RECHERCHES
SUR LES
MODIFICATIONS DE L'ATMOSPHERE.

CONTENANT;

L'HISTOIRE CRITIQUE DU BAROMETRE ET DU THERMOMETRE,

UN TRAITÉ SUR

LA CONSTRUCTION DE CES INSTRUMENS,

DES EXPERIENCES RELATIVES A

LEURS USAGES,

Et principalement à la MESURE DES HAUTEURS *& à la correction des REFRACTIONS* MOYENNES:

AVEC FIGURES:

Dédiées à M. M. de l'Académie Royale des Sciences de Paris.

Par J. A. DE LUC *Citoyen de* GENEVE, *Corresp. des Académ. Royales des Sciences de* PARIS *& de* MONTPELLIER.

TOME PREMIER.

Sunt aliquot quoque res; quarum unam discere causam,
Non satis est.

LUCRETII. De natura rerum, Lib. VI.

A GENEVE,

MDCCLXXII.

Rare Book
QC
859
.L82r
1772
v.1

National Oceanic and Atmospheric Administration

Rare Books from 1600-1800

ERRATA NOTICE

One or more conditions of the original document may affect the quality of the image, such as:

Discolored pages
Faded or light ink
Binding intrudes into the text

This has been a co-operative project between the NOAA Central Library, the Climate Database Modernization Program, National Climate Data Center (NCDC) and the NOAA 200th Celebration. To view the original document, please contact the NOAA Central Library in Silver Spring, MD at (301) 713-2607 x124 or at Library.Reference@noaa.gov

HOV Services
Imaging Contractor
12200 Kiln Court
Beltsville, MD 20704-1387
April 8, 2009

OFFICE
OF THE
Chief Signal Officer.

LIBRARY
WEATHER BUREAU
No. 2170.
Class

RECHERCHES

SUR LES

MODIFICATIONS DE L'ATMOSPHERE.

TOME PREMIER.

OB.
D367-R
v.1

QC
859
.L82r
1772
v.1

A MESSIEURS
DE
L'ACADÉMIE ROYALE DES SCIENCES DE PARIS.

MESSIEURS,

J'Ai cru m'appercevoir en étudiant la Physique, que depuis que cette science s'est assez étenduë pour qu'on aît formé des systèmes sur presque tous les objets qu'elle embrasse, deux préjugés contraires nuisoient également aux progrès de la vérité : trop de défiance contre les solutions jugées impossibles; & trop de confiance dans celles qui sont adoptées.

L'inattention étant l'effet commun de ces préjugés, il ne suffit pas

de raiſons pour les vaincre ; il faut encore qu'elles ſoient ſecondées de quelque moyen extérieur qui détermine à l'examen.

J'en ſentis le beſoin dès que je ſongeai à publier mes Recherches ſur les Modifications de l'Atmoſphère ; *& votre approbation, Meſſieurs, fut le ſecours que je dus ambitionner. J'eus le bonheur de l'obtenir en* 1762, *& vous daignâtes y ajouter la permiſſion de publier mon Ouvrage ſous vos auſpices. Mais les conſeils que je reçus en même tems de quelques-uns des Membres de votre Illuſtre Corps, me donnèrent lieu de comprendre, que ce prix que vous accordiez à mon travail, étoit un encouragement à le perfectionner.*

En effet, Meſſieurs, vous ranimâtes mon courage ; & mes efforts vous prouveront du moins, combien je m'eſtimerois heureux d'être vraiment digne de votre ſuffrage, en ajoutant cette foible production à vos immortels travaux pour l'avancement des ſciences utiles.

Je ſuis avec reſpect

MESSIEURS,

Votre très humble & très obéiſſant ſerviteur,
JEAN ANDRÉ DE LUC.

EXTRAIT DES REGISTRES DE L'ACADÉMIE ROYALE DES SCIENCES DE PARIS.

Du 30. Juillet 1762.

MEssieurs De la Condamine & De la Lande qui avoient été nommés pour examiner un Ouvrage intitulé *Recherches sur la Loi des condensations de l'Atmosphère & sur la manière de mesurer par le Baromètre la Hauteur des Lieux accessibles*, par M. *Jean André De Luc* Citoyen de Genève, ayant fait leur rapport; l'Académie a jugé, que cet Ouvrage pouvoit être regardé comme un des meilleurs dont on aît enrichi la Physique depuis longtems, & qu'il étoit très-digne d'être approuvé. En foi de quoi j'ai signé le présent Certificat, à Paris le 4. Août 1762.

Grandjean de Fouchy
Sec. perp. de l'Acad. R. des Sc.

AVIS AU RELIEUR

Pour placer les Planches.

PREMIER VOLUME.

Planche I. . . . . Page 36
Table *Des Hauteurs de l'Atmosph. &c.* 184
Planche *a* 416

SECOND VOLUME.

Planche II. III. IV. 42
Planche V. 100
Planche VI. 288

ERRATA.

Page 6	*Ligne* 23	occillations	*lisez* oscillations.
35	*dern.*	se plonge	*lisez* plonge.
43	5	souphre	*lisez* soufre.
71	*à la fin de la note*;	ces mots *Voyez encore un fait*, *&c.* doivent être retranchez.	
142	18	abandonnera	*lisez* abandonna.
144	17	1 à 14000	*lisez* 14000 à 1.
151	10	*proportionnelles*	lisez *inversement proportionnelles.*
152	2	20 pouces	*lisez* 28 pouces.
161	30, 31, 34	pieds	*lisez* pouces.
177	8	les voisines	*lisez* ses voisines.
189	21	*proportionnels*	lisez *inversement proportionnels.*
194	13	du nouveau mercure qui n'a,	*lisez* de nouveau mercure qui n'aît.
245	25	antérieure	*lisez* antécédente.
264	24	évaporisé	*lisez* vaporisé.
286	30	N°. 222 *e*	*lisez* 422 *e.*

TABLE
DES CHAPITRES
Contenus dans le Ier. VOLUME, & de leurs *Divisions.*

INTRODUCTION. . . . . Page 1

PREMIERE PARTIE.

Histoire *du* Baromètre ; *des Expériences qu'on a faites par son moyen; & des hypothèses qu'on a imaginées pour expliquer ces expériences.*

CHAPITRE I. Invention du *Baromètre.* . . . . . Page 5

CHAPITRE II. Des principaux changemens faits dans la construction du *Baromètre.* 11

Baromètre de TORICELLI. . . . . *ibid.*
Baromètre imaginé par DESCARTES. 13
. . . *double* inventé par HUYGENS. 15
. . . . . corrigé par HOOK. 17
. . . *à poulie* inventé par HOOK. 20
. . . *incliné* inventé par le CHEV. MORLAND. . . 21
. . . *en équerre* ou de BERNOULLI. 22
. . . *conique* inventé par AMONTONS. 26
. . . *réduit* d'AMONTONS. 28
. . . . . de DE MAIRAN. 31
. . . *à l'usage de la Mer* d'AMONTONS. 32
. . . *simple de* PRINS. 35
Prémières recherches sur les causes d'irrégularité dans les *Baromètres.* 36
Recherches sur la *Lumière* que produisent quelques *Baromètres.* 38
Hypothèse de M. JEAN BERNOULLI sur cet objet. . . 39
. . . de M. HOMBERG. 42
. . . de M. DE MAIRAN. 43
. . . de M. DU FAY. . . . . *ibid.*
. . . de M. MUSSCHENBROECK. 47
La *Lumière* du *Baromètre* rapportée à l'*Electricité.* . . 50

Baromètres purgés d'*air* par le *feu*. . . . . Page 58
Expériences sur l'effet des différens *diamètres* des *Tubes*. . 60
Recherches sur l'effet que la *chaleur* produit dans les *Baromètres*. 62

CHAP. III. Examen des Hypothèses sur les variations du *Baromètre*. 64

Observations & idées de *Pascal* sur cette matière. . . 65
Idée du Dr. BEAL. 67
Hypothèse de Mr. GARCIN. 68
. . . . du Dr. GARDEN. 69
. . . . du Dr. WALLIS. 72
. . . . du Dr. LISTER. 74
. . . . de Mr. HALLEY. 76
. . . . de Mr. GARSTEN. 80
. . . . de Mr. DE LA HIRE. 81
. . . . de Mr. MARIOTTE. 84
. . . . de Mr. LE CAT. 88
. . . . de Mr. WOODWARD. 90
. . . . de Mr. LEIBNITZ. 97
. . . . de Mr. DE MAIRAN. 108
. . . . de Mr. HAMBERGER. 129
. . . . de Mr. DL. BERNOUILLI. 133
. . . . de Mr. MUSSCHENBROECK. 135

CHAP. IV. Histoire des tentatives qu'on a faites en divers tems, pour mesurer les Hauteurs par le *Baromètre*. . 139

Recherches de PASCAL. . . . . *ibid.*
Expériences & découvertes de BOYLE. 142
Expériences & Règles de M. MARIOTTE. 147
Règle de Mr. HALLEY. 153
. . . de Mr. MARALDI. 159
Comparaison des expériences faites à l'Observatoire de Paris, par M. M. MARIOTTE & DE LA HIRE. . . . . *ibid.*
Expériences & Règles de M. M. SCHEUCHZER. . . 161
Règle de M. JAQ. CASSINI. 163
Hypothèses & Règles de M. DL. BERNOULLI. . . . 165
Expériences de M. M. CASSINI DE THURI & LE MONNIER le cadet. 177
Expériences & Règle de M. HORREBOW. 179
Expériences Règle & Hypothèse de M. BOUGUER. . 180

SECON-

SECONDE PARTIE.

Expériences sur la construction & l'usage du Baromètre *& du* Thermomètre.

CHAPITRE I. Moyens de faire des *Baromètres* qui se tiennent à la même hauteur dans le même lieu, & dont la marche soit uniforme. . . . . Page 187

Baromètres purgés d'*air* par le *Feu*. 188
Effets de la *chaleur* sur les *Baromètres*. 190
Influence de l'opération du *Feu* quand on charge le *Baromètre*, sur les variations que la *chaleur* produit dans cet Instrument. 192
Expériences pour déterminer l'effet que produit la *chaleur* sur les *Baromètres* purgés d'*Air* par le *Feu*. 197
Réflexions sur la *ligne de Niveau* dans le *Baromètre*. . 203
Effet de l'inégalité de diamètre des *Tubes*. 205
Remarques sur l'effet que produisent les défauts du *Baromètre* dans les observations ordinaires. 208
De l'*Echelle* du *Baromètre*. 211
Degré de perfection du *Baromètre* décrit. Causes des défauts qui lui restent. 212
Remarques sur les *Baromètres* destinés au transport. . 214
De la position du *Baromètre* quand on l'observe, & de la manière de l'observer. 216

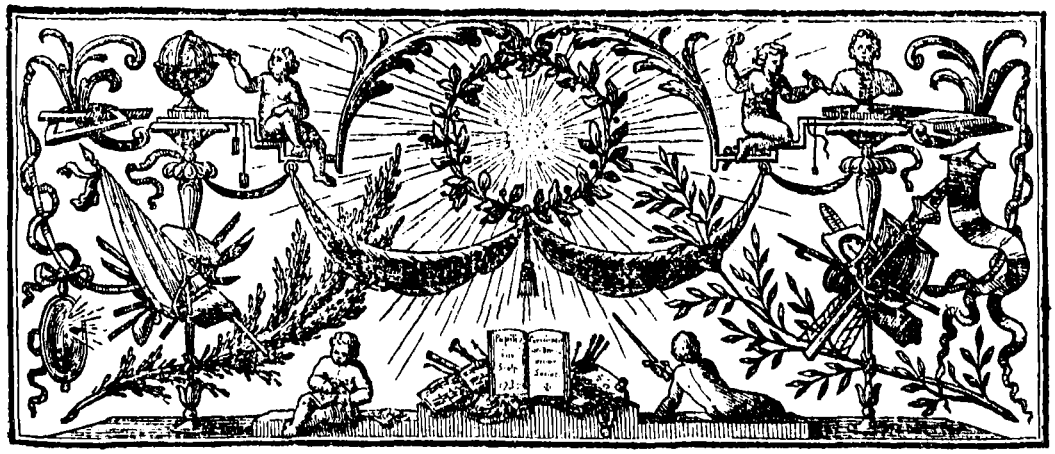
CHAPIT. II. Du *Thermomètre*. 219

Réflexions sur l'état actuel du *Thermomètre*. 220
De la *matière* qui constitue proprement le *Thermomètre*. . 222
Principe fondamental dans la construction de cet Instrument. 223
Considérations sur la *marche* de divers *liquides*. Raisons de croire que le *Mercure* est le liquide dont les *dilatations* ou *condensations* approchent le plus d'être proportionelles aux *augmentations* ou *diminutions* de la *chaleur*. 224
Les circonstances qui accompagnent la *congélation* des *liquides*, considérées quant aux conséquences qui doivent en résulter dans leur *marche* antécédente. . . . . *ibid.*
Remarques sur les expériences de M. BRAUN, rélatives à la *congélation* du *Mercure*. 242
Examen des objections de M. ANAC, contre les expériences de M. BRAUN. 256
Les circonstances qui accompagnent l'extrême *dilatation* de cer-

certains *liquides*, considérées quant aux effets que doivent produire leurs causes, sur les dilatations antécédentes de ces *liquides*. . . . . Page 264
Expériences pour découvrir les rapports des *marches* de divers *liquides* dans le *Thermomètre*. 267
Considérations sur les *solides*, & sur l'*Air*, rélativement au *Thermomètre*. 275
Preuve directe que le *Mercure* est, de tous les *liquides* employés jusqu'à présent au *Thermomètre*, celui qui mesure le plus exactement les *différences* de la *chaleur*, par les *différences* de son *volume*: soit PREMIERE raison de l'employer au *Thermomètre*. 285
Détermination des rapports de ces deux espèces de *différences*. 296
SECONDE raison d'employer le *Mercure* pour le *Thermomètre*; tirée de ce qu'il est de tous les liquides, le plus aisé à purger d'*Air* 314
TROISIEME raison. Il est de tous les *liquides* le plus propre à mesurer de grandes différences dans la *chaleur*. . . 318
QUATRIEME raison. Il se conforme plus promptement que tout autre liquide aux variations de la *chaleur*. . . 319
CINQUIEME raison. Tout *Mercure* a la même *marche* par les variations de la *chaleur*. 325
Des *Termes fixes* du *Thermomètre*. 331
Des principaux *Thermomètres* qui ont été construits jusques à présent. . . . . *ibid.*
Du *Terme fixe inférieur* du *Thermomètre*. 344
Du *Terme fixe supérieur*. 351
Du vrai *Thermomètre* de M. DE REAUMUR. . . . 352
De l'influence du *poids de l'air* sur la *chaleur* de l'*eau-bouillante*. 381
Avertissement à ce sujet. 382
De l'*Echelle* du *Thermomètre*. 390
De la construction du *Thermomètre* de *Mercure*. . . 393
Du choix des *tubes* pour le *Thermomètre*. . . . . *ibid.*
De sa *boule*. 394
De la manière de le remplir. 399
De sa *Monture*. 407

CHAPIT. III. Du *Thermomètre d'esprit-de-vin*, accordé avec le *Thermomètre de mercure*, pour l'usage du Public. 409

Fin de la Table du prémier Volume.



RECHERCHES
SUR
LES MODIFICATIONS
DE L'ATMOSPHÈRE.

INTRODUCTION.

PARMI le grand nombre de découvertes dont les Philosophes du siècle précédent ont enrichi les Arts & les Sciences, la différence de hauteur du mercure dans les Baromètres placés en des lieux différemment élevés, est une de celles qui promit aux Physiciens de plus grands avantages.

En effet, ce phénomène étoit propre à faire espérer de connoître plus parfaitement la nature d'un milieu, au travers duquel nous voyons & les Corps célestes & ceux qui apartiennent à nôtre Globe. Il paroissoit encore

offrir un moïen aisé de déterminer la hauteur des différens points accessibles de la surface de la Terre; ce qu'on ne peut pas toûjours obtenir à l'aide des instrumens de géométrie; soit parce que leur usage exige une connoissance suffisante de la densité actuelle de l'air, pour corriger l'effet des réfractions; soit parce qu'on ne trouve pas toûjours une base convenable pour les opérations trigonométriques: & dans tous les cas, le Baromètre offroit un moïen facile d'abréger beaucoup les opérations & d'en diminuer l'appareil.

Je ne m'arrêterai pas à développer tous les avantages que promettoit cette découverte; il suffit pour se convaincre de son importance, de considérer, que les plus grands Physiciens s'en sont occupés, soit dans la spéculation, soit dans la pratique.

Mais ce qui paroissoit facile au premier coup d'œil, s'est trouvé tellement compliqué quand on a voulu l'approfondir, qu'on avoit perdu presque toute espérance d'atteindre par ce moïen à l'exactitude desirable, lorsque quelques-uns des Membres de l'Académie Royale des Sciences partirent pour aller mesurer un Arc du Méridien sous l'Equateur. Ces Messieurs, attentifs à tirer d'un aussi grand dessein tous les avantages qu'il présentoit, ne négligèrent pas les observations du Baromètre: ils en firent un grand nombre, & sur-tout en des lieux très élevés de la Cordilière des *Andes* au Pérou, dont leur ouvrage principal les avoit obligés de mesurer la hau-

hauteur. Nous en avons le résultat dans un mémoire de Mr. Bouguer joint à ceux de l'Académie pour l'année 1753 : la règle qu'il donne d'après ces expériences pour connoître par la hauteur du mercure dans le Baromètre, celle des lieux où l'on observe cet instrument, réunit tous les avantages des diverses méthodes qu'on avoit imaginées avant lui, & s'accorde mieux qu'aucune de ces méthodes avec les expériences qui lui servent de fondement. Cependant il avoue qu'elle est insuffisante dans la partie inférieure de l'Atmosphère; il paroît même la restraindre au climat dans lequel il a fait ses observations (555).

L'Air est-il donc d'une nature différente suivant les hauteurs & les climats? C'est une question bien naturelle, & que j'espère de résoudre en rendant compte d'un grand nombre d'expériences que j'ai faites, & des nouvelles règles auxquelles j'ai été conduit par leur moyen.

Les espérances qu'on avoit conçues lorsqu'on découvrit les proprietés du Baromètre, ont été si peu réalisées par l'expérience, qu'on a presque perdu de vue l'origine de cet instrument, les changemens qu'il a subis, & les tentatives qu'on a faites en divers tems pour le rendre utile. Ceux qui dans le cours de leurs études ont eu occasion de remarquer combien on s'est occupé de cette matière, ayant comparé les peines aux succès, & observé le peu d'accord de l'expérience avec les hypothèses, n'ont presque tiré de leurs lectures qu'une indifférence générale pour les phénomènes du Baromètre, & une défiance assez

bien fondée pour tout ce qui paroît de nouveau ſur ce ſujet.

Dans cet état des choſes, je crois qu'il convient de réveiller l'attention du Public ſur une matière qui me paroit aujourd'hui très intéreſſante : c'eſt là ce qui me détermine, avant d'expoſer mes propres recherches, à donner un abrégé hiſtorique & critique de celles qui ont été faites avant moi ; & à préſenter ainſi dans un ſeul tableau, l'origine du Baromètre, les changemens qu'il a ſubis en divers tems, les uſages qu'on s'eſt flatté d'en tirer, & les principales tentatives qui ont été faites, tant pour conſtater ces uſages, que pour concilier la variété des obſervations.

Ceux pour qui je ne ferai que retracer les raiſons de leurs doutes, trouveront dans cet examen de nouveaux motifs de ſuſpendre leur jugement : Ceux qui ont adopté un ſyſtême parce qu'ils l'ont cru ſolide, auront occaſion de reconnoître qu'il n'y en avoit point encore dont l'application pût être univerſelle : Tous ceux qui aiment l'étude de la nature déſireront de voir éclaircir un ſujet qui tient à la Phyſique générale, & dont les avantages particuliers ſont ſenſibles. Ils auront par cela même plus de patience pour me ſuivre dans mes obſervations, mes expériences, mes raiſonnemens, & mes hypothèſes même : C'eſt là ce que je déſire obtenir d'eux. On doit faire encore quelques efforts d'attention, avant d'abandonner une ſi belle perſpective.

PRE-

PREMIERE PARTIE.

HISTOIRE

DU BAROMETRE, DES EXPERIENCES QU'ON A FAITES PAR SON MOYEN, ET DES HYPOTHESES QU'ON A IMAGINE'ES POUR EXPLIQUER CES EXPERIENCES.

CHAPITRE PREMIER.

Invention du Baromètre.

L'ORIGINE du Baromètre a tant de rapport avec celle de la bonne Philosophie, que l'une rappelle l'autre presque nécessairement. Si nous devons au Baromètre la connoissance du poids & de l'élasticité de l'air, principes si féconds en conséquences curieuses & utiles; il est probable aussi que sans une bonne Logique, la suspension du mercure dans un tube de verre ne nous eût rien appris.

Tems où le Baromètre a pris naissance.

2. Jusqu'au siècle passé, les hommes chargés, comprimés par l'Atmosphère, ne reconnoissoient point son action: en vain toute la nature déposoit que l'air étoit élastique & pesant, ils fermoient les yeux à son témoignage. L'eau s'élevoit alors dans les pompes, & couloit dans les syphons comme elle fait aujourd'hui; on ne séparoit qu'avec de grands efforts les panneaux d'un soufflet dont les ouvertures étoient bouchées; & l'on ne rapprochoit pas ces mêmes panneaux sans beaucoup de peine lorsqu'ils étoient écartés; les enfans suçoient le lait de leurs nourrices; l'air entroit rapidement dans les poumons des animaux à chaque inspiration; les ventouses produisoient des tumeurs à la

Ignorance des Anciens sur la nature de l'Air qu'ils pouvoient connoître.

peau; & malgré toutes ces preuves frapantes de la pesanteur & de l'élasticité de l'air, les anciens Philosophes soutenoient toujours que l'air étoit *léger*, & expliquoient tous ces Phénomènes par l'*horreur* qu'ils attribuoient à la Nature pour le vuide.

Ils pouvoient trouver des bornes à *l'horreur du vuide.*

3. Il est d'autant plus surprenant qu'ils soient restés si longtems dans l'erreur sur la cause de ces effets, qu'ils en avoient aperçu les bornes. Ils avoient souvent remarqué que l'élévation de l'eau dans les pompes est limitée, qu'un soufflet dont les ouvertures sont bouchées, s'ouvre ou se ferme lorsqu'on y employe un effort suffisant; mais ils attribuoient ces exceptions aux défauts des machines.

Ces bornes n'ont été reconnues qu'au commencement du siecle passé.

4. Ce ne fut que dans le commencement du dix-septiéme siècle qu'on entreprit d'examiner si les bornes de ces phénomènes étoient déterminées, & qu'on reconnut qu'elles l'étoient. Cependant comme on tenoit encore à l'ancien jargon, l'on ne put d'abord abandonner entiérement *l'horreur du vuide*, on entreprit de conserver ces mots chéris en les modifiant; *la Nature*, dit-on alors, *abhorre le vuide jusqu'à un certain point. Galilée* fut un des premiers qui tint ce langage; il fit des expériences sur les pompes; & ayant reconnu que toutes ces machines élévent l'eau presqu'à la même hauteur, il regarda cette hauteur comme la borne de *l'horreur du vuide.* On a peine à concevoir comment celui qui a découvert l'isochronisme des oscillations du pendule, & qui a trouvé la loi de la chute des corps, a manqué une découverte en apparence beaucoup plus facile, & à laquelle il touchoit de si près. Le préjugé a-t-il donc aussi de la force sur de pareils génies?

Effet de cette découverte sur l'ancienne Philosophie.

5. L'esprit humain n'est point fait pour se tromper toûjours sur les objets qui sont à sa portée; il ne persiste point dans les erreurs grossiéres, à moins qu'on ne parvienne à les lui faire respecter; encore faut-il nécessairement que rien n'ébranle sa vénération pour l'erreur elle-même ou pour ceux qui l'ont établie & qui la soutiennent: car si, faisant usage de sa liberté naturelle, il ose employer l'examen; & s'il parvient à découvrir une seule des erreurs du systême, bientôt il le suspecte sur tout le reste. Le dernier siècle en fournit beaucoup d'exemples; & le sujet que je traite est un de ceux qui ont le plus contribué à cette heureuse révolution.

Tant que la Philosophie d'Aristote & de ses successeurs fut respectée, on ne vit que par leurs yeux, on n'osa presque examiner,

miner, ou du moins on rejetta comme erronné tout ce qui étoit contraire à leurs principes. Mais dès qu'on eut ébranlé cette Philosophie sur un seul point, le préjugé de l'autorité perdit sa force, & la clef de la voûte étant enlevée, tout l'édifice fut bientôt renversé.

L'horreur du vuide est limitée ! dirent sans doute alors avec étonnement les gens capables de penser ; comment donc a-t-on pu vivre aussi longtems dans une erreur si grande ? Qu'est-ce que trente-deux pieds d'eau élevés dans une pompe, comparés à ce qu'on nous a fait croire jusqu'à présent ? N'avions-nous pas admis d'après nos maîtres que cette élévation de l'eau pour empêcher le *vuide* doit être sans borne ? & ne devroit-elle pas l'être réellement si la Nature regardoit le *vuide* avec *horreur* ? Cherchons une cause plus prochaine de cet effet & dont nôtre raison puisse se satisfaire. Que *l'horreur du vuide* n'entre plus dans nos recherches ; abandonnons le parti des *affections* de la Nature, puisqu'elle se manque si fort à elle-même ; ne pensons plus qu'à *trente-deux pieds d'eau* soutenus dans le vuide, & voyons ce qui peut opérer cet effet sans agir au-delà.

6. Tels furent sans doute les raisonnemens de ceux qui osèrent secouer le joug de l'autorité, & ce fut le tombeau des *vertus occultes*. On quitta les bancs de l'Ecole pour se transporter dans les atteliers; on fit des expériences, on les répéta, on les compara ; & bientôt la vérité recherchée se présenta aux yeux de ceux qui s'étoient mis en état de la recevoir. Les expériences succédèrent aux raisonnemens obscurs.

7. L'invention du Baromètre par *Toricelli* fut le premier effet de ces recherches ; voyant la colonne de mercure suspendue dans son tube, ce Physicien célèbre compara la hauteur de cette colonne avec celle de l'eau soulevée dans les pompes, & ayant reconnu que ces hauteurs étoient en raison inverse de la pesanteur spécifique de l'eau & du mercure, il pensa bientôt que leur suspension étoit duë à un *contre-poids* commun. *Toricelli* inventa le Barom. en 1643.

Il examina les circonstances de cette observation, & voyant que l'extrémité supérieure des colonnes d'eau & de mercure ne communiquoit point avec l'air, tandis que cette communication avoit lieu à leur extrémité inférieure, il attribua l'élévation de ces colonnes dans les tubes à l'action de l'air, dont *Galilée* avoit commencé à soupçonner la pesanteur sans en tirer les conséquences qui en découlent. Cette machine lui fit découvrir que l'air est pesant.

Il paroît que *Descartes* l'avoit déja pensé.

8. Il paroît que *Descartes* n'avoit pas attendu l'expérience de *Toricelli* pour assigner à la pesanteur de l'air les effets que *Galilée* attribuoit encore à l'horreur du vuide. On voit du moins dans une lettre écrite par le premier de ces Philosophes au Père *Mersenne*, qu'il attribue au poids de l'Air l'adhérance des parties des corps, & l'élévation de l'eau dans les pompes ; contre le systême que *Galilée* avoit établi sur ce sujet dans des Dialogues dont cette lettre de *Descartes* est une critique (*a*). Dans une autre lettre écrite à ce Père, il explique aussi par la même cause, la suspension de l'eau dans certains vases percés à leurs deux extrémités, lorsqu'on bouche l'ouverture supérieure (*b*). Et dans une troisiéme lettre écrite au même, il explique comment il conçoit que le poids de l'Air est l'unique cause de la résistance qu'on éprouve à séparer les corps polis (*c*). Il est vrai que ces lettres n'ont point de date, non plus qu'une autre où *Descartes* explique même la suspension du mercure dans un tube scellé par le haut. (*d*)

Mr. *Pascal* prouva la pesanteur de l'Air par les expériences du *vuide* faites dans l'eau.

9. Dès que l'expérience & la conjecture de *Toricelli* furent répandues en France par le P. *Mersenne*, à qui on les manda d'Italie en 1644. (*e*) Mr. *Pascal* les saisit avidement. Jamais de si belles idées n'ont trouvé un génie plus propre à les développer. Mr. *Pascal* tourna bientôt en certitude ce qui lui avoit été présenté comme un soupçon : il pensa que si le poids de l'air *dans lui-même* étoit la cause des Phénomènes qu'il observoit, le poids de l'eau *dans elle-même* devoit en produire de semblables ; c'est-à-dire, que la privation d'eau devoit rompre l'équilibre de la même manière que la privation d'air. Il fit donc toutes les expériences du *vuide* dans l'eau ; il y plongea des Soufflets, des Baromètres, des Syphons, des Seringues, &c. en disposant les choses de manière que l'Air extérieur communiquoit partout où devoit se faire le *vuide* dans les expériences ordinaires, & que le poids de l'eau représentoit celui de l'Air. Le résultat confirma ces grandes idées ; partout les effets furent proportionnels à la

(*a*) *Renati Descartes Epistolæ &c. Amst.* MDCLXXXII. Pars II. Epist. XCI.

(*b*) Ibid. Epist. XCIV.

(*c*) Ibid. Epist. XCVI.

(*d*) Pars III. Epist. CII.

Je trouve la même lettre sous le N°. CXI. dans l'édition de Mr. *Clerselier* avec la date du 2 Juin 1731 ; mais cette date prouve trop : car il s'ensuivroit que dès ce tems on connoissoit le Baromètre ; ce qui n'est pas. Mr. *Clerselier* convient lui-même dans la préface du premier volume, que le Manuscrit de *Descartes* n'étoit pas en ordre ; & l'Editeur de la traduction latine, soigneux d'ailleurs a mettre les dates, n'en a point mis à celle-ci.

(*e*) *Préface du Traité de l'équilibre des liqueurs &c.* de Mr. Pascal.

la hauteur de l'eau. On peut voir ces expériences dans ses *traités de l'équilibre des liqueurs & de la pesanteur de la masse de l'Air.*

10. L'Angleterre eut sa part au triomphe de la Raison; Mr. *Boyle* se déclara contre la Philosophie ancienne & la poursuivit jusques dans ses derniers retranchemens. Il perfectionna la fameuse *machine du vuide* inventée par *Otto Guerick*, & fit par son moyen tant & de si victorieuses expériences, que malgré les efforts que firent contre lui les partisans qu'avoient encore les *vertus occultes*, ces chimères furent reléguées dans le cerveau d'un petit nombre d'hommes endurcis par le préjugé, & moururent avec eux.

Mr. Boyle la prouva par sa *machine du vuide.*

11. Le Baromètre ne fut d'abord considéré que comme un moyen de plus contre les partisans de l'*horreur du vuide*; mais cette machine, examinée de plus près, attira bientôt les regards des Physiciens attentifs. *Toricelli* & ensuite *Pascal* observèrent que la hauteur du mercure n'étoit pas toûjours la même dans un Baromètre fixe; ils crurent appercevoir que ces variations de hauteur avoient quelque rapport à des changemens dans l'état de l'air, & qu'elles pouvoient annoncer les effets sensibles de ces changemens.

Le Bar. ne tarda pas à indiquer des différences dans le poids de l'Air.

12. Dès lors cet instrument fut regardé comme très-utile, & chacun voulut s'en pourvoir. On l'examina avec attention; mais comme l'accord de ses variations avec celles de l'air ne fut pas toûjours le même en apparence, on ne fut pas d'accord non plus sur la cause de ces effets. De là des foules d'hypothèses, dont aucune n'a prévalu d'une manière décidée.

Mais cette indication fut d'abord très confuse.

13. Un second usage qu'on découvrit bientôt dans le Baromètre, fut celui de mesurer la hauteur des lieux. Mr. *Pascal* fit cette découverte. On gagne toujours à l'entendre raisonner lui-même; c'est pourquoi je vais rapporter ce qu'il écrivoit le 15°. 9bre 1647 à Mr. Perrier son beau-frère, Conseiller à Clermont en Auvergne. (a)

Usage du Bar. pour mesurer les Hauteurs, trouvé par Mr. *Pascal.*

„ J'ai imaginé une expérience qui pourra seule suffire pour „ nous donner la lumiére que nous cherchons, si elle peut être „ exécutée avec justesse. C'est de faire l'expérience du vuide plu- „ sieurs fois en même jour, dans un même tuyau, avec le mê- „ me vif-argent, tantôt au bas, & tantôt au sommet d'une mon- „ tagne élevée pour le moins de 5 à 600 toises, pour éprou- „ ver si la hauteur du vif-argent suspendu dans le tuyau se trou- „ vera pareille ou différente en ces deux stations. Vous voyez dé-

Lettre qu'il écrivit sur ce sujet à Mr. Perrier.

(a) *Traités de l'équilibre des liqueurs & de la pesanteur de la masse de l'air.* pag. 171.

„ ja sans doute, que cette expérience est décisive de la question, „ & que s'il arrive que la hauteur du vif-argent soit moindre au „ haut qu'au bas de la montagne (comme j'ai beaucoup de raisons pour le croire, quoique tous ceux qui ont médité sur cette matière soient contraires à ce sentiment (*a*)) il s'ensuivra „ nécessairement que la pesanteur & la pression de l'air est la seule „ cause de cette suspension du vif-argent, & non pas l'horreur „ du vuide, puisqu'il est bien certain qu'il y a beaucoup plus „ d'air qui pèse sur le pied de la montagne, que non pas sur son „ sommet; au lieu qu'on ne sauroit dire que la nature abhorre le „ vuide au pied de la montagne plus que sur son sommet.

Si les Philosophes anciens n'avoient pas des Baromètres, ils avoient au moins des pompes; pourquoi n'ont-ils pas fait sur les pompes l'essai que Mr. *Pascal* fit sur le Baromètre?

L'expérience de Mr. Perrier confirma les idées de Mr. Pascal.

14. Mr. *Perrier* exécuta l'expérience sur le *Pui-de-Dome* de la manière prescrite par Mr. *Pascal*, & l'effet fut tel qu'il l'avoit prévu: Le mercure s'abaissa dans le Baromètre à mesure que Mr. *Perrier* monta sur la montagne.

Plusieurs Physiciens ont répété cette expérience.

15. Je rapporterai dans la suite le détail de cette expérience (227): pour le présent il suffit de dire, que tous les Physiciens y prirent intérêt; qu'elle a été répétée depuis lors en divers lieux & de diverses manières; & qu'outre les conséquences générales qui en résultent, elle annonça que le Baromètre pouvoit être employé fort utilement pour mesurer les hauteurs.

Le Barom. étant devenu intéressant par ses usages, on a cherché à le perfectionner.

16. Les usages du Baromètre s'étant ainsi multipliés, on entreprit de le rendre plus exact & plus commode; il a subi divers changemens de construction; il a présenté aux observateurs des Phénomènes singuliers & des varietés étranges; Enfin il nous est parvenu à quelques égards moins parfait, & en tout très peu meilleur qu'il n'étoit à son origine. Suivons le dans ses changemens & dans les principales expériences auxquelles on l'a employé.

Son Histoire fera le sujet des trois Chap. suivans.

17. Je commencerai par l'histoire des changemens faits à la construction du Baromètre: j'exposerai ensuite les diverses hypothèses qu'on a imaginées pour expliquer ses variations: & en troisiéme lieu je rappellerai les principales expériences faites pour appliquer cet Instrument à la mesure des hauteurs, ainsi que les

(*a*) Mr. Pascal parle sans doute ici des partisans de *l'horreur du vuide*.

les diverses méthodes produites par ces expériences.

Entreprendre de rapporter tout ce que pourroit fournir l'histoire du Baromètre, seroit une chose inutile, impossible même; il est peu de sujets en Physique sur lesquels on ait tant travaillé & tant écrit. Je me bornerai donc à ce qui m'a paru le plus essentiel pour fixer le point où l'on étoit sur cette matière, lorsque je commençai à m'en occuper.

CHAPITRE II.

Des principaux changemens faits dans la construction du Baromètre.

Baromètre de TORICELLI.

18. UN tube de verre droit & cylindrique, d'environ trois pieds de longueur, scellé hermétiquement par un bout, rempli de mercure & plongé par le bout ouvert dans un vase plein du même fluide, fut le premier Baromètre : c'est ainsi que l'inventa *Toricelli.* (*) Quand après avoir rempli le tube de mercure & comprimé son bout ouvert avec le doigt, on plonge ce bout dans le vase en redressant le tube, le mercure descend en partie, & le point où il s'arrête est déterminé par l'état actuel de l'air, qui, agissant par son poids sur le mercure contenu dans le vase, fait équilibre à la colonne renfermée dans le tube.

Description du premier Bar. Ce fut d'abord un tube droit.

(*) Planc. I^e. Fig. 1e.

19. Mais le Baromètre en cet état étoit une machine très incommode, soit en elle-même, soit pour le transport; d'ailleurs il employoit beaucoup de mercure. On pensa donc à le rendre plus commode & moins dispendieux. Pour cet effet, on recourba la partie inférieure du tube, en tournant le bout ouvert vers le haut (†) : par ce moïen l'air pesoit sur la portion de mercure qui remontoit dans la courbure du tube, & la colonne de ce fluide, à compter depuis le niveau de la surface inférieure jusques à la surface supérieure, étoit soutenue à peu près de la même manière & à la même hauteur que quand le bout ouvert du tuyau plongeoit dans un vase. On put alors fixer le Baromètre sur une monture & lui appliquer des divisions.

On recourba le tube par le bas.

(†) Pl. I. Fig. 2.

Cette seconde forme fut la meilleure.

20. Cet instrument tout simple qu'il étoit, & quoique pris dès son commencement, avoit la meilleure forme possible. Je ne m'arrêterai pas à le démontrer à présent ; le but de ce Chapitre étant plutôt d'indiquer les défauts que d'en développer les causes ; je réserve ces détails pour le lieu où j'exposerai le résultat de mes propres expériences.

Mais cette forme diminuoit l'apparence des variations, & pour cela fut abandonnée.

21. L'économie & la commodité furent les seuls motifs de ce premier changement du Baromètre ; on ignoroit l'avantage essentiel qui en resultoit, & cette construction fut bientôt abandonnée, lorsqu'on remarqua qu'elle rendoit les variations moins apparentes. Quand par la diminution du poids de l'air le mercure baissoit dans la grande branche de ce tube recourbé, son abaissement n'étoit qu'à peu près la moitié de ce qu'indiquoient les autres Baromètres ; parce que le mercure qui descendoit de la grande branche remontant dans la petite, augmentoit d'autant le poids sur le premier niveau. Si donc on vouloit connoître le changement total du poids de l'atmosphère, il faloit déduire de la hauteur du mercure dans la grande branche, son élévation dans la petite au dessus d'un point fixe ; ce qui demandoit deux observations & une soustraction incommode ; au lieu que dans le premier Baromètre le mercure qui descendoit du tube se répandant sur une grande surface, n'en augmentoit pas sensiblement la hauteur.

De là le Baromètre à bouteille, qui est devenu le plus commun.

22. Le nouveau Baromètre ne pouvoit prendre faveur dans un tems où l'on cherchoit par toutes sortes de moïens à augmenter l'apparence des variations. On revint donc à la première construction, en fixant sur une monture, le tube & le vase qui contenoit le vif-argent ; & dans la suite on souda au tube lui-même une boule de verre d'un diamètre assez grand pour que les variations de hauteur du mercure dans le tuyau n'en pussent pas produire de sensibles dans la boule. (*) Ce Baromètre étant fort commode, devint aussi le plus commun, & l'est encore aujourd'hui. Mais en gagnant de la commodité, on perdit de l'exactitude ; c'est ce que je ferai voir dans la suite. (379 & 385.) (a)

(*) Pl. I. Fig. 3.

