nous aurons donc

$$y = \frac{1700(\tau - 7\frac{2}{3}) : 19\frac{5}{8}}{e^{(\tau - 7\frac{2}{3}) : 19\frac{5}{8}} - e^{-(\tau - 7\frac{2}{3}) : 19\frac{5}{8}}}$$

En prenant les tems τ tels que l'expérience les donne, on trouvera par cette équation les valeurs de y , auxquelles il faut ajouter les 70 degrés qui ont été soustraits, & on aura

Tems		degrés calculés	degrés observés	diff.
h.	m.			
0.	0	920	920	0
0.	17	890	880	+ 10
0.	26	810	810	0
0.	33	726	720	+ 6
0.	47	543	540	+ 3
1.	2	372	360	+ 12
1.	32	173	180	- 7
2.	22	83	90	- 7

Les différences sont ici plus petites que dans l'expérience rapportée ci-dessus.

De la même maniere j'ai trouvé pour l'expérience du 11 Mai

$$y = \frac{1654(\tau + 1,7) : 15,7}{e^{(\tau + 1,7) : 15,7} - e^{-(\tau + 1,7) : 15,7}}$$

& en ajoutant les 85 degrés qui ont été soustraits on a

Tems		degrés	degrés	diff.
h.	m.	calculés	observés	
o.	0	911	912	— 1
o.	5	887	900	— 13
o.	13	802	810	— 8
o.	19	704	720	— 16
o.	23½	657	630	+ 27
o.	29	552	540	+ 12
o.	34	476	450	+ 25
o.	42½	365	360	+ 6
o.	51	279	270	+ 9
1.	9	167	180	— 13
2.	36	93	90	+ 3

Ici les différences sont un peu plus grandes que dans l'expérience précédente, mais toujours assez petites pour laisser indécis si c'est à la formule ou aux irrégularités de l'expérience elle-même qu'elles doivent être attribuées, d'autant plus que je n'ai marqué le tems qu'en minutes & demi-minutes. Ce que je puis remarquer à cet égard c'est que la formule

$$y = \frac{2an\tau}{e^{n\tau} - e^{-n\tau}}$$

renfermant des quantités exponentielles, il n'y a gueres moyen d'appliquer à ces expériences quelque autre équation. La corde perd son humidité en sorte qu'enfin la quantité qui s'évapore dans un instant donné doit devenir proportionnelle à l'humidité qui y reste. Par là les courbes dn , CM , cm ont une courbe logarithmique pour asymptote. Elles seroient entierelement logarithmiques si l'humidité dans la corde étoit dès le commencement distribuée en sorte que la quantité qui s'évapore dans chaque instant pût être proportionnelle à la quantité qui reste, & que la corde pût tourner dans la même proportion. Mais comme d'abord la corde est mouillée au point de n'avoir plus de force élastique, cette force ne lui revient qu'à mesure qu'elle seche. D'abord l'élasticité s'accroît assez uniformément & cela fait que le mouvement qui en résulte doit croître avec une vitesse accélérée. Cette vitesse cependant ne s'accroît que jusqu'à un certain point, puisque l'élasticité ne peut devenir plus grande qu'elle n'est après que la corde est

seche, & qu'à mesure qu'elle seche il faut plus de force pour qu'elle se torde d'avantage. La corde ne peut non plus se tordre qu'à mesure, qu'elle perd son humidité, & cela empêche encore qu'elle ne se torde, comme si l'élasticité étoit la seule cause agissante.

Fig. 4. La courbe CE dont les ordonnées représentent le poids de l'humidité qui reste, dans l'expérience du 15 Nov. 1772, paroît également avoir une logarithmique pour asymptote. Mais le commencement paroît plutôt être parabolique. La corde toute mouillée se dessèche d'abord à la surface & peu à peu dans les parties intérieures, par ce que l'humidité se retire vers la surface, d'où elle s'éleve dans l'air. J'ai fait voir dans mon premier Essai, que dans le dessèchement d'une éponge la racine cubique de l'humidité qui reste est à très peu près en raison du tems, en sorte que les tems étant équidifférens ces racines cubiques le sont à très peu près aussi. Si donc la corde étoit aussi spongieuse qu'une éponge, les racines quarrées de l'humidité qui reste seroient à très peu près proportionnelles au tems, en sorte que les tems étant équidifférens, ces racines quarrées le seroient à très peu près aussi. Or la corde n'approche en porosité d'une éponge que lorsqu'elle est toute mouillée, en sorte qu'en la tordant on peut faire sortir l'eau qu'elle contient dans ses interstices & surtout aussi dans les plis qu'on lui a donnés en la tordant. Il s'ensuit donc que c'est tout au plus au commencement que la courbe CE peut être parabolique.