23. Aug-

(a) J'ai mis des *renvois* de cette première Partie aux suivantes, pour ceux qui se contenteront de les parcourir, ou qui s'intéresseront particuliérement à quelques-unes des matières qui composent cet ouvrage. Quant à ceux qui se proposent de le lire avec attention, je crois que la plupart de ces *renvois* leur sont inutiles, & qu'ils feront mieux de voir dans leur place naturelle les preuves de ce que j'avancerai.

23. Augmenter l'étendue des variations du Baromètre, fut un objet vers lequel les Physiciens tournèrent principalement leurs recherches, dès qu'ils apperçurent que la différence de construction rendoit ces variations plus ou moins grandes. Ils étoient alors si persuadés qu'on découvriroit bientôt le rapport des changemens du Baromètre avec ceux de l'état de l'air, qu'ils croyoient perdre beaucoup en laissant échaper la plus petite variation de hauteur du mercure. Mais tout ce qu'ils firent pour atteindre ce but, ne servit qu'à les en éloigner. On a rendu plus sensibles les effets des grandes variations du poids de l'air sur le Baromètre, ce qui étoit très inutile; le Baromètre simple les indiquoit assez: mais en même tems on a fait obstacle aux petites variations, ou du moins on les a rendues très irrégulières: c'est ce que prouvera le détail de différentes constructions du Baromètre, dans lequel je vais entrer.

On a cherché par plusieurs moyens à augmenter les variations du Barom.

Mais tous ces moyens ont été nuisibles à l'exactitude.

Baromètre imaginé par DESCARTES.

24. *Descartes* pensa le premier qu'on pouvoit augmenter l'étenduë des variations du Baromètre (a). Son plan à cet égard étoit de prendre un tube fort long *ab* (*); d'augmenter son diamètre dans l'endroit où aboutissoit l'extrémité supérieure de la colonne de mercure, en y soudant une phiole cylindrique *c*, que pour plus de briéveté j'appellerai cylindre; & de mettre de l'eau sur le mercure en quantité suffisante pour remplir le haut du cylindre & une portion du tube supérieur comme de *d* en *e*. Par cette construction, on pouvoit rendre la variation du Baromètre environ quatorze fois plus grande qu'elle n'étoit naturellement; il suffisoit pour cela d'augmenter assez le diamètre du cylindre.

Idée de *Descartes* pour rendre les variations du Bar. 14 fois aussi grandes qu'elles le sont ordinairement.

(*) Pl. I. Fig. 4.

25. Pour le prouver, supposons que la variation totale du Baromètre simple soit de 2 pouces, & que le diamètre du cylindre soit tel, que l'eau déplacée dans ce cylindre par un changement de hauteur presqu'insensible du mercure, produise une variation de 28 pouces dans la hauteur de la colonne d'eau qui communique avec le cylindre: alors la différence de pression de l'atmosphère n'agira sensiblement que sur la hauteur de cette colonne d'eau; parce que 28 pouces d'eau sont équivalens à deux pouces de mercure, & par conséquent à la différence totale de pression de l'atmosphère dans ses plus grands changemens.

Démonstration.

(a) *Traités de l'équilibre des liqueurs & de la pesanteur de la masse de l'air*, par *Pascal* p. 207.

Il y a nécessairement un *maximum* dans cette augmentation.

26. Il y a donc un *maximum* dans l'accroissement que donne cette construction du Baromètre à ses variations; elle ne peut jamais excéder le rapport des pesanteurs spécifiques du mercure à l'eau. On obtiendroit ce *maximum*, quand le diamètre du tube pourroit être négligé comparativement à celui du cylindre. Par exemple, si ces diamètres étoient seulement comme 1 à 37, les variations dans le cylindre & dans le tube étant en raison inverse des quarrés de leurs diamètres, une variation d'$\frac{1}{4}$ de ligne dans le cylindre en produiroit une de $\frac{37 \times 37}{4} = \frac{1369}{4}$ de ligne = 28 p^ds. 6 l. $\frac{1}{4}$ dans le tube. Un Baromètre construit de cette manière produiroit sensiblement le même effet qu'un Baromètre d'eau dont la hauteur devroit être de 33 pieds. Mais si le cylindre n'avoit pas un diamètre suffisant, les variations de hauteur du mercure influant moins alors sur la hauteur de la colonne d'eau, les changemens de poids de l'atmosphère agiroient sensiblement sur les deux colonnes.

En général, *les différentes étendues de variation dans les Baromètres composés de cette manière sont entr'elles, en raison inverse de la pesanteur spécifique moyenne des fluides qu'un même changement dans le poids de l'air y déplace, en ne considérant que l'accroissement ou diminution de hauteur de ces fluides.* Car la somme des poids des portions de colonnes de mercure & du fluide plus léger, dont la longueur totale mesure la variation du Baromètre, cette somme de poids, dis-je, étant la même dans tout Baromètre ainsi composé, c'est-à-dire égale au poids de la portion de colonne de mercure qui mesure la variation du Baromètre simple; la longueur totale de ces deux portions de colonnes de mercure & du fluide plus léger déplacés dans les plus grandes variations du poids de l'air, c'est-à-dire l'étendue de variation du Baromètre composé, est d'autant plus grande, que la pesanteur spécifique moyenne de ces deux portions de colonne est moindre, & réciproquement.

Descartes mourut sans avoir exécuté son idée.

27. Cette idée de *Descartes* étoit très ingénieuse, mais il mourut avant de l'exécuter. Mr. *Chanut* qui étoit alors Ambassadeur de France en Suède, & à qui *Descartes* l'avoit communiquée, entreprit de construire un Baromètre de cette espèce, mais il ne put réussir. (a)

28. Quel-

(a) *Traités de l'équilibre des liqueurs & de la pesanteur de la masse de l'air*, par M. *Pascal*, pag. 208.

28. Quelques années après Mr. *Huygens* eut la même idée & fut plus heureux; il parvint à construire ce Baromètre: mais il le trouva sujet à un inconvénient qui lui parut insurmontable; quelque précaution qu'il pût prendre, l'eau qui contient toûjours de l'air, le laissoit échaper dans le vuide quand le tube étoit scellé; & cet air par son ressort diminuoit la hauteur qu'auroit dû marquer le Baromètre.

Mr. *Huygens* l'ayant exécutée, y trouva un inconvénient.

Le Baromètre double inventé par Mr. HUYGENS.

29. Cet inconvénient détermina Mr. *Huygens* à changer la construction de ce Baromètre, & pour conserver ses grandes variations il inventa la machine qui porte aujourd'hui le nom de *Baromètre double* (*). Les deux extrémités de sa colonne de mercure aboutissent dans des cylindres de verre *a* & *b*, soudés au tube ordinaire; le cylindre inférieur est joint à un second tube étroit *b*, *c*, qui s'élève parallélement au premier tube; on remplit d'esprit de vin ou d'huile de tartre une partie du second tube & celle du cylindre inférieur que le mercure n'occupe pas, comme *d*, *e*. Dans les variations de hauteur du mercure, la liqueur suit ses mouvemens, elle monte & descend dans le second tube, & ses variations de hauteur dans le tube & dans le cylindre sont en raison inverse des quarrés de leur diamètre.

C'est pour y remédier qu'il inventa le *Bar. double*.

(*) Pl. I. Fig. 5.

30. Dans cette construction, le poids de la liqueur sur le mercure doit être toûjours considéré comme joint au poids de l'air; ensorte que le mercure pourroit être sensiblement immobile, si le diamètre des cylindres pouvoit être assez grand rélativement à celui du tube qui contient la liqueur, pour qu'une variation insensible de la hauteur du mercure dans le cylindre, produisit dans la hauteur de la liqueur une étendue de variation, qui fût à celle de deux pouces, comme la pesanteur spécifique du mercure seroit à celle de la liqueur. Par exemple, 28 pouces d'eau qui s'éléveroient dans le tube par un abaissement insensible du mercure, ajoutés au poids de l'air dans sa plus grande diminution, tiendroient en équilibre une colonne de mercure sensiblement égale à celle que le poids seul de l'air soutiendroit dans sa plus grande augmentation. Mr. *Huygens* a démontré géométriquement que les variations de son Baromètre sont à celles du Baromètre simple, *comme quatorze fois le quarré du diamètre du cylindre, est à une*

Le *maximum* de variation de ce Bar. est le même que dans celui de *Descartes*.

à une fois ce même quarré, plus vingt-huit fois le diamètre du tuyau qui contient la liqueur (a).

Il suit de là comme de la réflexion précédente, que l'étendue de 28 pouces est à peu près le *maximum* des variations de ce Baromètre quand la liqueur est de l'eau commune; & que si le diamètre des cylindres *a* & *b* n'est pas suffisant, l'étendue de ces variations diminue, comme dans le Baromètre de *Descartes*, en raison inverse de la pesanteur spécifique moyenne des portions de colonnes des deux fluides déplacées par un même changement dans le poids de l'air. (26).

Avantage & défauts de cette construction.

31. Cette construction est certainement préférable à celle de *Descartes*; cependant elle est sujette à bien des inconvéniens. Car 1°. en diminuant les mouvemens du mercure, on ne diminue pas son adhérence au tube; & puisqu'un petit changement dans la hauteur du mercure en produit un considérable dans celle de la liqueur, la moindre adhérence du mercure produit une irrégularité très sensible dans la marche de ce Baromètre. 2°. Le poids de l'air agit sur le mercure par l'entremise de la liqueur; celle-ci renfermée dans un canal étroit résiste par le frottement à être deplacée, sa résistance à se mouvoir augmente quand sa colonne est plus grande: elle fait donc obstacle à la liberté du mouvement, plus ou moins suivant l'étendue qu'elle occupe dans le tube. 3° Quand la liqueur descend beaucoup par une grande augmentation dans le poids de l'air, le tube reste mouillé dans toute l'étendue que la liqueur abandonne; ce qui diminue son volume & la fait baisser plus qu'elle ne baisseroit sans cela. Le tube se sèche ensuite, soit par l'écoulement, soit par l'évaporation, ce qui augmente la résistance que la liqueur trouve à monter quand le poids de l'air diminue: c'est un effet très connu dans les tuyaux d'un petit diamètre, sur lequel je ne crois pas devoir insister. 4°. L'évaporation de la liqueur est favorisée par ses balancemens dans le tube, de sorte qu'au bout de quelque tems elle n'indique plus sur les mêmes parties de l'échelle les mêmes poids de l'air qu'elle indiquoit au commencement. 5°. Enfin la chaleur agit sur la colonne de liqueur & la rend spécifiquement plus ou moins pesante, & ces changemens influent plus ou moins sur la hauteur du Baromètre, suivant la longueur de

(a) Anc. Mém. de l'Ac. Roy. des Sc. Tom. X. pag. 542.

de la colonne qui varie par les changemens de poids de l'air.

Plusieurs Physiciens ont cru que cette cause d'irrégularité pouvoit être corrigée par les variations correspondantes d'un Thermomètre. Mr. *Amontons* (*Mem. de l'Ac. des Sc. année* 1704) & Mr. *de la Hire* (année 1708) ont indiqué des méthodes qui paroissent d'abord fondées dans la théorie, quoiqu'elles manquent de plusieurs conditions nécessaires pour les rendre exactes & générales; il sera facile de le sentir quand on aura vû ce qu'exige la correction pour la chaleur dans le Baromètre simple (350 à 374), & qu'on réfléchira aux difficultés qu'y ajoute nécessairement la complication de celui-ci. Mr. *Desaguliers* dans son *cours de Physique expérimentale* (*traduction du* P. Pezenas *tom.* II. *pag.* 297) propose aussi un moyen de corriger les effets de la chaleur sur le *Baromètre double*; il consiste dans un Thermomètre semblable en tout à la portion du Baromètre qui contient la liqueur, & dont les variations devroient être retranchées suivant lui, de celles du Baromètre, pour avoir la hauteur réelle de celui-ci relative au poids de l'air seul. Mais Mr. *Desaguliers* ne faisoit pas attention, que les liqueurs pesant suivant leur hauteur quand leur base reste la même, tout ce dont la liqueur de ce Baromètre devroit s'allonger par la chaleur à cause de la différence de diamètre du cylindre & du tube qui la renferment, étant une augmentation réelle de poids sur le mercure, celui-ci doit rétrograder d'autant, & remonter dans son tube précisément comme si le poids de l'Atmosphère augmentoit de la même quantité. Ainsi la variation réelle de hauteur de la liqueur dans son tube, occasionnée par la différence de chaleur dans cette liqueur considérée seule, ne seroit jamais qu'en raison composée directe de la hauteur actuelle de sa colonne & inverse de son changement de pesanteur spécifique; sans égard à l'effet de la différence de diamètre du cylindre & du tube, qui cependant produiroit les plus grandes variations dans le Thermomètre que Mr. *Desaguliers* propose.

Défaut de la méthode de Mr. *Desaguliers* pour corriger l'effet de la chaleur sur ce Bar.

LE BAROMETRE DOUBLE *corrigé par le Dr.* HOOK.

32. Le Docteur *Hook* qui en 1668 avoit présenté à la Societé Royale de Londres un Baromètre semblable à celui de Mr. *Huygens*

En 1685 le Dr. *Hook* imagina une autre espèce de *Bar. double*.

gens (*a*) y fit encore en 1685 des changemens utiles (*b*). A la première liqueur contenue de *b* en *c* *, comme dans le *Baromètre double ordinaire*, il en ajouta une seconde spécifiquement plus légère & différemment colorée, qui, occupant le haut du tube ouvert de *c* en *d*, se terminoit dans un *reservoir* cylindrique *a* de même diamètre que le *cylindre e* auquel ce tube communiquoit par le bas.

* Planch. I. Fig. 6.

Avantages de cette construction.

33. Ce changement de construction produit trois avantages sensibles ; 1°. La hauteur des deux liqueurs sur le mercure est toûjours la même quel que soit le poids de l'air : car le *cylindre* & le *reservoir* étant de même diamètre, toutes les variations de hauteur qui arrivent dans l'un, se font dans l'autre d'une manière contraire ; c'est-à-dire que s'il sort une ligne de liqueur du *cylindre*, il en entre une dans le *reservoir*, & réciproquement. D'où il résulte que les variations de hauteur du mercure seul, sont à peu près les mêmes dans cette construction, que dans le Bar. simple. 2°. Le tube étroit, qui communique par le haut au *reservoir* & par le bas au *cylindre*, étant toûjours rempli par les liqueurs, leur frottement dans ce tube est toûjours sensiblement le même. 3°. L'étendue de variation de ce Baromètre n'a point de borne déterminée. Je viens de dire que les variations de hauteur du mercure dans ce Baromètre sont à peu près égales à celles qui ont lieu dans le Baromètre simple : l'effet de ces variations est donc de faire passer du *cylindre* au *reservoir*, ou du *reservoir* au *cylindre*, des volumes de liqueur égaux aux volumes de mercure qui entrent dans le *cylindre* ou qui en sortent dans les variations du Baro-

(*a*) *Transf. Ph.* N°. 185.

(*b*) *Ibid.* M. *de la Hire* parle de ce moyen de corriger le *Baromètre double* comme étant de son invention (*Mem. de l'Ac. des sc.* année 1708) & il dit qu'en 1690 il le communiqua à M. *Huygens*. M. *Amontons* revendique aussi cette idée, dans un petit ouvrage qu'il fit imprimer en 1695, intitulé : *Remarques & expériences Physiques sur la construction d'une nouvelle clepsydre, sur les Baromètres, Thermomètres & Hygromètres*; in 12, pag. 145 : Il dit avoir communiqué son idée sur la construction de ce Baromètre double, huit ou dix ans auparavant, à M. *Hubin* émailleur habile, & qu'il la lui avoit proposée comme propre à faire un bon Thermomètre en scellant les deux tubes pendant que l'un étoit plein, & l'autre vuide d'air : Ce qu'il y a même de singulier, c'est que lorsque M. *Amontons* en parla à cet Artiste, celui-ci lui montra qu'il avoit exécuté une idée assez semblable. Voilà donc quatre personnes qui prétendent à la même invention. Mais M. *Amontons* convient que son idée ne fut exécutée complettement, qu'après que M. *Hubin* eut été en Angleterre, où le Dr. *Hook* lui proposa la même chose ; d'ailleurs celui-ci a publié dix ans plutôt cette manière de corriger le *Baromètre double* ; il paroit donc juste qu'elle porte son nom.

Baromètre. Je suppose que la variation totale est d'un pouce (*a*); on peut choisir un tube tel par sa longueur & son diamètre, qu'il puisse contenir la quantité de liqueur qui occupe un pouce de hauteur dans le cylindre; & proportionner la quantité respective des liqueurs de manière que leur point de jonction, marqué en *c* dans la figure, soit au bas du tube quand le poids de l'air est le plus grand. Alors, dans la plus grande diminution du poids de l'Atmosphère, ce point de jonction des liqueurs passera du bas au haut du tube sans en sortir, & le *cylindre* de même que le *reservoir* ne contiendront jamais que leur liqueur propre, mais en différente quantité suivant la position du point de jonction des liqueurs dans le tube.

Il résulte de ce que je viens de faire observer dans ce Baromètre, que l'accroissement de ses variations n'a point de borne absolue; car on pourra donner au tube telle longueur qu'on voudra, & le point de jonction des liqueurs le parcourra d'un bout à l'autre, pourvû qu'on diminue proportionnellement son diamètre, ou qu'on augmente celui du *cylindre* & du *reservoir*: il faut aussi donner une longueur convenable au tube qui contient le mercure; parce que la hauteur absolue de sa colonne augmente proportionnellement à celle des liqueurs qui pésent sur lui.

34. Malgré ces avantages du Baromètre de Mr. *Hook* sur celui de Mr. *Huygens*, il a encore plusieurs défauts considérables. Premiérement; quoique la hauteur des liqueurs soit toûjours la même dans une température constante, cependant leur poids sur la base n'est pas toûjours le même, à cause de la différence de leur pesanteur spécifique: Mr. *de la Hire* propose l'huile de tartre & l'esprit de vin, dont les pesanteurs spécifiques sont comme 1073 à 866 (*b*); or quand le mercure est dans son plus grand abaissement, le tube *fg*, étant presque tout rempli de l'huile de tartre qui est montée du cylindre *e*, la colonne totale des deux liqueurs *b d*, pèse près d'un quart de plus sur sa base, que quand elle est presque toute composée de l'esprit de vin qui est descendu du réservoir *a* par la plus grande élévation du mercure dans son tube. Cette différence de pression des liqueurs en divers tems, empêche qu'on ne puisse regarder des variations égal-

Inconvéniens de cette construction.

(*a*) Dans ce Bar. la variation de chaque extrémité de la colonne de Mercure n'est que la moitié du changement total de hauteur au dessus du niveau (21).

(*b*) Essay de Phy. par Mr. Musschenbroeck, Leyde 1751 Tom. 1. pag. 407.

égales dans ce Baromètre, comme correſpondantes à des changemens égaux dans le poids de l'air; il faut néceſſairement avoir égard à la différence de peſanteur ſpécifique des liqueurs, & à la hauteur variable de leurs colonnes. Or moins les rapports ſont ſimples, plus il eſt facile de tomber dans l'erreur. 2°. Quoiqu'il n'y ait pas de différence ſenſible dans le frottement des liqueurs contre les parois du tube en divers tems, cependant comme il y a un frottement continuel, les mouvemens de ce Baromètre ne peuvent être auſſi libres que ceux du Baromètre ſimple. 3°. Un autre défaut procède du paſſage des parties colorantes d'une liqueur dans l'autre, & de leur dépôt contre les parois du tube; car, par ces deux cauſes, le point de jonction des liqueurs peut devenir inſenſible avec le tems. 4°. La liqueur de ce Baromètre s'évapore comme celle du Baromètre de Mr. *Huygens*: Mr. *de la Hire* propoſe un moyen d'y remédier; il conſiſte à marquer ſur le reſervoir *a*, le point où la liqueur ſupérieure ſe termine dans un certain état de l'air indiqué par un Baromètre ſimple & par le Thermomètre, pour reconnoître dans la ſuite, combien la quantité de cette liqueur aura diminué par l'évaporation. Je conviens que ce remède eſt poſſible, mais c'eſt toûjours un inconvénient d'être obligé d'y avoir recours; parce qu'il n'eſt point commun que le Baromètre & le Thermomètre ſoient en même tems à des hauteurs données, & que juſqu'au moment où ſe fait la vérification, on ne peut tabler ſur rien de certain. 5°. La chaleur agit ſur les liqueurs de ce Baromètre: il eſt vrai qu'elle ne fait pas auſſi inégalement varier leur hauteur que dans le Baromètre de Mr. *Huygens*, à cauſe du reſervoir ſupérieur; mais il eſt bien plus difficile de déterminer ſon effet ſur le mouvement du point de jonction de ces liqueurs, parce que leur dilatabilité eſt différente. Ce Baromètre a pluſieurs autres défauts auxquels je ne m'arrêterai pas; ils dépendent de quelques Principes que j'établirai ailleurs, & dont l'application ſera facile. (408. 451. & *ailleurs*).

Le Baromètre à poulie inventé par le Dr. HOOK.

Le Dr. *Hook* avoit déja inventé le *Barom. à poulie* en 1668.

35. Je n'ai pas voulu interrompre l'hiſtoire du *Baromètre double*, en plaçant à ſa date une autre invention du Dr. *Hook* qui tend à la

à la même fin (*a*). Cet homme ingénieux inventa en 1668 le *Baromètre à poulie* qui, pour des obſervations peu délicates, offre bien des agrèmens. Il eſt fait d'un tube ſimplement recourbé *a b* *; un poids de fer ou de verre, ſuſpendu à un fil, repoſe ſur l'extrémité inférieure de la colonne de mercure en *c*; le fil paſſe ſur une poulie *d* & porte à l'autre bout un contre-poids *e* qui le tient tendu (*b*). Quand la hauteur du mercure varie, le poids ſuit ſes mouvemens, il les communique par le fil à la poulie, celle-ci à une aiguille *f* placée à l'une des extrémités de ſon axe, & l'aiguille indique ſur un cadran *f*, *g*, *h*, les changemens de hauteur du mercure. * Pl. I. Fig. 7.

36. Cet inſtrument eſt très ſuſceptible de décoration; il eſt auſſi fort commode pour voir d'un coup d'œil les variations du Baromètre, qu'il rend très ſenſibles. Mais il n'eſt pas d'un uſage général, & il eſt peu propre à des obſervations délicates. Car 1°. il ſe dérange très aiſément dans le tranſport; il ne peut donc ſervir qu'en reſtant fixe. 2°. La portion de mercure qui communique avec l'air extérieur ſe ſalit néceſſairement, & n'a plus alors aſſez de liberté pour ſuivre avec exactitude les impreſſions du poids de l'atmoſphère (386). On peut, il eſt vrai, nettéyer de tems en tems le mercure & la portion de tube où il ſe meut, mais l'attirail qui l'environne rend cette opération longue & difficile. 3°. Plus on s'éloigne d'un premier mobile, moins les derniers effets conſervent de correſpondance avec les premiers, à cauſe des réſiſtances, des frottemens, & de l'action des cauſes extérieures qui augmente avec le nombre des mobiles. Ce principe eſt connu, & ſon application au *Baromètre à poulie* eſt aiſée. Avantages & inconvéniens du *Bar. à poulie.*

Le Baromètre incliné, inventé par le Ch. MORLAND.

37. Un autre moyen d'augmenter les variations du Baromètre, eſt celui que Mr. *Muſſchenbroeck* attribue au Chevalier *Morland* (*c*), le même à qui nous devons le *porte-voix*. Je n'ai pû trouver Inv. du *Bar. incliné*, par le Ch. *Morland* Anglois.

(*a*) Tranſ. Ph. N°. 185.

(*b*) C'eſt la méthode ordinaire; mais je préfère d'employer deux fils, l'un attaché au poids, l'autre au contrepoids, & de fixer ces fils ſéparément à la poulie, afin d'empêcher qu'ils ne gliſſent. Il faut alors que l'aiguille puiſſe changer aiſément de poſition ſur ſon axe; car avec le tems, l'allongement du fil auquel le poids eſt ſuſpendu, la néceſſité de nettéyer de tems en tems le tube, & bien d'autres cauſes, font que l'indication de l'aiguille n'eſt pas d'accord avec la hauteur du mercure.

(*c*) *Eſſai de Th.* par Mr. *Muſſchenbroeck* Leide 1751 pag. 628.

ver la date précise de l'invention, ni le nom de l'auteur dans un ouvrage original: j'ai vû seulement, qu'en 1698 M. *Derham* donna la description de ce Baromètre dans les *Transf. Ph.* N°. 236. & qu'il dit la tenir d'un de ses amis.

Le moyen dont je parle consiste à donner une inclinaison plus ou moins grande à la partie supérieure du tube *, afin que le mercure soit obligé de parcourir un long espace pour changer sa hauteur verticale conformément aux changemens du poids de l'air.

* Pl. I. Fig. 8.

Ses avantages & ses défauts.

38. Cette idée étoit trop ingénieuse pour être négligée; aussi le *Baromètre incliné* est-il devenu fort commun. Cependant il ne peut convenir pour des observations exactes, à cause de l'augmentation de frottement du mercure, produite, tant par la plus grande étendue de son trajet, que par son appui sur la partie inclinée du tube: outre qu'il est presqu'impossible de déterminer exactement la hauteur verticale de la colonne de mercure, à cause de l'inclinaison de son extrémité supérieure.

Le Baromètre en équerre de Mr. JEAN BERNOULLI.

Description du *Baromètre en équerre.*

39. Un autre Baromètre qui a mérité l'attention des Physiciens, est celui dont Mr. *J. Domin. Cassini* est le premier inventeur, & qui cependant a porté le nom de Mr. *Jean. Bernoulli*, parce que ce Mathématicien célébre ayant eu la même idée, la publia le premier vers l'année 1710 (*a*). Il est fait de deux tubes d'inégal diamètre, *a b*, & *b c* *, soudés ensemble en *b*, & courbés à angle droit en *d*. Le tube de plus grand diamètre est placé verticalement & se termine dans le haut par un cylindre *a*; ce tube con-

* Pl. I. Fig. 9.

(*a*) Quand la description du Baromètre de M. *Bernoulli* fut présentée à l'Académie des sciences de Paris, on informa ce savant, que Mr. *J. Dom. Cassini* avoit eu la même idée plusieurs années auparavant, mais qu'il l'avoit négligée, parce qu'elle ne lui avoit pas réussi dans la pratique; l'air extérieur s'étoit mêlé avec le mercure dans le tube horizontal. Il est vrai que cet inconvénient est à craindre quand on ne prend pas les précautions nécessaires pour que ce tube & le mercure soient bien nets. M. *Bernoulli* les avoit prises, puisqu'il réussit dans l'exécution de son idée, & que depuis lors on a fait usage de ce Baromètre: c'est donc à lui qu'on le doit; & par cela même il est bien naturel qu'il porte son nom. (Voyez HERMANNI *Phoronomia* &c. 4°. pag. 177.) M. *Hermann* en donnant dans cet ouvrage, imprimé en 1716, la description du Baromètre de M. *Bernoulli*, dit, qu'il la tient de lui-même, & que ce Baromètre étoit inventé depuis plusieurs années. La même description se trouve dans le recueil des ouvrages de M. *Bernoulli* fait par M. *Cramer*, qui a pour titre JOHANNIS BERNOULLI *opera omnia*, Tom. II. N°. XCVIII. pag. 207.

contient la colonne de mercure, dont la hauteur marque le poids de l'air. L'autre tube, dont le diamètre eſt plus petit, eſt dans une poſition horizontale; il reçoit l'excédent du mercure, qui par conſéquent ſe meut horizontalement, quand la hauteur de la colonne varie dans le tube vertical.

40. Ce Baromètre a pluſieurs avantages. D'abord, à ne conſidérer que ce qui ſe paſſe dans le tube vertical, la variation du mercure n'y eſt point diminuée par le changement de hauteur de ſon niveau en bas, puiſque ce niveau reſte toûjours le même, la branche qui le détermine étant horizontale: l'extrémité ſupérieure de la colonne indique donc ſeule la totalité de chaque variation de poids de l'air. Mais ce n'eſt là qu'un bien petit avantage pour l'augmentation de *ſenſibilité*, en comparaiſon de celle que produit la différence de diamètre des tubes. Cette augmentation eſt preſqu'illimitée; car plus le diamètre du tube horizontal eſt petit, par rapport à celui du cylindre *a*, plus la variation du mercure dans le premier eſt grande pour un même changement de hauteur dans le dernier; les eſpaces parcourus en même tems dans l'un & l'autre étant en raiſon inverſe des quarrés de leurs diamètres: de ſorte qu'en donnant $\frac{1}{2}$ ligne de diamètre à la branche horizontale & 5 lig. au cylindre, le mercure fera 100 fois plus de variation dans la première que dans celle-ci. Ses avantages.

41. On ne peut diſconvenir que ce Baromètre ne ſoit très agréable dans l'uſage ordinaire par ſa *ſenſibilité*; mais il a, comme tous les Baromètres de ce genre, des défauts probablement inévitables pour les obſervations exactes.

1°. Les Baromètres de cette eſpèce ne peuvent indiquer uniformement le poids de l'air ſi le cylindre *a* n'eſt pas toûjours de même diamètre; parce que la poſition horizontale du tube *b c* fait qu'il repréſente un ſimple reſervoir, & empêche que l'égalité de rapport entre les diamètres de ce tube & du cylindre *a* ne ſoit ſuffiſante pour produire cette uniformité: c'eſt ce qu'on déduira aiſément de ce que je dirai dans la ſuite ſur l'effet des diamètres des tubes (381 à 386). 2°. Le mercure éprouve un frottement conſidérable dans la branche horizontale, tant à cauſe de ſon petit diamètre, que par ſa poſition; la colonne de mercure preſſant ſur le fond de ce canal par tout ſon poids: or ce frottement fait obſtacle au mouvement du mercure, & l'empêche d'atteindre le point où il devroit être pour indiquer le poids actuel de l'air. Défauts du Bar. en Equerre.

l'air. Pendant les grands abaissemens du mercure, il peut remonter de deux lignes dans les Baromètres ordinaires, sans qu'il fasse aucun mouvement dans celui-ci. Il est vrai que la différence n'est pas si grande dans les autres positions du mercure; qu'elle est beaucoup moindre lorsqu'il descend; & que même on peut aider le mercure à monter en ébranlant le tube: mais dans tous ces cas on ne peut s'assurer parfaitement qu'il se fixera toûjours au point correspondant à l'état de l'atmosphère.

Essai sur la cause du retardement que le mercure éprouve lorsqu'il monte dans le *Bar. en Equerre.*

42. La grande différence de retardement qu'éprouve le mercure dans ce Baromètre entre sa descente & son ascension, vient sans doute de ce que la jonction des colonnes d'air & de mercure se fait au point le plus bas du Baromètre, c'est-à-dire dans le tube horizontal; voici ce qui me paroit résulter de cette circonstance. Quand le poids de l'air diminue, & que le mercure tend à descendre, c'est un fluide incompressible qui agit pour déplacer un fluide compressible, ce qu'il fait aisément: mais quand le poids de l'air augmente & tend à soulever le mercure, la compressibilité de l'air affoiblit son action contre le mercure, & il faut qu'il ait acquis un certain degré de condensation pour que le mercure soit repoussé, & déterminé à monter.

Cette cause ne peut agir que foiblement dans le Bar. ord.

43. Il n'en est pas de même des autres Baromètres, où l'action des colonnes d'air & de mercure l'une contre l'autre se fait dans le sens vertical; car on peut considérer dans ces Baromètres deux colonnes distinctes, dont l'une n'est que de mercure, & l'autre est composée de mercure & d'air: ces deux colonnes se réunissent par leur base, qui est de mercure dans l'une & dans l'autre; & par conséquent elles ont à peu près la même faculté pour se repousser alternativement, quand la pesanteur de l'une excède celle de l'autre.

Elle y a cependant quelqu'influence.

44. Cependant il reste toûjours dans tous les Baromètres, une petite différence dans la résistance qu'éprouve le mercure à ses différens mouvemens; elle est un peu plus grande dans l'ascension que dans la descente. Il est rare qu'on fasse abaisser la colonne de mercure en frapant le tube, & presque toûjours au contraire elle s'élève un peu quand le Baromètre tend à monter. On peut aussi la faire élever, en frapant le Baromètre vivement, lors même qu'elle tend à descendre; parce que l'oscillation horizontale qu'on occasionne dans le mercure, diminue sa pression verticale: mais quand le mercure s'est élevé par cette cause, il redescend dès qu'elle a cessé. Un

45. Un troisiéme défaut pour les observations où l'exactitude est nécessaire, vient de la difficulté d'évaluer les effets que la chaleur opère sur ce Baromètre; car non seulement elle n'agit point sur celui-ci comme sur les autres, mais encore ses effets varient dans le même Baromètre en divers tems, & ne sont point les mêmes dans tous les Baromètres de cette espèce. Pour démontrer ces propositions d'une manière absolue, il faudroit entrer dans des détails qui ne sont pas ici de mon sujet; c'est pourquoi je me contenterai d'indiquer les différences qui doivent être produites par la diversité des cas. Si la chaleur, dont l'effet immédiat est de dilater le mercure, augmente la hauteur de ce fluide dans les Baromètres en général (*a*), elle doit augmenter celle de la colonne verticale du Baromètre de M. *Bernoulli*, & par conséquent produire à cet égard un effet semblable à celui que produiroit l'augmentation du poids de l'atmosphère: mais en même tems la chaleur dilate la colonne horizontale, qui, s'allongeant par cette raison, semble indiquer que le poids de l'air diminue: ainsi les indications des deux colonnes changent en même tems en sens contraire. Quand le mercure est à sa plus grande hauteur, la colonne horizontale se terminant en *b* est presque nulle; au contraire dans les abaissemens du mercure, soit par le changement du poids de l'air dans le même lieu, soit par le transport du Baromètre en des lieux élevés, la colonne horizontale parvenant jusqu'en *c* peut égaler en longueur & même surpasser la colonne verticale: ainsi dans le même Baromètre les effets de la chaleur sur les indications des deux colonnes, changeront autant qu'il y a de différens cas entre les deux extrêmes. Il est aisé de conclure de la différence des effets de la chaleur sur le même Baromètre en divers tems, qu'il doit y avoir aussi de la différence entre les Baromètres de la même espèce, qui ne seront pas semblables dans le rapport des diamètres des tubes, & dans la quantité de mercure; c'est pourquoi je n'insiste pas sur ce point. Les Géomètres ne seront pas arrêtés par ces différences; ils verront d'un coup d'œil les moyens de trouver une formule qui renferme toutes ces conditions. Mais puis que les Physiciens qui consultent l'expérience, n'ont pas été d'accord sur les effets de la chaleur dans

Examen des effets que la chaleur produit sur le *Bar. en Equerre.*

(*a*) Voyez la raison de cette expression conditionelle N°. 107 à 111, l'existence de la condition N°. 353 & la principale cause des doutes *ibid.*

dans le Baromètre ſimple (107 à 111), combien moins peut-on eſpérer de trouver une Règle exacte & générale dans une ſi grande complication d'effets. Par cette raiſon, de même que par les deux précédentes, il ne me paroit pas que le Baromètre de Mr. *Bernoulli* puiſſe être employé utilement à des obſervations délicates.

Le Baromètre conique inventé par Mr. AMONTONS.

Mr. *Amontons* inventa le *Bar. conique* en 1695.

Deſcription de ce Bar.

* Pl. I. Fig. 10.

46. Mr. *Amontons* inventa en 1695 un Baromètre dont les variations peuvent être conſidérablement plus grandes que celles du Baromètre ordinaire (*a*). * Il conſiſte en un tube *a b*, de trois à quatre pieds de longueur ou plus encore, ſcellé par un bout; ſon diamètre peut être d'une ligne à l'extrémité ſcellée *a*, & il doit augmenter inſenſiblement juſqu'à l'autre extrémité. Il renferme une colonne de mercure qui occupe environ 29 pouces de longueur quand elle appuye contre le ſommet du tube. Lorſqu'on redreſſe ce Baromètre, la colonne de mercure étant de la longueur que je viens d'indiquer, eſt plus peſante qu'une colonne d'air de même baſe, elle deſcend donc & laiſſe le haut du tube vuide d'air. Mais cette colonne en deſcendant paſſe ſucceſſivement dans des portions du tube dont le diamètre s'élargit de plus en plus, ce qui l'oblige à s'accourcir, juſqu'à-ce qu'elle ſoit devenue à peu près égale à celle qui eſt ſoutenue dans le Baromètre ordinaire au moment de l'obſervation; elle s'arrête alors, en *c d*, par ex., parce qu'elle eſt en équilibre avec l'atmoſphère.

Si le poids de l'air diminue, la colonne s'abaiſſe, & occupe alors une portion du tube dont le diamètre eſt plus grand, & par conſéquent elle devient plus courte; s'il augmente, elle remonte, & s'allonge par la raiſon contraire: en un mot, elle s'arrête toûjours dans une portion du tube dont le diamètre moyen eſt tel qu'il la réduit à peu près à la longueur de la colonne ſoutenue dans le Baromètre ordinaire au moment de l'obſervation. Plus le rétréciſſement du tube en remontant du bout

(*a*) Mr. *Halley* annonça le *Baromètre conique* en 1720, comme étant une nouvelle invention de *Mr. Patrick* artiſte Anglois fort renommé dans ce tems là (*Philoſoph. tranſact.* N°. 366), mais il ſe trompoit; car la deſcription de ce Baromètre avoit déjà été donnée en 1695 par M. *Amontons*, dans le petit ouvrage dont j'ai parlé ci-devant (32 *note*) pag. 123.

bout ouvert au bout fermé est insensible, plus la colonne de mercure parcourt d'espace pour acquérir la longueur exigée par les variations de poids de l'atmosphère.

47. Si Mr. *Amontons* a trouvé cette construction *apriori*, je ne vois rien de plus ingénieux; & quoiqu'il en soit, la machine en elle-même est très intéressante, & mérite d'être plus connue. Elle prouve sans équivoque la pesanteur de l'air, de même que ses accroissemens & diminutions; & l'on en peut tirer des démonstrations très commodes dans l'hydrostatique. Avantages du *Bar. conique.*

48. Mais quoique cet instrument fournisse un excellent Baroscope, il ne peut servir de Baromètre exact. L'étendue de ses variations est trompeuse dans ce dernier usage; car pour que les changemens de position de sa colonne fussent proportionels en étendue à ceux qui arrivent à sa longueur, il faudroit une régularité dans la diminution du diamètre du tube qu'il est presqu'impossible d'obtenir. On est donc réduit presque nécessairement à mesurer la longueur de la colonne, & alors ce n'est qu'un Baromètre ordinaire plus incommode même & plus sujet à erreur. Car 1°. il est moins commode de mesurer la longueur de cette colonne que d'observer la hauteur du Baromètre ord. 2°. La colonne éprouve un frottement très grand dans le tube, parce qu'elle se meut presque comme si elle étoit solide, c'est-à-dire, en glissant de toute sa longueur dans l'intérieur du tube. 3°. Les changemens de position de la colonne de mercure dans son tube, produisent le même effet que si elle passoit dans des tubes de différens diamètres; or par une observation de Mr. *de Plantade*, dont je ferai mention dans ce même chapitre (101), la pression de cette colonne sur l'air qui la soutient, ne peut être proportionelle à sa hauteur. Ses défauts.

49. Tels sont les principaux moyens qu'on a mis en œuvre pour augmenter les variations du Baromètre; il n'en est aucun qui ne tende en même tems à diminuer l'exactitude des observations; c'est ce que je crois avoir prouvé. Il ne me reste plus sur ce sujet qu'à montrer en général l'inutilité de ces recherches, du moins pour l'objet qu'on s'est proposé en les faisant. Tous les moyens d'augmenter les var. du Bar. ont été nuisibles à l'exactitude.

50. La variation de hauteur du mercure dans un tube est toûjours la cause prochaine de tous les mouvemens dont on a cherché à augmenter l'étendue. Je ferai voir dans la suite, que Inutilité de cette recherche

malgré un grand nombre de corrections que j'ai faites au Baromètre simple, je n'ai pû parvenir à le rendre exact qu'à $\frac{1}{16}$ & même quelquefois à $\frac{1}{8}$ de ligne près. Or un seizième de ligne se mesure très aisément à l'œil dans le Baromètre simple (365); & quant à ceux pour qui leur vuë est un obstacle, de bonnes lunettes peuvent leur tenir lieu de toutes les constructions dont j'ai parlé.

Micromètre de Mr. *Derham* inutile.

51. J'en dis autant d'une espèce de micromètre appliqué par Mr. *Derham*, en 1668, à l'usage du Baromètre (*a*): c'est un index qu'on conduit avec la main jusqu'à ce qu'il aboutisse à la surface du mercure; cet index est porté par une règle dentée qui, faisant mouvoir un pignon, peut indiquer par une aiguille sur un cadran & en très petites parties d'une ligne, la hauteur du mercure qui doit correspondre à l'index. Je compare toutes ces inventions, indépendamment des défauts réels qu'elles occasionnent, au micromètre d'un secteur qui indiqueroit les tierces de degré, tandis qu'on ne peut s'assurer, à une seconde près, ni de l'exactitude de l'instrument lui-même; ni de celle de l'observation, c'est-à-dire, que le fil à plomb & celui de la lunette partagent en deux parties parfaitement égales, l'un le point de la division, l'autre celui auquel on vise.

Baromètre réduit de Mr. AMONTONS.

On a cherché à diminuer la longueur du Bar.

52. Pendant que quelques Physiciens songeoient à augmenter les variations du Baromètre, d'autres cherchoient à diminuer la hauteur de son tube pour le rendre plus commode. Mr. *Amontons* qui s'étoit occupé du premier objet imagina lui-même en 1688 un moyen de réduire à volonté la hauteur du Baromètre (*b*).

53. L'in-

(*a*) Tr. Ph. N°. 237.

(*b*) *Anc. Hist. de l'Ac. des Sc.* Tom. 11. pag. 39.

Dans le *Journal de Trevoux* du mois de Mars 1723, on attribuë cette invention à M. *Gauger Avocat au Parlement & Censeur Royal des livres*; on le fait même avec beaucoup d'appareil. Suivant ce que disent les Journalistes, il paroit que M. *Gauger* avoit proposé aux Physiciens, en 1710, un problême dont voici les principales conditions.

» Faire un Baromètre & un Thermomètre » dont les tuyaux & les tubes ou boëtes » soient égaux chacun à chacun, en hauteur » & en grosseur &c.... *dont la hauteur* » *soit de* 15, *de* 30, *de* 50 *pouces*, *& plus* » *ou moins*, si l'on veut; dont la *sensibilité*, » ou la différence du grand froid ou grand » chaud dans le Thermomètre, & de la » moindre à la plus grande pression de l'air » dans le Baromètre, soit non seulement » égale, *mais même plus grande que leur* » *hauteur*

53. L'invention de Mr. *Amontons* consiste à joindre plusieurs tubes les uns auprès des autres, de manière qu'ils communiquent alternativement par le bas & par le haut *. Le premier tube *a b* est plein de mercure; il est joint en *b* à un tube *b c* rempli d'air ou de quelque liqueur; celui-ci communique en *c* à un troisième tube *c d* qui est plein de mercure, & ainsi de suite. Deux colonnes de mercure & une d'air, c'est le cas de la figure, réduisent la hauteur des colonnes de mercure à 14 pouces, ($14 \times 2 = 28$); quatre colonnes de mercure & trois colonnes d'air réduisent cette hauteur à 7 pouces ($7 \times 4 = 28$) &c. En un mot il suffit que la somme des hauteurs des colonnes de mercure soutenues par l'air soit égale à 28 pouces, & qu'il y ait entr'elles un fluide moins pesant qui transmette la pression des unes sur les autres. Quand le vuide se fait au dessus de la première colonne de mercure en redressant le Baromètre, cette colonne s'abaisse un peu dans le premier tube & remonte d'autant dans le second, en soulevant la première colonne d'air: l'action de celle-ci change de direction dans la courbure supérieure, au-delà de laquelle elle agit de haut en bas sur la seconde colonne de mercure par la force que lui communique la première: cette pression jointe au poids de la seconde colonne de mercure, produit le même effet que si le

Description du *Bar. reduit* de Mr. *Amontons.*

* Pl. I. Fig. 11.

» *hauteur &c*... & dont enfin l'on puisse » faire en un moment du Thermomètre un » Baromètre, & du Baromètre un Ther- » momètre, sans rien changer à la longueur, » à la largeur, ni à la situation de leurs » tuyaux ni boëtes, ni à la qualité, quan- » tité ou disposition de leurs liqueurs. «

La solution du problême, qu'on attribuë à M. *Gauger*, n'est que le Baromètre de M. *Amontons* dont il est question dans le texte, combiné avec celui du Dr. *Hook*, auquel prétendoit aussi M. *Amontons* (32 & *note*). Dès l'année 1688 M. *Amontons* avoit indiqué le moyen de diminuer la hauteur du Baromètre à volonté, & ainsi de faire des Baromètres *dont la hauteur soit de 15, de 30.... pouces & ... moins*, (voyez le texte); mais non, j'en conviens, *de 50 pouces & plus*; c'est aussi ce que M. *Gauger* n'a pas fait lui-même, quoiqu'il l'ait annoncé en 1722; à moins qu'il ne veuille parler de l'allongement du dernier tube & de l'addition d'un reservoir pour contenir une troisiéme liqueur; construction dont il parle, il est vrai, mais 37 ans après le Dr. *Hook* (32); & même encore cette condition, ... *dont la sensibilité*... soit *même plus grande que leur hauteur*, n'est qu'un jeu de mots, si l'on prétend que la variation dans un des tubes plus long que les autres, est plus *grande* que la *hauteur* du Baromètre; elle est contradictoire, si l'on dit avoir dans le même instrument, un Baromètre dont un tube est *haut* de 50 pouces, par exemple, & un Baromètre dont la variation étant moindre de 50 pouces, *est plus grande que cette même hauteur*. Quant à la condition de faire du *Thermomètre un Baromètre & du Baromètre un Thermomètre*, M. *Amontons* l'avoit déjà trouvée en 1695; il ouvroit ou fermoit pour cet effet le haut du tube qui, dans le Baromètre, doit communiquer avec l'air extérieur (32 *note*)

poids de cette colonne étoit double, c'eſt par cette force que la ſeconde colonne de mercure agit pour ſoulever la ſeconde colonne d'air, & ainſi de ſuite. Le poids des colonnes de mercure s'ajoute donc ſucceſſivement des unes aux autres, & la dernière agit contre l'air extérieur par la ſomme de tous ces poids. Chaque courbure ſupérieure doit avoir un petit tube ſemblable à *g* qui ſert à introduire le mercure dans les deux tubes auxquels il communique; on le ſcêle après cette introduction. Dans les changemens du poids de l'air, toutes les colonnes ſe meuvent ſéparément comme autant de petits Baromètres, & la variation de chaque colonne diminue proportionellement à leur nombre. Pour ſupléer à cette diminution, trop oppoſée au déſir de tous les obſervateurs, Mr. *Amontons* donna à ſa machine la proprieté du Baromètre double, en plaçant ſur la dernière colonne de mercure une colonne de liqueur qui ſe terminoit dans un tube capillaire *e f*; & les Cylindres *a*, *b*, *c*, *d*, contribuent à l'étendue de la variation de cette liqueur comme dans le Baromètre double (29). Pour éviter le mélange des colonnes de mercure qui ſe fait au moindre mouvement du Baromètre, quand elles ne ſont ſéparées que par des colonnes d'air, on employe des liqueurs incompreſſibles, comme l'eau, l'eſprit de vin, &c.; ce qui augmente un peu la hauteur des colonnes de mercure. (*a*)

Cette invention de Mr. *Amontons* eſt ingénieuſe, mais inutile à cauſe de ſes défauts.

54. Cette idée de Mr. *Amontons* eſt très ingénieuſe; mais elle n'eſt d'aucune utilité dans la pratique, parce qu'il eſt impoſſible de donner à cette machine un degré ſuffiſant de régularité. J'ai tenté

(*a*) Mr. *Paſſement*, habile Ingénieur en Inſtrumens de Mathématique à Paris, a imaginé depuis peu deux moyens d'augmenter l'apparence des variations dans ce Baromètre. L'un conſiſte à ſubſtituer un tuyau en zigzac au tuyau droit *b g* (fig. 11) placé entre les deux colonnes de mercure d'environ 14 pouces: ce tuyau eſt rempli de deux liqueurs de différentes peſanteurs ſpécifiques & diverſement colorées, comme dans le Baromètre du Dr. *Hook* dont j'ai parlé ci-devant (32), & le point de jonction des liqueurs, qui parcourt toute l'étendue du zigzac, ſi le tuyau qui le forme eſt aſſez étroit, marque la variation du Baromètre par un trajet qui peut être fort long. L'autre moyen conſiſte à laiſſer droit le tuyau *b g* qui contient les deux liqueurs, mais à le prolonger au deſſus des tubes qui contiennent le mercure, en le faiſant redeſcendre pour le réunir au reſervoir *c*: dans cette conſtruction, le point de jonction des liqueurs parcourt un eſpace d'autant plus grand, que l'on fait le tuyau plus long & proportionellement plus étroit. Dans l'un & l'autre de ces Baromètres la jonction des liqueurs & du mercure doit ſe trouver dans des cylindres, comme je l'ai dit des Baromètres de Mr. *Huygens* & du Dr. *Hook* (29. 35), on proportionne le diamètre de ces cylindres à l'étenduë qu'on veut donner à la variation du Baromètre, & au diamètre du tube qui renferme les liqueurs.

tenté vainement de purger d'air, tant le mercure que le fluide intermédiaire ; & dans ce mélange, toûjours inégal, de trois substances si différentes, la chaleur produit des effets qu'il est impossible de déterminer pour tous les cas. D'ailleurs le frottement augmente par la multiplication des tuyaux & de leurs courbures ; & par ces deux causes, les mouvemens de ce Baromètre sont très irréguliers (*a*).

Baromètre réduit de Mr. DE MAIRAN.

55. Un autre *Baromètre réduit*, dont l'utilité est très grande, est celui de Mr. *de Mairan*. Quoiqu'il n'ait pas un rapport direct au sujet de cet ouvrage, comme il s'agit dans ce chapitre des Baromètres en général, je crois devoir faire mention de celui-ci.

Mr. *de Mairan* a diminué la longueur du Bar. pour un usage particulier.

56. Le Baromètre a toûjours servi de *Manomètre* (*b*) dans la Pompe pneumatique ; c'est par son moyen qu'on détermine le degré de dilatation de l'air dans le récipient. On l'employoit autrefois de deux manières ; les uns se servoient d'un tube ouvert par les deux bouts, placé sous la machine ; il plongeoit dans un vase plein de mercure, & communiquoit par le haut avec le récipient au travers de la platine qui le supporte. La hauteur de la colonne de mercure qui s'élevoit dans ce tube comparée à celle du Baromètre dans ce moment là, indiquoit à peu près la différence de dilatation de l'air extérieur & de celui qui restoit dans le récipient de la machine. D'autres employoient plus utilement le Baromètre ordinaire, en l'enfermant sous un récipient propre à le contenir : les différentes hauteurs du mercure dans ce Baromètre, indiquoient immédiatement les dilatations successives de l'air renfermé dans le récipient.

Manomètres à l'usage de la pompe pneumatique.

57. Mais ces deux moyens étoient fort incommodes ; c'est ce qui conduisit Mr. *de Mairan* à réduire la hauteur du Baromètre ordinaire. Voici la description que Mr. *du Fay* donne de cette machine. (*c*)

Le *Bar. réduit* de Mr. *de Mairan* est le meilleur *Manomètre* dans ce cas.

„ * Le Baromètre de Mr. *de Mairan* est semblable pour la „ forme aux Baromètres ordinaires, si ce n'est qu'il n'a en tout „ que

Description du Bar. réduit de Mr. *de Mairan* par Mr. *Du Fay*.

* Pl. I. Fig. 12.

(*a*) Les Baromètres de Mr. *Passement* dont j'ai parlé dans la note précédente, sont sujet aux mêmes inconvéniens.

(*b*) *Manomètre* ou *mesure de la rareté*, vient de μανος *rare* & de μετρον *mesure*.

(*c*) Mem. de l'Ac. Roy. des Sc. année 1734 in 12. page 486.

„ que trois pouces de long ou environ ; on le remplit tout entier „ de mercure, ainsi que la partie inférieure de la boule, & on „ l'ajuste sur un petit pied, afin qu'il puisse demeurer dans une „ situation verticale. Lorsqu'on veut connoitre par le moyen „ de cet instrument, la quantité dont l'air est dilaté dans le „ récipient, on le pose sous ce récipient sur la platine de la „ machine pneumatique ; on conçoit assez que les premiers coups „ de piston ne font aucun effet sur ce Baromètre ; mais lorsque „ l'air est dilaté au point que le Baromètre ordinaire seroit „ descendu de 24 pouces ou environ, celui-ci commence à a- „ gir, & si on le fait descendre de 2 pouces, on doit juger que „ le Baromètre ordinaire seroit descendu de 26 pouces, & ain- „ si du reste. On ajuste à ce Baromètre une petite règle de „ cuivre divisée en pouces & en lignes ; & si l'on veut que les „ opérations soient faites avec toute la justesse que l'on peut dé- „ sirer, il faut avoir égard à la hauteur actuelle du Baromètre „ ordinaire lors de l'expérience. "

L'usage général que les Physiciens font de cette machine depuis qu'elle est connue, en fait assez l'éloge.

Baromètre à l'usage de la mer, du Dr. *Hook* & de Mr. *Amontons*.

Le Dr. *Hook* & Mr. *Amontons* inventèrent, l'un en 1700, l'autre en 1705, un Bar. à l'usage de la Mer.

58. Dans les commencemens d'une découverte dont les conséquences & les usages sont en grand nombre, il est très ordinaire de voir la même idée se présenter à plusieurs de ceux qui s'en occupent ; l'histoire du Baromètre en fournit beaucoup d'exemples : on l'a déja vu dans la correction du Baromètre *double* (32 *note*) & dans l'invention du Baromètre en équerre (39) ; voici un autre exemple qui n'est pas moins remarquable. Le même Dr. *Hook*, dont il est question dans le premier exemple que je viens de citer, inventa en 1700 un Baromètre à l'usage de la mer, décrit par M. *Halley* dans les *Transf. Ph.* N°. 269 ; à peu près semblable à celui que M. *Amontons*, inventeur de deux autres Baromètres dont j'ai parlé, imagina en 1705. (*a*)

Il est aisé de concevoir comment ces deux hommes ingénieux eurent séparément la même idée. Ce Baromètre n'est que le *Thermomètre d'air* connu alors par tous les Physiciens, & dont Mr.

(*a*) Mem. de l'Ac. des Sc. année 1705.

Mr. *Amontons* s'étoit assez occupé pour avoir reconnu par lui-même, que le poids de l'air extérieur agissoit sur lui d'une manière sensible, & qu'en décomposant ses variations par le moyen d'un Thermomètre de liqueur, il pourroit servir de Baromètre.

Description de cet instrument.

Cet instrument consiste en un tuyau recourbé *a*, *b*, *c*, dont une branche très courte *b c*, se termine par une boule *d* qu'on laisse pleine d'air; l'autre branche *a b*, ouverte en *a*, contient de l'eau seconde ou de l'huile de tartre: la liqueur passe dans la petite branche jusqu'à la naissance de la boule, & son poids se joint à celui de l'atmosphère pour comprimer l'air. Quand le poids de l'atmosphère augmente, l'air que renferme la boule se comprime davantage, & réciproquement.

Moyen indiqué par Mr. *Amontons* pour distinguer les effets de la chaleur & du poids de l'air dans cette machine.

59. Ce Baromètre agit aussi comme Thermomètre, par l'action de la chaleur sur l'air renfermé; mais Mr. *Amontons* pensoit que par le moyen d'un Thermomètre sur lequel le poids de l'air n'agissoit pas, on pouvoit soustraire les effets de la chaleur sur ce Baromètre, & que le reste de la variation appartenoit au changement du poids de l'atmosphère.

Avantage de ce Baromètre.

60. La colonne de liqueur étant retenue d'un côté par le poids de l'air extérieur, & de l'autre par l'élasticité de celui que renferme la boule; ayant d'ailleurs un frottement assez considérable dans son tube; elle ne peut se prêter aux mouvemens du vaisseau, comme la colonne de mercure du Baromètre ordinaire, dont une des extrémités est libre dans le vuide.

Ses défauts.

61. Je conçois que ce Baromètre peut avoir quelque utilité sur mer; mais pour admettre ce que dit Mr. *Amontons*, que ses variations sont aussi régulières que celles du Baromètre de mercure, il faut supposer nécessairement, que ce dernier étoit bien imparfait alors. Il est aisé de voir que la machine de Mr. *Amontons* ne peut servir à des observations exactes. 1°. Le frottement de la colonne de liqueur, qui doit se mouvoir toute entière en même tems dans le tube, absorbe une partie des variations du poids de l'air extérieur. 2°. Cette machine agit plus comme Thermomètre, que comme Baromètre. Mr. *Amontons* lui-même a trouvé que l'augmentation causée au ressort de l'air par la chaleur de l'eau bouillante, est égale au tiers du poids dont il est chargé, quand l'expérience est faite au Printems (*a*); ainsi, de la moin-

(*a*) Mém. de l'Ac. Roy. des Sc. année 1702.

moindre à la plus grande chaleur que nous pouvons éprouver, l'air renfermé dans la boule devient capable de soutenir une augmentation de poids d'environ un cinquiéme, sans changer de volume; tandis que le plus grand changement de poids de l'Atmosphère dans un même lieu, n'est que d'environ une quinziéme partie de son plus grand poids. Il suit de là, qu'une erreur dans l'estimation de l'effet que produit la chaleur sur cette machine, est triplée dans la quantité de l'effet qu'on assigne au poids de l'air; & certainement on ne peut jamais se promettre une parfaite exactitude, soit dans la correction elle-même, soit dans l'égalité de température du Thermomètre & du Baromètre. 3°. Le ressort de l'air augmentant à proportion des poids qui le compriment, on ne peut procurer à ce Baromètre une marche sensiblement uniforme, qu'en rendant la capacité du tuyau presque nulle comparativement à celle de la boule; afin que la liqueur qui passe dans cette boule, quand le poids de l'atmosphère augmente, ne produise qu'une diminution insensible au volume de l'air renfermé. On parvient à ce but, en employant des tubes capillaires, ou des boules très grandes; mais le premier moyen augmente beaucoup le frottement, & le second est très incommode. 4°. Enfin il ne me paroit pas possible au travers de tant de difficultés de réduire ces Baromètres à une marche uniforme. Car pour l'obtenir, il faudroit que le rapport des capacités du tube & de la boule, la condensation primitive de l'air dans cette boule, la nature de la liqueur & celle de l'air renfermé, fussent toûjours les mêmes: or je ne vois point de moyen sûr pour produire cette uniformité, sur-tout dans la nature de l'air, qui, plus ou moins humide quand on construit le Baromètre, & plus ou moins affecté par l'évaporation de la liqueur qui le tient enfermé, ne suit plus les mêmes loix dans ses dilatations par la chaleur, ni probablement dans ses condensations par différens poids (713) (*a*).

62 On

(*a*) M. *Passement*, dont j'ai parlé dans la note du N°. 53, a imaginé un moyen très efficace d'arrêter les oscillations du mercure dans un Baromètre exposé aux mouvemens d'un vaisseau, ce qui me paroit préférable au Baromètre de M. *Amontons*. Pour cet effet il contourne le tuyau du Baromètre ordinaire en forme de spirale dans le milieu de sa longueur; deux révolutions suffisent, & celle qui est à l'extérieur doit avoir environ deux pouces de diamètre. Les deux portions du tube ne peuvent pas rester sur la même ligne droite, l'une s'enfonce plus que l'autre dans la monture, parce que la portion qui communique avec l'intérieur de la spirale doit nécessairement passer hors de ses révolutions. On conçoit bien que dans un Baromètre construit de cette manière, le mouvement occasionné par les secousses extérieures est comme rompu par les directions

62. On voit par tout ce que j'ai dit jusqu'ici des différentes espèces de Baromètres, que les plus simples sont aussi les meilleurs pour les observations qui demandent de l'exactitude. Mais de ce qu'ils sont les meilleurs, il ne s'ensuit pas qu'ils soient absolument bons dans la construction ordinaire; il faut plus de soins & de précautions qu'on ne pense pour qu'ils indiquent correctement & uniformément le poids de l'air: c'est ce que prouvera déja le détail où je vais entrer des tentatives qu'on a faites jusqu'à présent pour le rendre propre à cet usage.

Le Bar. simple, quoique le meilleur, n'est pas absolument bon dans la construction ordinaire.

Baromètre simple de Mr. PRINS.

63. Le Baromètre simple a toujours eu des partisans, malgré les avantages apparens des constructions différentes. Cependant ceux mêmes qui faisoient cas de cette simplicité nécessaire, s'en écartoient en cherchant les moyens de diminuer l'effet que produisent sur la hauteur de la colonne de mercure les changemens de hauteur de ce liquide dans le reservoir (384). C'est dans ce but, comme je l'ai dit N°. 22, qu'on se servit de grands vases pour contenir le mercure, & que dans la suite on souda au tube des boules de verre d'un grand diamètre.

On a cherché à réduire toute la variat. du Bar. simp. à l'une de ses extrémités.

64. Il y a toûjours du mérite à parvenir par des moyens assurés au but qu'on se propose; ainsi, sans examiner à présent le but en lui-même, je dois indiquer celui de ces moyens qui me paroit l'avoir rempli de la manière la plus sure. Mr. *Prins* célébre artiste Hollandois, émule de Mr. *Fahrenheit* pour les ouvrages de ce genre, a fait des Baromètres dans lesquels le niveau du mercure ne change point, quelle que soit la variation de hauteur de la colonne. * Ces Baromètres dont la figure 14 représente la coupe verticale, sont faits d'un tube droit *ab* qui se plonge dans un

Mr. *Prins* est parvenu à ce but.

Description de son Barom. * Pl. I. Fig. 14.

tions opposées qu'il prend dans la spirale, & par l'augmentation du frottement, qui sera d'autant plus considérable qu'on employera un tube plus étroit. On peut encore rendre l'impression des mouvemens extérieurs & momentanés moins sensible, en faisant aboutir l'extrémité supérieure de la colonne de mercure dans un cylindre; parce que les variations qui pourroient se faire dans le tube deviendroient moins sensiblesen se répandant sur une grande surface. Un Baromètre de cette espèce, doit être presqu'insensible aux mouvemens des Vaisseaux, & par cela même très propre à l'usage de la Mer. Il est vrai que l'augmentation de frottement le rend moins propre à indiquer les petites variations du poids de l'air, & que par cette raison on ne peut l'employer utilement à des observations bien exactes, comme par exemple à mesurer les hauteurs; mais les Navigateurs n'ont pas besoin de ce degré d'exactitude.

un vase à la manière de *Toricelli*. Un couvercle horizontal ferme le vase un peu en dedans de son embouchure en *c d*, c'est-à-dire par la circonférence de ce couvercle; mais celui-ci est percé à son milieu d'un trou *e f*, dans lequel passe le tube sans en toucher les bords. Le mercure remplit le vase, & outre cela, même dans la plus grande hauteur du Baromètre, il sort par l'intervalle qui reste entre le tube & le couvercle, & s'élève au déhors en forme d'anneau autour du tube; on voit la coupe diamétrale de cet anneau en *g h*. Quand le mercure s'abaisse dans le tube, il en sort davantage du reservoir; le limbe de l'anneau qu'il forme s'élargit en s'étendant sur le couvercle de *g* & *h* en *i* & *k*: si le mercure remonte, l'anneau se rétrécit en se resserrant vers le tube; l'attraction mutuelle des parties du mercure empêche leur séparation: Ainsi le mercure s'étend & se retire alternativement sur le couvercle sans changer de hauteur; & l'effet total des changemens du poids de l'atmosphère est mesuré par les variations qui se font au haut du tube. Il est vrai que la construction & l'entretien de ce Baromètre sont assez difficiles, & c'est sans doute par ces raisons qu'il n'est pas généralement adopté.

Premières recherches sur les causes d'irrégularité dans les Baromètres.

L'objet le plus essentiel rélativement au Bar. est la recherche des causes de ses irrégularités.

65. Les plus importantes considérations à faire dans le Baromètre simple sont, sa hauteur absolue, & les causes qui influent sur elle indépendamment du poids de l'air. Ce fut un grand sujet d'étonnement pour les premiers Physiciens qui comparèrent des Baromètres, lorsqu'ils découvrirent les grandes différences qu'il peut y avoir dans leur hauteur.

Différence de hauteur des Bar. observée par Mr. *Amontons*.

66. Mr. *Amontons* parle d'un Baromètre qui se tenoit de 18 lignes plus bas que les autres (*a*). On apprit que le tube avoit été lavé par Mr. *Homberg* avec de l'esprit de vin, ce qui fit conjecturer à plusieurs Membres de l'Académie, & surtout à Mr. *Homberg* lui-même, que l'abaissement du mercure dans ce Baromètre provenoit de la dilatation de l'esprit de vin qui étoit resté au haut du tube, ou de celle de l'air contenu dans cette liqueur. Mr. *Amontons* combattit cette idée par l'exemple de plusieurs

Conjecture de Mr. *Homberg* sur ce Phén.

(*a*) Mem. de l'Ac. Roy. des Sc. année 1705.

Fig. 1.
Barometre de Toricelli.

Fig. 2.
Barometre en Siphon.

Fig. 3.
Barometre a Bouteille.

Fig. 4.
Barometre de Descartes.

Fig. 5.
Bar. Double de Huyghens.

Fig. 6.
Bar. double Corrigé par le Dr. Hook.

Fig. 7.
Bar. a Poulie du Dr. Hook.

Fig. 8.
Bar. Incliné du Chevr. Morland.

Fig. 9.
Bar. en Equerre de Mr. Berneulli.

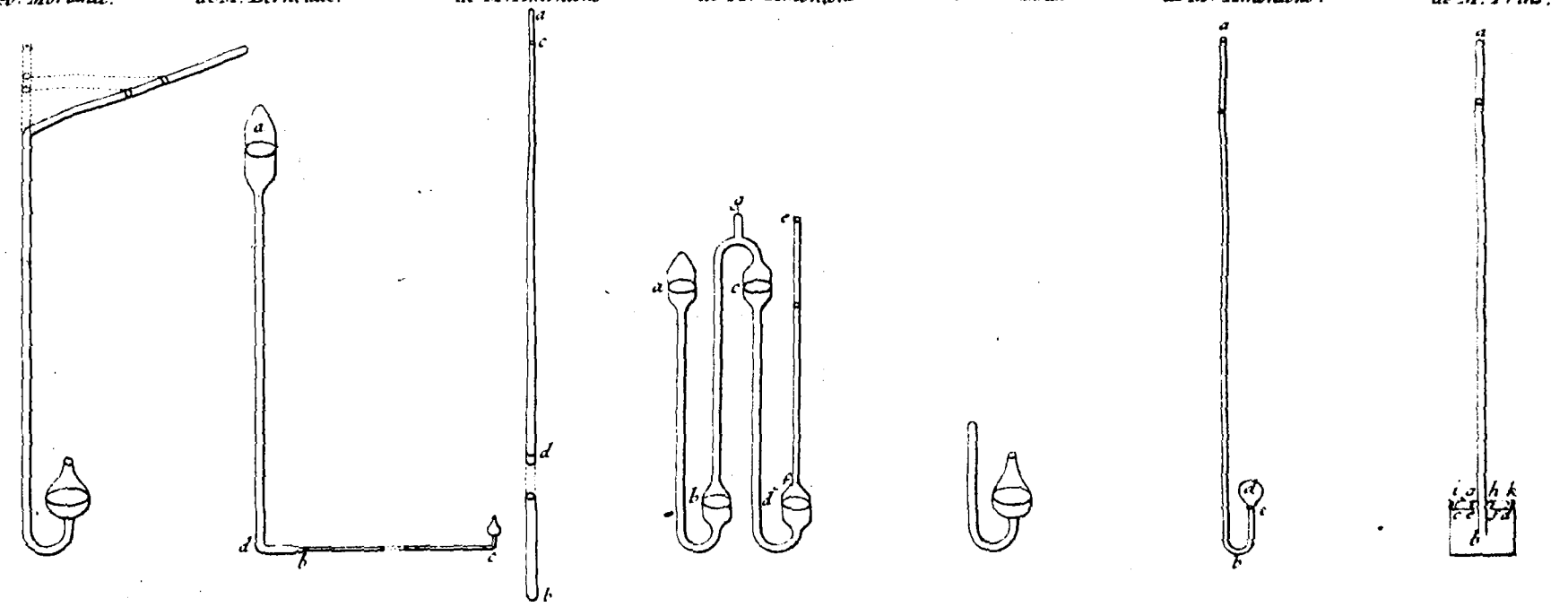
Fig. 10.
Bar. Conique de Mr. Amontons.

Fig. 11.
Bar. Reduit de Mr. Amontons.

Fig. 12.
Bar. Reduit de Mr. de Mairan

Fig. 13.
Bar. a l'usage de la Mer. de Mr. Amontons.

Fig. 14.
Bar. Simple de Mr. Prins.



Dessiné par l'Auteur. *Gravé par G. Theullard.*

ſieurs tubes employés tels qu'ils ſortoient de la verrerie, & dans leſquels le mercure ſe ſoutenoit à des hauteurs qui différoient entr'elles juſqu'à 10 lignes. Mr. *Amontons* conjecturoit de là, que les pores des différens verres étoient différemment larges; que par cette raiſon ils étoient diverſement perméables aux plus petites parties de l'air; que dans les tubes dont les pores étoient les plus étroits, le mercure ſoutenu par une plus grande partie des fluides qui compoſent l'atmoſphère, devoit ſe tenir plus haut, & réciproquement.

Celle de Mr. *Amontons*.

67. Mr. *Maraldi* fit diverſes expériences qui fortifièrent l'idée de Mr. *Homberg* contre celle de Mr. *Amontons*; on voit ces tentatives & leur réſultat dans l'hiſtoire de l'Académie, année 1706; elles paroiſſent prouver que les grandes différences de hauteur du mercure dans différens tubes s'évanouiſſent preſqu'entiérement, lorſqu'on a ſoin d'en chaſſer toute l'humidité.

Les Exp. de Mr. *Maraldi* fortifièrent la conjecture de Mr. *Homberg*.

68. Cependant cette opinion n'a pas toûjours été confirmée par l'expérience, & non ſeulement l'Académie ne décida point alors, mais même en 1731, Mr. *de Mairan* renouvella l'idée de Mr. *Amontons* dans ſon *Traité Phyſ. & Hiſt. de l'Aurore Boréale*, (ſuite des Mémoires de l'Académie pour cette année là) réimprimé en 1754 (*a*).

La conjecture de Mr. *Amontons* a cependant été adoptée par Mr. *de Mairan*.

E 3 *Recher-*

(*a*) Dans ce *Traité* M. *de Mairan* démontre d'une manière ſenſible, que la matière des Aurores boréales eſt dans notre Atmoſphère, mais à une hauteur moyenne d'environ 175 lieües (*Edit. de* 1754, 4°. *pag.* 436): cette hauteur, bien plus conſidérable qu'on ne l'avoit conclue des obſervations du Baromètre, l'engage à rejetter ce moyen, comme ſujet à l'erreur. Pour prouver *que le Baromètre ne nous indique point le véritable poids de l'Atmoſphère, ni par conſéquent ſa hauteur*, (*ſect.* 11 *ch.* 11) M. *de Mairan* allégue d'abord les expériences de M. *Amontons* & les ſiennes propres, deſquelles il réſulte, que *le mercure ſe ſoutient* dans quelques Baromètres *à des hauteurs qui différent de* 2, 3, 4, *& juſqu'à* 6 *ou* 7 *lignes*; & penſant avec M. *Amontons* que ces différences proviennent de celles qui ſe trouvent dans la perméabilité des différens verres, il en conclut, *que les parties de l'air peuvent ne pas agir toutes ſur la ſurface extérieure du mercure, parce que quelques-unes d'entr'elles paſſent à travers ſes pores, & appuyent en même tems ſur la ſurface intérieure du mercure*. Cette idée de M. *de Mairan* étoit très naturelle, & je ne vois pas ce qu'on pouvoit lui objecter de ſolide, tant que les Baromètres étoient ſi peu d'accord entr'eux: mais aujourd'hui je puis en montrer qui ſouvent ne différent pas d'un ſeiziéme de ligne (397), quoique faits des mêmes tubes dans leſquels on trouveroit encore d'auſſi grandes différences, ſi l'on ne prenoit pas les précautions néceſſaires pour les éviter. Au reſte, en invalidant ainſi un des moyens employés par M. *de Mairan* pour étendre les limites de l'Atmoſphère, je ne prétens point les reſſerrer: l'adhérence des corps polis, bien ſupérieure à celle que produiroit une preſſion équivalente à 28 pouces de mercure, eſt une preuve non équivoque de la perméabilité du verre à un fluide qui, par ſon poids, ou peut-être par ſon élaſticité, produit cette adhérence; & qui, mêlé avec l'air ſans que nous l'appercevions par le Baromètre, conſtitue néanmoins une partie eſſentielle de notre

Recherches sur la lumière que produisent quelques Baromètres.

Lumière du Baromètre.

69. On apperçut dès les premiers tems du Baromètre un Phénomène singulier, qui, s'il eût été bien approfondi, auroit peut-être conduit plutôt à diminuer beaucoup la différence de hauteur des Baromètres ; c'est la lumière que quelques-uns produisent lorsqu'on agite le mercure qu'ils renferment. Voici la première observation de ce phénomène, telle qu'elle est rapportée dans l'anc. hist. de l'Ac. roy. des sc. Tome II. pag. 202.

Premières observ. de ce Phen. par MM. *Picard* & *de la Hire*.

„ 70. Dans l'année 1676, dit l'historien de l'Académie, Mr. „ *Picard* faisant transporter son Baromètre, de l'Observatoire à „ la Porte Saint Michel, pendant la nuit, il apperçut une lumiè- „ re dans la partie du tuyau où le mercure étoit en mouvement ; „ ce phénomène l'ayant surpris, il en fit part aussi-tôt aux savans, „ & ceux qui avoient des Baromètres les ayant examinés, il ne „ s'en trouva aucun qui fit de la lumière. Il crut d'abord que cela „ venoit du mercure, qui avoit été revivifié du cinabre ; mais en „ ayant donné du même à Mr. *de la Hire*, qui souhaitoit en „ faire l'expérience, le Baromètre que Mr. *de la Hire* monta „ avec ce mercure a été jusqu'à présent sans aucun effet sem- „ blable.

Conject. de Mr. *Picard*.

„ Après la mort de Mr. *Picard*, son Baromètre fut démonté ; Mr. „ *de la Hire* l'ayant refait avec le même mercure, il n'y remar- „ qua aucune lumière. Ce fut vers ce même tems que Mr. *Cassini* „ s'apperçut que le sien commençoit à faire de la lumière, ce „ qui a toûjours continué jusqu'à présent.

„ Mr. *de la Hire*, à force de tâter celui de Mr. *Picard* qu'il „ avoit rétabli, trouva enfin quelque tems après qu'il recom- „ mençoit à devenir lumineux, comme auparavant : cependant „ quelques années après il perdit de nouveau cette vertu, quoi- „ que Mr. *de la Hire* fût assuré que personne n'y avoit tou- „ ché. Il crut alors que la matière qui faisoit la lumière s'étoit, „ ou consumée, ou dissipée, & qu'il ne devoit pas espérer de la „ rétablir ; enfin après avoir démonté & remonté ce Baromètre, „ vers la fin d'Avril de cette année (1694), il redonna de la „ lumiè-

Conj. de Mr. *de la Hire*.

notre Atmosphère, comme le pense avec raison M. *de Mairan*. D'ailleurs je prouverai dans la suite (IVe. Part. Chap. VII), que le Baromètre même donne à notre Atmosphère une étendue presque illimitée ; ainsi je fortifierai ses preuves bien loin de les affoiblir.

„ lumière étant agité, & la première qui parut fut la plus vive „ de toutes celles que Mr. *de la Hire* lui avoit vû produire; il „ continue toûjours à en donner, mais moindre que la première. „ Ce qui paroit singulier dans ce Baromètre, c'est qu'il ait perdu „ seul & repris à diverses fois la propriété d'être lumineux.

„ Mr. *de la Hire* a remarqué aussi qu'il y a une différence con- „ sidérable entre la lumière de son Baromètre, & celle du Baro- „ mètre de Mr. *Cassini*; dans le sien la lumière remplit assez éga- „ lement tout le vuide du tuyau à chaque vibration, au lieu que „ dans celui de Mr. *Cassini*, elle semble attachée à la surface du „ mercure, d'où elle se répand dans le tuyau.

On voit que la première publication de ce Phénomène renferme déja deux hypothèses différentes pour l'expliquer. C'est un penchant naturel à l'homme, & surtout au physicien, de chercher à se rendre raison de tout ce qu'il observe. Ce penchant bien dirigé, loin de nuire aux découvertes, contribue beaucoup à les accélérer, parce qu'il conduit à l'expérience: c'est ce dont la matière que je traite fournit beaucoup de preuves.

71. L'expérience ne tarda pas à se déclarer contre les suppositions de Mrs. *Picard* & *de la Hire*; Le mercure du premier ne produisit pas de la lumière dans un autre tube; & celui de Mr. *de la Hire* devint lumineux à diverses fois. L'exp. fut contraire à ces conject.

Hypothèse de Mr. JEAN BERNOULLI.

72. Mr. *Bernoulli*, Professeur en Mathématique à Groningue, imagina en l'année 1700 une hypothèse plus subtile & qui se soutint plus longtems, malgré les expériences qui lui étoient contraires; parce que les hypothèses qu'on lui substitua d'abord, ou ne satisfirent pas mieux aux phénomènes, ou ne furent pas appuyées sur des fondemens solides. Voici l'exposition abrégée de celle de Mr. *Bernoulli*, tirée d'un ouvrage qu'il publia sur cette matière en 1719, qui a pour titre *de mercurio lucente in vacuo* (*a*). Mr. *Bernoulli* entreprend d'expliquer ce Phénom.

Mr. *Bernoulli* adoptoit l'idée de *Descartes* sur la production de la lumière, savoir le choc de la *matière subtile* ou *prémier élément*, contre les *globules célestes* ou *second élément*; & il suppo-

soit

(*a*) *Johannis Bernoulli &c. Opera omnia* Tom. II. N°. CXII. pag. 323. Voyez aussi l'histoire & les mémoires de *l'Académie des sciences* année 1700 & 1701.