Consultons là-dessus l'expérience. Pour cet effet j'ai mesuré les ordonnées qui répondent à chaque heure entiere, & je trouve

Tems, heures	ordonnées
0	3, 80
1	2, 47
2	1, 47
3	0, 79
4	0, 44
5	0, 21

Comme ici les tems sont équidifférens, nous n'aurons qu'à prendre les différences des ordonnées.

τ	ζ	$\Delta\zeta$	$\Delta^2\zeta$
0	380		
1	247	— 133	
2	147	— 100	+ 33
3	79	— 68	+ 32
4	44	— 35	+ 33
5	21	— 23	+ 12

Comme donc les trois premières *secondes différences* $\Delta\Delta\zeta$ diffèrent si peu qu'on peut les regarder comme égales & par conséquent comme constantes, il s'enfuit que pour les 4 premières heures la courbe CE ne diffère que très insensiblement d'une parabole dont l'équation se trouve être

$$\zeta = 3,80 - 1,5 \cdot \tau + 0,16 \cdot \tau^2$$

où τ dénote des heures. Il faudra donc conclure que la courbe CE commence par être parabolique, mais que déclinant peu à peu de la parabole elle finit par être logarithmique. Cependant il ne s'enfuit pas que cette courbe soit composée d'une parabole & d'une logarithmique. La parabole ne permettrait pas qu'elle fût asymptotique. C'est de deux ou plusieurs courbes asymptotiques qu'elle doit être composée. Je trouve qu'en la regardant simplement comme la différence de deux logarithmiques, ou qu'en faisant

$$\zeta = 7,04 \cdot (0,505)^\tau - 3,24 (0,33)^\tau$$

cette équation satisfait à une bagatelle près aux nombres que donne l'expérience. Voici la comparaison.

τ	ζ calc.	ζ exp.	diff.
0	3,80	3,80	0,00
1	2,49	2,47	+ 0,02
2	1,44	1,47	— 0,03
3	0,79	0,79	0,00
4	0,42	0,44	+ 0,02
5	0,22	0,21	— 0,01

La première de ces logarithmiques peut être considérée comme la principale ou la vraie asymptote de la courbe CE . C'est celle suivant laquelle l'humidité de la corde décroît uniformément si elle étoit dès le commencement distribuée de la façon que le dessèchement uniforme exige. Mais comme cela n'a pas lieu dès le commencement, la seconde logarithmique fait voir

de quelle maniere l'humidité approche de cet état de dessèchement uniforme. Cela arrive d'abord près de la surface de la corde & peu à peu aussi dans les parties intérieures.

Fig. 6. Voyons encore comment dans les expériences rapportées ci-dessus les cordes se détortilloient dans l'eau. Cela arriva dans les quatre expériences du mois de Mai, suivant les ordonnées des quatre courbes construites dans la sixième Figure sur une même échelle. La courbe Abc est pour l'expérience du 4 Mai. Je l'ai tirée entre les points bc de deux manières. L'une qui est pointée répond aux nombres que donne l'expérience. L'autre bBc que j'ai tirée d'un trait continu, répond à ce qu'il doit y avoir d'uniforme dans la courbure de cette courbe. Il est visible que la partie marquée par des points, quoique répondante à l'expérience, est anormale. Il faut donc que la corde, après s'être détortillée assez uniformément jusqu'à un certain point, ait ensuite trouvé un obstacle. Cet obstacle fit que pendant près de 10 minutes la corde resta presque immobile. Mais comme pendant ces 10 minutes elle ne laissa pas de devenir plus humide & de gonfler d'avantage, cet accroissement d'humidité enfin l'emporta en sorte que peu à peu, par un mouvement plus accéléré, la corde se trouva enfin tout autant détortillée que si cet obstacle n'avoit pas troublé sa marche. Cet obstacle ne consiste qu'en ce que la corde étoit ce qu'on peut appeller *nouée*. On n'a qu'à voir comment les cordes se font. Elles se raccourcissent à mesure qu'on les tord d'avantage. Ce raccourcissement cependant se fait plutôt par saut, que d'une façon continue, puisque ce n'est que de tems en tems que le cordier rapproche sa roue vers l'autre bout de la corde. C'est alors que la corde tend à se nouer & qu'au lieu de se tordre uniformément elle se tord par saut. La Figure fait voir que la corde employée dans l'expérience avoit besoin de 80 minutes de tems pour revenir à la régularité qu'elle avoit avant & après qu'il falloit qu'elle se *dénouât*.