ſoit 1°. que les pores étroits du mercure contenoient beaucoup de *matière ſubtile*, parce qu'ils ne pouvoient admettre qu'elle. 2°. Que le verre étant moins peſant que le mercure avoit ſans doute des pores plus larges, & que parconſéquent il devoit être perméable aux *globules céleſtes*. 3°. Que dans les balancemens du mercure, lorſque par ſon abaiſſement le vuide augmentoit dans le haut du tube, les *globules céleſtes* entroient avec rapidité par les pores du verre; qu'en même tems la *matière ſubtile* ſortoit avec impétuoſité des interſtices du mercure, & que ces deux matières ſe heurtant violemment produiſoient la lumière. Mr. *Bernoulli* apportoit en preuve de ſon hypothèſe, une obſervation conſtante; c'eſt que la lumière ne paroit pendant les vibrations du mercure, que lorſqu'il deſcend (89); & qu'en général, ſoit dans le Baromètre, ſoit dans les phioles vuides d'air, elle ſuit toûjours le mercure & ne le précéde jamais.

Objection contre l'hypothèſe de Mr. *Bernoulli*.

Sa réponſe.

73. Une des difficultés qu'il falloit réſoudre dans cette hypothèſe, étoit le petit nombre de Baromètres qui donnoient de la lumière, quoique tous paruſſent avoir les conditions néceſſaires pour en produire dans les mêmes cas. *M. Bernoulli* donnoit deux raiſons principales de cette différence entre les Baromètres, la premiére étoit le plus ou moins d'air qui reſtoit dans le haut de leur tube: il croyoit que l'interpoſition de l'air empêchoit le choc des particules du *premier élément* contre celles du *ſecond*; parceque ce fluide produiſoit à cet égard l'effet d'un ſac de laine qui reçoit une décharge de mouſquetterie; cependant il ne regardoit cette interpoſition de l'air que comme un obſtacle qui pouvoit être ſurmonté, en donnant au mercure une plus grande aptitude à produire de la lumiére. (*a*) La ſeconde & la principale raiſon qu'il apportoit de ce que le mercure n'étoit pas toûjours lumineux dans le vuide, étoit les ſaletés qu'il peut renfermer en lui-même, & ſurtout celles qu'il contracte en paſſant dans l'air quand on remplit le Baromètre. Il prétendoit que ces ſaletés étoient rejettées par le mercure de l'intérieur à l'extérieur; qu'elles ſe ramaſſoient autour de la colonne & particuliérement à la ſurface ſupérieure, & qu'elles y formoient une pellicule aſſez forte pour s'oppoſer à la ſortie du *premier élément*. Il exigeoit donc, qu'on eût ſoin de chaſſer l'air du Baromètre,

(*a*) Voyez une preuve de l'inſuffiſance de cette explication dans la 4ᵉ. note du §. 83.

mètre ; qu'on évitât de faire passer le mercure dans l'air en filets minces quand on remplissoit le tube ; & qu'on n'employât le mercure qu'après l'avoir netteyé par diverses lotions dans l'eau commune mêlée de vinaigre & de sel, ou dans l'esprit de vin. Il assuroit, qu'avec ces précautions, tous les Baromètres donneroient de la lumière.

74. Mr. *Bernoulli* communiqua ses idées à l'Académie des Sciences, qui les jugea d'abord très plausibles : mais après avoir fait diverses expériences à ce sujet, elle trouva que plusieurs Baromètres étoient lumineux sans avoir les conditions prescrites, & que d'autres avec ces conditions ne l'étoient pas. Cependant, la réputation de l'Auteur, le succès de quelques-unes des tentatives, la vraisemblance de l'hypothèse, & la difficulté d'en trouver une plus satisfaisante, l'engagèrent à suspendre son jugement.

Mr. *Bernoulli* communiqua ses idées à l'Ac. des Sc. qui suspendit son jugement.

Mr. *Bernoulli* répondit aux difficultés que les Académiciens de Paris, & d'autres savans de ce tems-là, avoient élevées contre son hypothèse, & soutint que les expériences qu'on lui opposoit n'avoient pas été faites avec assez de précautions. Il apporta de nouveaux exemples pour preuves de l'infaillibilité qu'il attribuoit à sa méthode, & surtout son *Phosphore de mercure portatif & perpétuel* ; il entendoit par-là ces petites phioles vuides d'air grossier, où le mercure bien net est lumineux.

Il répondit aux objections des Académiciens de Paris.

Cependant les *Phosphores* sur lesquels Mr. *Bernoulli* s'appuyoit si fort, sont eux-mêmes contraires à son hypothèse : car suivant lui, c'est la *matière subtile* qui doit y produire la lumière, en sortant des pores du mercure quand on l'agite, & en heurtant les *globules célestes* dont la phiole est remplie. Mais si cela étoit, dans les secousses violentes & non interrompues, les pores du mercure se vuideroient de la *matière subtile* qu'ils renfermoient lorsque le mercure étoit en repos, & ne se rempliroient de nouveau qu'après la cessation du mouvement. Or l'expérience prouve, que le mercure ne cesse point de donner de la lumière dans ces phioles, quoiqu'on l'agite fort longtems & sans interruption.

Nouvelles objections contre son Hypothèse.

Ces *Phosphores* détruisent aussi le grand argument que Mr. *Bernoulli* prétendoit tirer en faveur de son hypothèse, de ce que la lumière ne paroit dans les balancemens de la colonne de mercure du Baromètre, que lorsqu'elle descend & occasionne ainsi un plus grand vuide au haut du tube : car dans ces phioles, l'espace

vuide d'air reste toûjours le même; & si la seule agitation du mercure y produit de la lumière, pourquoi n'en produit-elle jamais dans le Barométre quand la colonne de mercure s'élève, quoique l'agitation puisse être égale dans ce cas-là & dans celui où la colonne descend? Mr. *Bernoulli* eût sans doute répondu à cette objection; que dans l'ascension de la colonne il ne peut y avoir de production de lumière, parce qu'*elle suit toûjours le mercure, & ne le précède jamais*: c'est là une de ses observations fondamentales, & qui est juste; mais c'est précisément ce que son hypothèse ne peut expliquer. Car la vitesse de la *matière subtile* doit être telle, que quelle que soit celle du mercure qu'on agite, elle est nulle à l'égard de la première: il est donc sensiblement indifférent pour l'effet dont il s'agit, que le mercure tende à fuir la *matière subtile*, ou à la rencontrer; & sa seule agitation devroit suffire pour chasser en tout sens ce qu'il renfermeroit de cette *matière* dans ses pores.

Mr. *Bernoulli* n'apperçut pas l'insuffisance de son hypothèse à cet égard; car il objecta ces *Phosphores* à *Hauksbée*, dont il combattit le systême: cependant je démontrerai dans la suite, qu'on peut expliquer par son moyen, & le phénomène dont il s'agit (89), & plusieurs autres auxquels l'hypothèse de Mr. *Bernoulli* ne satisfait point (85 & *suiv.*).

Hypothèse de Mr. HOMBERG.

Hypothèse de Mr. *Homberg*.

75. Mr. *Homberg* qui s'étoit employé aux expériences que l'Académie avoit faites à l'occasion du systême de Mr. *Bernoulli*, croyoit que la différence de leurs résultats provenoit de la qualité du mercure: il disoit en faveur de son idée, que pour purifier le mercure il avoit souvent employé de la chaux vive préférablement à la limaille de fer; qu'alors le mercure qui, s'élevant dans la distillation, s'étoit filtré au travers de cette matière, pouvoit en avoir enlevé des particules capables par leur extrême petitesse, de se loger dans ses interstices; & que, comme la chaux vive retient toûjours quelques particules ignées, il étoit possible que ces particules, agitées dans un lieu vuide d'air, produisissent la lumière qu'on appercevoit. Mais l'expérience ne fut pas d'accord avec cette hypothèse; car le même mercure employé dans divers tubes ne fut pas toûjours lumineux.

Hypo-

Hypothèse de Mr. DE MAIRAN.

76. Mr. *de Mairan* traitant des Phosphores en général, dans une dissertation qui remporta le prix en 1717 à l'Académie de Bordeaux, rangea le mercure parmi les Phosphores naturels, à cause de son souphre; mais il prétendit que ce souphre ne pouvoit se développer que dans le vuide, & que c'étoit la raison pourquoi les Baromètres exactement purgés d'air donnoient de la lumière quand on agitoit le mercure. Si la lumière paroissoit & augmentoit toûjours dans les Baromètres à mesure que le vuide devient plus parfait, cette explication de Mr. *de Mairan* seroit très vraisemblable; mais plusieurs Baromètres donnent de la lumière, quoiqu'ils renferment une quantité d'air sensible, tandis que d'autres, quoique purgés d'air autant qu'il est possible, n'en produisent point du tout. Hypothèse de Mr. *de Mairan.*

— Soufre

Hypothèse de Mr. DU FAY.

77. On a imaginé plusieurs autres explications de ce Phénomène dont je ne crois pas qu'il soit nécessaire de faire mention, parce qu'elles ont toutes plus ou moins de rapport avec les explications précédentes, & qu'elles sont sujettes aux mêmes difficultés. Celle que Mr. *du Fay* a imaginée est de ce genre, & par cette raison je pourrois me dispenser de la rapporter; mais elle tient à un procédé très essentiel dans la construction du Baromètre, & dont par cette raison je serois également obligé de parler ailleurs; c'est pourquoi je la rapporterai avant de passer à celle qui me paroit la plus vraisemblable. Voici le procédé & l'hypothèse de Mr. *du Fay*. Hypothèse de Mr. *du Fay.*

„ Je vais, dit-il (*a*), rapporter les faits que j'ai éprouvés, „ après avoir appris d'un vitrier Allemand, la manière de ren„ dre à coup sûr les Baromètres lumineux; ce que je lui ai vû „ faire, & que j'ai expérimenté depuis moi-même de plusieurs „ manières.

„ Il prit un tube d'environ 31 pouces de long & d'une ligne „ de diamètre intérieur; il y passa un fil de fer, à l'un des bouts

 „ du-

(*a*) Mém. de l'Ac. Roy. des Sc. année 1723.

„ duquel étoit un peu de cotton pour essuyer le tuyau en de-
„ dans ; ensuite il boucha à sa lampe une des extrémités du tuyau :
„ après qu'il fut réfroidi, il y introduisit de nouveau un fil de
„ fer sans cotton, & y versa avec un entonnoir de verre jus-
„ qu'au tiers de sa hauteur du mercure commun qui n'avoit
„ point eu d'autre préparation que de le passer dans un cornet
„ de papier dont on laisse le trou aussi petit qu'il est possible ;
„ ce qui purifie parfaitement bien le mercure de toute sa crasse
„ qui reste dans le cornet de papier. Il fit allumer ensuite quel-
„ ques charbons dans un réchaud, & tenant le Baromètre incli-
„ né, il en approcha d'abord le bout fermé du tuyau d'un peu
„ loin, & petit à petit vint à le poser sur les charbons ; le mer-
„ cure commença à frémir & à bouillonner, ou plutôt l'air qui
„ y étoit contenu vint à se raréfier & à former de petites bulles
„ qui sortoient très facilement, parce qu'il tournoit continuelle-
„ ment le tuyau & remuoit le fil de fer, l'enfonçant & le reti-
„ rant alternativement jusqu'à ce qu'il ne vint plus de bulles
„ d'air ; alors il avançoit le tuyau sur le réchaud, & chauffoit
„ ainsi successivement & petit à petit toutes les parties du tuyau
„ jusqu'où il y avoit du mercure, après quoi il le laissa réfroidir
„ & remit encore du mercure jusqu'au second tiers de la hau-
„ teur du tuyau, & s'y prit de la même manière pour le chauf-
„ fer & en faire sortir tout l'air. Le tuyau étant froid, il ache-
„ va de le remplir, & ne fit point chauffer ce dernier tiers, m'as-
„ surant que cela étoit inutile ; il ajouta ensuite au bout du tube
„ une boëte de bois blanc, qu'il ferma avec de la cire d'Espa-
„ gne, & ayant mis le Baromètre dans sa situation naturelle, nous
„ le portames dans un lieu obscur où il nous parut extrémement lu-
„ mineux, de façon qu'à chaque fois qu'en le balançant je fai-
„ sois descendre le mercure, tout l'espace vuide qui étoit en haut
„ paroissoit une colonne de lumière, qui cependant étoit plus
„ vive vers sa base, c'est-à-dire, à l'endroit où elle touchoit
„ immédiatement le mercure. J'ai fait depuis plusieurs fois la
„ même expérience, & elle m'a toûjours également bien réussi.

Mr. *Du Fay* décrit ensuite les divers Phénomènes qu'il a observés dans ses Baromètres, & finit par l'explication suivante.

„ Je suppose “, dit-il, „ qu'il y a dans le mercure, de même
„ que dans tous les autres fluides, beaucoup d'air grossier & de
„ matière subtile. Quant à cette dernière, on ne doute pas qu'el-
„ le

„ le ne coule abondamment dans tous les corps ; & pour l'air
„ grossier, on en voit très distinctement sortir les bulles lorsqu'on
„ prépare le Baromètre, ainsi que je viens de l'enseigner ; ce
„ qu'il y a de surprenant, c'est qu'il faut que cet air grossier soit
„ remplacé dans le mercure, & voici l'expérience qui m'en a
„ convaincu. J'ai pris un tube long d'un pied, & de deux lignes
„ de diamètre, j'y ai marqué extérieurement des divisions avec
„ de l'émail, & l'ayant bouché par un de ses bouts, j'y ai mis du
„ mercure jusqu'à la hauteur de 8 pouces ; je l'ai bien chauffé en-
„ suite, ce qui en a fait sortir beaucoup de bulles d'air. Le tuyau
„ étant encore chaud, j'ai trouvé que la colonne de mercure étoit
„ allongée & qu'il s'étoit dilaté, & étoit monté quelques lignes
„ au-dessus des huit pouces que j'avois marqués. A mesure que
„ le tuyau s'est réfroidi, le mercure est redescendu, il est resté
„ précisement à la marque où il étoit avant de le chauffer, ce
„ qui m'a fait juger qu'il falloit que l'air eût été remplacé, ou que
„ les espaces qu'il occupoit dans le mercure fussent demeurés vui-
„ des..... Je conclus donc de ces expériences que l'air conte-
„ nu entre les parties du mercure commun, enveloppe, pour ain-
„ si dire, & retient la matière subtile qui y est renfermée, & ain-
„ si l'empêche de sortir du mercure, quoiqu'il soit fortement
„ comprimé ; ce qui lui arrive, lorsqu'on agite le Baromètre ; &
„ sur-tout lorsque la colonne descend, parce qu'alors le mercure
„ soulève avec effort l'air qui pèse sur la surface de celui qui est
„ contenu dans la boule ; ainsi ce devroit être dans ce moment
„ de pression violente que la matière subtile sortiroit, si elle ne
„ trouvoit pas dans l'air grossier qui l'environne, un obstacle in-
„ vincible ; mais si en échauffant le mercure, on a diminué la
„ quantité de l'air grossier qui y est renfermé, quand même on
„ ne l'auroit pas ôté entiérement, il arrive que la matière subtile
„ trouvant moins d'empêchement, sort avec violence, & fait
„ paroître la lumière que nous voyons ; ce qui doit encore arri-
„ ver, si en échauffant le mercure, on a augmenté la quantité
„ de matière subtile, comme la dernière expérience semble le
„ démontrer.....

„ Quand le mercure remonte, il présente à la colonne de
„ matière lumineuse des pores disposés à la recevoir, & qui en
„ sont vuides, puisqu'elle vient d'en sortir par la pression du
„ mercure ; ainsi chaque fois que la matière subtile en a été ex-

„ primée par la descente de la colonne, elle y rentre par l'as-
„ cension de la même colonne, & par conséquent il ne s'en perd
„ rien, rien ne se dissipe, & elle doit rester dans le mercure tant
„ que le Baromètre restera dans son état ordinaire; c'est-à-dire,
„ tant qu'il sera parfaitement vuide d'air grossier. "

Remarques sur l'hypothèse de Mr. *du Fay*.

78. Ce n'est pas ici que je me propose d'examiner tous les effets de l'action du feu sur les Baromètres; il suffit pour le présent de s'arrêter à ceux qui ont du rapport avec l'hypothèse de Mr. *du Fay*.

Le volume du mercure diminue quand on le fait bouillir.

Toutes les fois que j'ai mesuré des colonnes de mercure avant & après qu'elles ont bouilli sur le feu, j'ai trouvé une diminution de volume sensiblement proportionelle à la quantité d'air que j'avois vû sortir pendant l'ébullition: cependant je ne suis point surpris que Mr. *du Fay* ait cru remarquer le contraire, parce que dans sa manière de faire bouillir le mercure, il n'a pu connoitre la quantité d'air qui en sortoit, ni apercevoir sensiblement la diminution de son volume. Je décrirai dans la suite la manière dont je fais cette opération en une seule fois sur toute la colonne du Baromètre (356), ce qui me fournit le moyen de voir sans illusion la quantité d'air qui sort du mercure, parce qu'il se rassemble vers l'extrêmité supérieure de la colonne, hors de l'action du feu, & déchargé en plus grande partie du poids qui le comprimoit auparavant.

La quantité d'air qui sort d'un Bar. rempli comme il faut est très petite.

Quand je prens un tube net, du mercure pur, & que je chasse l'air au point qu'il n'en paroisse plus à l'œil dans le tube; la quantité que le feu en expulse, évaluée au moment où les bulles sont hors de son action & prêtes à sortir du mercure, excède rarement le volume d'un très petit pois, dans une colonne de mercure de 30 pouces & de deux lignes de diamètre. Si l'on considère, que cet air prêt à sortir, est délivré du poids qui le comprimoit lorsqu'il étoit disséminé dans le mercure & retenu entre ce fluide & les parois du tube, on ne sera pas surpris que quelquefois sa sortie ne diminue la longueur de la colonne que d'environ $\frac{1}{10}$ de ligne.

Mr. *du Fay* pouvoit ne pas apercevoir la diminution de volum. du mercure.

L'opération de Mr. du Fay étoit fort différente de celle dont je viens de parler, & très propre à l'induire en erreur. La colonne de mercure qu'il faisoit bouillir n'avoit que 8 pouces, par conséquent sa diminution de longueur ne devoit être que d'environ $\frac{1}{30}$ de ligne, partie qu'il est bien difficile d'appercevoir, sur-

ſurtout lorſqu'on s'attend à une diminution beaucoup plus conſidérable. Mais la plus grande illuſion procédoit de ce qu'une colonne auſſi courte étoit néceſſairement expoſée à l'action du feu preſque partout en même tems; enſorte que l'air chaſſé par l'ébullition du mercure étoit prodigieuſement dilaté, & paroiſſoit ſous un volume ſi conſidérable au moment de ſa ſortie, qu'il ſembloit devoir diminuer beaucoup la longueur de la colonne, ſi aucune autre matière ne le remplaçoit. Il y a donc une illuſion dans l'expérience rapportée par Mr. *du Fay*, & par conſéquent le principe général qu'il en tire ne peut être juſte.

79. Il en eſt de même des effets qu'il attribue à cette cauſe; car tous les Baromètres purgés d'air par le feu ne donnent pas de la lumière; & ſans cette opération ils peuvent en donner. J'ai eu pluſieurs Baromètres qui n'ont pû devenir lumineux, quoique le mercure ait bouilli pluſieurs fois dans leur tube, & que ce mercure fût le même & netteyé avec le même ſoin que celui qui donnoit de la lumiére dans d'autres tubes. D'un autre côté, puiſque les Baromètres de Mr. *Bernoulli* étoient lumineux, c'eſt une preuve directe qu'il n'eſt pas abſolument néceſſaire de faire bouillir le mercure dans le tube pour donner aux Baromètres cette proprieté, car Mr. *Bernoulli* n'employoit pas cette méthode.

Tous les Bar. dont le merc. a bouilli ne ſont pas lumineux; il y en a qui le ſont ſans cela.

Hypothèſe de Mr. MUSSCHENBROECK.

80. Mr. *Muſſchenbroeck* penſoit très différemment de Mr. *du Fay* ſur la lumière du Baromètre; car bien loin de croire que cette lumière fût due à l'abſence de l'air, il penſoit au contraire, que l'air en étoit la ſeule cauſe: il faut l'entendre lui-même ſur ce ſujet. (*a*)

Mr. *Muſſchen.* penſoit que la lumière du Bar. étoit un ſigne d'imperfection.

„ Lorſqu'on veut ſavoir, dit-il, ſi le tuyau eſt bien rempli, „ il faut le ſecouer un peu à l'obſcurité, afin que le mercure „ ſoit mû de bas en haut & de haut en bas: *ſi on ne voit alors „ point de lumière ſur la ſurface du mercure, c'eſt une marque que „ le Baromètre eſt parfait; mais s'il rend de la lumière, c'eſt une „ preuve qu'il n'eſt pas tel qu'il doit être, car il y a alors un peu „ d'air dans le haut, auquel la lumière s'eſt attachée.* Il y a peu „ de

(*a*) Eſſais de Phyſique, Leide 1751. 4°. pag. 640.

„ de Baromètres qui ne donnent de la lumiére, lorſqu'on les ſe-
„ coue, ce qui eſt une preuve de leur imperfection. Si on fait
„ entrer une petite bulle d'air dans la partie ſupérieure d'un Ba-
„ romètre parfait, & qui ne répand point de lumière, on s'apper-
„ cevra d'abord qu'il commence à luire. On s'eſt imaginé que les
„ Baromètres lumineux étoient les meilleurs, mais c'eſt une
„ erreur, puiſqu'on remarque tout le contraire. La lumiére que
„ répandent les Baromètres eſt un phénomène qui a déja cauſé
„ bien de l'embarras aux Philoſophes, & ils ne trouveront pas
„ moins de difficulté à rendre raiſon de leur *opacité* " (la pri-
vation de la proprieté d'être lumineux.) „ En effet, comme
„ la lumiére paſſe aiſément au travers les pores du verre, on
„ peut propoſer cette queſtion: Pourquoi le mercure ne luit-il
„ pas ſans air? *Il y a quelqu'apparence que la lumière s'attache à*
„ *l'air, & que venant à s'introduire avec lui dans le tuyau à tra-*
„ *vers les particules du mercure*, elle ſe manifeſte au-deſſus du
„ mercure, *baiſſant & hauſſant en même tems que la ſurface*, quoi-
„ qu'elle ſe faſſe auſſi appercevoir ſeule, lorſque le mercure baiſ-
„ ſe dans le tuyau.

Mr. Muſſchenb. prenoit une exception pour une Règle.

81. Rien n'eſt plus propre à jetter dans l'erreur ceux qui ne peuvent ſuivre par eux-mêmes toutes les expériences, que la facilité avec laquelle des ſavans illuſtres ſe ſont portés quelquefois à généraliſer des propoſitions qui ne ſont vrayes qu'en certains cas, & à donner même des exceptions pour des règles générales. Si Mr. *Muſſchenbroek* s'étoit contenté de dire, que la lumière des Baromètres n'eſt pas une preuve certaine de leur perfection, il auroit dit une choſe vraye; cependant il ne ſe ſeroit point écarté de l'expérience, s'il eût dit, qu'un Baromètre *lumineux* eſt probablement bon; mais il s'en eſt conſidérablement éloigné en aſſurant qu'un tel Baromètre étoit néceſſairement mal conſtruit. Combien de gens, ſur ſon témoignage, auront priſé de mauvais Baromètres, parce qu'ils n'étoient pas *lumineux*; ou rebuté comme mauvais, ceux qui avoient cette propriété, quoiqu'ils fuſſent très bons. (*a*)

Il

(*a*) Pluſieurs Phyſiciens ont penſé & penſent encore de cette maniére; on peut voir particuliérement que M. *Deſaguliers* (dans ſon *cours de Phyſ. expérimentale* traduit par le Père *Pezenas tom. 11. pag.* 305) a copié preſque littéralement ce que j'ai raporté dans le texte de l'idée de M. *Muſſchenbroeck* ſur les Baromètres lumineux.

82. Il est vrai, comme je l'ai dit à l'occasion de l'hypothèse de Mr. *du Fay*, que j'ai eu des Baromètres qui n'ont pû devenir *lumineux*, quelque précaution que j'aie prise pour en chasser l'air; mais aussi ils ne l'étoient point pendant qu'ils contenoient de l'air; & quelque petite ou grande quantité que j'en aie introduit, ils n'ont jamais donné de lumière. Preuve tirée des Bar. qui ne sont pas *lumineux*,

83. Les Baromètres lumineux fournissent des preuves plus directes encore que la précédente, de l'erreur de Mr. *Musschenbroeck*. 1°. J'en ai eu plusieurs qui étoient *lumineux*, quoique purgés d'air plus exactement que les siens ne pouvoient l'être (*a*). 2°. Le moment où le vuide du Baromètre est le plus parfait est sans doute celui où le mercure étant resté suspendu au haut du tube par l'intimité de son contact avec le verre, s'abaisse tout à coup par une secousse (361); or dans les Baromètres qui sont propres à donner de la lumière, cette première chute en produit toûjours, plus ou moins suivant la manière dont elle se fait. 3°. J'ai quelquefois introduit une petite bulle d'air dans des Baromètres *lumineux*; ils donnoient au premier balancement une lumière à peu près semblable à celle qu'ils avoient d'abord, parce que l'air ne s'étoit pas encore glissé entre le mercure & le verre; mais au second balancement la lumière diminuoit (*b*). 4°. Une bulle d'air, dont le diamètre mesuré tandis qu'elle monte dans le mercure est d'environ une ligne, suffit ordinairement pour faire cesser la lumière au second balancement & pour tout le tems où le Baromètre reste dans cet état; la lumière paroit cependant encore au premier balancement (*c*). 5°. Quand, par l'introduction de l'air, la lumière a disparu dans un Baromètre, on peut en renversant le tube & par des secousses, faire sortir l'air tellement, que le vuide soit en apparence aussi parfait qu'il étoit d'abord; cependant je n'ai jamais vû que cette opération ait fait reparoitre la lumière. 6°. Enfin, elle reparoit surement quand par le moyen du feu on a rétabli le Baromètre dans son premier état. & de ceux qui ont cette proprieté.

84. Indépendamment des preuves tirées de l'expérience, qui sont contraires à l'hypothèse de Mr. *Musschenbroeck*, je ne vois pas com- Reflexions sur l'hypoth. de Mr. *Musschenbroeck* en elle-même.

(*a*) Voyez la note du N°. 359.

(*b*) Voyez le N° 2 du §. 86.

(*c*) La lumière qui paroit au premier balancement quand on introduit de l'air dans un Baromètre *lumineux*, est contraire à l'hypothèse de Mr. *Bernoulli* dont j'ai parlé ci-devant; car l'air devroit dans cette première épreuve comme dans la suivante, empêcher le choc de la *matière subtile* contre les *globules célestes*.

comment il a pu l'admettre. Il n'eſt pas aiſé de concevoir que la lumière ait beſoin du ſecours de l'air, pour entrer dans un tube de verre; moins encore comment elle peut y être empriſonnée, tandis qu'elle fait impreſſion ſur nos yeux. D'ailleurs ſi c'étoit une affection de la lumière de s'attacher & de reſter unie à l'air, nous n'aurions jamais de nuit, ni de lieu obſcur après avoir été éclairé. S'il faut un certain degré de dilatation & d'agitation dans l'air, tout corps mû dans un récipient, où le vuide ſeroit au même degré que dans les Baromètres *lumineux*, exciteroit auſſi la lumière. Enfin, que devient la lumiére quand le mercure eſt tranquille? Que devient-elle ſurtout quand il ſe meut de bas en haut? Mr. *Muſſchenbroeck* ne répond pas à la première queſtion, mais il n'auroit pas été embarraſſé par la dernière, parce qu'il a cru voir que la lumière *ſe manifeſte au-deſſus du mercure lorſqu'il hauſſe* : cependant je ne l'ai jamais apperçue, & je n'ai trouvé perſonne qui l'ait vuë dans ce moment là.

La lumière du Baromètre rapportée à l'Electricité.

Hauksbée attribuoit au frottement la lumière du Bar.

85. Une des hypothèſes les plus anciennes ſur cette matière eſt celle de *Hauksbée*, rapportée dans les Mémoires de la Societé Royale de Londres *année* 1708. Ce ſavant penſoit, que la lumière des Baromètres étoit produite par le frottement du mercure dans le tube. Je penſe comme lui, c'eſt-à-dire, que la lumière produite dans le haut du tube de quelques Baromètres, quand on fait balancer leur colonne de mercure, eſt un phénomène d'*électricité*. Et comme il ne tient pas abſolument à la bonne conſtruction des Baromètres, je vais rapporter ici mes recherches ſur cet objet, afin de ne pas interrompre ce que je dirai ſur cette conſtruction dans ma II. PARTIE.

Ce Phén. tient en effet à l'Electricité.

Preuves tirées de l'analogie qui ſe trouve entre ces deux choſes.

86. Pour développer les fondemens de mon idée à cet égard, il ſuffit d'indiquer les conditions néceſſaires à la manifeſtation du *fluide électrique* dans les machines qui le rendent ſenſible, & de faire voir en même tems que ces conditions ſe trouvent dans les Baromètres *lumineux*. Voici les principales de ces analogies. 1°. Le verre frotté vivement produit de la lumière : le tube du Baromètre eſt de verre, le mercure le frotte ſurement parce que c'eſt un fluide très denſe; cette friction doit donc produire de la lumière, à moins que quelque cauſe n'y mette obſtacle.

2°. Lors

2°. Lorſqu'on commence à frotter un globe électrique, il ne produit point de lumière; mais elle paroit lorſque, par la continuation du frottement, la couche d'air qui tapiſſe le verre eſt détachée, & permet ainſi un contact plus immédiat entre le globe & la main ou le couſſinet qui le frotte: Ainſi quand il y a de l'air dans un Baromètre, il empêche la friction du mercure ſur le verre (357); & le Baromètre en cet état eſt ſemblable à un globe de verre qu'on commence à frotter. 3°. Lorſqu'un globe électrique n'eſt pas net, il produit très peu de lumière, & il n'en produiroit point du tout, ſi la main n'enlevoit une partie des ſaletés: Ainſi quand le tube d'un Baromètre n'eſt pas bien net, ou quand la ſurface du mercure eſt couverte de ſaletés, le Baromètre n'eſt point *lumineux*. 4°. Tant qu'un globe électrique eſt humide, il ne produit point de lumière: ſi le tube d'un Baromètre eſt humide, il n'en produit pas non plus. 5°. Il y a des globes de verre qui ne ſont point propres aux Phénomènes de l'Electricité: Il y a de même des Baromètres qu'on ne peut rendre électriques, à cauſe de la nature de leur tube. Cette différence ne vient peut-être pas abſolument de la qualité du verre; le degré de ſon épaiſſeur & la nature de ſa ſurface peuvent y contribuer: j'ai eu des tubes qui ne donnoient pas de lumière, quoiqu'ils fuſſent d'une même verrerie que ceux qui en donnoient; mais j'ai remarqué dans quelques-uns des premiers que les mouvemens du mercure n'étoient pas abſolument libres; on connoiſſoit à ces mouvemens que la ſurface du verre étoit raboteuſe; ce qui revient à l'expérience de Mr. *Canton*, qui dit avoir changé la proprieté des tubes électriques, en leur ôtant leur poli (*a*). 6°. Le fluide électrique ſe précipite avec abondance dans les vaſes de verre vuides d'air: La lumière ſe répand de la même manière & ſous la même apparence dans le haut des Baromètres *lumineux* quand le mercure deſcend. 7°. Lorſqu'on frotte un globe de verre, le corps qui le frotte produit une multitude de petites étincelles, & l'on entend un petillement: Quand le Baromètre eſt bien lumineux, on voit auſſi de petites étincelles autour de l'extrémité de la colonne de mercure, & l'on entend un pétillement très diſtinct, même au grand jour, où l'ouïe n'eſt point aidée par la vuë parce que la lumière du Baromètre eſt abſorbée par

(*a*) Tranſ. Phil. vol. 48. 2e Part. N°. XCIII.

celle du soleil. 8°. Les courans du fluide électrique, la fréquence & la force des étincelles, augmentent jusqu'à un certain point dans les machines de ce genre, à mesure que la friction devient plus forte: de même, plus le mercure se meut rapidement dans le tube d'un Baromètre lumineux, plus sa lumière est vive. 9°. Il y a des tems où les machines électriques produisent de plus grands effets; on remarque en général que dans l'air froid ces effets sont plus considérables: La lumière du Baromètre est aussi plus vive dans les mêmes circonstances. 10°. Enfin la faculté d'attirer & de repousser est un des caractères distinctifs de l'électricité en général; l'*ambre* (*a*) n'a communiqué son nom aux matières qui attirent les corps légers lorsqu'elles sont frottées, que parce qu'il a supérieurement cette proprieté: Les Baromètres *lumineux* attirent & repoussent aussi les corps légers pendant les balancemens du mercure. Si l'on suspend un fil auprès du tube, dans les premiers balancemens du mercure le fil est attiré quand le vuide se fait, il est repoussé lorsque le mercure remplit le tube; mais quand la longueur du tube permet de donner au mercure de grands balancemens, & que les frictions sont vives & repétées, le fil est attiré & repoussé indifféremment dans les deux positions du mercure; quelquefois même il reste attaché au tube pendant assez longtems. Ces observations prouvent, que l'attraction du fil, ou son impulsion contre le tube, n'est pas duë à un air subtil qui se porte dans le tube quand le vuide se fait, comme l'ont cru quelques Philosophes; puisque dans le cas dont je viens de parler, le fil est attiré & repoussé quand le tube est plein, comme lorsqu'il est vuide.

Les *attractions* & *répulsions* du *Bar. lum.* ne sont pas produites par un *air subtil*, &c.

87. Mr. *Musschenbroeck* refuse d'admettre ces attractions & répulsions (*b*), & ceux qui les ont observées doivent être surpris de le voir assurer positivement, que jamais il n'a pû les appercevoir dans ses Baromètres. Mais leur surprise cessera quand ils se rappelleront ce que j'ai dit ci-dessus, que ce Physicien regardoit comme mal construits tous les Baromètres qui donnoient de la lumière: il n'a donc jamais eu des Baromètres qu'on pût nommer *électriques*, & par conséquent il n'a jamais pû voir le phénomène dont il nie généralement l'existence. C'est encore ici une exception donnée pour règle générale, & c'est une preuve de ce qu'il dit lui-même à cette occasion, *qu'il a eu lieu de remarquer*

Mr. *Musschenbroeck* n'admet pas ces *attractions* & *répulsions*.

(*a*) *Ambre*, en latin *electrum*.

(*b*) Essai de Physique &c. page 671.

quer par là, combien on est sujet à se tromper soi-même, faute d'être attentif à tout ce qui peut faire réussir une expérience.

88. Cette *attention* que Mr. *Musschenbroeck* croit qu'on n'a pas euë, est de mettre à l'abri de l'agitation de l'air, le haut du tube, & le corps léger qu'on suspend auprès de lui; & il assure qu'en prenant cette précaution, le corps léger reste immobile. Mais l'expérience de Mr. *Ludolff* rapportée dans le 1er. vol. des Mém. de l'Ac. de Berlin, prouve le contraire. Ce Physicien ingénieux, voulant lever tous les doutes sur le Phénomène dont il est question, renferma dans une capsule de verre, le haut du tube d'un Baromètre, auprès duquel il suspendit par un fil un petit morceau de papier. Il pompa l'air de la capsule, & pour que les mouvemens extérieurs ne pussent influer dans l'expérience, il fit balancer le mercure en suçant l'air du reservoir, & l'y laissant rentrer, alternativement. Ces précautions servirent à lui faire observer plus distinctement toutes les circonstances du Phénomène que Mr. *Musschenbroeck* refuse d'admettre.

Objection de Mr. *Musschenbroeck*; levée par Mr. *Ludolff*. Son Expér. des *attract.* & *repulf.* du *Bar. lum.* dans le *vuide*.

89. On a vu précédemment, que la principale raison pour laquelle divers Physiciens ont attribué la lumière des *Baromètres électriques* à des émanations de quelque fluide renfermé dans les pores du mercure est, que cette lumière ne paroit que dans les cas ou l'espace vuide d'air augmente par l'abaissement de la colonne de mercure. Mais cette circonstance s'explique plus heureusement dans le systême de l'électricité. Quand le mercure dans ses oscillations frotte le tube en montant, les parties frottées sont immédiatement recouvertes par le mercure, & par conséquent il ne peut paroitre aucune lumière; parce que si le fluide électrique est excité, le mercure l'absorbe totalement. Au contraire, dans le frottement qui se fait par la descente du mercure, les parties frottées sont découvertes successivement, & le fluide électrique, qui se meut avec liberté dans le vuide, s'élance vers le haut & remplit le tube d'une lumière plus ou moins vive.

La lumière du Bar. ne peut se manifester dans l'ascension du mercure.

C'est ainsi que s'explique encore très naturellement, dans le systême de l'Electricité, cette observation générale de Mr. *Bernoulli*, inexplicable dans son Hypothèse, savoir, que *la lumière suit toûjours le mercure & ne le précède jamais* (73); car la lumière ne peut paroître qu'après le frottement & qu'à l'instant où le mercure découvre les parties frottées.

En général elle ne peut jamais le précéder.

Difficultés qui se présentent dans le systême de l'Electricité.

90. Telles sont les raisons qui ont déterminé plusieurs Physiciens modernes à penser avec *Hauksbée* que la lumière des Baromètres est un Phénomène d'électricité : cependant il renferme quelques circonstances qu'il n'est pas aisé de rapporter à ce que nous connoissons des effets de la machine électrique, & aux caractères généraux que j'ai établis. J'ai dit, par exemple, que le vuide favorise l'émanation de la lumière, & cela est vrai en général ; cependant il y a des Baromètres qui sont *lumineux* quoiqu'ils renferment une quantité sensible d'air ; & quand le peu d'air qui reste toûjours dans le haut du tube, de quelque manière qu'on le remplisse, est rassemblé à son sommet, la bulle presqu'imperceptible qu'il forme devient lumineuse dans quelques Baromètres, par la plus petite agitation du mercure. J'ai dit aussi que les verres de qualités différentes sont différemment électriques ; que certains verres le sont très peu ; & que par conséquent ces différences doivent influer sur les Baromètres ; mais comme il n'est point de globe de verre qui soit totalement impropre par sa nature à produire les phénomènes de l'électricité, il semble aussi qu'il ne devroit point y avoir de tube qui ne fût propre à produire plus ou moins de lumière. Cependant j'ai eu plusieurs Baromètres qui n'ont jamais pû devenir *lumineux*.

Réflexions sur ces difficultés.

91. Je n'entreprendrai pas de développer d'une manière directe les causes de ces exceptions ; mais j'espère de faire voir que ce sont là des difficultés du genre de celles, qui se rencontrent partout dès qu'on veut approfondir les choses.

Puisque les Physiciens n'ont pû convenir jusqu'à présent d'un Principe général auquel on puisse attribuer tous les phénomènes de l'Electricité proprement dite, il n'est pas surprenant que celle du Baromètre soit sujette à des variétés embarrassantes. Le fluide électrique est excité dans le tube par un moyen si différent de celui qu'on pratique à l'ordinaire, que ses effets doivent nécessairement varier à quelques égards. C'est une friction intérieure, produite par un fluide, sur une surface que nous ne pouvons examiner de près tant que le tube est entier, & dans le vuide, où nous ne pouvons presque point varier les expériences. D'ailleurs l'obscurité, toûjours nécessaire pour que la lumière du Baromètre soit sensible, est un voile qui nous cache peut-être des circonstances qui pourroient servir à résoudre la difficulté.