Dans l'expérience du 9 Mai suivant, j'ai employé un bout de la même corde. La courbe $AdeD$ fait voir comment elle se détortilloit dans l'eau cette première fois. Cette courbe de d en e est encore tirée de deux manières, d'abord par des points conformément aux nombres

que donne l'expérience, ensuite par une ligne continue conformément à ce que la régularité dans la courbure de la courbe exige. Ce bout de corde étoit donc *noué* comme le premier. L'un & l'autre, après avoir été pendant 20 minutes dans l'eau, s'étoient détortillés jusqu'au point où il s'agissoit du *dénouement*. Cependant ce second bout se dénoua avec plus de facilité, & en moins de tems. On voit que les points en *d* s'éloignent beaucoup plus vite de l'axe *AH* qu'ils ne s'en éloignent en *b*, & en *e* ils coïncident de 20 minutes plutôt avec la courbe régulière qu'ils ne coïncident en *c*. Cela veut simplement dire que les cordes ne se *nouent* pas également dans toute leur longueur. Il est même possible qu'on coupe d'assez longs bouts, qui ne sont point noués du tout. Cela dépend beaucoup des foins & de l'habileté du cordier.

Le 11 & le 16 Mai j'employai la même corde que j'avois employée le 9 Mai. La courbe *AF* est construite d'après l'expérience du 11 Mai, & la courbe *AG* pour celle du 16. Ces deux courbes sont entièrement régulières. Elles coïncideroient si la corde avoit au commencement été également sèche. Mais le 16 Mai elle fut de 50 degrés plus humide. Cela fait que les ordonnées de la courbe *AG* sont plus courtes que celles de la courbe *AF*.

La régularité de ces deux courbes fait voir que la corde s'étoit si bien *dénouée* le 9 Mai où je la mis la première fois dans l'eau, qu'elle ne se *noua* plus en séchant, & que par conséquent elle n'avoit plus besoin de se *dénouer* de nouveau dans l'eau. Il est facile d'en tirer la conséquence, que pour avoir un bon hygrometre on fait bien de faire passer par l'épreuve du *dénouement* la corde qu'on veut employer.

J'ai encore tracé dans la quatrième Figure la courbe *AF* dont les or- Fig.
données expriment le détortillement de la corde employée dans l'expérience du 15 Novembre 1772 rapportée ci-dessus. La courbure est assez régulière, de sorte que cette corde paroît avoir été sans *noeud*. Mais comme cette courbe en *F* s'éloigne encore assez considérablement de l'axe *AB*, cela marque que j'aurois pu laisser la corde encore plus longtems dans l'eau, & qu'elle se seroit détortillée encore d'avantage. Je ne le fis pas parce

que je voulois employer le reste du jour pour observer le desséchement, tant par rapport au poids que par rapport au nombre de tours.

Toutes ces observations font voir que les cordes tournent avec une lenteur très considérable, de sorte qu'il faut des heures entières avant que ces hygrometres indiquent de combien l'humidité de l'air a changé. Et comme cette lenteur de la marche dépend surtout de la grosseur des cordes, il arrive que deux hygrometres à corde de différens diametres, n'ont pas une marche entierement analogue, & si les variations de l'humidité de l'air sont subites, les cordes de différente grosseur les indiquent très différemment.

J'ajouterai encore quelques remarques sur le rapport entre les variations de l'hygrometre & de l'humidité de l'air. Pour que l'air soit humide, il ne suffit pas qu'il soit chargé de beaucoup de particules aqueuses, mais il faut que ces particules se coagulent en petites gouttes, & que ces gouttes s'attachent aux corps qu'elles touchent. A cet égard les hygrometres indiquent moins la quantité des particules aqueuses qui nagent dans l'air, que la disposition qu'elles ont à se coaguler & à s'attacher aux corps.

Nous avons vu ci-dessus que les hygrometres ont une variation annuelle en ce que pendant l'hyver les degrés d'humidité prédominent, tandis que pendant l'été ce sont les degrés de sécheresse. On peut leur attribuer encore une variation journaliere, parce que généralement parlant ils avancent vers le sec depuis le matin jusques vers les 2 ou 3 heures après midi, & qu'ils retournent vers les degrés d'humidité depuis le soir jusqu'au matin. C'est ce qu'on observe fort régulièrement surtout quand l'état de l'atmosphère continue de rester le même.

A l'égard de cette variation annuelle & journaliere l'hygrometre a beaucoup d'affinité avec le thermometre, & la raison en est toute claire, c'est que *la chaleur sèche en ce qu'elle accélère l'évaporation de l'humidité, & le froid rapproche les particules aqueuses que la chaleur avoit dispersées.*

Cette variation annuelle & journaliere de l'hygrometre peut être regardée comme réguliere, & à cet égard elle indique plutôt le tems qu'il fait que les changemens qu'il va subir. Mais s'il arrive que l'hygrometre
marche

marche en contrefens, ou qu'en suivant sa marche réguliere il tourne & plus & plus vite que le changement du chaud & du froid ne l'exige, alors ses variations indiquent que l'état de l'air va changer.

Quand le tems tourne à la pluie, l'air commence quelque-part à devenir humide. Je dis *quelque-part*; car cela peut arriver près de la surface de la Terre, comme au-dessus des nuées, dans nos environs comme autre-part, & avec des degrés de vitesse très différens.

Si le tems est calme l'hygrometre n'indique que les changemens de l'air dans nos environs, & surtout ceux qui se font près de la surface de la Terre. Si donc c'est dans la basse région que l'air commence à devenir humide, l'hygrometre s'en ressent aussitôt. Au lieu d'avancer vers le sec depuis le matin jusqu'après midi, il reculera, ou du moins il n'avancera que très peu ou point du tout, & pendant la nuit il reculera au delà de son ordinaire. Dans ces cas l'hygrometre pronostique la pluie avec beaucoup de certitude, surtout lorsqu'il recule beaucoup & très vite. Pendant l'été sa marche réguliere est d'environ 20 degrés, dont il avance le matin & recule le soir. Je l'ai vu reculer de plus de 30 degrés du matin jusqu'après midi & encore de 20 degrés le lendemain. La pluie survint le premier jour & dura sans beaucoup d'interruption cinq jours de suite. Le cinquieme jour l'hygrometre avança de 11 degrés vers le sec pendant la nuit, c'est à dire en contrefens de sa marche ordinaire, & le sixieme jour il avança encore de 61 degrés. Le tems se mit au beau & continua jusqu'à l'heure du midi du septieme jour, où l'hygrometre du matin à l'après midi retourna en arriere, c'est à dire en contrefens de sa marche réguliere.

Si l'air commence à devenir humide dans ses régions supérieures, alors il est possible que la pluie tombe avant que l'hygrometre recule vers les degrés d'humidité. En ce cas il ne tourne que pendant qu'il pleut & même après la pluie. C'est que dans ce cas c'est la pluie qui amene l'humidité dans l'air inférieur, au lieu que dans le cas précédent l'humidité devance la pluie.

Quand l'air n'est point calme, le vent nous amene l'humidité ou la sécheresse des autres pays, soit dans la région inférieure de l'air,

soit dans ses régions supérieures. Si le vent inférieur vient du côté de la mer, c'est ordinairement de l'humidité qu'il amène, & l'hygromètre ne tarde pas à l'indiquer. Le contraire arrive lorsque le vent inférieur vient du continent.

Quant aux vents supérieurs, qu'on reconnoit au mouvement des nuées, ils n'influent pas immédiatement sur l'hygromètre, cet instrument n'indiquant que les variations de l'air contigu & par conséquent de l'air inférieur. De là vient que les vents supérieurs peuvent amener de la pluie, sans que l'hygromètre l'annonce par un mouvement retrograde. Mais aussi dans ces cas l'hygromètre suivra simplement sa marche régulière, qui généralement parlant n'est d'aucun usage pour l'avenir.



I. TABLE.

Hygrometre I à Berlin.