Tentatives pour frotter un

92. S'il étoit possible de frotter le globe électrique avec du mer-

mercure, on appercevroit peut-être des phénomènes imprévus, qui aideroient à expliquer ceux qui nous embarrassent encore dans le Baromètre. J'ai tenté cette expérience, en faisant plonger une partie du globe dans un bassin qui contenoit vingt livres de mercure; mais elle n'a pu réussir. Avant que le globe eût acquis le quart de la vitesse qu'on a coutume de lui donner dans les expériences ordinaires, il s'éleva une gerbe de mercure sur son *équateur* du côté où sa surface remontoit. Cette gerbe qui lançoit au loin des globules, s'élevoit au dessus de *l'horison* du globe; elle en fit même le tour un moment, en tendant à s'échaper par les tangentes dans toute l'étenduë de cette portion de cercle. En cet instant, tout le mercure du bassin avoit acquis un mouvement de circulation, ensorte que le mercure & le globe n'agissoient plus l'un sur l'autre que comme les deux cylindres d'un *laminoir*, dont l'un entraine l'autre par une forte pression, sans frottement sensible: aussi le globe ne fut-il point électrisé.

globe électr. avec du mercure.

93. A ces remarques générales sur la différence du frottement dans les Phosphores de mercure & dans la machine électrique ordinaire, destinées à montrer qu'il peut y avoir de la différence dans les effets de ces machines, quoique produits par la même cause; j'en ajouterai une autre, qui répandra un plus grand jour sur cette matière, principalement à l'égard des exceptions qu'on remarque dans certains Baromètres. Plusieurs circonstances contribuent à favoriser la manifestation du fluide électrique dans ces instrumens, tandis que d'autres lui sont obstacle; je les rappellerai en peu de mots. Les circonstances favorables sont: la pureté du mercure, tant à l'égard des particules hétérogènes solides, que rélativement à l'humidité; l'absence de l'air; la propreté des tubes, & le poli de leur surface; la nature du verre & son degré d'épaisseur contribuent aussi vraisemblablement à la production de la lumière. Les circonstances nuisibles sont le contraire de celles que je viens de rapporter. Quelques-unes de ces circonstances sont sensibles, comme la présence ou l'absence de l'air, la propreté ou la saleté du mercure & du tube en général; mais d'autres le sont moins ou ne le sont point encore, comme la nature des matières hétérogènes que peut contenir le mercure, celle des saletés dont le tube est quelquefois tapissé intérieurement, l'influence de la nature du verre, du degré de son épais-

Causes probables des exceptions qu'on remarque dans les Bar. à l'égard de la lumière.

seur

ſeur & de ſon poli. Or pluſieurs circonſtances favorables inſenſibles, peuvent ſurmonter une circonſtance défavorable ſenſible; par exemple, un Baromètre dont le vuide eſt ſenſiblement imparfait, peut être lumineux, parce que toutes les autres circonſtances moins ſenſibles ſont favorables. Au contraire pluſieurs circonſtances favorables ſenſibles peuvent être ſurmontées par des circonſtances défavorables inſenſibles; c'eſt ainſi qu'un Baromètre bien purgé d'air & dont le mercure eſt fort net, peut n'être pas lumineux, à cauſe de la nature du verre, de ſon épaiſſeur, ou de l'état de ſa ſurface. Il faut encore remarquer, qu'on ne peut ni varier ni augmenter au delà d'un certain point le frottement du mercure dans le tube d'un Baromètre, & que ce frottement eſt toûjours très petit. La colonne de mercure ſe replie ſur elle-même dans ſes balancemens, ſavoir de l'axe ſur la circonférence en montant, & de la circonférence ſur l'axe en deſcendant; dans le premier cas l'extrémité ſupérieure de la colonne eſt toûjours convexe, & l'extrémité inférieure concave; on obſerve le contraire dans le dernier cas: c'eſt le frottement du mercure contre le tube, qui, retardant les parties extérieures du mercure, produit ces viciſſitudes, parce que les parties intérieures cèdent plus aiſément à l'impulſion. Mais cet excès de viteſſe des parties intérieures ſur celle des extérieures, allongeant & raccourciſſant plus promptement la colonne de mercure dans ſes balancemens, elle eſt plutôt arrêtée par l'augmentation de ſon poids dans le premier cas, & par la réſiſtance de l'air extérieur dans le dernier; ce qui diminue beaucoup la durée & l'intenſité du frottement des parties extérieures contre le tube. Ainſi la moindre circonſtance nuiſible peut empêcher la production de la lumière dans le Baromètre dont la cauſe eſt très foible par elle-même, ſi cette cauſe n'eſt aidée par d'autres circonſtances.

Nouvelle objection contre le ſyſtême de l'Elect.

94. Je dois rapporter une autre objection que je me ſuis faite pendant quelque tems & qui pourroit peut-être ſe préſenter à d'autres. Si le frottement du mercure contre le verre eſt la cauſe du phénomène que j'explique, il ſemble que lorſqu'on redreſſe fort lentement un Baromètre qui étoit incliné, & que le mercure deſcend inſenſiblement, le frottement devroit être aſſez petit pour ne produire aucun effet ſenſible; comme nous voyons qu'un globe de verre n'eſt point électriſé quand il tourne len-

lentement. Cependant quelque précaution que j'aie prise dans cette tentative, les Baromètres propres à donner de la lumière en ont toûjours produit, avec cette différence seulement qu'elle paroissoit & disparoissoit par des éclats entrecoupés.

Réponses.

Cette expérience m'embarrassa pendant quelque tems, parce que l'obscurité qu'elle exige, m'empêchoit d'observer des circonstances qui l'expliquent fort aisément. D'abord quelque attention que nous portions à rendre uniformes les mouvemens lents de nôtre corps, nous ne pouvons jamais y parvenir que très imparfaitement; ces mouvemens sont toûjours entrecoupés par de petites secousses. Ainsi quand nous redressons un Baromètre par le mouvement de nos bras, quoique le mercure demeure longtems à parcourir l'espace total, compris entre le sommet du tube & le point où il reste suspendu quand le tube est redressé, il passe cependant fort vite sur chaque partie du verre prise séparément, & l'on remarque des intervalles sensibles de repos: c'est ce qui produit la lumière & qui fait en même tems son intermittence. J'ai observé ces suspensions de mouvement en examinant la descente du mercure dans un lieu éclairé; & lorsque je me suis procuré un degré de lumière tel, que je pouvois appercevoir celle du Baromètre & le mouvement du mercure en même tems, j'ai vû que les éclats de lumière du Baromètre étoient produits par les chutes subites du mercure. Le même effet pourroit avoir lieu lors même que le Baromètre seroit redressé par un mouvement lent & uniforme, parce que le mercure ne suivroit pas ce mouvement: son adhésion au tube fait qu'il ne se détache que quand sa hauteur est sensiblement trop grande pour le degré d'inclinaison du Baromètre; & quand il se détache, l'accélération de son mouvement le fait passer au-delà du point où il devroit se fixer: Dans ces chutes subites il frotte le tube vivement, & c'est ce qui met en action le fluide électrique.

Remarques générales sur la lumière des Barom.

95. Je n'étendrai pas plus loin mes réflexions sur cet objet, parce qu'il ne tient pas essentiellement à la bonne construction du Baromètre; du moins le petit nombre de ceux que je n'ai pû rendre électriques n'ont pas laissé d'être aussi parfaitement d'accord avec ceux qui avoient cette qualité, que ceux-ci l'étoient entr'eux. Il suffit donc de remarquer, 1°. que pour l'ordinaire un Baromètre bien construit est électrique; 2°. que cependant un Baromètre électrique peut renfermer assez d'air pour être défec-

tueux; 3°. enfin qu'un Baromètre peut être très bon sans être électrique.

Baromètres purgés d'air par le feu.

Expér. de Mr. *Cassini de Thury* sur les Barom. *chargés au feu.*

96. Je reviens maintenant à l'un des moyens de rendre les Baromètres *lumineux*, pour le considérer à d'autres égards; c'est celui qu'employoit Mr. *du Fay*, & dont il ne paroit pas qu'il connût les véritables avantages. J'ai rapporté ci-devant sa manière de faire bouillir le mercure dans le Baromètre; elle fut suivie par Mr. *Cassini de Thury* dans les expériences qu'il fit avec M. *le Monnier* sur les montagnes du *Puy-de-Dome*, du *Mont d'or* & du *Canigou*. J'ai trouvé dans le mémoire de Mr. *Cassini* sur cette matière (*a*), une remarque à laquelle on n'a pas fait assez d'attention; j'en juge du moins par le peu d'usage qu'on en a fait dans la suite. Mr. *Cassini* fit bouillir le mercure dans plusieurs tubes en suivant la méthode de Mr. *du Fay*; & il observa qu'après les avoir renversés dans un même vase, la hauteur du mercure se trouva la même dans tous les tuyaux.

Les vrais avantages de cette méthode ont été peu connus.

97. Sans doute que cette expérience n'a pas réussi à tous ceux qui l'ont tentée, & qu'on n'a pas eu assez de confiance dans le succès du procédé; puisqu'en suivant l'histoire des tentatives qu'on a faites en divers tems pour mesurer les hauteurs par l'abaissement du mercure, je n'ai pas trouvé qu'aucun de ceux qui ont donné des règles à ce sujet ait employé ce moyen de purger d'air les Baromètres; & il m'a paru que son influence sur la régularité de leur hauteur absolue étoit ignorée des artistes, lorsque je commençai à m'occuper de cet objet.

Le procedé de Mr. *du Fay* peut avoir contribué à cette inadvertance.

98. Quand je vis pour la première fois la remarque de Mr. *Cassini*, dont je trouvois la vérité jusqu'à un certain point dans mes expériences; je fus étonné du peu d'impression qu'elle avoit fait sur l'esprit des Physiciens, & j'en cherchai les causes. Remontant alors à la description que Mr. *du Fay* a donnée de son procédé, je le trouvai trop imparfait pour qu'il dût réussir à tous ceux qui l'avoient suivi; & je remarquai que Mr. *du Fay* lui-même ne l'avoit pas employé dans ce but. Le vitrier Allemand de qui il tenoit sa méthode, la lui avoit annoncée uniquement comme

(*a*) Mém. de l'Ac. Roy. des Sc. année 1740.

me propre à rendre les Baromètres lumineux : il lui avoit apris à charger le tube en trois fois, & à faire bouillir seulement les deux premières portions de mercure. Or par cette opération il est très possible qu'il reste de l'air dans le Baromètre ; cela peut arriver si l'ébullition ne recommence pas exactement au point où les deux premières portions de mercure se réunissent : car alors s'il y a des impuretés dans la première portion qu'on fait bouillir, l'action du feu les chasse au dehors, elles s'attachent au tube & à l'extrêmité de la colonne de mercure, elles y retiennent une couche d'air qui reste enfermée & s'échape très aisément vers le haut du tube quand on redresse le Baromètre : j'ai éprouvé cet inconvénient en faisant la même opération dans un autre but. Il peut arriver la même chose par la jonction de la troisiéme portion de mercure avec la seconde, surtout en ne faisant pas bouillir celle-ci. Telle fut la prémière raison que je trouvai du peu d'usage qu'on avoit fait de cette méthode.

Il ne faut pas faire bouillir le mercure en deux fois ; ni seulement en partie.

2°. J'avois remarqué en employant un fil de fer comme Mr. *du Fay*, que ce moyen, propre seulement à accélérer la sortie des grosses bulles d'air, contribuoit souvent à en faire rétrograder de petites dans l'intérieur du mercure ; je compris donc, que si l'on n'y avoit pas fait attention, il avoit pû en rester assez pour nuire à l'égalité de hauteur des Baromètres.

Un fil de fer employé pour tirer l'air du mercure peut l'y retenir :

3°. Un autre défaut du fil de fer, c'est que très souvent il est cause que les tuyaux se rompent lorsqu'on veut les courber à la lampe après l'opération du feu : Mr. *du Fay* dit lui-même qu'il a rarement réussi à leur faire supporter l'action de la flamme, & il attribue avec raison cette fragilité à quelques parties dures & angulaires du fil de fer qui font impression sur le verre. C'est pourquoi il étoit réduit, de même que tous ceux qui font l'opération de cette manière, à n'employer que des tubes droits plongés dans des reservoirs : ce qui diminue beaucoup l'utilité de la méthode.

Il peut faire rompre les tubes.

99. 4°. Quoique l'opération du feu, quand elle est faite convenablement, contribue beaucoup à l'égalité de hauteur des Baromètres, elle ne suffit pas seule pour produire cet effet : & si Mr. *Cassini* trouva le mercure sensiblement à la même hauteur dans tous ses tubes plongés dans un même vase, ce fut sans doute par quelque compensation fortuite entre les défauts de la première opération, ou par d'autres causes dont je parlerai dans la suite.

Les expériences de Mr. *Cassini* peuvent avoir contribué à l'indifférence pour *l'opération du feu* : Elle ne suffit pas seule pour mettre d'accord les Bar.

Mr. *Cassini* n'insiste pas sur son importance.

5°. Mr. *Cassini* lui-même n'insiste point sur l'importance de la méthode dont il fit usage pour charger ses Baromètres; au contraire, parlant des observations faites avant lui sur diverses montagnes avec des Baromètres chargés à la manière ordinaire, il dit, *qu'on ne pouvoit en soupçonner l'exactitude.*

Les expér. de Mr. *Cassini* &c. ne font point voir la nécessité de cette opération.

6°. Malgré la précaution que prirent Messieurs *Cassini & le Monnier* de faire bouillir le mercure dans plusieurs de leurs Baromètres, ils ne trouvèrent pas plus de régularité entre leurs diverses observations, qu'on n'en avoit trouvé précédemment par la méthode ordinaire; ensorte que l'expérience ne parla point en faveur de cette précaution.

7°. Enfin, ces Messieurs firent leurs observations avec des Baromètres des deux espèces, c'est-à-dire chargés à l'ordinaire & au feu; & par une singularité qui m'étonne, ils trouvèrent à peu près les mêmes résultats. Car étant montés sur le *Canigou*, tandis que Mr. *l'Abbé de la Caille* faisoit à *Perpignan* des observations correspondantes, leur Baromètre chargé au feu s'abaissa de 7 pouces 11 lig. $\frac{1}{4}$ & celui qui étoit chargé à l'ordinaire s'abaissa de 7 pouces 11 lig. Or cette grande aproximation, jointe aux raisons précédentes, étoit très propre à voiler l'importance de l'opération du feu, & à détourner l'attention d'une des principales causes des irrégularités qu'on avoit toûjours rencontrées dans les observations faites sur les montagnes.

Mr. *Ch. Ormes* faisoit très-bien bouillir le mercure dans le Bar.;

100. Avant d'abandonner cet objet, je dois dire, qu'en parcourant les *Transactions Philosophiques*, j'ai trouvé sous le N°. 448 un mémoire de Mr. *Henri Beigton*, où il indique un procédé de Mr. *Charles Ormes* pour charger le Baromètre au feu, qui me paroit très semblable à celui que je décrirai dans la suite (356). Mais Mr. *Beigton* attribue à cette méthode un avantage qu'elle n'a pas (110), & ne fait point mention de celui qu'elle a pour réduire à une même hauteur les Baromètres qui sont dans les mêmes circonstances.

sans connoître l'avantage de cette opération.

Expériences sur l'effet des différens diamètres des tubes.

Expériences de Mr. *de Plantade* sur l'effet des différens diamètres des tubes.

101. Mr. de *Plantade* Avocat général à la Cour des Aides de Montpellier a fait diverses observations du Baromètre sur les montagnes du *Roussillon* & du *Languedoc*, que Mr. *Cassini* a données

en

en 1733 dans les *Mém. de l'Ac. des Sc.* On y voit entr'autres une remarque très importante, & qui cependant n'a point eu d'effet sur la correction du Baromètre, parce qu'elle n'a pas été assignée à sa vraie cause.

„ Mr. de *Plantade* a trouvé, " dit Mr. *Cassini*, „ de grandes „ variations dans la suspension du vif-argent en divers tuyaux „ dont il s'est servi, & qu'à une élévation sur le niveau de la mer „ qui n'excédoit pas 1000 toises, le vif-argent s'est tenu plus bas „ dans les tuyaux d'un diamètre étroit, que dans ceux qui étoient „ plus larges, & cela constamment sur seize montagnes différen- „ tes où il a fait ses expériences avec toutes les précautions né- „ cessaires (*a*); mais que depuis 1000 toises & au-dessus, le vif- „ argent s'est mis au même niveau dans tous les tubes, de quel- „ que diamètre qu'ils fussent, larges ou étroits. "

Cette différence ne fut pas assignée à sa véritable cause.

102. La première partie de cette remarque de Mr. de *Plantade* pouvoit le conduire à une découverte très-essentielle pour corriger une des imperfections du Baromètre; mais d'autres défauts de cet instrument lui firent prendre le change sur la vraie cause du phénomène qu'il avoit observé. Il se fit sans doute des compensations singulières, lorsque Mr. *de Plantade* observa ses Baromètres *à* 1000 *toises d'élévation & au-dessus*, puisque le mercure *se mit au même niveau dans tous ses tubes*, ce qui ne devoit pas être (103); & cette erreur le conduisit à attribuer aux différences du poids de l'air un effet qui dépend des tubes mêmes (381 à 386).

Les expér. de MM. *Cassini* & *le Monnier* ne parurent pas confirmer celle de Mr. *de Plantade*.

103. Messieurs *Cassini de Thury* & *le Monnier* eurent particuliérement en vue, dans les observations dont j'ai parlé ci-devant, de vérifier celle-ci: Ils employèrent des tubes de différens diamètres, & cependant ils ne trouvèrent les différences dont parle Mr. *de Plantade*, que dans les tubes qui n'avoient pas été chargés au feu.

Ils portèrent aussi sur le *Canigou* deux tubes de différent diamètre chargés à l'ordinaire, & le mercure se tint plus bas dans celui qui étoit plus étroit; la différence fut de $\frac{2}{3}$ de ligne. (*b*)

(*a*) M. *Le Cat* a remarqué qu'en général le mercure se tient plus bas dans les tubes d'un diamètre étroit que dans ceux qui sont plus larges; & il croit que par cette raison on doit toûjours indiquer le diamètre des tubes, quand on parle de ces expériences. *Magasin Franç. pour Décemb.* 1750.

(*b*) Je dis que cette différence fut seulement de 2 tiers de ligne, quoiqu'à la fin du Livre de la *Méridienne vérifiée*, on trouve sous le titre d'*Observations d'Histoire naturelle* pag. CCXXIV, que la différence entre le *gros tuyau*, qui étoit *chargé au feu*, & le *tuyau capillaire*, fut de 2 l. & sept douziémes. Cela

On cessa d'y faire attention.

104. Ainsi l'observation de ces Messieurs fit cesser l'attention qu'on avoit portée d'abord à celle de Mr. de *Plantade*; car on vit que la hauteur des lieux n'influoit pas dans l'expérience; & il parut que la différente quantité d'air renfermée dans les tubes, produisoit celle que Mr. *de Plantade* attribuoit à la différence des diamètres jointe au plus ou moins de pression *de l'air*.

Recherches sur l'effet que la chaleur produit dans le Baromètre.

Je viens à l'un des points de vue les plus importans sous lesquels on ait considéré le Baromètre, savoir l'effet que produisent sur lui les variations de la chaleur.

Règle de Mr. *Amontons* pour corriger l'effet de la chaleur sur le Bar.

105. Mr. *Amontons*, dont j'ai parlé souvent en traitant cette matière, pensa le prémier, que la pesanteur spécifique du mercure devoit changer suivant les divers degrés de température, & chercha les moyens de corriger les influences de ce changement sur le Baromètre. (*a*) Il trouva d'abord que *le mercure augmente son volume d'environ* $\frac{1}{115}$ *du grand chaud au grand froid à Paris*; & sur ce principe, il fit une table des corrections qu'il faloit faire à la hauteur du mercure suivant le degré du Thermomètre.

Cette Règle ne pouvoit être exacte.

106. Je ne m'arrêterai pas à la Règle que Mr. *Amontons* prescrivit à ce sujet; elle ne pouvoit être juste, tant à cause du Baromètre lui-même (353), que parce que son Thermomètre n'avoit pas une graduation assez fixe. Mais malgré ces défauts, qui s'opposoient à la découverte d'une règle exacte, le principe étoit certain; il y avoit une correction à faire.

Mais son principe étoit certain.

Cependant encore à cet égard, les premières vuës, quoique bonnes, ont été abandonnées, parce qu'on a considéré chaque objet séparément, sans faire attention que le degré de hauteur du mercure dans le Baromètre étoit l'effet total d'un très grand nombre de causes.

107.

Cela vient de ce que dans cet ouvrage Mr. *le Monnier* ne fait pas mention d'un Baromètre *chargé à l'ordinaire*, dont parle Mr. *Cassini* dans les *Mém. de* 1740, qu'ils observèrent au *Canigou*, & auquel je crois devoir rapporter l'observation faite avec le *tuyau capillaire*; parce qu'il n'y a point d'apparence que celui-ci fût *chargé au feu*, tant par sa nature, que par les expressions même de M. *Cassini* dans son mémoire: j'entrerois dans cette discussion si je la croyois nécessaire.

(*a*) Mem. de l'Ac. Roy. des Sc. année 1704.

107. Ainsi le point de vuë de Mr. *Amontons* ne fut pas long-tems suivi; on crut reconnoitre qu'il s'étoit trompé dans sa conjecture. Voici ce que dit à ce sujet Mr. *de la Hire* dans un Mémoire sur la pesanteur de l'air (*a*). „ J'ai placé dans une chambre un Baromètre simple à côté d'un Baromètre double à la „ manière de Mr. *Huygens*, & j'ai mis tout proche un Thermomètre qui avoit été fait par Mr. *Amontons*, & pendant trois „ années j'ai observé exactement tous les jours les hauteurs de „ ces Baromètres & du Thermomètre, & je n'ai rien négligé des „ circonstances qui pouvoient me donner quelque connoissance „ de ce que je cherchois. Mais comme dans tout ce tems, il n'a „ point fait de froid considérable, mais seulement de très grandes chaleurs en Eté, j'ai comparé l'état de ces Baromètres dans „ le grand chaud, à celui où ils étoient dans l'état moyen de „ l'air, comme il est dans le fond des caves de l'Observatoire, „ ou tout au plus quand il a commencé à geler. *J'ai trouvé que „ dans le Baromètre simple le mercure ne change pas sensiblement de „ hauteur, soit qu'il soit exposé au grand soleil même en Eté, ou à „ l'ombre dans un lieu médiocrement frais*? "

Cependant on abandonna ce Principe.

Observation de Mr. *de la Hire* avec un Bar. chargé à l'ord.

Mr. *de Fontenelle*, rapportant cette observation dans l'histoire de l'Académie, ajoute: „ Mr. *de la Hire* a supposé, *comme il est „ vrai*, que le mercure du Baromètre simple ne se dilatoit ni ne „ se condensoit sensiblement par le froid ou par le chaud. "

108. On verra dans mes recherches sur ce sujet une expérience semblable à celle de Mr. *de la Hire*, & propre à faire connoitre la cause de son erreur (353); l'espèce de son Baromètre pouvoit le tromper. Mais je ne puis comprendre comment Messrs. *du Fay* & *Beigton*, dont les Baromètres étoient mieux construits que celui de Mr. *de la Hire*, ont pensé qu'ils n'étoient point sensibles aux effets de la chaleur.

Remarque sur cette observation.

109. Mr. *du Fay* après avoir décrit sa manière de rendre les Baromètres *lumineux*, dont j'ai parlé ci-devant (77), & rapporté les expériences qu'il a faites par leur moyen, ajoute: „ Les „ Baromètres lumineux étant parfaitement vuides d'air grossier, „ sont exempts du défaut commun à tous les autres, qui agissent „ comme Thermomètres & varient nécessairement par le chaud „ & le froid; *ce qui n'arrive point aux Baromètres lumineux*, & „ par

Mr. *du Fay* pensoit que la chaleur n'avoit de l'influence que sur les Bar. chargés à froid.

(*a*) Mém. de l'Ac. Roy. des Sc. année 1709.

„ par conséquent les rend préférables à toutes les autres espèces „ de Baromètres. "

Mr. *Beigton* pensoit de même.

110. Mr. *Beigton* a dit aussi des Baromètres purgés d'air par le feu, *Que la plus grande chaleur & le plus grand froid ne changent rien à leur hauteur; qu'ils sont réellement des Baromètres, & point du tout des Thermomètres.* (a)

Ces Messieurs se trompoient.

111. Je ferai voir dans la suite combien ces Messieurs étoient dans l'erreur (364); & cependant leur sentiment a prévalu; car je ne connois aucune expérience où l'on ait eu égard aux effets de la chaleur sur le Baromètre simple.

J'ai rassemblé dans ce chapitre tout ce que j'ai pu recueillir d'essentiel pour déterminer l'état où étoit le Baromètre lorsqu'en 1749 je commençai à m'en occuper. Je ne continuerai pas son histoire générale depuis lors, & je me bornerai à celle de mes propres expériences: Ce sera le sujet de la seconde partie de cet ouvrage.

(a) Transf. Phil. N°. 448 année 1738.

CHAPITRE III.

Examen des principales Hypothèses sur les variations du Baromètre.

On n'est pas d'accord sur la cause des variations du Bar.

112. IL n'est peut-être point de matière en Physique où l'on soit moins d'accord, que sur la cause des *variations du Baromètre*; quoique, vû l'utilité de cette connoissance & ce qu'elle a d'intéressant en elle-même, un grand nombre de savans illustres s'en soient occupés.

Principes communs à la plûpart des Hypothèses sur ce sujet.

113. L'air soutient la colonne de mercure dans le Baromètre; la hauteur de cette colonne varie; nous voyons aussi des changemens dans l'état de l'air: Ces deux variations ont nécessairement quelque liaison entr'elles; & les proprietés de l'air sont assez connues pour qu'on ait dû se flatter de découvrir cette liaison.

Raisons générales de la diversité de ces Hypothèses.

114. Cependant dès qu'on approfondit un peu cette matière, on se trouve arrêté à chaque pas, par la varieté & l'inconstance des

des rapports apparens entre les *variations du Baromètre* & les autres effets qui paroiſſent devoir être attribués à la même cauſe. Tous ces effets ne ſe font pas appercevoir en même tems; leur aſſemblage momentané n'eſt pas toûjours le même; quelques-uns peuvent échaper aux yeux d'un grand nombre d'obſervateurs: De là nait la variété des ſyſtèmes; comme la ſolution d'un problême varie, toutes les fois qu'on change ſes *données*. Il arrive ſouvent auſſi que, partant d'une hypothèſe favorite, on veut tout lui rapporter; on ne voit plus alors la Nature avec des yeux propres à découvrir ſes miſtères; elle ſe couvre d'un voile qui devient le miroir de l'imagination.

Ces deux cauſes d'erreur, la difficulté d'obſerver tout, & la facilité avec laquelle on ſe prévient en faveur d'une hypothèſe favorite, me paroiſſent avoir influé, enſemble ou ſéparément, dans toutes les explications qu'on a données juſqu'à préſent des variations du Baromètre: c'eſt ce que je me propoſe de montrer, en parcourant celles de ces explications qui, par elles mêmes ou par la réputation de leurs auteurs, ont mérité l'attention du Public.

Obſervations & idées de Mr. PASCAL *ſur cette matière.*

115. Mr. *Paſcal* fut un des premiers qui obſerva les variations du Baromètre, & qui les rapporta à des changemens dans le poids de l'air: mais il crut voir dans ces variations des préſages bien différens de ceux qu'une longue expérience a manifeſtés depuis lors. Je vais rapporter quelques-uns des paſſages de ſes *Traités de l'équilibre des liqueurs & de la peſanteur de la maſſe de l'air*, qui concerne cette matière.

Mr. *Paſcal* fut un des premiers qui apperçut les variations du Bar.

„ Comme les variations du Baromètre procédent, dit-il, „ (*pag.* 151.) des variations du poids de l'air, & que celles de „ l'air ſont très bizarres, & preſque ſans règle; auſſi celles qui „ arrivent au Baromètre ſont ſi étranges, qu'il eſt difficile d'y „ en aſſigner.

Extrait de ſon opinion ſur ce ſujet.

„ (*pag.* 153.) La ſaiſon où le mercure eſt le plus haut pour „ l'ordinaire eſt l'Hyver. Celle où d'ordinaire il eſt le plus bas „ eſt l'Eté; où il eſt le moins variable, eſt aux Solſtices; & où „ il eſt le plus variable, eſt aux Equinoxes.

„ Il arrive auſſi pour l'ordinaire, *que le mercure baiſſe quand il*

Hypothèse de Mr. GARCIN.

L'hyp. de Mr. *Garcin* ressemble à celle de Mr. *Pascal*, mais elle est plus méthodique.

119. Mr. *Garcin* (*a*) attribue en général l'ascension du mercure dans le Baromètre aux augmentations de volume, de poids & de ressort, que l'introduction des vapeurs produit dans l'air; & la descente du mercure à la chute des pluyes, qui occasionne les effets contraires. Ainsi suivant Mr. *Garcin*, la descente du mercure n'indique pas une pluye prochaine, mais une pluye actuelle dans le lieu où le Baromètre est placé, ou dans quelqu'autre partie de la même *masse d'air*, à laquelle il assigne arbitrairement une étendue de 5 à 600 lieues.

Examen de cette Hypothèse.

120. On ne peut disconvenir, que le poids d'une *masse* d'air qui seroit retenue par des barrières insurmontables, augmenteroit proportionnellement à la quantité de vapeurs qui s'introduiroient dans ses interstices, & réciproquement. C'est ce cas là que Mr. *Garcin* suppose, lorsqu'il donne pour exemple de ce qui se passe dans l'air, l'uniformité d'augmentation ou de diminution de poids des colonnes d'un fluide renfermé dans un bassin, lorsque la quantité de ce fluide augmente ou diminue. Mais comme les *masses* d'air ne sont pas retenues par de semblables barrières, si le volume d'une de ces *masses* augmente ou diminue, l'équilibre se rétablit bientôt entre elle & ses voisines.

Mais soit qu'on envisage l'air sous ce dernier point de vue, soit qu'on admette même la distinction de Mr. *Garcin*, il se présente plusieurs difficultés qui me paroissent invincibles.

Elle n'est pas d'accord avec les var. du Bar. qu'elle devroit expliquer.

1°. Il est vrai que la descente du mercure n'est pas un indice de pluye absolument certain, & que quand le mercure remonte, le beau tems ne suit pas toûjours; mais on doit convenir qu'il arrive ainsi pour l'ordinaire. Or il me paroit que dans l'hypothèse de Mr. *Garcin* les exceptions de cette règle deviennent la règle elle-même: car la pluye ne doit jamais être plus prochaine, que dans les tems où l'atmosphère est chargée de vapeurs, & ce sont ceux où Mr. *Garcin* croit que le mercure doit s'élever; au contraire, le beau tems ne devroit jamais être plus stable que quand l'atmosphère est privée de vapeurs, c'est-à-dire, suivant Mr. *Garcin*, lorsque le mercure s'abaisse beaucoup dans le Baromètre.

2°. Dans

(*a*) Journal Helvétique année 1734. & 1735.

2°. Dans l'hypothèse de Mr. *Garcin* il faut nécessairement que les variations du Baromètre soient égales sous une même *masse d'air*; car l'extrême fluidité & l'élasticité même de l'air doivent maintenir l'équilibre dans toutes ses colonnes tant qu'il n'arrive de changement que dans la quantité de matière. Mr. *Garcin* sentoit bien cette conséquence; aussi croyoit-il, qu'en observant de bons Baromètres, on trouveroit leurs variations égales sous la même *masse*. Mais l'expérience n'est pas favorable à son opinion; j'en ai beaucoup de preuves par des observations auxquelles j'ai eu part, entre Turin, Genève & Gènes; il suffira de rapporter les deux suivantes. Le 29ᵉ Juillet 1757, la différence de hauteur du mercure entre Turin & Genève étoit 7 lig. $\frac{1}{4}$, & le 31ᵉ. du même mois elle n'étoit que 3 lig. $\frac{1}{8}$: Le 30 Juin de la même année la différence étoit 10 lignes entre Turin & Gènes, & le 27ᵉ. Juillet elle étoit seulement 6 lig. $\frac{7}{8}$: la température étoit à peu près égale dans tous ces cas, de même que la hauteur du mercure au niveau de la mer. J'ajouterai que l'influence de la chaleur locale sur la hauteur du Baromètre (619) prouve clairement, que l'effet de toutes les causes qui agissent dans l'Atmosphère, ne se communique pas toûjours au loin avec célérité.

Elle suppose que les var. du Bar. doivent être égales sous la même *masse d'air*:

ce qui n'est pas

3°. Enfin, quoique Mr. *Garcin* distingue l'effet des vapeurs, sur le volume, sur le poids & sur le ressort de l'air, tous ces effets reviennent au même dans ses explications; c'est toûjours le poids de l'air qui augmente ou diminue, par une addition ou une soustraction de matière. Or comment la pluye qui tombe dans une partie d'une *masse* d'air, feroit-elle baisser le mercure de 6 lignes en un jour dans toute l'étendue de cette masse (ce qui est une variation peu rare) puisque toute la pluye qui tombe en trois mois dans toute la masse, suffiroit à peine pour produire cet effet: six lignes de mercure sont équivalentes à 7 pouces d'eau, & la quantité moyenne de pluye qui tombe chaque année dans nos climats est de 29 pouces.

L'hyp. de Mr. *Garcin* n'est pas d'accord avec la quantité d'eau de pluye qui peut tomber dans un jour.

Hypothèse du Dr. GARDEN.

121. Une autre idée générale, aussi spécieuse que celle des savans dont je viens de parler, & moins contraire à l'expérience,

Le Dr. *Garden* pensa le premier que les va-

riat. du Bar. étoient produites par celles de la pesant. spécif. de l'Air.

ce, est celle que le Dr. *Garden* adopta le premier en 1685 (*a*) Il pensa que l'ascension des vapeurs dans l'air & l'augmentation de hauteur du mercure dans le Baromètre, étoient dûes à l'augmentation du poids de l'air; & que la chute de la pluye, ainsi que la descente du mercure, étoient produites par la diminution de ce poids.

Avantages de l'hypot. de Mr. *Garden*.

122. Cette idée, considérée en elle-même, paroit d'abord très satisfaisante; car on y voit pourquoi la descente du mercure dans le Baromètre doit être un présage de pluye; la pesanteur spécifique de l'air ayant diminué, les vapeurs ne doivent plus s'y soutenir. De même, l'ascension du mercure doit être suivie du beau tems, parce que l'air étant alors plus pesant, les vapeurs doivent y monter & y rester suspendues.

Mais elle n'est pas d'accord avec les changemens de transparence dans l'Air.

123. Mais il se présente deux difficultés très embarrassantes dans cette explication. Premiérement, si l'air se charge plus abondamment de vapeurs quand sa pesanteur spécifique est plus grande, il devroit être par cela même moins transparent; c'est ce que Mr. *Garden* assure; & il ajoute que quand le mercure est bas, l'air, alors plus léger, est aussi plus pellucide, quoique parsemé de gros nuages. Ce sont là des faits soumis au témoignage des observateurs; quant à moi, il me paroit que pour l'ordinaire l'air n'est jamais plus pur qu'après la pluye & quand la hauteur du mercure est à son plus haut période; & qu'au contraire quand le mercure baisse sensiblement, l'air n'a plus la même transparence.

Différence des Plaines aux Montagnes à l'égard de cette transparence.

124. Il est vrai qu'on ne peut pas toûjours appercevoir dans les Plaines la liaison de ces effets; & qu'en automne ou en hyver, l'air peut paroître très obscurci dans certaines contrées, quoique le Baromètre soit fort haut. Mais cet obscurcissement n'est produit que par une couche plus ou moins épaisse de brouillards, qui s'élèvent des lacs ou des rivières: quand on peut traverser cette couche en montant sur quelque montagne à la hauteur de 250 à 300 toises, on trouve l'air parfaitement serein; & les Brouillards sur lesquels on domine étant éclairés par le soleil, forment un très brillant spectacle. Il arrive aussi quelquefois en Eté, que les vapeurs produites par l'action du soleil sur les plaines, y troublent un peu la transparence de l'air, quoique le mercure soit haut dans le Baromètre; mais on ne s'en apperçoit pas non plus

(*a*) Phil. Transf. N°. 171.

plus sur les montagnes, où l'air reste presque toûjours serein tant que le mercure ne baisse pas; & quand il baisse, la transparence de l'air diminue tant pour les montagnes que pour la plaine. (*a*)

125. Mais quand cette première observation ne seroit pas contraire à l'hypothése de Mr. *Garden*, il resteroit toûjours à découvrir la cause des augmentations & diminutions de pesanteur spécifique de l'air.

Il s'agit d'ailleurs d'expliquer les changemens de pesant. spec. de l'air.

126. Mr. *Garden* propose quelques conjectures à ce sujet. Il suppose d'abord 1°. que l'air renferme dans ses interstices un fluide plus élastique & plus subtil, qui produit la cohésion des corps, & dont les diverses combinaisons avec l'air opèrent les changemens qui arrivent dans sa pesanteur spécifique. Mais ce n'est là que reculer la difficulté; car il faudroit savoir quelle est la cause du changement de combinaison de ces deux fluides. D'ailleurs l'augmentation dans la quantité de ce fluide plus élastique, devroit produire bien d'autres effets aussi sensibles que la diminution du poids de l'air; par exemple, l'auteur attribue la cohésion des corps à ce fluide subtil; mais puisqu'on n'apperçoit jamais de changement dans la cohésion des corps, c'est une preuve que la cause de la cohésion n'a point de rapport immédiat avec celle des variations du Baromètre.

Idées de Mr. *Garden* à cet égard, examinées.

1°. Mélanges variables d'un fluide plus subtil & plus élastique que l'Air.

Une seconde conjecture de Mr. *Garden* est qu'il se fait des mélanges d'autres fluides avec l'air qui, en le pénétrant intimément & se logeant dans ses interstices, forment un composé dont la pesanteur spécifique est plus grande que celle de l'air pur; ou qui, en général, pouvant être différemment combinés produisent des changemens dans la pesanteur spécifique du mixte. Mais encore à cet égard, Mr. *Garden* ne fait que reculer la difficulté, & sa supposition n'est appuyée d'aucune preuve.

2°. Pénétration intime d'un autre fluide dans les interstices de l'air.

Enfin il attribue beaucoup d'influence à la chaleur, dont les différens degrés rendent l'air plus ou moins élastique: il croit que

3°. La chaleur.

(*a*) *Je tiens de Mr. de la Condamine un* fait très intéressant sur cette matière; c'est que pendant les opérations géodésiques faites au Pérou pour la mesure d'un arc du Méridien, il a remarqué constamment, que le matin étoit le tems le plus favorable pour prendre les angles: on voyoit distinctement les signaux à 20 & 22 mille toises de distance avec des lunettes à deux verres de deux pieds à deux pieds & demi, & cela jusques vers les neuf heures du matin: mais depuis ce moment, les vapeurs s'élevoient & troubloient la transparence de l'air; & c'étoit aussi celui où le mercure, parvenu à sa plus grande hauteur, commençoit à redescendre. ~~Voyez encore un fait analogue à celui-là, dans la note du N°. 550.~~

que quand l'air est plus élastique, il presse moins sur sa base, parce que sa pesanteur spécifique diminue. Je pense à cet égard comme Mr. *Garden*, quoique des Physiciens célébres, confondant l'air libre avec l'air renfermé, aient pensé le contraire (211). Mais la chaleur agit pour le moins aussi puissamment sur les vapeurs que sur l'air; & diminuant ainsi leur pesanteur spécifique, en même tems qu'elle diminue celle de l'air, elle ne peut contribuer à leur chute. D'ailleurs nous voyons souvent le mercure fort haut en Eté & fort bas en hiver; ce qui prouve que les grandes variations du Baromètre ne peuvent être attribuées à cette cause.