	1771	1772											
	Nov.	Déc.	Janv.	Févr.	Mars.	Avril.	Mai.	Juin.	Juillet.	Août.	Sept.	Oct.	Nov.
1		163	133	163	-15	213	222	249	288	223	266	250	246
2		153	135	135	+10	243	219	262	270	230	276	213	229
3		144	143	128	122	254	258	256	270	227	272	229	250
4		151	114	147	145	268	260	247	213	237	260	198	209
5		162	138	166	134	257	220	249	218	241	266	208	216
6		182	134	167	128	253	247	243	225	246	207	208	210
7		186	135	176	123	241	250	227	229	256	237	243	208
8		182	149	181	116	236	250	245	251	262	244	266	141
9		178	156	118	111	202	288	259	242	254	254	288	210
10		158	135	109	119	217	278	250	240	277	221	252	228
11		128	141	117	116	227	276	263	245	274	246	266	138
12		124	108	132	137	267	268	252	254	254	274	243	180
13		97	85	144	142	243	250	265	236	254	274	233	195
14		143	128	132	143	244	236	267	236	254	273	243	208
15		153	158	125	147	237	232	274	246	256	266	222	198
16		168	158	127	146	233	228	272	232	249	257	218	158
17		165	165	150	140	230	233	268	250	253	246	187	188
18		163	157	146	131	260	236	264	261	220	216	220	152
19		143	156	145	122	253	240	286	264	218	244	198	132
20	155	143	153	147	113	251	230	276	272	220	216	232	
21	205	143	157	153	119	243	239	265	258	227	236	236	
22	200	132	135	152	156	248	238	264	256	246	216	192	
23	205	102	131	143	154	253	211	263	260	259	213	240	
24	166	115	132	129	175	250	238	273	271	236	231	256	
25	185	132	130	143	176	213	223	279	262	255	250	257	
26	156	133	130	147	177	238	228	268	261	264	238	184	
27	86	128	130	23	184	246	224	286	269	253	235	211	
28	80	131	129	24	170	246	236	270	250	251	232	216	
29	124	123	123	-21	183	240	237	279	255	262	178	189	
30	148	134	128	—	209	251	244	289	255	249	237	214	
31	—	128	137	—	199	—	247	—	252	259	—	229	

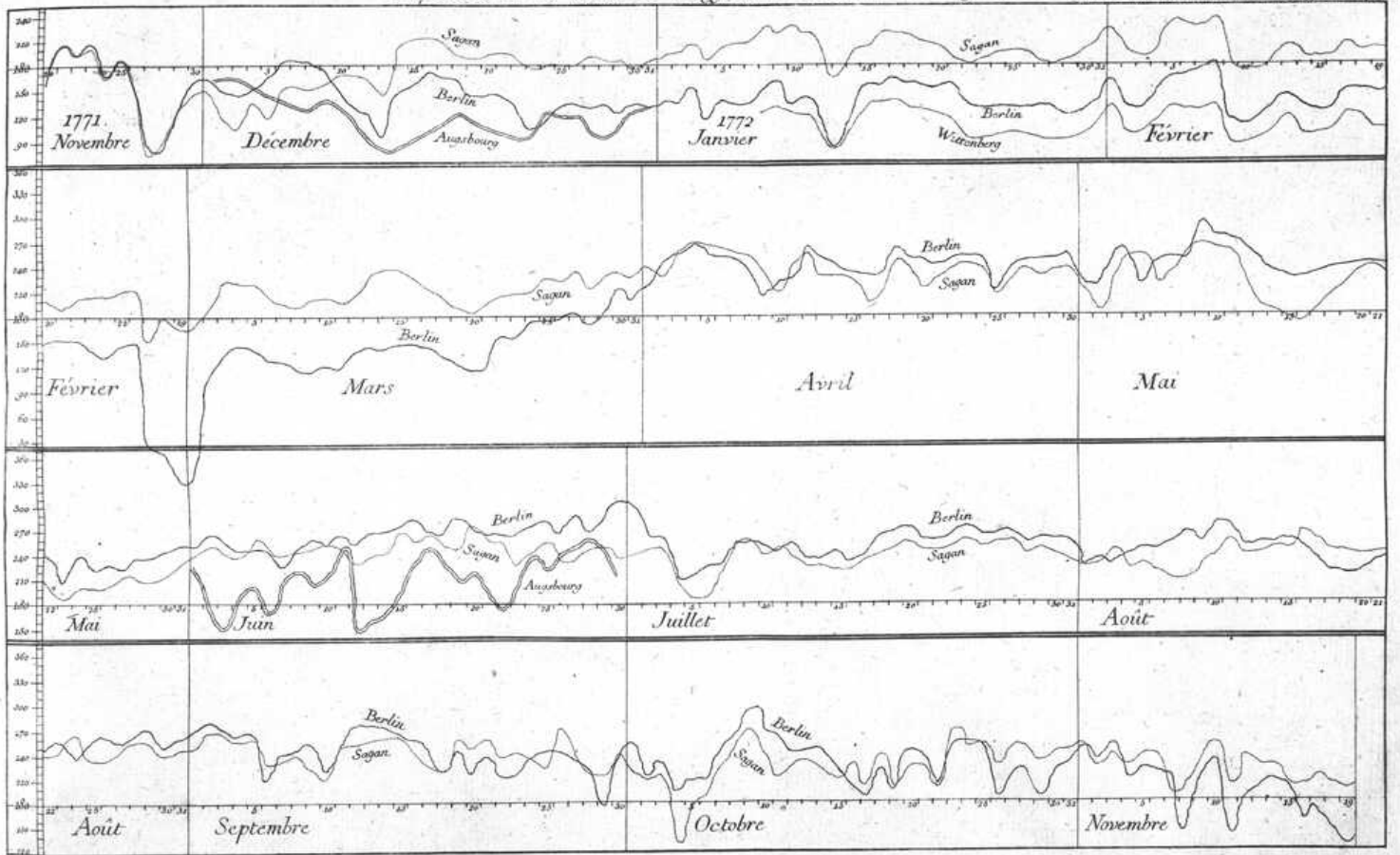
II. TABLE.