Hypothèses du Dr. WALLIS.

La variété des idées du Dr. *Wallis* prouve la difficulté de cette matière.

Il crut d'abord que le mercure devoit être *haut* par le poids des vapeurs & *bas* par *l'air sec.*

Il adopta ensuite la diminution de pression verticale par les vents:

l'augmentation de ressort & de pression de l'air par la chaleur:

la dilatation de l'air renfermé dans le mercure.

127. Rien ne fait mieux connoitre les difficultés qui se rencontrent à chaque pas, lorsqu'on cherche la cause des variations du Baromètre, que la varieté des opinions de Mr. *Wallis*. On a vû précédemment qu'il pensa d'abord avec les premiers Physiciens qui s'occupèrent de cet objet, que le mercure doit s'élever quand l'air est chargé de vapeurs, & s'abaisser quand ces vapeurs *retombent en pluye*. Cependant, comme il fut obligé de convenir que le mercure baisse sans qu'il ait plu, & que sa plus grande hauteur est souvent un indice de beau tems, il expliqua le premier phénomène par l'action de quelque vent qui diminuoit la pression verticale de l'air; & il eut recours pour le second à l'action de la chaleur, mais d'une manière opposée à celle de Mr. *Garden* & au vrai; car il jugea que la chaleur augmentant le ressort de l'air, sa pression devoit être plus grande sur la terre, & que par conséquent le Baromètre devoit monter. C'est ainsi qu'il pensoit en 1666 sur l'influence de la chaleur (*a*); mais dans un nouveau mémoire qu'il donna sur ce sujet en 1669, il reconnut qu'il s'étoit trompé. (*b*) Cependant, toûjours persuadé que la chaleur fait monter le mercure dans le Baromètre, il crut pouvoir attribuer cet effet à la dilatation de l'air renfermé dans le mercure, qui rend ainsi la colonne du Baromètre plus longue.

En 1685 Mr. *Wallis* entreprit de refuter l'idée de Mr. *Garden*, sur l'ascension des vapeurs dans un air plus pesant qu'elles, & leur chute dans un air plus léger (*c*). En attaquant cette idée

(*a*) Phil. Transf. N°. 10. (*b*) ibid. N°. 55. (*c*) ibid. N°. 171.

idée dans ses conséquences, il convient qu'elle est vraie dans son principe, & que si l'air étoit toûjours calme, les Loix de l'hydrostatique exigeroient ce que pensoit Mr. *Garden*. Mais il refuse d'admettre, que ces Loix puissent s'exercer dans un fluide comme l'air, qui n'est presque jamais tranquille; & il pense au contraire, que les vapeurs, quoique plus pesantes que l'air, peuvent y monter par cette agitation, comme nous voyons la poussière s'élever de la terre lorsqu'il régne un grand vent; & qu'elles retombent ensuite quand l'air devient calme, ou quand leur quantité est trop grande pour qu'il puisse les soutenir.

L'agitation de l'air par les vents qui doit faire monter les vapeurs comme la poussière.

Pour favoriser les effets de cette cause, Mr. *Wallis* y joint le ressort de l'air qu'il conçoit pouvoir être augmenté de deux manières, par l'augmentation du poids qui le presse, & par celle de la chaleur. La premiére augmentation est produite dans son hypothèse, par l'action des vapeurs elles-mêmes; elles ajoutent au poids de chaque couche sur ses inférieures, qui devenant ainsi plus denses & plus élastiques, sont plus propres à soutenir les vapeurs qu'elles renferment. Mais si l'abondance des vapeurs peut dévenir une des causes de leur suspension, quelle sera la cause de leur chute?

Le poids des vapeurs qui augmente le ressort de l'air.

Quant à l'effet de la chaleur, Mr. *Wallis* ne le considère plus dans ce mémoire comme dans le premier, c'est-à-dire comme augmentant la pression de l'air sur la Terre; il pense seulement que cette pression ne change pas, à cause que les colonnes conservent la même quantité de matière, & que chaque couche étant plus élastique, soutient plus aisément les vapeurs qu'elle contient. Mais il se présente une difficulté; les colonnes les plus échauffées s'élevant par leur dilatation doivent se verser sur leurs voisines, & le haut de l'atmosphère sensible doit toûjours se mettre de niveau. Mr. *Wallis* apperçoit cette difficulté, mais il croit la résoudre en supposant que l'air demeure quelque tems à s'étendre, & que pendant ce tems-là, son augmentation d'élasticité le rend plus propre à soutenir les vapeurs.

La résistance de l'air à son expansion par la chaleur.

Plus il va en avant, plus il trouve d'embarras dans l'explication des phénomènes. Il pleut en hiver, & par conséquent il monte des vapeurs en cette saison, sans que l'air soit échauffé au point requis par son hypothèse. Cette nouvelle difficulté le porte à croire, que les changemens de poids de l'air ne sont pas aussi grands que le Baromètre semble l'indiquer par ses variations,

Enfin il croit voir une partie de ces causes dans le Bar. même.

riations, dont il faut, selon lui, chercher la cause en partie dans l'instrument lui-même. „ Quand nous remplissons le Baromètre, dit-il, „ il se mêle toûjours de l'air & de l'humidité avec le mer„ cure. En Eté, cet air se dilatant écarte les parties du mercu„ re qui monte ainsi, sans que le poids de l'atmosphère ait chan„ gé. L'eau se contracte par le froid jusqu'au moment où venant „ à geler, elle se dilate: qui sait si l'air n'en fait pas de mê„ me? s'il le fait, nous concevrons pourquoi le mercure se dila„ te aussi en hiver; ce sera parce que l'air ou l'eau qu'il contient „ se dilatent en gelant. "

L'air contenu dans le mercure pourroit bien, dit-il, se dilater en gelant.

On conçoit aisément que les hypothèses de Mr. *Wallis* n'eurent pas beaucoup de partisans; elles étoient trop compliquées, & son systême n'étoit pas assez lié, pour obtenir l'approbation de ceux qui savent qu'en général les Loix de la Nature sont simples dans leurs principes; & que plus on est obligé d'entasser de suppositions, moins un systême est vraisemblable.

Hypothèse du Dr. LISTER.

Lister attribue toutes les variat. du Bar. à descontractions & expansions singulières du mercure.

128. De toutes les hypothèses qu'on a imaginées pour expliquer les variations du Baromètre, il n'y en a point de plus étrange que celle de *Lister*. Peu satisfait de toutes celles où l'on cherchoit à rapporter les variations du Baromètre aux mêmes causes qui produisent les changemens d'état de l'air, il crut que ces deux effets étoient indépendans, & qu'il falloit chercher dans le mercure même les causes des variations du Baromètre; Voici le précis de son hypothèse tiré des *Transactions Philos.* N°. 165. année 1683.

Précis de son systême.

„ On a observé, dit-il, à *Ste. Hélène* & aux *Barbades*, „ que le Baromètre n'y est point affecté par les différens états „ de l'air, soit que le tems soit nuageux, venteux, pluvieux, „ ou serein, excepté dans les violens ouragans; & probablement il „ en est de même dans tous les Païs renfermés entre les Tropiques. „ L'observation à Ste. Hélène a été faite par Mr. *Halley*, qui y „ tint un Baromètre en expérience pendant deux mois; & celle „ des Barbades est fondée sur nos Régîtres.

„ Il n'en est pas de même en Angleterre; on y remarque que „ dans les violentes tempêtes & lorsque le Baromètre est le „ plus bas, le mercure se *brise* & chasse de petites particules;

„ c'est

„ c'eſt ce que j'ai obſervé pluſieurs fois. Je regarde cet accident „ comme une eſpèce d'*écorchure* : & dans tous les cas où le mer- „ cure deſcend, il *s'écorche* plus ou moins ; ce qui provient d'u- „ ne forte contraction qui rapproche ſes parties les unes des au- „ tres. Ma conjecture eſt d'autant plus probable, que dans ces „ tems-là le mercure chaſſe de nouvelles particules d'air dans „ le haut du tube ; ce qui augmentant la quantité de l'air, & „ par conſéquent ſon élaſticité, fait que le mercure eſt repouſſé en „ bas par une force qui eſt hors de lui, tandis qu'il ſe contrac- „ te lui-même ; c'eſt-à-dire qu'il deſcend par deux cauſes diſtinc- „ tes dans leur action, mais qui concourent au même effet. On ne „ peut douter qu'il n'y ait beaucoup d'air mêlé dans le mercu- „ re, car on le voit en appliquant un fer chaud contre le tube, „ comme on le fait lorſqu'on veut en purger le Baromètre ; & „ en ce que le fer poli ſe rouille quand on le plonge dans le „ mercure, comme quelques Phyſiciens l'ont obſervé depuis peu.

„ Quand le mercure s'élève dans le tube, ce qui arrive certai- „ nement tant dans le froid que dans le chaud, il revient alors „ dans ſon état naturel, libre & dilaté comme il doit l'être ; c'eſt „ là ſon état permanent entre les Tropiques, & c'eſt ce qui n'arrive „ chez nous que quand il fait chaud ou froid. Mais quand le mer- „ cure deſcend, il eſt contracté & comme repouſſé ou tiré ſur lui- „ même ; c'eſt ce qui arrive dans nôtre climat d'Angleterre, & „ vraiſemblablement, plus ou moins, partout hors des Tropiques. „ Cette contraction paroit manifeſtement par la concavité des deux „ ſurfaces du mercure, c'eſt-à-dire, non ſeulement dans le haut „ du tube, mais encore, en bien obſervant, à la ſurface du mer- „ cure dans le vaſe où le tube eſt plongé.

„ La difficulté git à concevoir la production d'un même effet, „ ſavoir l'aſcenſion du mercure dans le Baromètre, par deux cau- „ ſes ſi diſſemblables, le grand chaud & le grand froid; des exem- „ ples peuvent ſervir à la faire comprendre. La limphe de nôtre „ ſang ſe coagule par le froid & par le chaud ; les ſels retournent „ dans leur état naturel de criſtalliſation, par les deux extrêmes; „ l'état naturel de l'eau eſt d'être glace, & celui du mercure d'ê- „ tre un roc dur ; nos humeurs en général ſont dans l'état le plus „ naturel, dans le grand froid & dans le grand chaud, la lon- „ gue vie des montagnards d'Angleterre prouve que le froid eſt „ naturel à l'homme ; les animaux dont la liqueur vitale eſt froi-

„ de, pullulent plus que les autres, comme les poiſſons & les in-
„ ſectes, & ceux-ci ſe conſervent dans la neige & dans la glace. "

Outre le peu de vraiſemblance de ce ſyſtème il eſt contraire aux obſervations.

129. Telle eſt en abrégé l'hypothèſe de *Liſter*; je ne l'ai rapportée que pour montrer dans quels écarts on a donné ſur cette matière: Il ſeroit inutile de la refuter pied à pied, une ſeule obſervation ſuffit pour détruire ſon fondement principal. Dans un Baromètre fait d'un tube cylindrique & ſimplement recourbé, ſi la grande colonne de mercure s'accourcit d'une certaine quantité, par la diminution du poids de l'air & ſans qu'il y ait aucun changement dans la température, la petite colonne s'allonge de la même quantité; ce qui prouve que le mercure ne ſe contracte pas, & par conſéquent toute l'hypothèſe, fondée ſur cette contraction, eſt renverſée néceſſairement. J'ajouterai par ſurabondance que le mercure s'élève & s'abaiſſe dans les Baromètres placés en des lieux où la température ne change point; ce n'eſt donc pas à l'action immédiate du *froid* & du *chaud* que ſes variations doivent être attribuées. J'ai vû quelquefois de petites bulles de mercure attachées contre les parois du tube dans le vuide; c'eſt ſans doute ce que *Liſter* appelle des *écorchures*; ou ces particules qu'il prétend être lancées par le mercure lorſqu'il ſe contracte: mais je les ai vues dans des tems fort contraires à ſa ſuppoſition, puiſque c'étoit dans de grandes chaleurs, ou quelquefois en expoſant le Baromètre au ſoleil au plus fort de l'Eté; ces petites bulles ſont peut-être l'effet d'une ſorte d'évaporation que le vuide favoriſe; mais quoi qu'il en ſoit, outre que les mêmes circonſtances apparentes ne produiſent pas toûjours ces petites bulles, elles ne peuvent être favorables à ſon hypothèſe, puiſque je les ai vues dans les tems mêmes où, ſuivant lui, le mercure doit être dans ſon état naturel.

Hypothèſe de Mr. HALLEY.

Les vents ont toûjours paru très propres à produire les var. du Bar.

130. On a tenté depuis longtems d'expliquer de diverſes manières les variations du Baromètre, par une cauſe générale & très puiſſante à divers égards, je veux dire les *vents*: mais le célèbre Mr. *Halley* eſt le premier qui ait formé un ſyſtème complet ſur l'influence de cette cauſe dans les changemens d'état de l'air rélatifs aux variations du Baromètre.

Ce ſyſtème eſt très bien dévelopé dans un mémoire qu'il don-

na en 1685 à la *Société Royale de Londres* dont il étoit membre (*a*). Il expose d'abord les phénomènes d'une manière qui me paroit très exacte ; après quoi il entreprend de les expliquer par le moyen des vents. Je vais rapporter ces phénomènes, en joignant à chacun l'explication qu'en donne Mr. *Halley*; & comme ces explications ne me paroissent pas fondées ou suffisantes, j'ajouterai les reflexions qui m'ont conduit à porter ce jugement.

Mr. Halley a fait un systême complet de leur action sur l'air.

131. Ph. 1er. *En tems calme & incliné à la pluie, le Baromètre est ordinairement bas.*

Exposition & examen de ce systême.

Expl. „ C'est parce que l'air étant plus léger, les vapeurs ne „ peuvent plus s'y soutenir ; cette plus grande légéreté vient de „ ce qu'il souffle deux vents contraires, qui partent tous deux „ du lieu où le Baromètre est placé, dans lequel l'air est raréfié „ par ce moien. "

Effet des vents contraires partans d'un même lieu.

Réf. Mais pourquoi l'air qui se répand ainsi de tout côté n'entraine-t-il pas avec lui les vapeurs, au lieu de favoriser leur chute? On conçoit mieux l'accumulation des vapeurs & leur chute quand elles sont poussées vers un même lieu par des vents contraires. D'ailleurs la cause de ce calme dans un lieu qui est l'origine de deux vents, ne peut être que la chaleur, qui dilate l'air; mais elle doit aussi dilater les vapeurs & diminuer par conséquent leur pesanteur spécifique autant & plus que celle de l'air.

Ph. 2. Dans un tems serein & fixe, le mercure est généralement haut.

Expl. „ Le lieu où le Baromètre est placé, se trouve alors com- „ me un centre où des vents contraires aboutissent, ce qui for- „ me le calme ; la colonne d'air s'élève par ces impulsions oppo- „ sées, & devient plus dense par l'augmentation de pression tant „ latérale que verticale ; elle doit donc soutenir plus efficacément „ les vapeurs, en même tems qu'elle fait élever le mercure dans „ le Baromètre. "

Effet des vents contraires soufflans vers un même lieu.

Réf. Si telle devoit être la cause du calme qui accompagne quelquefois le beau tems, je crois qu'il y en auroit bien rarement de semblables; car pour cet effet il faudroit un parfait équilibre entre les vents contraires qui le produiroient. Nous voyons de plus que la force des vents varie continuellement, ce qui produit un flux & reflux d'air qui résulte des vicissitudes de leur force respective ;

(*a*) Phil. Transf. N°. 181.

pective; & bien loin qu'il y ait un calme en de pareilles circonstances, c'est alors que l'air est le plus tumultueusement agité. Bien loin encore que dans un tel conflit, les vapeurs soient mieux soutenues, elles s'accumulent, & acquièrent plus de pesanteur par leur réunion.

Ph. 3. Dans les grands vents, quoiqu'ils ne soient pas accompagnés de pluie, le mercure est plus bas que jamais: cependant il faut avoir égard à la Région d'où le vent souffle.

Effet de la rapidité des vents sur la densité de l'air, & sur sa pression verticale.

Expl. „ C'est parce que dans un grand courant d'air, les parties voisines calmes ne peuvent pas venir assez promptement „ remplacer l'évacuation occasionnée par un si grand courant, „ ce qui fait que l'air s'atténue: à quoi il faut ajouter la diminu- „ tion de pression verticale. Mais dans cette grande agitation les „ particules des vapeurs étant soutenues & dissipées ne peuvent „ tomber comme l'exigeroit sans cela la raréfaction de l'air.

Rest. Je remarque d'abord que la première explication de ce phénomène est contraire à l'hypothèse même de l'Auteur: car après avoir dit, pour expliquer le premier phénomène, que l'air se raréfie dans les lieux d'où partent les vents, bien loin de pouvoir supposer qu'il se raréfie encore dans les lieux où ils passent, il auroit dû admettre le contraire; parce que l'air chassé d'un lieu, doit toûjours éprouver quelque résistance à déplacer celui contre lequel il se porte. Quant à la seconde cause qu'indique Mr. *Halley*, si la diminution du poids vertical produit l'abaissement du mercure dans le Baromètre, cet abaissement devroit être produit par tous les vents; ce qu'on n'observe pas. Mais dans l'énoncé de ce Phénomène, l'Auteur fait une exception qu'il explique dans le suivant, il faut donc l'examiner.

Ph. 4. Toutes choses d'ailleurs égales, la plus grande hauteur du mercure s'observe dans les vents d'Est & Nord-Est.

Effet de la rencontre des vents Nord-Est & Sud-Ouest à 35°. Lat. Nord.

Expl. „ Parce que dans le grand Océan Atlantique, à 35°. „ de lat. Nord, il souffle presque toûjours un vent d'Ouest ou „ Sud-Ouest; ensorte que les vents d'Est & de Nord-Est sont ar- „ rêtés aussi-tôt qu'ils rencontrent ce vent là, ce qui fait accumu- „ ler l'air sur l'Angleterre. "

Rest. L'accumulation ne devroit jamais se faire qu'à 35°. de lat. Nord; là suivant Mr. *Halley* il doit y avoir un calme. J'ai contesté la production de ce calme, mais en l'accordant même, il me paroit toûjours vrai, que partout où le courant de l'air est en-

core violent, l'obstacle que peut opposer un vent contraire ne produit encore aucun effet sensible, & peut être regardé comme nul pour soulever l'air; ensorte que si le mouvement horizontal de ce fluide devoit produire une diminution dans sa pression verticale, qui pût suffire pour faire baisser sensiblement le mercure dans le Baromètre, comme le dit Mr. *Halley* dans l'explication du Phénomène précédent; cette diminution devroit avoir lieu par les vents de Nord-Est & de Nord, tant que leurs Courants ne seroient pas arrêtés par les vents de Sud-Ouest & de Sud; il n'y a point de raison pour attribuer cet effet à l'un de ces vents plutôt qu'aux autres.

Ph. 5. *Dans un tems calme & froid, le mercure est ordinairement haut.*

Expl. „ Quand il fait froid, le vent vient ordinairement du „ Nord ou du Nord-Est, qui sont des Régions froides; ou si ce „ vent ne souffle pas chez nous, c'est parce qu'il est arrêté par le „ vent d'Ouest qui souffle dans l'Océan; d'ailleurs le froid con- „ dense l'Atmosphère. "

Effet du vent Nord-Est par lui-même.

Réf. Sur la première cause, je n'ajouterai qu'une réflexion à ce que j'en ai dit dans le *Ph.* 2. Si le calme peut être produit par l'obstacle que le vent d'Ouest oppose aux vents du Nord ou du Nord-Est; dans un calme de cette espèce l'air sera rarement *froid*, parce que le vent d'Ouest est *chaud* pour l'ordinaire. Quant à la seconde cause, elle augmente réellement le poids de l'air: mais elle influe peu quand elle agit seule, puisque le mercure s'élève dans le Baromètre aussi fréquemment en Eté qu'en Hiver.

Ph. 6. *Après de grands vents, pendant lesquels le mercure a été fort bas, il s'élève promptement.*

L'explication de ce Phénomène est l'inverse de celle du *Ph.* 3. Mais si cette dernière n'est pas solide, son inverse ne sauroit l'être.

Ph. 7. *Les plus grandes variations du Baromètre sont au Nord.*

Ph. 8. *Les moindres sont au Sud.*

„ *Expl.* C'est parce qu'il y a au Nord des vents plus forts & „ plus variables qu'au Sud. "

Effet des vents au Nord & au Sud.

Réf. Si les vents ne peuvent suffire pour expliquer les variations du Baromètre en général, ils suffiront encore moins pour expliquer la différence de ces variations en divers climats, du moins comme cause immédiate.

Hypo-

Hypothèse de Mr. GARSTEN.

Mr. *Garsten* explique les variations du Bar. par les vents d'une manière opposée à celle de Mr. *Halley*.

132. Je m'écarte de l'ordre des tems, pour donner un exemple de la différence singulière qui se trouve quelquefois dans les jugemens des hommes sur les mêmes choses. Mr. *Chr. Louïs Garsten* publia en 1733 un ouvrage sur la cause des variations du Baromètre (*a*): les vents sont les agents principaux auxquels il attribue ce Phénomène, mais d'une manière absolument opposée à celle de Mr. *Halley*.

Précis de son systême sur les *vibrations tremblotantes*.

133. L'ouvrage de Mr. *Garsten* est divisé en trois parties. Dans la premiére il donne une nouvelle théorie de la propagation des *vibrations tremblotantes* dans une suite de corps élastiques contigus. Il affirme que si une cause, quelle qu'elle soit, produit des vibrations de ce genre dans un corps élastique comprimé, il communique ces vibrations aux autres corps élastiques voisins, & que tant que la cause agit, ou que cessant d'agir le mouvement n'est pas encore épuisé par la résistance, le premier corps élastique dans lequel les vibrations ont été produites & ceux auxquels il les a communiquées, sont plus dilatés qu'ils ne l'étoient auparavant.

Application de ce systême aux var. du Bar. par l'entremise des vents.

134. Mr. *Garsten* fait dans la seconde partie, l'application de ce principe aux variations du Baromètre; & pour cela, il suppose, que toute l'atmosphère a un mouvement principal, causé par l'action du soleil, savoir d'Orient en Occident entre les Tropiques, & déclinant plus ou moins de l'Est au Nord ou au Sud hors des Tropiques. Que ce mouvement étant égal & continu, ne produit point de vibrations dans les particules élastiques de l'air, & les laisse parconséquent soumises à la loi des pressions. Que dans nos climats, le mouvement principal de l'air cause un vent de Nord-Est régulier, pendant lequel l'air presse sur la terre autant qu'il est possible; & que par conséquent le Baromètre est alors dans sa plus grande hauteur. Mais que s'il survient un vent de Sud-Ouest contraire au prémier, le choc de ces deux vents produit dans les particules élastiques de l'air, des *vibrations tremblotantes* qui suivant sa théorie doivent occasionner

(a) *Christiani Ludov. Garsten Tentamina Systematis novi ad mutationes Barometri ex natura elateris aërei demonstrandas &c. Francofurti* 1733. 8°.

ner une dilatation dans l'atmosphère ; & qu'en cet état, l'air presse moins sur la surface de la Terre, ce qui produit la descente du mercure dans le Baromètre.

Il est aisé de suivre ce systême dans toutes ses parties, & principalement dans ses conséquences pour l'ascension des vapeurs quand l'air est plus pesant, & leur chute quand il l'est moins.

135. Voilà donc une opposition bien marquée entre le sentiment de Mr. *Garsten* & celui de Mr. *Halley* ; celui-ci croit que l'effet des vents contraires est d'augmenter le poids de l'air en le condensant ; & l'autre pense que la même cause doit diminuer le poids de l'air en le dilatant. Or il n'est pas probable que les variations du Baromètre puissent être solidement attribuées à une cause dont l'application est si arbitraire & les effets si peu prouvés. Je n'ajouterai à cela qu'une remarque sur le systême de Mr. *Garsten*. Examen de cette hypothèse.

Quand les vibrations dont il parle seroient réellement produites dans le cas qu'il suppose, elles ne pourroient l'être qu'à l'endroit où deux vents se heurteroient, & cet endroit seroit variable ; le choc se feroit dans chaque lieu au moment où le vent d'Ouest commenceroit à s'opposer au vent de Nord-Est ; & dès que le prémier auroit pris le dessus, & que l'air auroit acquis un mouvement régulier en sens contraire ; les vibrations cesseroient dans ses particules, & sa pression sur la Terre seroit rétablie dans son état primitif. Le mercure remonteroit donc alors dans le Baromètre, suivant l'hypothèse de Mr. *Garsten*, malgré la continuation du vent de Sud-Ouest : mais cela n'arrive pas, & par conséquent cette hypothèse n'est pas fondée.

Hypothèse de Mr. DE LA HIRE.

136. Mr. *de la Hire* avoit entrepris avant Mr. *Garsten* d'expliquer les variations du Baromètre par le moyen des vents. Chargé des observations météorologiques par l'Académie des sciences dont il étoit membre, il les fit avec beaucoup de soin. Le détail de ses observations sur le Baromètre, le Thermomètre, la quantité d'eau de pluye, les vents & les autres météores, fait le sujet du prémier des mémoires de cette Académie pour chaque année, depuis le commencement du siècle, jusqu'en 1719. C'étoit par choix, autant que par état, que Mr. *de la Hire* s'occupoit des variations du Baromètre & des circonstances qui les accom- Mr. *de la Hire* employe aussi les vents pour expliquer les var. du Bar.

accompagnent; & comme il est difficile d'observer longtems des Phénomènes de même genre sans les rapporter à quelque hypothèse, Mr. *de la Hire* embrassa, dès l'année 1705, une opinion particulière sur la cause des variations du Baromètre; elle est énoncée très nettement dans un article de son mémoire pour cette année là; c'est pourquoi je vais rapporter cet article en entier.

Exposition de son Hypothèse.

137. „ Ce qu'il y a de plus remarquable, dit-il, dans le Baro-
„ mètre, qui nous marque la pesanteur de l'air, ce sont les chan-
„ gemens qui lui arrivent dans deux ou trois jours, où nous le
„ voyons souvent descendre & monter de plus d'un pouce; ce
„ qui nous fait connoitre les grandes variations qui arrivent en
„ peu de tems à la *hauteur* de l'atmosphère. Car pour rendre rai-
„ son de ces différentes pesanteurs de l'air, il ne paroit pas vrai-
„ semblable de supposer, comme font quelques Philosophes,
„ différens liquides & de différente pesanteur sur la surface de la
„ terre, qui sont tantôt portés d'un côté, tantôt de l'autre (*a*);
„ car ils devroient être ordinairement plus légers quand l'air est
„ chargé de vapeurs, comme les observations nous le font con-
„ noître.

Il suppose des transports d'air du *Nord* au *Sud* & du *Sud* au *Nord*.

„ Il me semble qu'on peut fort bien expliquer comme il suit,
„ tout ce que nous observons de la pesanteur de l'air ou de l'at-
„ mosphère dans toutes ses circonstances. Nous savons par des
„ observations très exactes, que le Baromètre s'élève en général
„ moins haut entre les Tropiques que dans les Pays septentrio-
„ naux; d'où l'on peut conjecturer, que la figure de l'atmosphère
„ est un sphéroïde long, dont l'axe est joint à celui de la Terre,
„ ce qui est assez facile à expliquer dans le systême de *Copernic*.
„ Mais comme partout où il y a de l'air, il peut y avoir des vents,
„ si le même vent règne dans toute la masse de l'air, & qu'il
„ vienne du Midi, il abaissera la hauteur de l'Atmosphère dans
„ ces païs là; & au contraire, s'il vient du Septentrion, il s'élé-
„ vera. Mais aussi comme les vents du Midi nous apportent de la
„ pluie, il s'ensuivra qu'il doit pleuvoir quand l'air paroitra lé-
„ ger; tout le contraire arrivera de l'autre côté.

„ C'est en général ce qui doit suivre de cette supposition; mais
„ si le vent de Midi ne règne que sur la surface de la Terre, &
„ qu'il

(*a*) C'est là une des suppositions de Mr. *Garden* dont j'ai parlé ci-devant (126).

„ qu'il y ait un vent de Nord dans la partie supérieure, il pour-
„ ra pleuvoir quoique l'air paroisse fort pesant, & par une raison
„ contraire il pourra faire un tems fort serein avec un vent de
„ Nord, & le Baromètre étant fort bas; car nous ne pouvons ob-
„ server que les vents qui sont fort proche de la Terre.

138. J'avoue que cette hypothèse doit plaire au prémier coup d'œil par sa simplicité, & que pendant quelque tems j'ai été porté à l'admettre; mais en la considérant avec attention dans ses conséquences, & comparant ces conséquences avec les faits, j'ai changé de sentiment. Examen de cette hypothèse.

Je n'examinerai pas si, la Terre étant un sphéroïde aplati vers ses Poles, l'Atmosphère peut former un sphéroïde allongé dans la même direction; il faudroit entrer pour cela dans une discussion assez délicate sur ce qui doit résulter à cet égard des loix du mouvement & de la pesanteur. C'est par un moyen plus simple & par des faits, que je montrerai le peu de fondement de l'hypothèse de Mr. *de la Hire*.

Les vents du Sud viennent, par rapport à nous, des Régions voisines de l'Equateur; les vents du Nord partent de celles qui sont au-delà du Cercle polaire Arctique; notre Zone ne fait que donner passage à ces vents. Suivant l'hypothèse de Mr. *de la Hire*, quand les vents viennent du Sud, la hauteur de l'atmosphère doit diminuer vers l'Equateur, & l'air se portant vers le Nord, sa hauteur doit y devenir plus grande: au contraire, quand les vents partent du Nord, l'atmosphère doit s'abaisser dans cette partie du Globe, & l'accumulation de l'air sous l'Equateur doit y produire l'effet opposé: Dans nôtre Zone les changemens de hauteur de l'air doivent être peu considérables.

De ces conséquences immédiates il en résulte nécessairement celle-ci: que les moindres variations du Baromètre devroient être dans nos climats; & les plus grandes, entre les Tropiques, comme aux Poles. Or il est constant, par le témoignage de tous ceux qui ont observé le Baromètre dans la Zone Torride, & surtout par celui de Mr. *de la Condamine* qui l'a observé pendant plus d'un an à *Quito*, que la variation du Baromètre n'y passe pas une ligne & un quart dans toute l'année (*a*); observation que ce célèbre Académicien a constatée avec plusieurs autres, Le peu de variation du Bar. sous l'Equateur est absolument contraire à ces transports d'Air.

(*a*) Introduction Historique ou Journal des Travaux des Académiciens &c. page 109.

par une inſcription miſe ſur un marbre à *Quito* (*a*). Cette conſidération ſeule me paroit ſuffire pour prouver que les changemens de hauteur de l'air ſuppoſés par Mr. *de la Hire*, ou n'ont pas lieu, ou ne ſont pas la cauſe principale des différences de hauteur du mercure dans le Baromètre.

D'ailleurs Mr. *de la Hire* ſe fonde ſur les obſervations du Baromètre au Nord & ſous l'Equateur, pour établir une grande différence de hauteur de l'Atmoſphère dans ces lieux là. Or j'ai beaucoup de raiſons de douter que nous connoiſſions même le rapport des poids de l'air ſous l'Equateur & dans les Régions qui ſont au delà du cercle polaire, à cauſe du peu d'accord qu'il devoit preſque néceſſairement y avoir entre les Baromètres dont on s'eſt ſervi pour ces obſervations, tant à l'égard de leur hauteur abſolue, que rélativement aux effets de la chaleur. Au lieu que je ne vois aucune raiſon de douter que les obſervations faites par Mr. *de la Condamine* au *Pérou* ne ſoient d'accord entr'elles (770 & 771). On ſentira la raiſon de ces différences, quand on aura vû tout ce que j'ai à dire ſur l'uſage du Baromètre & ſa conſtruction.

Hyp. de Mr. *Hire* n'exie pas les prions qu'il nnoit luie.

Il me paroit encore, que les exceptions dont parle Mr. *de la Hire*, & qui ont lieu réellement, ne découlent pas de ſon principe. Il dit, *que ſi le vent de Midi ne règne que ſur la ſurface de la Terre, & qu'il y ait un vent de Nord dans la partie ſupérieure, il pourra pleuvoir, quoique l'air paroiſſe fort peſant.* Je lui accorde, ſuivant ſon principe, qu'*il pourra pleuvoir* dans cette circonſtance, parce qu'il ſuppoſe généralement que *les vents du Midi nous apportent la pluye*: Mais pourquoi *par une raiſon contraire, l'air pourra-t-il être fort ſerein avec le Baromètre fort bas*? c'eſt-à-dire, pourquoi ne pleuvra-t-il pas, parce que le vent du midi au lieu de *régner ſur la ſurface de la Terre*, paſſera au-deſſus d'un vent du Nord? Certainement il n'y a aucun fondement de cette différence, ni dans l'hypothèſe de Mr. *de la Hire* ni dans la Nature.

Hypothèſe de Mr. MARIOTTE.

triéme ma- d'expli- les var. du par l'action rents.

139. Je vais rapporter une quatriéme hypothèſe pour expliquer les variations du Baromètre par le moyen des vents: elle eſt

(*a*) Ibid. page 162.

est de Mr. *Mariotte*, Physicien célébre & qui mérite bien d'être écouté, quand il s'agit de l'Atmosphère. Voici ses idées sur ce sujet, telles qu'il les a exposées dans son *Discours sur la nature de l'air*, imprimé en 1717.

140. „ J'ai fait, dit-il, quantité d'observations à Paris pendant „ plusieurs années, & j'en ai fait faire en même tems quelques-unes „ à *Loches*, au *Mont de Marsan*, à *Dijon* &c. desquelles j'ai ti- „ ré les maximes suivantes. Enumération des Phénom. suivant Mr. *Mariotte*.

„ Lorsqu'un vent de Sud ou de Sud-Ouest a soufflé quelques jours, „ & qu'il survient un vent de Nord ou de Nord-Est, le mercu- „ re s'élève de sept ou huit lignes plus haut qu'il n'étoit, & se „ met à 28 pouces ou à 28 pouces & quelques lignes, & il „ fait ordinairement beau tems.

„ S'il vient un vent de Sud ou de Sud-Ouest après un vent „ d'Est, ou d'Est-Nord-Est, le mercure descend jusqu'à 27 pou- „ ces 4 lig. & quelquefois jusqu'à 27 pouces, ou 26 pouces 10 „ lig. & il se fait alors de grandes pluies. Il arrive quelquefois „ que le Sud & le Sud-Ouest ayant poussé beaucoup d'air & de „ nuées vers les parties du Nord & du Nord-Est, il se fait un „ reflux d'air qui fait le Nord ou le Nord-Est; ces vents ramè- „ nent les nuées, & les pressant, il se fait une pluie continuel- „ le pendant un jour ou deux.

„ Lorsque les vents du Nord & du Nord-Est cessent, l'Est ré- „ gne souvent ensuite, & le Sud & le Sud-Ouest lui succèdent. "

141. Ces remarques sont assez justes, mais l'énumération des cas est trop incomplette, pour que Mr. *Mariotte* puisse en déduire la cause générale des Phénomènes; voici celle qu'il croit découvrir. Cette énumeration est incomplette.

142. „ Il y a deux causes, dit-il, pourquoi le baissement du „ mercure dans le Baromètre est un signe de pluie. La première est, „ qu'il descend quand l'air est moins pesant & moins pressé, & quand „ l'air est en cet état, il ne peut soutenir les vapeurs; d'où il ré- „ sulte, que les supérieures tombent sur les inférieures & font de „ grosses nuées, qui enfin se réduisent en pluie. La seconde que „ le Sud & le Sud-Ouest qui régnent ordinairement alors, pas- „ sent par dessus des mers avant que d'arriver en France, & „ par conséquent ils se chargent de beaucoup de vapeurs. " Le *Sud-Ouest* doit diminuer le poids de l'air & produire la pluie.

143. Il est vrai que cette seconde cause produit la pluie, c'est-à-dire que le Sud & le Sud-Ouest charient des vapeurs. Mais pourquoi Pourquoi cette diminution de poids de l'air?

& son augmentation par le *Nord-Est*?

quoi le Baromètre baisse-t-il alors? & pourquoi monte-t-il par le Nord & le Nord-Est? Voici les raisons qu'en donne Mr. *Mariotte*.

Réponse de Mr. *Mariotte*.

144. „ Le Nord & le Nord-Est font ordinairement élever le mer-
„ cure des Baromètres, non seulement parce qu'ils rendent l'air
„ plus pesant en le condensant, mais aussi parce qu'en soufflant
„ contre la Terre de haut en bas, & pressant l'air par ce moyen,
„ ils augmentent son ressort, ce qui fait élever le mercure; &
„ comme le Nord-Est amène ordinairement le beau-tems en Fran-
„ ce, on juge par cette élèvation qu'il doit faire beau tems. "

Le *Nord-Est* condense l'air & souffle de haut en bas.

Mr. *Mariotte* pensant que la cause la plus puissante des vents généraux est le mouvement de rotation de la Terre, explique comment il conçoit que le Nord peut souffler de haut en bas.

Explication de cette direction du *Nord-Est*.

„ Je suspends, dit-il, à un fil une boule de plomb d'envi-
„ ron trois pouces de diamètre, & je lui donne un mouvement
„ en rond fort vite (un mouvement de rotation sans doute),
„ dans un vase plein d'eau; alors la poussière & les autres sale-
„ tés s'élèvent du fond de l'eau vers la boule, si elle n'en est
„ éloignée que de trois ou quatre pouces, pendant que l'eau qui
„ est à l'entour des parties de la boule qui ont le plus grand mou-
„ vement tourne en rond autour avec elle.

„ Le Nord-Est & l'Est-Nord-Est, continue-t-il, amènent
„ le beau tems en France par trois causes; la première est, que
„ depuis le Royaume de la Chine jusqu'en France, ils ne passent
„ par dessus aucune Mer. La seconde, que soufflant de haut en
„ bas ils empêchent le peu de vapeurs qui viennent des terres de
„ s'élever. Et la troisième, que rendant l'air plus condensé, les
„ vapeurs élevées ne retombent pas si facilement sur les inférieu-
„ res pour se joindre ensemble & former les Pluies.

Le *Sud* & le *Sud-Ouest* soulèvent l'air.

„ Le Sud & le Sud-Ouest qui viennent de loin, soufflent selon
„ les tangentes de la Terre & soulèvent l'air supérieur, & par
„ conséquent diminuent le ressort de l'inférieur; d'où il arrive
„ que le mercure du Baromètre se baisse, & alors on peut pro-
„ nostiquer la pluie, particuliérement si le vent ayant été à l'Ouest,
„ retourne immédiatement au Sud ou au Sud-Ouest. Mais lorsqu'il
„ retourne de l'Est-Nord-Est au Nord ou au Nord-Nord-Est, c'est
„ un signe de continuation de beau tems, quand même le mercu-
„ re baisseroit un peu.

L'Est souffle horizontalement & produit les Brouillards.

„ Le vent d'Est amène des brouillards, particuliérement en
„ hiver, & les autres vents fort rarement: ce qui procède de ce
„ que

„ que le vent d'Est ne se fait pas par un mouvement d'air qui „ puisse dissiper les vapeurs en haut, ou qui les rabatte contre „ Terre, mais par le seul mouvement de la Terre contre un air „ qui ne va pas si vite ; ce qui fait que les vapeurs qui s'étendent „ joignant la Terre, demeurent toûjours à même hauteur, & „ sont rencontrées successivement par divers endroits de la cir- „ conférence de la Terre. "

145. Il est difficile de comprendre comment Mr. *Mariotte* a pu imaginer ces directions qu'il donne aux vents, & les effets qu'il leur assigne. Car qu'est-ce qu'un mouvement de haut en bas dans un vent qui vient *de la Chine en France*? Quand, en partant d'un lieu si éloigné, le vent Nord-Est se précipiteroit des régions les plus hautes de l'Atmosphère où il puisse avoir son origine, formeroit-il en France un angle assez grand avec la surface de la Terre, pour qu'il pût en résulter une *pression de haut en bas*? Quant à la direction du Sud & du Sud-Ouest *selon les tangentes de la Terre*, si ces vents se mouvoient en ligne droite, cette ligne pourroit être tangente à un point de la surface de la Terre ; mais alors même ces vents ne seroient apperçus qu'en cet endroit là ; & parvenus dans nos climats, à peine atteindroient-ils les dernières régions de l'Atmosphère ; ils n'existeroient pas même pour nous. Si Mr. *Mariotte* entendoit par cette direction *suivant les tangentes de la Terre*, quelque chose de semblable à l'impulsion que les Planètes ont reçue pour résister à la gravitation & se mouvoir dans leurs orbites, il ne devoit pas considérer une de ces directions seule, mais la courbe qui en résulte ; c'est-à-dire, qu'il devoit envisager les vents comme rasans partout la surface de la Terre. En général, les vents sont des courans d'air ; & si ces courans ne rencontrent aucun obstacle, ils doivent toûjours suivre la base qui les soutient.

Examen de cette hypothèse rélativement au N. E. & au S. O.

146. Quant aux Brouillards, je n'ai jamais remarqué qu'aucun vent soit leur cause immédiate : ils sont produits dans le voisinage de la mer, des lacs, des riviéres & des marais, quand l'eau est beaucoup plus chaude que l'air ; ce qui arrive le plus souvent en Automne. Lorsque les Brouillards sont formés, tout vent qui ne les dissipe pas par sa force & qui ne réchauffe pas l'air, peut les transporter çà & là ; le vent d'Est n'a pour cela aucune propriété particuliére tirée de sa direction.

Formation & dispersion des Brouillards.

Hypo-

Hypothèse de Mr. LE CAT.

Cinquième manière d'expliquer les variations du Bar. par le moyen des vents.

147. Les *vents* ont toûjours paru si propres à changer l'état de l'Air, & leur action peut être envisagée de tant de manières, qu'on ne sera pas surpris de voir une cinquième Hypothèse imaginée pour expliquer les variations du Baromètre par cette cause. Cette Hypothèse est de Mr. *Le Cat*; on la trouve dans un Mémoire que ce savant lut en 1748 dans une assemblée publique de l'Académie de Rouen, dont il est Membre: Voici comment il s'explique sur ce sujet. (*a*)

Hypothèse de Mr. *le Cat* fondée sur la différence de l'air apporté par le N.E. & le S.O.

„ C'est un fait constant en Physique que l'*air de l'Equateur* „ fait très peu monter le Baromètre. Au contraire *l'air dense du* „ *Nord* le fait élever considérablement, comme d'une ligne envi- „ ron par chaque 10 Toises. Au lieu qu'ici, pour faire élever le „ mercure d'une ligne, il faut descendre 13 ou 14 Toises, & à „ l'Equateur beaucoup plus encore.....

„ Le vent Est-Nord-Est nous apportant un *air du Nord très* „ *dense* & pareil à celui qui fait tant monter le mercure en Suè- „ de, doit produire le même effet chez nous; & le vent Sud-Sud- „ Ouest au contraire nous apportant un *air de l'Equateur*, doit „ faire baisser le mercure, comme on le voit arriver dans ces „ *climats brulans*; & ainsi des autres vents situés entre le deux „ premiers. Mais d'où vient n'est-ce pas les vents Nord & Sud „ tout court qui produisent ces deux variations extrêmes? C'est „ qu'en France le vent Nord passe un long trajet de Mers, & „ que l'air des Mers en Pays froid est naturellement plus doux, „ moins dense, à cause du mélange continuel qui se fait de ces „ eaux avec celles des climats tempérés, & peut-être encore par „ les vapeurs marines qui altèrent la densité de l'air. Au lieu „ que le vend Est-Nord-Est ne traverse que des Terres, & nous „ apporte l'air de Moscovie sans mélange, & comme de la pre- „ mière main. Par la même raison le vent Sud-Sud-Ouest nous „ apporte par les Terres d'Espagne un air d'Afrique non altéré „ par les températures adoucies que lui donneroient les eaux des „ mers Océane & Méditerranée.....

„ Mais si c'est le vent ou l'air qu'il apporte qui règle les va-

ria-

(*a*) *Nouv. Magasin François*, pour le mois de Décemb. 1750.

„ riations du Baromètre, ces variations devroient être constam-
„ ment conformes à ces vents; par exemple, le vent Est-Nord-Est
„ donneroit toûjours une très grande hauteur du mercure, com-
„ me de 28 pouces 4. lig. à Rouen, & jamais moins; cependant
„ on voit quelquefois sous ce vent le Baromètre plusieurs lignes
„ au dessous de cette hauteur. Je réponds que s'il ne régnoit ja-
„ mais qu'un vent à la fois, les hauteurs du Baromètre seroient
„ régulièrement les mêmes pour chaque espèce de vent; mais
„ un vent unique est très-rare: La plupart du tems il en règne
„ plusieurs ensemble dans les différentes couches de l'Atmosphè-
„ re; & *c'est de leur combinaison que résultent les températures*
„ *mixtes de l'air*, & l'irrégularité des variations du Baromètre.

148. On ne peut contester à Mr. *Le Cat* que le vent Sud-Sud-Ouest, ou Sud-Ouest, ne soit pour l'ordinaire accompagné de l'abaissement du mercure dans le Baromètre, & qu'on ne remarque un effet contraire par l'Est-Nord-Est ou le Nord-Est: Il a raison aussi de dire, que la girouette n'indique pas toûjours le vent qui domine dans l'Atmosphère. Mais ces vents influent-ils sur le Baromètre comme causes immédiates? C'est ce qui ne me paroit pas probable. Examen de cette Hypothèse.

M. *Le Cat* n'exprime pas clairement de quelle nature il conçoit que doit être cet *air de l'Equateur qui fait très peu monter le Baromètre*, ni cet *air dense du Nord qui le fait élever considérablement*. L'air ne peut être d'une nature différente dans ces deux parties de notre globe: car outre que depuis la création du Monde les vents auroient mêlé ces diverses espèces d'air au point de rendre le composé semblable partout; je prouverai dans la suite que l'air est de même nature dans les deux Zones tempérées, sous l'Equateur, & probablement dans tous les Climats (784). L'air est de même nature au Nord & sous l'Equateur.

C'est donc, sans doute, par la différence de température que Mr. *Le Cat* distingue l'air du Nord & de l'Equateur; il paroit du moins que c'est là son idée, par ces expressions: *l'air dense du Nord*; *l'air des climats brulans de l'Equateur*; *c'est de la combinaison des vents que résultent les températures de l'air*. Or il est aisé de prouver que cette différence de température n'est pas la cause des principales variations du Baromètre. Tous ceux qui observent avec quelqu'attention ont pû remarquer, que l'air est pour l'ordinaire moins chaud en Hiver par le vent Sud-Ouest, qu'il ne l'est en Eté par le vent Nord-Est; cependant le Baromètre Les différences de la température ne sont pas la cause principale des variat. du Barom.

est beaucoup plus bas dans le premier cas que dans le dernier; au lieu que ce devroit être le contraire, si la hauteur du mercure dépendoit de la température de l'Atmosphère; c'est-à-dire, si l'air moins chaud devoit soutenir le mercure plus élevé dans le Baromètre. En général, par l'Hypothèse de *Mr. Le Cat*, le mercure devroit baisser dans le Baromètre à mesure que l'air deviendroit plus chaud & par conséquent moins dense: Le Baromètre devroit donc être toûjours fort haut en Hiver & fort bas en Eté; ce qui n'est pas conforme à l'expérience. La différence de température de l'air produit bien quelqu'effet sur le Baromètre, je le prouverai même dans la suite; mais cet effet n'est qu'une bien petite partie des variations qu'on observe dans cet Instrument.

Hypothèse de Mr. WOODWARD.

Système Géographique de Mr. *Woodward.*

149. Lorsque j'ai dit ci-devant que dans l'explication des phénomènes du Baromètre, quelques Physiciens se sont laissés entrainer au désir de rapporter tout à un systême favori, Mr. *Woodward* étoit un de ceux que j'avois particuliérement en vuë.

La Terre est suivant lui un Globe creux rempli d'eau.

Suivant l'Hypothèse fondamentale de cet Auteur dans sa *Géographie physique*, la Terre est un Globe creux rempli d'une prodigieuse quantité d'eau. Cette eau intérieure communique avec l'Océan par des canaux qui traversent la croute solide; elle pénètre aussi cette croute partout où elle est rompuë ou crevassée; elle s'insinue dans toutes les matières poreuses, elle s'imbibe même plus ou moins dans les pierres de toute espèce, ensorte que la croute est humide partout. Toute la masse solide & fluide de la Terre est douée d'un degré de chaleur constant & assez considérable pour tenir toutes les particules qui la composent, & particuliérement les fluides, dans une agitation continuelle; ce qui produit une circulation de ces fluides dans l'Atmosphère & dans l'intérieur du Globe. L'eau s'élève dans l'Atmosphère en forme de vapeurs; elle y flotte pendant quelque tems, puis elle retombe en pluie, en rosée, en grêle, en neige & en brouillards; elle arrose ainsi la surface de la Terre, & retoûrne enfin dans le réservoir intérieur, soit en se rendant à la Mer par les Fleuves, soit en pénétrant la Terre par ses crevasses.

Toutes les parties solides sont pénétrées d'humidité.

La chaleur interne produit une évaporation continuelle.

150. Sui-

150. Suivant Mr. *Woodward*, & par une conséquence de son hypothèse, les Sources ni les Rivières ne proviennent pas des vapeurs que le Soleil élève de la Mer, & que les vents portent & condensent contre les Montagnes; mais elles sortent de la Terre comme d'un alambic. La chaleur interne fait élever continuellement les vapeurs du grand reservoir d'eau; ces vapeurs pénètrent toutes les couches, circulent dans leurs intervalles & s'y condensent en partie. Quand ces couches sont élevées au-dessus des Plaines, l'eau s'écoule & forme des Ruisseaux qui par leur réunion forment à leur tour des Rivières & des Fleuves. Si les vapeurs se condensent dans des couches qui soient au niveau ou même au-dessous des Plaines, elles forment alors des sources dormantes, ce sont celles des puits.

Les Rivières sortent de la Terre comme d'un alambic.

Ce grand reservoir que Mr. *Woodward* suppose renfermé dans les entrailles de la Terre, fournit suivant lui, en toute saison, la même quantité d'eau, parce que la chaleur intérieure est constante; mais comme en approchant de la surface de la Terre, les vapeurs sont soumises aux influences de la chaleur de l'air; cette chaleur extérieure, qui fait évaporer l'eau, n'étant pas toûjours égale, la quantité d'eau qui s'écoule sur la Terre, ou qui s'en élève, varie suivant le degré de cette chaleur. Aussi, dit Mr. *Woodward*, la quantité de pluie qui tombe en Eté surpasse d'autant plus celle qui tombe dans les saisons froides, que la chaleur du Soleil en Eté est supérieure à celle qu'il a dans les autres saisons. D'un autre côté, comme dans les saisons froides, l'eau renfermée dans l'intérieur de la Terre fournit beaucoup moins de vapeurs extérieures, celles qui sont parvenues près de la surface de la Terre s'y condensent en plus grande quantité & fournissent plus d'eau aux sources & aux rivières.

Les Rivières doivent donc avoir plus d'eau en Hyver qu'en Eté.

151. Mr. *Woodward* porte plus loin le détail des conséquences de son hypothèse; mais après l'esquisse que je viens d'en donner, je me borne à ce qui concerne les météores & les variations du Baromètre: je vais donner le précis de ce qu'il dit à cet égard dans deux Lettres écrites à Mr. *Robert Southwell* en 1698, jointes à sa *Géographie physique*.

Hypothèse de Mr. *Woodward* sur les variat. du Bar. fondée sur le choc des vapeurs contre l'air.

Mr. *Woodward* pose d'abord les principes suivans:

1°. Le mercure est soutenu dans le Baromètre par la pression de l'air.

2°. Cette pression vient de la pesanteur de ce fluide jointe à celle des vapeurs & des exhalaisons qu'il renferme.

3°. Le poids de tout corps croit en raison de sa masse.

4°. Le poids des mêlanges croit en raison des masses de chacun des corps qui les composent.

Donc l'air a plus de poids lorsqu'il contient plus de vapeurs & d'exhalaisons. Mais presse-t-il davantage la Terre? Pour répondre à cette question, Mr. *Woodward* suppose:

1°. Que l'eau des pluies vient de la Terre, d'où elle sort pour s'élever dans l'air à une grande hauteur.

2°. Que pendant son ascension elle ne fait point sentir son poids, & ne presse point l'air ni les autres corps.

3°. Que le mouvement par lequel elle monte est opposé à celui par lequel l'air presse la surface de la Terre; qu'en s'élevant elle ne peut passer dans les intervalles de l'air sans le heurter & diminuer ainsi sa pression vers le bas.

Voilà pourquoi le mercure doit baisser, suivant Mr. *Woodward*, quand les vapeurs montent: & par la raison contraire, il doit s'élever quand les vapeurs cessent de monter, c'est-à-dire par deux causes; l'une est, l'augmentation de poids occasionnée par les vapeurs suspendues dans l'air; l'autre est, la cessation de leur effort contre les particules d'air de bas en haut.

Examen du systême fondamental de Mr. *Woodward*.

152. Mr. *Woodward* s'attache à développer les combinaisons possibles de ces deux effets, c'est-à-dire de l'ascension des vapeurs & de leur chute, & prétend expliquer les Phénomènes par ces combinaisons. Je n'entrerai pas dans ces détails, parce que si le principe n'est pas fondé, les conséquences tombent d'elles mêmes. Je me bornerai donc à examiner le principe, c'est-à-dire, si l'existence de ce reservoir souterrain nous est prouvée par des faits.

Toutes les Rivières ont des accroissemens périodiques; mais non dans la même saison.

153. Il n'y a presque aucune Rivière qui n'ait des accroissemens & des diminutions périodiques; mais ces changemens n'ont pas lieu dans le même tems pour toutes les Rivières; pas même pour toute l'étendue de la même Rivière. Les unes ont leur accroissement en Eté & les autres en Hiver.

Par le systême de Mr. *Woodward* les Rivières des Plaines doivent être plus hautes en Eté,

154. Suivant l'exposé de Mr. *Woodward*, & par une conséquence nécessaire de son principe, les Rivières qui parcourent de grandes plaines & sur lesquelles les saisons pluvieuses influent beaucoup, doivent être à leur plus grande hauteur en Eté; puisque suivant lui (150) il s'élève de la terre même une quantité beaucoup plus considérable de vapeurs, qui retombant en pluie, ne peuvent pas rentrer dans la terre qui est leur source, mais

mais doivent s'écouler dans le lit des Rivières & retourner au Reservoir intérieur par l'Océan (148) : Au contraire, celles qui viennent des hautes montagnes doivent être enflées en Hiver dès leur source, puisque dans son Hypothèse (150) l'évaporation étant moindre & la condensation plus prompte en cette saison, surtout dans des montagnes couvertes de neige, l'eau intérieure doit s'écouler par ces Rivières en plus grande abondance.

& celles des hautes Montagnes en hiver.

155. Cependant nous voyons tout le contraire ; car, par exemple, la *Seine* qui doit la plus grande partie de ses eaux aux sources basses & aux pluies, en charie beaucoup plus en Hiver qu'en Eté ; tandis que le *Rhône*, *le Rhin* & tous les Fleuves qui prennent leur origine dans de hautes montagnes, sont plus enflés en Eté qu'en Hiver, du moins dans la partie de leur cours qui n'a encore reçu que les eaux de ces montagnes.

L'expérience prouve le contraire.

156. L'Hypothèse de Mr. *Woodward* est donc en défaut dans sa premiére conséquence, c'est-à-dire dans celle qui en découle le plus nécessairement. Au lieu que par la seule circulation des eaux dans l'Air & à la surface de la Terre, cette différence dans les tems des accroissemens & des diminutions des Rivières, s'explique sans aucun embarras.

Les Rivières ont leur source dans les vapeurs qui viennent des Mers.

157. Ceux qui ont eu occasion de parcourir les Alpes, & qui ont observé cette vaste chaine de Montagnes avec quelque attention, doivent savoir qu'elle renferme d'énormes amas de glace, qui couvrent tous les sommets peu escarpés, & qui remplissent toutes les vallées supérieures. Ces amas, qu'on nomme *Glaciers*, sont les sources intarissables des Fleuves qui sortent de ces montagnes. Depuis le mois d'Octobre jusqu'au mois de Mars, il n'y tombe point de pluie, mais seulement de la neige, qui ne fondant point s'accumule pendant tout l'Hiver.

Celles qui viennent des hautes Montagnes sont basses en hiver, & pourquoi?

Dans l'hypothèse de Mr. *Woodward* & de tous ceux qui ont recours aux vapeurs souterraines pour expliquer l'origine des Fleuves, rien ne devroit plus contribuer à augmenter leurs eaux que cette prodigieuse couche de neige, & la diminution de chaleur extérieure qui produit cette neige & que celle-ci entretient à son tour. La neige devroit servir de *réfrigerant* pour accélérer la *distillation* dans les montagnes, comme il arrive dans les alambics lorsqu'on couvre de glace leur chapiteau ; c'est aussi ce que pense Mr. *Woodward* de l'effet du *froid* extérieur dans les montagnes; mais il se trompe beaucoup ; car il est certain au contraire, & je puis

l'assurer, parce que je l'ai vû très souvent, que la quantité d'eau qui découle de ces montagnes est beaucoup moindre en Hiver qu'en Eté. La plupart des torrens cessent de couler en Hiver; les sources diminuent, plusieurs même tarissent; Les *glaciers* ne donnent plus qu'une très petite quantité d'eau que la chaleur de la terre fait distiller peu à peu des parties inférieures de la glace: & de toutes ces diminutions particulières, résulte la diminution des Fleuves qui prennent leur origine dans ces Montagnes.

Les Rivières des Plaines sont hautes en hiver; & par quelle raison.

158. Il n'en est pas de même des Rivières, qui peuvent être considérées comme le réceptacle des eaux de la plaine, des collines & des montagnes peu élevées, telles que la chaine du Jura. On ne trouve aucun amas permanent de glace dans ces montagnes; la neige qu'elles reçoivent se fond ordinairement peu de tems après sa chute, excepté dans les faces tournées au Nord & sur les sommités; elle fond aussi sur les collines & dans les plaines: la terre souvent resserrée par la gelée n'absorbe que très peu de l'eau des pluies & des neiges; toûjours moins chaude qu'en Eté, elle en convertit moins en vapeurs. C'est pourquoi dans les Rivières qui doivent leurs eaux aux pluies & aux neiges récentes, le tems des plus grands accroissemens est toûjours en Hiver: ce qui est contraire à l'hypothèse de Mr. *Woodward*.

Effet du passage de l'Hiver à l'Eté, dans les hautes montagnes.

159. On peut aisément se représenter les changemens que le passage de l'Hiver à l'Eté doit produire dans les Rivières des deux espèces. Dès le mois de Mars, la chaleur de l'Atmosphère augmente assez sensiblement, pour que la neige fonde au pied des grandes chaines de montagnes: on voit alors reparoitre les Torrens inférieurs. A mesure que la chaleur devient plus grande, elle agit en montant de proche en proche; il semble que la neige se retire vers le haut des montagnes, & son bord inférieur est partout de niveau à la même exposition. Au mois d'Avril l'action du Soleil sur ces montagnes est déja suffisante pour ramollir la neige dans toutes leurs faces exposées au Midi: l'eau qui distille de sa surface la pénètre & traverse toute l'épaisseur de la couche, elle s'écoule par dessous la neige dont elle détruit la liaison intime avec le sol. C'est dans cette saison que la neige se détachant quelquefois tout-à-coup des rochers escarpés où les vents l'ont accumulée, forme ces terribles *avalanches*, qui se précipitant du haut des montagnes, renversent tout ce qu'elles ren-

Formation des Torrens.

Avalanches de neige.

con-

contrent dans leur chemin, comblent les vallées, causent des inondations en suspendant le cours des Torrens, & qui très souvent encore ensevelissent sous des tas énormes de neige des hameaux entiers, ou de malheureux voyageurs qui s'exposent à traverser les gorges de ces Montagnes dans des tems aussi critiques.

Tant que la déclinaison boréale du Soleil est petite, & que par conséquent il s'élève peu sur nôtre Horizon, les sommets des montagnes interceptent son action, tant les uns à l'égard des autres, que rélativement aux vallées: ainsi la fonte de la neige ne peut être encore générale, elle n'est même que superficielle dans le haut, & l'augmentation des fleuves n'est pas dans son plus haut période, à moins qu'il ne régne des vents chauds qui peuvent produire des débordemens subits.

Cause de l'augmentation considérable de la quantité d'eau dans les Rivières qui viennent des hautes Montagnes.

Mais quand le Soleil est parvenu à sa plus grande déclinaison; que par son élévation les ombres diminuent; que par la durée de son séjour sur l'Horizon & la moindre obliquité des rayons qu'il darde sur la Terre, son action devient plus grande, tandis que par la briéveté des nuits ses effets s'accumulent: la chaleur pénètre alors partout; la neige fond presque entiérement & découvre les glaces qu'elle a formées; celles-ci, crevassées en mille endroits, sont pénétrées par la chaleur en tout sens: Leur superficie semblable à une mer agitée qui géleroit tout à coup, offre aux vents chauds une très grande augmentation de surface & favorise leur action. L'eau distille alors partout; on voit de tout côté des torrens & des cascades; les Rivières grossissent & trouvent dans des amas de glace qui ne s'épuisent jamais, de quoi entretenir leur cours rapide pendant tout l'Eté.

Quand on voyage dans les Alpes en différentes saisons, il suffit d'ouvrir les yeux pour appercevoir tous les Phénomènes que je viens de décrire; & il est si vrai que la fonte des neiges & des glaces est la seule cause de l'augmentation des eaux; qu'à l'origine des torrens dans le haut des montagnes, on apperçoit une différence sensible dans la quantité qu'ils en charient le matin & le soir: j'ai vû des ruisseaux qui, même au mois d'Août, ne couloient point au lever du Soleil.

On peut observer encore, que l'abondance d'eau en Eté dans les Rivières qui proviennent des hautes Montagnes, dépend du plus ou moins de chaleur, de la plus grande ou moindre quantité de neige qui étoit dans ces montagnes, & de l'augmentation

ou

ou diminution produites dans la quantité des glaces, par la combinaison de l'abondance des neiges en Hiver & de la chaleur de l'Eté, dans les années précédentes. Je m'arrête ici pour ne pas porter trop loin cette digression.

La chaleur de l'Eté diminuë la quantité d'eau dans les Rivières des Plaines.

160. La chaleur de l'Eté produit des effets bien différens sur les Rivières dont les sources ne sont pas dans de hautes montagnes. Les neiges s'étant fondues plusieurs fois durant l'Hiver sur tous les terreins qui leur fournissent de l'eau, les premières chaleurs du Printems font bientôt écouler le reste; & pour l'ordinaire dès le mois de May, ces Rivières sont réduites à l'eau des sources & des pluies. Or presque toutes les sources des Plaines & des Collines diminuent considérablement en Eté, à cause de la grande évaporation; & quant aux pluies, quoique pour l'ordinaire il en tombe plus en Eté qu'en Hiver dans nos Climats, cependant il en parvient beaucoup moins aux Rivières: la terre échauffée en absorbe une très grande partie, les plantes qu'elles abreuvent en retiennent beaucoup, & presque tout le reste remonte en vapeurs dans l'Atmosphère; aussi faut-il une pluie bien abondante pour qu'on voie courir l'eau sur le terrein. Ces Rivières ne reçoivent donc qu'une petite quantité d'eau de pluie, & par cette raison, de même que par la diminution des sources, elles doivent être & sont plus basses en Eté qu'en Hiver.

Les Lacs rendent ces variations plus régulières.

161. Quand les Rivières de l'une ou l'autre de ces deux espèces forment de grands Lacs à peu de distance de leur source, il y a plus de régularité dans leurs accroissemens & diminutions au sortir de ces Lacs, parce que les changemens momentanés que des causes particulières occasionnent dans la quantité d'eau de leurs sources se répandant sur une grande surface, leur effet devient insensible. C'est par cette raison que le Rhône, au sortir du Lac de Genève, hausse continuellement depuis le mois de Mars au mois d'Août, & baisse ensuite graduellement, sans que les pluies ou les sécheresses, qui ne sont pas d'une longue durée, y produisent des changemens sensibles.

Rivières d'une 3e. espèce par la jonction des premières.

162. La jonction des deux espèces de Rivières que j'ai distinguées par la différence de leurs sources, & dont les variations sont opposées, forme des Rivières d'une troisiéme espèce, dans lesquelles les diminutions & les accroissemens sont déterminés, soit pour la saison, soit pour la grandeur & la durée, par les effets combinés des deux espèces primitives.

163. Il suit de tous les faits que je viens d'exposer, que les Riviè-

Rivières en général ne doivent point leur origine aux vapeurs souterraines. Cependant Mr. *Woodward* le pense ainsi, par une conséquence nécessaire de son principe: il me paroit donc que ce principe n'est pas fondé; & cela seul suffiroit pour détruire l'hypothèse par laquelle il croit pouvoir expliquer les variations du Baromètre.

164. Mais ce n'est pas seulement dans son principe que cette hypothèse manque de solidité, elle pèche aussi dans ses conséquences. Car lors même qu'on accorderoit à Mr. *Woodward* ses émanations de vapeurs, il n'en résulteroit pas qu'elles pussent diminuer la pression de l'air par leur ascension. On conçoit bien que les vapeurs pourroient être poussées jusqu'à la surface de la Terre par la chaleur souterraine; mais comment des molécules si petites, après avoir essuyé un frottement considérable dans les pores tortueux de la Terre, pourroient-elles conserver assez de mouvement & heurter contre l'Atmosphère avec assez de violence pour soutenir en certains tems la 14e. partie de son poids? C'est ce qu'il est impossible d'admettre, pour peu qu'on connoisse les Loix du mouvement & la nature des vapeurs. J'aurai occasion de pousser plus loin l'examen de cette idée (208).

Les vapeurs ne peuvent diminuer la pression de l'air par leur choc.

165. Voici une autre réflexion qui vient à l'appui des précédentes. Suivant Mr. *Woodward*, lorsque les vapeurs montent, l'Atmosphère presse moins la surface de la Terre; quánd elles cessent de monter, & quand elles retombent en pluie, la pression de l'Atmosphère augmente. Mais pendant l'ascension des vapeurs, l'air doit être serein, puisqu'il s'obscurcit lorsqu'elles sont disposées à tomber; & par une conséquence nécessaire, le plus grand abaissement du mercure dans le Baromètre devroit être par un tems serein, & sa plus grande élévation, quand la Pluie est prochaine; ce qui est certainement contraire aux observations.

Les var. du Bar. sont opposées à ce qu'exigeroit cette Hypothèse.

Hypothèse de Mr. LEIBNITZ.

166. Mr. *Leibnitz* accoutumé à des spéculations profondes, crut trouver la cause des variations du Baromètre dans une Loi que les corps doivent suivre selon lui en tombant dans les liquides. J'exposerai son opinion d'après ce qu'en dit Mr. *de Fontenelle* dans l'Histoire de l'Académie des Sciences pour l'année 1711.

Mr. *Leibnitz* rapporte les var. du Bar. à une Loi d'Hydrostatique.

Enoncé de cette Loi.

La Loi imaginée par Mr. *Leibnitz* est celle-ci. *Un corps étranger qui est dans un liquide pèse avec ce liquide, & fait partie de son poids total, tant qu'il y est soutenu; mais s'il cesse de l'être & tombe par conséquent, son poids ne fait plus partie du poids du liquide, qui par là vient à peser moins.*

Démonstration.

167. Voici la démonstration qu'il donne de ce Théorème. „ Ce qui porte un corps pesant en est pressé; une Table, par „ exemple, qui porte une masse de fer d'une livre en est pres- „ sée, & ne l'est que parce qu'elle soutient toute l'action & tout „ l'effort que la cause de la pesanteur, quelle qu'elle soit, exerce „ sur cette masse de fer pour la pousser plus bas. Si la Table „ cédoit & obéïssoit à l'action de cette cause de la pesanteur, „ elle ne seroit point pressée & ne porteroit rien. De même le „ fond d'un vase qui contient un liquide s'oppose à toute l'ac- „ tion de la cause de la pesanteur contre le liquide; si un corps „ étranger y nage, le fond s'oppose aussi à cette même ac- „ tion contre le corps, qui étant en équilibre avec le liquide, „ en est à cet égard une véritable partie. Ainsi le fond est „ pressé & par le liquide & par le corps étranger, & il les por- „ te tous deux. Mais si ce corps tombe, il obéit à l'action de la „ pesanteur, & par conséquent le fond ne la soutient plus, & il „ ne la soutiendra que quand le corps sera descendu jusqu'à lui. „ Donc pendant tout le tems de la chute, le fond est soulagé du „ poids de ce corps, qui n'est plus porté par rien, mais poussé „ par la cause de la pesanteur, à laquelle rien ne l'empêche de „ céder.

Expérience proposée par Mr. *Leibnitz*.

168. Mr. *Leibnitz* propose une expérience pour appuyer son raisonnement. „ Il faut, dit-il, attacher aux deux bouts d'un fil „ deux corps, l'un plus pesant, l'autre plus léger que l'eau, & „ tels que tous deux ensemble ils flottent dans l'eau, les mettre „ dans un tuyau plein d'eau, suspendre ce tuyau à une balance „ où il soit exactement en équilibre avec un poids, & ensuite „ couper le fil où sont attachés les deux corps de pesanteur iné- „ gale, ce qui obligera le plus pesant à tomber. Alors le tuyau „ ne sera plus en équilibre, mais le poids qui lui étoit égal „ l'emportera & le fera monter, parce que le fond de ce tuyau „ sera moins chargé. "

Application de cette Théorie à la chute des va-

169. Appliquant ensuite cette Théorie aux variations du Baromètre, Mr. *Leibnitz* raisonne ainsi: „ Les parcelles d'eau sus- „ pendues

„ pendues dans l'air augmentent son poids s'il les soutient, & „ le diminuent s'il les laisse tomber; & comme il peut arriver „ souvent, que les parcelles d'eau les plus élevées tombent, „ quelque tems considérable avant que de se joindre aux inférieures, la pesanteur de l'air diminue avant qu'il pleuve, & „ le Baromètre prédit. "

peurs & aux var. du Bar.

170. L'Historien de l'Académie ajoute à l'explication de cette théorie, „ que l'expérience de M. *Leibnitz* a réussi de même „ à Mr. *de Réaumur*, à qui l'Académie en avoit donné le soin; „ & voilà, dit-il, une nouvelle vue de Physique, qui, quoi-„ qu'elle tienne à un principe fort connu, est fort fine & fort re-„ cherchée, & nous donne un juste sujet de craindre, que dans „ les sujets les plus approfondis il ne nous échape encore bien „ des choses. " Cette réflexion de Mr. *de Fontenelle* est très bien fondée dans la thèse générale, mais elle n'est pas applicable au cas présent, car je crois pouvoir démontrer que Mr. *Leibnitz* se trompoit dans sa Théorie.

Remarque de Mr. de *Fontenelle* sur ce systême.

171. Je pourrois me dispenser d'entrer dans l'examen des Principes de Mr. *Leibnitz*, en faisant voir simplement qu'ils ne suffisent pas pour l'explication des phénomènes; je les examinerai cependant, soit à cause de la réputation bien méritée de leur Auteur & de plusieurs autres Physiciens qui ont adopté ce systême, soit pour développer quelques Loix d'Hydrostatique qu'il est utile d'avoir présentes à l'esprit dans la matière dont il est question. (*a*)

Réflexion sur la Théorie de Mr. *Leibnitz*.

172. Je remarque d'abord, que la comparaison d'*une Table chargée du poids d'une masse de fer posée sur elle lorsqu'elle est en repos, & déchargée de ce même poids quand elle tombe avec lui*, n'est point applicable à la chute des corps dans les liquides, de

Sa Démonstration ne vient point au sujet.

(*a*) Mr. *Desaguliers* a déjà refuté l'hypothèse de Mr. *Leibnitz* (dans son *Cours de Physique expérimentale*, traduit par le P. *Pézenas*, Tom. 11 pag. 313. 4°.); mais je ne trouve pas que sa réfutation soit directe; & il me paroit que M. *Rastius* étoit en quelque sorte fondé à dire plaisamment (pag. 411): „ Sans doute *Desaguliers* n'est pas d'avis que „ les vapeurs qui font la matière de la pluie „ soient portées par des esprits, comme le „ corps pesant (de l'expérience de Mr. *Desaguliers*) „ est soutenu dans l'eau par la „ main? " En effet il falloit chercher, dans l'hypothèse de M. *Leibnitz*, la cause de la suspension des vapeurs, c'est-à-dire, le corps analogue au *corps léger* de son expérience; afin de ne pas *attribuer à ce grand homme*, comme le lui reproche encore M. Rastius, *une erreur dont les commençans en hydrostatique ne sont pas capables*. Il me semble que j'ai mieux saisi l'hypothèse de M. *Leibnitz* que n'a fait Mr. *Desaguliers*; la différence essentielle entre nos deux réfutations se verra particuliérement au N°. 192.

de la manière dont le prétend Mr. *Leibnitz*. Car dans cette comparaison, on voit trois choses analogues; 1°. des poids soutenus, savoir un *corps étranger* flottant dans un *liquide*, & une *masse de fer* posée sur une *table*: 2°. des corps soutenans, dont l'un est le *liquide*, & l'autre est la *table*: 3°. l'appui des corps soutenans, savoir, le *fond du vase* qui contient le liquide, & le *sol* sur lequel repose la *table*. Ainsi, pour qu'il y ait parité de cas, quand on suppose que le *sol* est enlevé & que la *table* tombe, il faut supposer aussi que le *fond du vase* est enlevé & que le *fluide* tombe: & alors certainement, comme la *masse de fer* posée sur la *table* ne pésera pas sur elle, le *corps flottant* dans le *liquide* ne le pressera pas non plus. Mais c'est là un cas totalement étranger à la cause des variations du Baromètre, parce que l'air ne tombe pas, & que c'est des changemens du poids de l'air même sur la Terre, qu'il faut trouver la raison.

Examen du principe en lui-même.

173. Examinons maintenant le principe de M. *Leibnitz* en lui-même, & voyons pour cela quel effet doit produire l'immersion d'un corps étranger dans un liquide, tant à l'égard de la pression que ce liquide exerce alors sur toutes les parties du vase qui le renferme, que rélativement au poids total du vase, du liquide & du corps étranger, en divers cas.

Effet de l'immersion d'un corps dans un liquide, sur la pression qu'exerce ce liquide.

174. C'est un principe reconnu dans l'Hydrostatique, que *la pression d'un liquide contre les parois du vase qui le renferme, est proportionnelle à la hauteur du liquide*. Or quand on plonge un corps, quel qu'il soit, dans un liquide, celui-ci s'élève proportionnellement au volume du corps plongé, & précisément autant qu'il le feroit par l'addition d'un pareil volume du même liquide. Donc *l'immersion d'un corps étranger dans un liquide produit sur toutes les parties du vase, une augmentation de pression égale à celle que produiroit l'addition d'un volume du même liquide égal à celui dont ce corps étranger occupe la place.*

Il est indifférent à cet effet que le corps soit en mouvement ou en repos.

175. Il découle nécessairement de cette seconde Proposition, que, *faisant abstraction de la résistance du liquide, tant que le corps étranger en est entiérement couvert, il est indifférent à l'action du liquide sur le vase, que le corps monte ou descende, & en général, qu'il soit en mouvement ou en repos*; car la *hauteur* du liquide ne change point, quel que soit l'état du corps étranger qu'il envelope.

Mais le vase qui contient le

176. Cela ne doit s'entendre, comme le l'ai dit, que de l'action

tion du liquide sur le vase; & c'est à ce seul égard qu'on peut comparer les effets de l'immersion des corps étrangers dans les liquides, à ceux des vapeurs dans l'Atmosphère. Je vais faire voir que Mr. *Leibnitz* s'est trompé par cela même, en confondant la pression d'un liquide sur chaque partie du vase qui le renferme, avec la pression du vase sur l'appui qui le soutient. La première de ces pressions est toûjours égale, quelles que soient la position & la pesanteur spécifique du corps étranger que le liquide renferme; la seconde varie suivant les cas. Celle-ci peut être éprouvée dans une balance; ainsi il est aisé d'ajouter l'expérience à la théorie, & de prouver par ce moyen que l'expérience proposée par Mr. *Leibnitz* & exécutée par Mr. *de Réaumur*, n'est point favorable à l'hypothèse du premier de ces Philosophes.

liquide pèse plus ou moins. C'est à quoi Mr. *Leibnitz* n'a pas fait attention.

177. Supposons un vase plein d'eau, placé dans un des bassins d'une Balance & mis en équilibre avec un poids posé dans l'autre bassin, & voyons les changemens qui doivent arriver lorsqu'on plongera des corps étrangers dans l'eau. On peut d'abord distinguer deux manières générales de faire cette immersion; l'une est, de soutenir le corps plongé dans l'eau par quelque moyen indépendant de la Balance; l'autre est de tenir le corps suspendu dans l'eau en le faisant porter par la Balance, ou de l'abandonner à l'action de sa pesanteur.

Exp. à ce sujet dans une balance.

178. Dans le premier cas, quelle que soit la pesanteur spécifique du corps qu'on plonge dans l'eau, pourvu qu'il y soit retenu par une cause indépendante de la balance, l'équilibre sera rompu par une force égale au poids du volume d'eau dont le corps étranger tient la place. Un morceau de plomb suspendu dans l'eau par un fil que la main retient ou toute autre puissance extérieure, n'augmentera pas plus la pression sur la balance, qu'un morceau de liège de même volume qu'on y plongera au bout d'une baguette. Car l'eau exerce sa tendance à descendre proportionnellement à sa hauteur; cette hauteur est autant augmentée par le liège que par le plomb, puisqu'on les suppose ici de même volume; & pourvu qu'ils soient également immobiles, la réaction se fera de la même manière contre le vase, & par lui contre le bassin de la balance; ensorte que la pression totale des colonnes d'eau augmentera précisément autant que si l'on eût augmenté l'eau du vase d'une quantité égale à celle dont ces corps étrangers occupent la place.

Si le *corps* est soutenu dans l'eau indépendamment de la Bal. il agira sur elle comme un pareil volume d'eau.

Démonstration. 179. On peut se représenter l'effet que produisent le liège & le plomb dans ces cas là, en considérant l'effort que la puissance extérieure employe pour que ces corps soient immobiles. Si, par exemple, on fait passer sur une poulie le fil qui soutient le plomb, il faudra mettre à l'autre bont du fil un poids égal à celui par lequel le plomb tend à descendre dans l'eau, c'est-à-dire, suivant une des Loix de l'Hydrostatique, un poids égal à l'excès de poids du plomb sur celui d'un pareil volume d'eau. La balance ne sera donc chargée que du reste de ce poids, qui est précisément le poids d'un volume d'eau égal à celui du plomb.