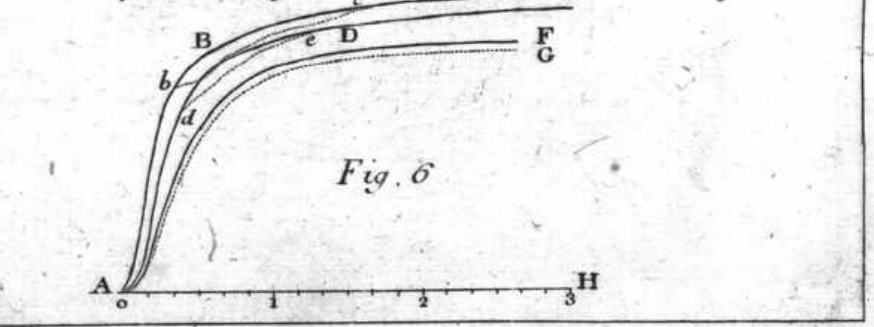
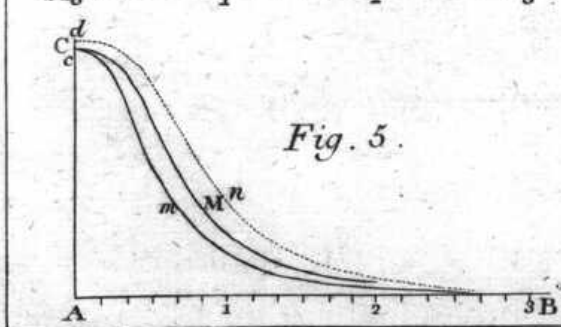
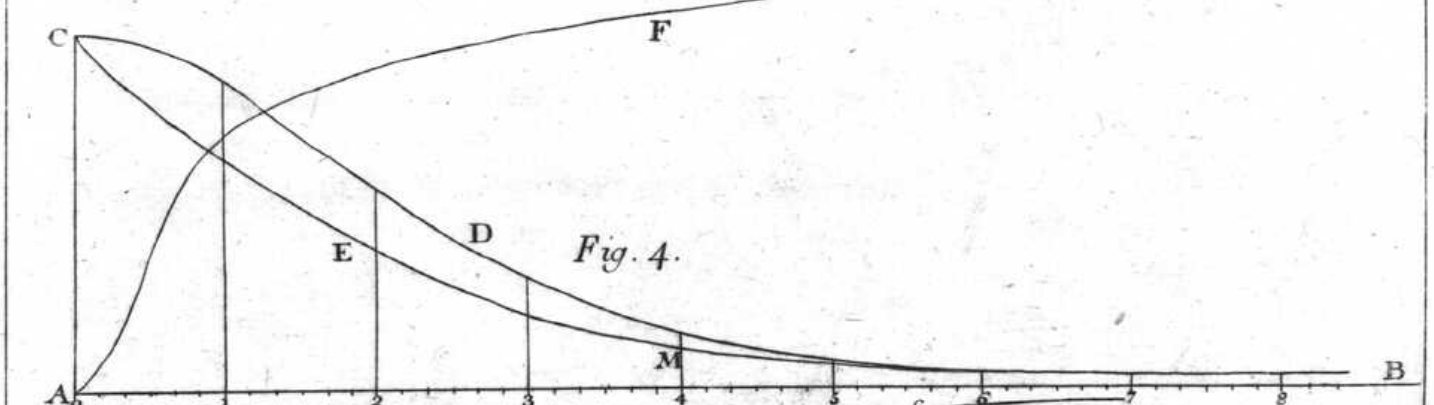
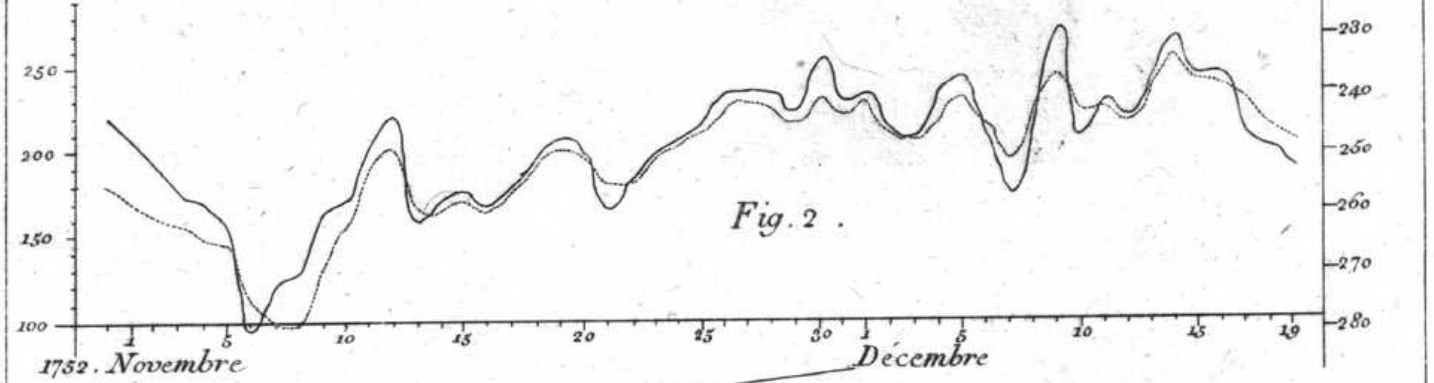
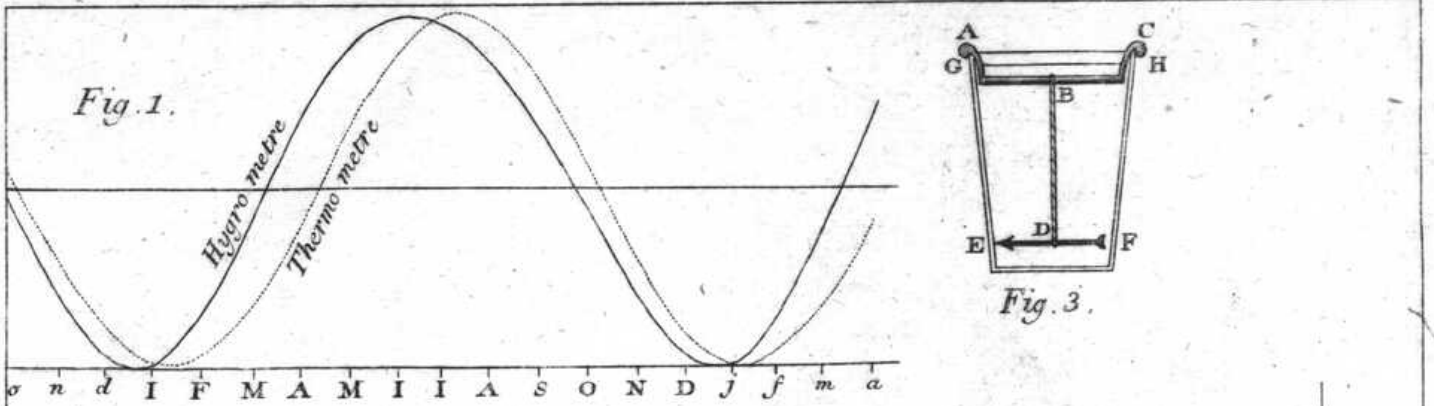
Hygrometre *H* à Berlin.

	1771	1772											
	Nov.	Déc.	Janv.	Févr.	Mars.	Avril.	Mai.	Juin.	Juillet.	Août.	Sept.	Oct.	Nov.
1		232	214	230	184	233	218	228	260	215	245	237	233
2		226	218	222	198	239	217	236	254	208	255	220	226
3		224	222	226	216	256	238	228	258	228	252	220	245
4		227	218	233	228	260	242	233	248	220	252	202	227
5		219	222	234	224	251	230	239	241	229	255	204	223
6		231	225	232	221	249	235	233	234	230	218	204	254
7		236	234	237	215	247	237	235	230	236	226	213	175
8		233	237	242	209	231	230	238	233	240	228	242	170
9		233	238	227	202	208	265	246	248	225	233	260	204
10		232	237	222	209	216	259	244	247	242	221	248	223
11		226	233	224	208	232	268	249	246	256	233	247	172
12		221	226	222	217	244	250	242	246	239	251	237	198
13		216	222	228	219	238	233	252	236	248	261	230	201
14		218	232	222	218	228	224	252	242	245	264	234	214
15		220	229	217	222	220	214	256	246	250	258	217	200
16		228	233	216	218	223	216	258	239	239	249	221	195
17		225	235	222	218	221	221	254	239	246	238	189	201
18		216	233	218	216	264	221	250	246	229	212	210	197
19		220	233	218	214	250	228	253	250	221	238	202	191
20	238	218	231	218	214	249	228	257	258	218	222	224	.
21	242	224	228	223	212	242	230	249	234	228	232	220	
22	242	216	226	222	218	243	230	244	248	225	216	211	
23	244	212	227	218	216	243	217	243	252	239	217	223	
24	235	213	225	218	222	242	228	250	258	231	226	246	
25	241	217	226	218	217	202	227	253	252	239	242	243	
26	240	213	226	223	219	234	224	248	250	248	242	215	
27	227	216	221	190	231	238	217	250	257	244	228	216	
28	220	218	212	206	224	242	222	236	238	249	217	219	
29	220	211	217	191	221	240	233	250	242	255	210	202	
30	228	209	218	—	228	247	234	262	242	236	228	211	
31	—	212	222	—	222	—	235	—	238	242	—	225	

Comparaison de la marche de l'Hygromètre à Berlin et à Sagan.

Nouv. Mém. de l'Ac. R. des Sc. et B. L. 1772. Pl. III. p. 902.





IV. TABLE.

Hygrometre à Wittemberg.

	1771	1772											
	Nov.	Déc.	Janv.	Févr.	Mars.	Avril.	Mai.	Juin.	Juillet.	Août.	Sept.	Oct.	Nov.
1		160	139	124	121	200	227	262	267	245	254	234	236
2		155	142	98	157	225	219	263	261	245	260	231	227
3		142	144	94	154	234	237	260	255	242	257	232	232
4		141	127	111	194	241	251	256	235	241	248	230	214
5		135	127	129	194	240	246	259	234	245	250	224	220
6		157	113	125	192	235	250	254	235	244	233	217	215
7		162	106	124	178	236	258	252	237	246	242	209	190
8		157	121	129	167	230	247	238	244	255	244	242	210
9		158	126	86	160	207	266	257	250	260	243	257	220
10		151	121	86	167	219	268	248	255	260	234	237	218
11		137	119	89	166	228	265	237	255	261	240	233	192
12		132	95	98	183	237	258	243	256	252	247	228	217
13		130	80	114	196	235	238	258	255	249	254	226	218
14		153	102	92	198	234	236	263	248	249	257	225	215
15		158	124	94	199	231	235	267	240	248	256	220	209
16		158	134	95	196	227	237	272	243	243	253	218	206
17		155	134	119	176	229	235	273	256	245	244	211	208
18		148	127	107	163	240	235	267	261	242	238	217	202
19		139	126	99	164	239	238	274	263	244	241	211	196
20	242	141	120	100	161	232	240	279	264	246	233	205	
21	176	141	113	113	158	228	248	277	255	253	235	203	
22	195	123	91	105	176	231	240	273	252	249	235	199	
23	184	123	90	110	182	234	232	275	255	248	231	187	
24	161	132	92	98	194	245	242	282	263	243	238	227	
25	175	136	98	111	184	227	243	285	265	248	242	231	
26	165	119	95	107	182	234	245	286	264	215	239	225	
27	127	103	92	111	188	236	244	286	263	249	242	231	
28	127	99	89	109	178	237	242	271	258	254	233	235	
29	144	131	88	116	183	242	245	271	251	261	215	235	
30	158	138	96	—	196	250	246	273	258	250	229	233	
31	—	135	109	—	200	—	253	—	259	254	—	233	