Il faudra procéder différemment à l'égard du liège; celui-ci étant moins pesant que l'eau, tend à monter par une force égale à la différence de son poids comparé à celui d'un pareil volume d'eau. Il faudra donc, pour tenir le liège plongé, charger la baguette qui le tient dans l'eau, d'un poids égal à cette différence; le liège sera alors immobile, & le tout ensemble pésera autant sur la balance, qu'un volume d'eau égal à celui du liége, abstraction faite du poids & du volume de la baguette.

Mais si le corps est tenu par la balance il agira sur elle par tout son poids.

180. Mais il n'en sera pas de même quand ces corps plongés dans l'eau seront libres, ou retenus par la balance; car alors l'équilibre sera rompu par une force égale à leur poids. C'est une Loi reconnue en hydrostatique, *qu'un solide plongé dans un fluide perd une partie de son poids qui est égale à celui de la portion du fluide qu'il déplace; & que le poids du fluide augmente d'autant.* Si donc on suspend dans l'eau une balle de plomb par un fil attaché au point de suspension du bassin sur lequel repose le vase, cette balle produira deux augmentations de poids qu'on peut considérer séparément: l'une qui agira immédiatement par le fil sur le bras de la balance, sera le poids de la balle moins celui d'un pareil volume d'eau; l'autre qui agira sur le bassin, sera le poids d'un volume d'eau égal à celui de la balle; la somme de ces deux poids est visiblement égale au poids total de la balle de plomb. Il étoit nécessaire de distinguer ces deux augmentations de poids, pour expliquer aisément l'expérience suivante.

Effet de la chute d'un *corps pesant* suspendu à la balance.

181. La balle étant suspendue au bras de la balance mise en équilibre, si l'on coupe le fil qui suspend la balle, pendant le tems de sa chute, le bassin opposé devient plus pesant de tout l'ex-

l'excès du poids de cette balle sur un pareil volume d'eau; mais l'équilibre se rétablit lorsque la balle est parvenue au fond du vase.

182. Ces effets s'expliquent aisément par ce qui précède; car pendant la chute de la balle, l'eau ne change point de hauteur, la seconde augmentation de poids dont j'ai parlé ci-dessus doit donc subsister : mais le fil étant coupé, la première augmentation, c'est-à-dire l'excès de poids de la balle sur celui d'un pareil volume d'eau, n'agit plus sur aucune partie de la balance, qui par conséquent en est déchargée, jusqu'à ce que la balle arrive au fond de l'eau & repose sur le fond du vase. Explication.

183. Il est essentiel de remarquer que pendant les trois tems différens de l'expérience, toutes les parties du vase restent également chargées du poids de la liqueur. Cela est évident dans les deux premiers tems; car soit pendant que la balle de plomb est suspendue au bras de la balance, soit pendant qu'elle tombe, le vase ne supporte que l'augmentation de poids produite par le volume d'eau déplacé; & quand la balle est parvenue au fond du vase, elle n'agit par l'excès de son poids que sur l'endroit où elle repose; le reste du vase éprouve toûjours la même pression. Pendant l'exp. le fond du vase est toujours également pressé par l'eau.

184. Les circonstances de cette expérience changeront, si au lieu d'un corps spécifiquement plus pesant que l'eau, on se sert d'un corps plus léger: car dans le premier cas la pression de l'eau sur le vase a toûjours été la même, tandis que l'action totale sur la Balance a changé; au lieu qu'en employant un corps plus léger que l'eau, la pression de l'eau sur le vase changera, pendant que l'action totale sur la balance restera toûjours la même. L'immersion d'un corps léger change la pression sur le vase comme un pareil volum. d'eau; & son poids est ajouté à la Balance.

185. Supposons un morceau de liége retenu au fond de l'eau par un fil attaché au vase: Le liége soulévera l'eau d'une quantité égale à son volume, & la pression de l'eau sur le vase sera partout égale à celle qu'elle exerceroit, si avec la même hauteur elle ne renfermoit point de liége, excepté au point où le fil est attaché. Mais il n'en sera pas de même de l'augmentation de poids du vase sur la Balance; celle-ci ne peut indiquer dans le cas présent que la quantité de matière renfermée dans le vase; & comme, à pareil volume, le liége contient moins de matière que l'eau, le bassin qui porte le vase est moins chargé que si la place occupée par le liége étoit remplie d'eau. Expérience.

186. Pour

Explication.

186. Pour trouver immédiatement la raison de cette différence & sa quantité, il faut considérer, que toutes les colonnes d'eau renfermées dans le vase agissent les unes contre les autres pour se soulever réciproquement, & qu'elles ne restent immobiles que parce que la résistance est partout égale. La résistance de toutes ces colonnes, excepté de celle qui renferme le liège, ne vient que de leur propre poids, leur hauteur étant égale; mais cette dernière colonne, ou plutôt le liège lui-même, résiste parce qu'il est attaché au fond du vase. Toutes les colonnes d'eau pèsent donc sur leur base précisément suivant leur hauteur, excepté sur le point où le fil est attaché, qui est tiré en haut ou déchargé de toute la différence du poids du liège à celui d'un pareil volume d'eau; c'est ce que la Balance indique.

Suite de la même expér. L'émersion du *corps léger* change la pression sur le vase, & non le poids sur la balance.

187. Maintenant, si l'on coupe le fil qui retient le liège au fond de l'eau, tant qu'il sera entiérement couvert en s'élevant, la pression de l'eau sur le vase restera la même, avec cette seule différence, que pendant que le liège étoit au fond, le vase n'étoit déchargé que dans le point où tenoit le fil, au lieu que pendant l'ascension du liège, toute la colonne qui le renferme pésera moins sur le fond: mais dès qu'il flottera, l'eau s'abaissant, le poids de toutes ses colonnes sur le vase diminuera, excepté dans celle qui renferme le liège; & cette diminution sera égale à celle qu'on auroit produite en ôtant du vase une quantité d'eau égale en volume à la portion du liège qui s'élèvera hors de l'eau, & fera baisser les autres colonnes. Cependant ces changemens de pression de l'eau sur le vase n'en produiront aucun dans le poids total sur la Balance, car le poids de la colonne où le liège sera soutenu augmentera précisément autant que celui de toutes les autres colonnes prises ensemble diminuera, parce que toute l'eau qui sortira de ces colonnes, qui s'abaisseront pour remplir le vuide que laissera la partie émergente du liége, passera dans celle qui le soutiendra.

Expérience proposée par Mr. *Leibnitz*.

Deux corps d'inégale pes. spéc. réunis & plongés dans l'eau.

188. Après avoir posé ces principes, venons à l'expérience proposée par Mr. *Leibnitz*, & aux conséquences qu'il en tire. „ Il faut, dit-il, attacher aux deux bouts d'un fil deux corps, „ l'un plus pesant, l'autre plus léger que l'eau, & tels que tous „ deux ensemble ils flottent dans l'eau, les mettre dans un tuyau „ plein d'eau, suspendre ce tuyau à une balance où il soit exac- „ tement en équilibre avec un poids, & ensuite couper le fil

„ où

„ où sont attachés les deux corps de pesanteur inégale, ce qui „ obligera le plus pesant à tomber. Alors le tuyau ne sera plus „ en équilibre, mais le poids qui lui étoit égal l'emportera & „ le fera monter, parce que le fond de ce tuyau sera moins „ chargé.

Jusqu'ici Mr. *Leibnitz* avoit raison, je l'ai éprouvé moi-même; mais il s'est trompé dans les conséquences qu'il en tire, pour expliquer les phénomènes du Baromètre: Il a confondu l'effet des deux corps sur la Balance, avec celui de la pression de l'eau sur le vase; c'est ce que je vais montrer.

Cette expérience n'est pas applicable aux vapeurs.

189. Le corps moins pesant que l'eau resteroit en partie hors de sa surface s'il étoit seul; l'addition du corps plus pesant fait enfoncer le premier; & l'effet total de deux corps ainsi accouplés, rélativement à la Balance, réunit les deux effets dont j'ai parlé ci-devant (180 & 185), c'est-à-dire que le cas est absolument le même que si le corps *pesant* étoit suspendu au bras de la Balance, & le corps *léger* arrêté par un fil au fond du vase. Couper le fil qui lie ces deux corps, dans l'expérience de Mr. *Leibnitz*, c'est donc couper les deux fils qui tiennent séparément la balle de plomb & le morceau de liège. L'ascension du corps *léger* ni son émersion partiale ne changent rien au poids qui charge la Balance (187); mais pendant la chute du corps *pesant*, il ne pése plus sur la Balance qu'autant que pèseroit un volume d'eau égal au sien (181): elle doit donc perdre son équilibre pendant cet instant.

Preuve.

Les deux corps réunis produisent l'effet d'un pareil volume d'eau.

Leur séparation & la chute du corps pesant diminue un instant le poids sur la Balance.

Les changemens qui arrivent à la pression du fluide sur le vase sont produits par d'autres causes. Les deux corps étant réunis par le fil & plongés sous l'eau, la font élever dans le vase comme le feroit un pareil volume de ce fluide, & sa pression sur le vase augmente d'autant. Lorsqu'on coupe le fil, la chute du corps *pesant* ne change point la hauteur de l'eau; & si par une cause quelle qu'elle soit le corps léger est retenu au dessous de sa surface, le poids de l'eau restera partout le même, malgré la séparation du corps *léger* d'avec le corps *pesant*, & malgré la chute de celui-ci; excepté dans la colonne où le corps *léger* est arrêté.

Mais cela ne change rien à la pression de l'eau sur le vase, si le *corps léger* reste dans l'eau.

190. Pour appliquer ces principes aux vapeurs répandues dans l'Atmosphère, il n'est pas besoin de discuter les diverses opinions des Physiciens sur la manière dont elles y sont suspen-

Application de ces principes à la chute des vapeurs.

dues; il faut supposer avec Mr. *Leibnitz*, que les vapeurs sont un composé de corps *légers & pesans*, du fluide igné ou de la matière éthérée & de l'eau, que la pesanteur spécifique de ce composé est telle qu'il reste suspendu dans l'Atmosphère; & que les vapeurs retombent en pluie, quand l'eau se sépare du fluide igné qui la soutient: c'est dans cette supposition (*a*) seulement qu'on peut appliquer aux vapeurs l'exemple cité par Mr. *Leibnitz*.

Elles sont un composé de corps *légers* & *pesans*.

Le fond du vase que j'ai employé dans toutes les expériences faites avec une Balance, représente la surface de la Terre, sur laquelle des Baromètres placés ça & là indiquent les changemens du poids des colonnes d'air qui soutiennent le mercure dans leur tube. Le changement des vapeurs en pluie est produit par la séparation de l'eau d'avec le fluide igné, celui-ci reste dans l'air dont il écarte les particules, (*b*) & l'eau tombe, c'est là l'effet qu'indique la Balance.

Le fond du vase dans les Exp. représente la surface de la Terre.

191. On verra bientôt si cette chute doit produire une diminution de pression, mais on peut remarquer dès à présent, qu'au moins cette diminution ne devroit avoir lieu que dans les colonnes où la pluie tombe, puisque celles-ci conservant sensiblement le même volume, toutes les autres restent dans le même état. Le mercure ne devroit donc baisser dans les Baromètres par cette cause, que quand il se trouve à leur Zénit des nuages qui se dissolvent en pluie. Or on voit très souvent baisser le mercure, longtems avant qu'il y ait des nuages sur l'Horizon; il remonte aussi quelquefois après avoir baissé, sans que pendant ce tems-là il ait paru des nuages. Il est donc prouvé que la chute de la pluie ne fait pas baisser le Baromètre sous les colonnes de l'Atmosphère où elle ne tombe pas.

La chute de la Pluie ne peut faire baisser le mercure où elle ne tombe pas, parce que le vol. de l'air reste le même.

Il n'est pas difficile de prouver outre cela, que le mercure ne doit pas baisser par cette cause, même sous les colonnes où la pluie tombe. Le peu de hauteur des vases qu'une Balance peut recevoir, empêche de remarquer un effet qui doit resulter nécessairement des Loix de la chute des corps. Ce n'est que

Elle ne peut même le faire baisser sous les colonnes où elle tombe.

(*a*) Ce n'est pas là une simple supposition; je ferai voir dans la suite, que ce mélange est la vraie cause de l'ascension des vapeurs & de leur suspension dans l'air (*675 & suiv.*): Ensorte que le raisonnement fondé sur ce principe, n'est pas simplement un argument *ad hominem*, mais une preuve directe que la chute de la pluie ne diminue pas le poids de l'air.

(*b*) Le feu dilate l'air, il n'est pas besoin de le prouver: On n'objectera pas qu'il peut sortir de l'Atmosphère, car il faudroit premiérement indiquer où l'Atmosphère finit.

que dans le premier instant de sa chute qu'un corps *pesant* qui tombe dans un fluide ne pèse sur le fond du vase que comme un volume du fluide égal au sien : car ce corps descend bientôt par un mouvement accéléré, au moyen duquel il presse le fluide proportionnellement à la résistance qu'il éprouve à séparer ses parties ; & cette résistance croissant comme les quarrés des vitesses, devient enfin égale pour l'effet, à l'excès de poids du corps étranger sur celui d'un pareil volume du fluide. Ce corps tombe alors par un mouvement uniforme, & il presse le fond avec la même force que s'il y reposoit. Cette proposition ne peut être bien exactement vérifié par l'expérience, au moins d'une manière directe pour la chute des corps ; mais elle se prouve par l'uniformité de vitesse qu'acquièrent bientôt les *volans* dont on se sert pour modérer le mouvement de divers rouages. Ainsi le choc des particules d'eau contre l'air produit une pression sur la Terre, qui compense la diminution du poids ; d'où il résulte que la chute des goutes de pluie ne peut pas même occasionner l'abaissement du mercure dans les Baromètres placés sous les colonnes où elle tombe.

Augmentation de pression produite par l'accélération du mouvement des gouttes de pluie.

192. Après avoir examiné l'hypothèse de Mr. *Leibnitz* dans ses principes, il me reste à démontrer que, même en les accordant, elle ne satisferoit pas aux phénomènes.

Les Phén. ne sont pas d'accord non plus avec l'hypoth. de M. *Leibnitz*.

Suivant Mr. *Leibnitz*, *il peut arriver souvent que les particules d'eau les plus élevées tombent quelque tems considérable avant que de se joindre aux inférieures ; que la pesanteur de l'air diminue ainsi avant qu'il pleuve, & que par conséquent il se peut que le Baromètre prédise la pluie.* Mais de quelle prodigieuse élévation ne faudroit-il pas supposer que les vapeurs commencent à tomber, pour que le Baromètre marquât, comme il le fait, la diminution du poids de l'air plusieurs jours avant la pluie ?

1e. Objection tirée de ce que le Bar. *prédit.*

D'ailleurs il résulte en général du systême de Mr. *Leibnitz* 1°. qu'il ne doit pas pleuvoir quand le mercure est élevé dans le Baromètre. 2°. Que plus il tombe de pluie, plus le mercure doit baisser 3°. Que le mercure ne peut remonter tant que la pluie tombe avec la même abondance. Cependant, il pleut quelquefois pendant que le mercure est élevé dans le Baromètre : La plus ou moins grande quantité de pluie qui tombe, ne paroit influer en rien sur la hauteur du mercure : Et très souvent le mercure monte & annonce le beau tems longtems avant qu'il cesse de pleuvoir.

2e. Obj. tirée de l'accord le plus ordinaire entre les changemens de tems & ceux du Bar.

3e. Objection tirée de la quantité de pluie qui tombe par jour.

Enfin les grandes pluies donnent à peine quatorze lignes d'eau dans un jour : Si donc l'abaissement du mercure procédoit de la chute de la pluie, l'Atmosphère n'étant déchargée que du poids de quatorze lignes d'eau, équivalant à une ligne de mercure, le Baromètre ne pourroit baisser dans un jour que de cette quantité. Comment donc expliquer par cette hypothèse, des variations de plus de six lignes, dans le même espace de tems, & quelquefois avant la pluie.

Hypothèse de Mr. DE MAIRAN.

L'Académie de *Bordeaux* proposa pour sujet du prix de l'année 1715, *la cause des variations du Baromètre* : Mr. *de Mairan* concourut à ce prix & le remporta, par une dissertation dont l'ordre, la netteté & la solidité à quelques égards méritent certainement l'éloge qu'en fit l'Académie en la couronnant (*a*). Il me seroit difficile de donner un extrait détaillé de cette dissertation, comme je l'ai fait de quelques autres ouvrages qui traitent de la même matière ; parce que tout est si concis & tellement lié dans celui de Mr. *de Mairan*, qu'il faudroit le rapporter presqu'en entier pour en donner une idée exacte. Je me bornerai donc aux chefs principaux ; d'autant mieux que j'ai eu ci-devant occasion d'examiner, & les principes mêmes, & la plupart des conséquences qu'en tire Mr. *de Mairan*.

Mr. *de Mairan* attribuoit, dans cette dissertation, la descente du mercure à l'agitation de l'air.

193. L'état de l'air quant au mouvemont & au repos est la cause principale à laquelle Mr. *de Mairan* attribuë les variations du Baromètre : selon lui, quand l'air est en repos, il pèse sur la Terre autant qu'il peut y peser ; & dès qu'il se meut, sa pression diminue, plus ou moins suivant la vitesse du courant & sa direction qu'il suppose n'être jamais de haut en bas. Les vents étant les plus sûrs indices du mouvement de l'air, c'est par eux que Mr. *de Mairan* explique particuliérement les changemens de hauteur du mercure dans le Baromètre.

Objection tirée de la différence d'effet des vents du Nord & du Sud sur le Barom.

Cette hypothèse a beaucoup de rapport avec celle de *Halley* dont j'ai parlé ci-devant. (131 Phén. 3) ; & à l'égard de laquel-

(*a*) *Recueil des Dissertations qui ont remporté le prix à l'Ac. R. des Belles Lettres, Sciences & Arts de Bordeaux.* Tom. I.

laquelle, sans contester la diminution produite par cette cause dans la pression verticale de l'air, j'ai dit, qu'elle n'explique pas les principaux phénomènes; puisque le mercure s'élève dans le Baromètre par le vent du Nord. L'un & l'autre de ces savans ont prévû cette difficulté; mais leurs solutions sont différentes: J'ai examiné celle de *Halley* (131 Phén. 4.); je rapporterai celle de Mr. *de Mairan*, après avoir examiné le principe en peu de mots.

194. *Hartsoeker* fit imprimer à *Utrecht* en 1722 un petit *in*-12. sous le titre de *recueil de plusieurs pièces de physique, où l'on fait principalement voir l'invalidité du systême de Mr. Newton.* C'est une critique assez dure des ouvrages de plusieurs savans: les dissertations de Mr. *de Mairan* sur *les variations du Baromètre, la formation de la glace*, & *la lumière des phosphores*, qui avoient remporté le prix à l'Académie de Bordeaux, & après lesquelles ce Physicien célèbre fut prié de ne plus concourir aux prix, sont au nombre des pièces que *Hartsoeker* critique. Parmi les objections peu fondées de ce savant, il y en a quelques-unes de solides, & Mr. *de Mairan* lui-même l'a reconnu: il avoit dit, par exemple, que „ si une boule est en repos sur „ une table ou plan horizontal, elle n'agira ou ne pèsera sur le „ plan qui la porte, que par sa pesanteur propre & absolue; „ *mais que si l'on suppose la boule en mouvement, & qu'elle roule* „ *d'un bout de la table à l'autre, sa pesanteur deviendra moindre* „ *par rapport à la table, & qu'elle la pressera ou y pèsera d'au-* „ *tant moins, qu'elle roulera avec plus de vitesse.*" C'étoit là le principe sur lequel Mr. *de Mairan* appuyoit son hypothèse de la diminution de *pesanteur absolue* de l'air quand il est en mouvement.

Objection de *Hartsoeker* contre l'hypothèse de Mr. *de Mairan*.

Hartsoeker objectoit à ce principe (page 115), que *si cela étoit vrai, toute la théorie des bombes étoit fausse.* „ Je conviens, dit-il, „ que chaque point de la table par où la boule passe- „ roit, seroit moins pressé, & que c'est sur une semblable idée, „ pour me servir de l'exemple de l'Auteur, qu'*Homère*, pour „ peindre la rapidité du char d'un de ses Héros, dit, que les „ roues ne laissoient que des marques légères sur la poussière la „ plus subtile; mais je nie que toute la table en fût moins „ pressée, & il seroit facile de s'en convaincre par l'expérien- „ ce. Si l'on prenoit, par exemple, un vase rempli d'eau, &

„ qu'on y fit tourner cette eau en rond, elle ne pèseroit pas „ moins sur le fond de ce vase que si elle étoit en repos. Une „ toupie ne pèseroit pas moins sur un des bassins d'une balan- „ ce, si elle y étoit en mouvement, que si elle y étoit en „ repos. "

Mr. *de Mairan* reconnut la solidité de cette objection.

Cette réfutation de *Hartsoeker* n'est pas absolument exacte; il est certain que le mouvement horizontal diminue l'effet de la pesanteur; c'étoit seulement dans la quantité de cette diminution que Mr. *de Mairan* se trompoit. Cependant comme l'objection de *Hartsoeker* étoit fondée quant aux variations sensibles du Baromètre, Mr. *de Mairan* ne s'arrêta point à tirer parti de l'inexactitude de son adversaire; voici comment il s'exprima sur ce sujet dans une lettre qu'il écrivit aux Auteurs du *Journal des savans* (*a*). „ Entre toutes les fautes que Mr. *Hartsoeker* a „ prétendu relever dans les dissertations dont il s'agit, je n'en „ vois guère que deux ou trois qui méritent ce nom, *encore* „ *y auroit-il peut-être bien des choses à dire sur la manière dont* „ *il s'y est pris.* Mais dans le fond, je reconnois pour mauvais „ ce qu'il cite de moi, où j'ai raisonné de la *pression*, comme „ je devois faire seulement de l'*impression*; & tous les endroits „ qui sont une suite de cette erreur. "

Malgré cet aveu de Mr. *de Mairan*, quelques Physiciens ont continué de penser que le mouvement de l'air influë sur la hauteur du mercure dans le Baromètre; il ne sera donc pas inutile de donner ici une idée de l'effet que les plus grands vents peuvent produire sur la hauteur du mercure dans le Baromètre.

Propositions fondamentales démontrées par *Huygens*.

195. Il a été démontré par *Huygens* (*b*), qu'un corps qui feroit 17 fois le tour de la Terre en 24 heures, perdroit tout son poids; c'est-à-dire, qu'il tendroit autant à s'écarter de la Terre par sa *force centrifuge*, qu'à s'en approcher par sa *pesanteur*: un corps qui se mouvroit avec une telle vitesse, parcourroit 24339 pieds par seconde. *Huygens* a démontré encore (*c*), que les tendances à s'éloigner du centre, dans les corps qui se meuvent dans des grands cercles, sont entr'elles, comme les quarrés des vitesses de ces corps.

Mr.

(*a*) *Journ. des Sav.* année 1722, pag. 569.
(*b*) *Discours de la cause de la pesanteur*, Leide 1690, 4to. pag. 143.
(*c*) 3me Théorème *de Vi centrifuga.*

Mr. *de la Condamine* (dans un mémoire lû à l'Acad. des Sc. en 1757), partant du plus grand sillage des vaisseaux, qui est de 6 lieuës par heures, trouve que le vent le plus violent ne doit parcourir que 85 pieds par seconde. Estimation de la plus grande vitesse des vents par Mr. *de la Condamine.*

En supposant donc que le vent le plus violent peut occuper toute la hauteur de l'Atmosphère, ce qui est le cas le plus favorable à l'hypothèse que j'examine, le poids des colonnes en mouvement ne diminueroit que dans le rapport du quarré de 85 à celui de 24339, ou d'une $\frac{1}{81991}$ partie; & si le poids de ces colonnes transportées par le vent, étoit égal à celui de 28 pouces de mercure, l'abaissement du mercure dans le Baromètre produit par cette cause, ne seroit que la $\frac{1}{244}$ partie d'une ligne, quantité absolument insensible à nos yeux. Détermination de l'effet des plus grand vents sur le poids de l'air : Cet effet est insensible.

196. L'expérience est ici d'accord avec la Théorie, & c'est même par elle que j'ai été conduit à l'examen de l'hypothèse de Mr. *de Mairan.* Preuve tirée de l'expérience.

Les varietés que je remarquai dans le résultat de mes prémières observations rélatives à la mesure des hauteurs par le Baromètre, m'intéressèrent si vivement, que je ne négligeai aucune des idées qui me vinrent à l'esprit pour tenter d'en découvrir les causes. Une de ces idées à laquelle je m'arrêtai le plus, fut de rechercher l'effet de l'agitation de l'air; pensant alors qu'elle devoit avoir quelque influence sur la hauteur du Baromètre.

Il me parut d'abord, que quand la vitesse des vents étoit, par elle-même ou par la position des lieux, sensiblement inégale dans les diverses couches d'air comprises entre des stations que j'avois fixées sur le penchant d'une Montagne, les densités de ce fluide ne devoient pas conserver entr'elles les mêmes rapports que quand il étoit calme ou également agité. Il me sembloit, principalement, que quand le mouvement horizontal de l'air étoit beaucoup plus rapide depuis le pied de la Montagne jusqu'à son sommet, qu'il ne l'étoit au dessus, la différence de hauteur entre les Baromètres devoit être moins grande, que quand l'agitation étoit partout égale; parce que la pesanteur de la couche d'air qui produisoit la différence entre les deux hauteurs observées du mercure, & par conséquent cette différence elle-même, devoit être d'autant moindre, que cette couche étoit plus en mouvement. Je donnai une attention particulière

ticulière à la recherche des effets de cette cause, dont je ne revoquois point en doute l'existence; j'employai même un Anémomètre portatif que j'avois construit exprès, & je notai, aussi exactement qu'il me fut possible, la direction & la force des vents: cependant je ne découvris aucun effet qui pût être attribué avec certitude à cette cause.

Différences indiquées par M. *de Mairan* entre le vent du Sud & celui du Nord.

197. J'ai dit ci-devant (193), que dans le tems où Mr. *de Mairan* attribuoit à l'agitation de l'air les principales variations du Baromètre, il sentoit bien qu'on pouvoit lui objecter l'ascension du mercure par le vent du Nord. La solution qu'il donnoit de cette difficulté renfermoit l'indication de plusieurs causes de variation dans le poids de l'air propres aux diverses espèces de vents, indépendantes du mouvement horizontal, & qui par ces raisons demandent un examen particulier. Voici comment il s'exprime sur ce sujet.

„ Les vents de Sud, dit-il (pag. 44), doivent nous ap-
„ porter un air plus rare, & en moindre quantité "; 1°. parce qu'ils viennent d'un pays plus chaud, 2°. parce que l'Atmosphère est plus *mince* entre les Tropiques qu'au Nord, tant par sa figure que par celle de la Terre; l'Atmosphère devant être un sphéroïde allongé vers les Poles, & la Terre un sphéroïde applati dans le même sens: si donc les vents de Sud „ souflent hori-
„ zontalement, ils doivent abaisser & mettre à leur niveau la sur-
„ face de l'Atmosphère, qui par sa situation étoit auparavant plus
„ haute; les vents de Nord au contraire doivent pousser vers nous
„ un air plus dense, & en beaucoup plus grande quantité; & si
„ leur direction est de même parallèle à l'horizon, ils doivent
„ élever & mettre à leur niveau la surface de l'Atmosphère, par
„ le nouvel air qu'ils y entrainent. De plus, les vents de Sud sont
„ ordinairement les avant-coureurs de la pluie, ou règnent pen-
„ dant la pluïe; les vents de Nord au contraire ramènent le tems
„ sec, ou ne règnent guères que dans le tems sec: donc par
„ toutes les raisons qui en ont été dites ci-devant, le vent de
„ Sud se trouve joint avec un moindre poids d'Atmosphère, ou
„ absolu, ou rélatif, ou absolu & rélatif tout ensemble; & le vent
„ de Nord au contraire est lié avec des circonstances qui aug-
„ mentent ce même poids. Partant le Baromètre baissera ordi-
„ nairement pendant le Sud, & il se soutiendra ou s'élèvera mê-
„ me

„ me quelquefois pendant le Nord : il se soutiendra, si l'augmen-
„ tation de masse & de hauteur que le vent de Nord produit
„ dans la colonne d'air, qui fait équilibre au mercure, est égale
„ à la diminution de pesanteur rélative que le mouvement y
„ cause, il s'élévera, si cette augmentation est plus grande.

Il y a donc, suivant M. *de Mairan*, trois différences essentielles entre le vent du Nord & celui du Sud, qui concourent à la différence de leurs effets sur le Baromètre; savoir 1°. La différence de hauteur de l'Atmosphère dans les parties du monde d'où ces vents procèdent. 2°. La différence de l'air qu'ils transportent rélativement à la présence ou à l'absence des vapeurs : 3°. La différence de température. Je vais considérer séparément ces trois différences.

198. La différence de hauteur de l'Atmosphère dans les parties du monde d'où procèdent les vents du Nord & du Sud, est la prémière de celles que Mr. *de Mairan* indique entre ces deux vents rélativement à leurs effets sur le poids de l'air : c'est celle qui sert de fondement à l'hypothèse de Mr. *de la Hire* dont j'ai parlé ci-devant (137). Mais je crois avoir démontré, que si les variations du Baromètre étoient occasionnées par des différences dans la hauteur de l'Atmosphère, & que ces différences fussent produites par le transport alternatif de l'air du Nord vers l'Equateur & de celui de l'Equateur vers le Nord, les plus grands changemens de hauteur du mercure seroient entre les Tropiques comme aux Poles. Or il est certain par l'expérience, & Mr. *de Mairan* le reconnoit lui-même, que le Baromètre varie très-peu sous l'Equateur.

Ire. différ. fondée sur la hauteur de l'Atm. dans ces deux Part. du Monde.

Object. tirée du peu de var. du Bar. sous l'Equat.

En raportant le systême de Mr. *de la Hire* j'ai montré simplement qu'il n'étoit pas d'accord avec l'expérience, sans examiner le principe en lui-même; parce que se contentant de supposer l'allongement de l'Atmosphère vers les Poles, je n'aurois pu contester son hypothèse sans entrer dans une trop grande discussion. Mais Mr. *de Mairan* s'explique sur la cause de cet allongement, ce qui rend l'examen plus aisé, & m'engage à l'entreprendre : Voici comment il s'exprime.

„ Le tourbillon qui décrit l'orbe annuel autour du Soleil, ce
„ fluide quel qu'il soit qui entraine la Terre & l'Air doit pous-
„ ser les corps qu'il rencontre avec d'autant plus de force, que

Mr. *de Mairan* pensoit que l'Atm. devoit être allongée vers les Poles.

„ les surfaces qu'ils lui présentent sont moins inclinées, & plus „ perpendiculaires à la direction de son mouvement. Mais la „ Terre & l'Atmosphère supposées sphériques, doivent présen- „ ter au fluide qui les emporte des surfaces d'une infinité d'in- „ clinaisons & d'obliquités différentes; donc ce fluide les pous- „ sera avec une infinité de forces différentes, parmi lesquelles „ la plus grande de toutes sera celle qui agit sur le milieu de „ la Zone Torride, où la direction est perpendiculaire; & le „ choc des parties du fluide, qui heurteront d'autres endroits „ à côté, sera toûjours moins fort, à mesure qu'elles s'éloigne- „ ront davantage de ce milieu; ainsi il me paroît très-vraisem- „ blable, que le tourbillon qui entraine le Globe terrestre, „ agisse un peu plus sur l'Atmosphère de la Zone Torride, que „ sur celle des autres Zones, & qu'il oblige par-là l'air supé- „ rieur de s'échaper & de refluer vers les Poles. Cela posé, il „ est clair que l'Atmosphère sera plus mince entre les Tropiques „ qu'en aucun autre endroit "....

Examen de cette Hypothèse.

199. On voit d'abord que l'allongement supposé de l'Atmosphère vers les Poles n'est qu'une conséquence du systême des Tourbillons de *Descartes*: systême qui étoit encore admis par la plûpart des savans quand Mr. *de Mairan* & Mr. *de la Hire* ont écrit sur les variations du Baromètre. Mais depuis lors, le systême de la Gravitation universelle ayant prévalu par de bien bonnes raisons, & M. *de Mairan* lui-même l'ayant adopté (*a*), il n'y a plus lieu de donner à l'Atmosphère la figure d'un sphéroïde allongé. Par la Gravitation, la Terre & tout ce qui l'environne tend à s'approcher du Soleil en ligne droite; tandis que par une suite de l'impulsion qu'elle a reçuë primitivement, elle tend à s'échaper par des tangentes à son orbite: de là résulte son mouvement autour du Soleil; mais on n'y voit rien qui puisse comprimer l'Atmosphère sous l'Equateur & la repousser vers les Poles.

L'Atm. doit plutôt être applatie vers les Poles.

Cette cause d'extension de l'Atmosphère vers les Poles est donc au moins très-incertaine; tandis qu'il y a une cause très probable de son aplatissement dans le même sens. Par le mouvement diurne de la Terre, toutes les parties qui la composent & qui tournent avec elle doivent acquérir une force centrifuge

(*a*) *Suite des Mém. de l'Ac. des Sc.* pour l'année 1731, in 12 pag. 121. *Traité Phys. & Hist. de l'Aurore Bor.* Paris, 1754. 4°. pag. 96.

trifuge d'autant plus grande qu'elles se meuvent avec plus de vitesse: parconséquent la plus grande force centrifuge s'exerce sous l'Equateur; il n'est pas nécessaire de le prouver. Les parties solides du Globe ne peuvent plus obeïr à cette action; elles sont trop liées entr'elles: mais il est évident qu'elles s'y sont conformées dans le commencement du Monde, car il n'est plus douteux que la Terre ne soit un sphéroïde applati par ses Poles. Quant aux fluides, la force centrifuge doit affoiblir continuellement l'effet de leur pesanteur; & comme la prémière de ces causes agit plus puissamment entre les Tropiques qu'en aucune autre partie de la Terre, tandis qu'elle est nulle sous les Poles, il est naturel de penser que l'Atmosphère doit avoir une forme lenticulaire dont le plus grand cercle est dans le plan de l'Equateur. C'est la raison que Mr. *de Mairan* donne lui-même dans son excellent *Traité de l'Aurore Boréale*, de la forme sous laquelle paroit communément la *lumière Zodiacale* (*a*), qui n'est autre chose que l'Atmosphère solaire vûe de profil & par son tranchant (*b*). Dans le même Traité M. *de Mairan* pose aussi pour principe, que *tout fluide qui tourne actuellement avec les parties extérieures de la Terre, a d'autant plus de force centrifuge, qu'il se trouve plus près de l'Equateur* (*c*).

Il semble d'abord que si l'Atmosphère étoit plus épaisse sous l'Equateur que dans toute autre partie de notre Globe, la hauteur du mercure dans le Baromètre devroit y être aussi plus grande. Pour résoudre complettement cette difficulté, il faudroit entrer dans des détails qui m'écarteroient trop de mon sujet; d'ailleurs il suffit de considérer, que la même force qui fait élever l'air, diminuë sa pression sur la Terre; ou plutôt que l'air ne s'élève plus haut que parce qu'il pèse moins: ainsi toutes choses d'ailleurs égales, les colonnes de l'Atmosphère placées sous l'Equateur, ne pèsent pas plus sur la Terre, que les colonnes moins hautes qui reposent sur les Régions Polaires.

Je reviens à l'objet qui m'a fait entrer dans cette discussion, pour faire remarquer, que par la Théorie même, les vents du Nord devroient moins augmenter la hauteur de l'Atmosphère dans nos climats, que les vents du Sud; & que parconséquent la différence

Les vents du S. doivent plus augmenter la hauteur de l'Atm. dans nos climats que les vents du N.

(*a*) *ibid.* 1731 pag. 32. & 1754. pag. 25. (*b*) *ibid.* 1731 pag. 26 & 1754 pag. 20.
(*c*) *ibid.* 1731 pag. 133; 1754 pag. 105.

férence de hauteur de l'air dans les parties du Monde d'où ces vents viennent par rapport à nous, ne peut contribuer à la différence connue de leur effet sur le Baromètre.

IIme. différ. indiquée par Mr. de Mairan entre les vents du S. & ceux du N.

200. Avant d'examiner la seconde différence indiquée par Mr. *de Mairan* entre les vents du Nord & ceux du Sud, il est nécessaire de rapporter ce qu'il pense de l'effet que les vapeurs & la pluie produisent dans la pesanteur *rélative* de l'air.

l'agitation produite par les vapeurs dans l'air qui nous vient du Sud.

„ Selon les plus habiles Physiciens de ce siècle, dit-il, (pag. 16), „ ce sont principalement les vapeurs qui causent „ les vents, quoique ce ne soit pas elles seules qui les compo- „ sent. Au moins est-il certain que les vapeurs sont presque toû- „ jours accompagnées de vents. On sait aussi que la pluie n'est „ formée que de l'assemblage de plusieurs petites parcelles de „ vapeurs; ainsi en suivant l'analogie de la pluie aux vapeurs, „ des vapeurs au mouvement qu'elles causent dans l'Atmosphè- „ re, & de ce mouvement à la diminution du poids de la co- „ lonne d'air, qui fait équilibre au mercure: on en viendra à „ l'abaissement de ce mercure dans le Baromètre. Le tems étant „ donc disposé à la pluie, c'est-à-dire, les vapeurs dont elle „ va se former étant répandues dans l'air, & y causant de l'a- „ gitation, il faut nécessairement que la variation du Baromè- „ tre s'ensuive. Mais ce n'est pas seulement lorsqu'il doit pleu- „ voir, que le mercure descend, cela arrive souvent pendant „ la pluie même, du moins voit-on rarement alors que le mer- „ cure s'élève. La principale raison en est, selon moi, que la „ pluye est presque toûjours accompagnée de l'agitation de „ quelque partie de l'Atmosphère. Cette agitation est même „ très capable de la produire; car le vent venant à pousser les „ parcelles des vapeurs les unes contre les autres, les réduit à „ de petites goutes; & celles-ci se joignant encore, parviennent „ enfin à une assez grande pesanteur, à raison de leur surface, „ pour vaincre la force qui les soutenoit, & pour tomber en „ forme de pluie. Or, il y a apparence, qu'à mesure que la „ première pluie tombe, il s'en forme successivement de nou- „ velle; & qu'ainsi la cause pourquoi le Baromètre descend ou „ demeure assez bas pendant qu'il pleut, est la même qui le fai- „ soit baisser, lorsqu'il devoit pleuvoir. Si l'agitation cesse, „ & qu'il ne se forme plus de nouvelle pluie, le Baromètre „ monte, & prédit le beau tems. "

C'est

C'est cette influence des vapeurs & de la pluie sur la pesanteur de l'air que Mr. *de Mairan* indique dans le passage que j'ai cité dès l'entrée, lorsqu'il dit: „ les vents de Sud sont ordinai„ rement les avant-coureurs de la pluie, ou régnent pendant „ la pluie; les vents de Nord au contraire ramènent le tems „ sec, ou ne régnent guères que dans le tems sec: donc &c. " Mais il ne me paroît pas que les vapeurs ni la pluie puissent avoir cette influence.

Idée de quelques Physiciens sur la cause des vents.

L'idée des Physiciens, dont parle Mr. *de Mairan*, sur la manière dont les vents sont produits par les vapeurs, est tirée des effets de l'Eolipile, où l'eau réduite en vapeur par l'action du feu, déplace l'air & le fait sortir avec violence par un canal fort étroit. Les vapeurs peuvent donc produire une espèce de vent, dont la direction supposée de bas en haut pourroit soulever l'Atmosphère & diminuer son poids.

Production du vent par les vapeurs.

Transport des vapeurs par le vent qu'elles produisent.

Mais en admettant cet effet des vapeurs dans l'Atmosphère, il me semble qu'il faut y distinguer deux choses, savoir, la cause & l'effet du vent. Les vapeurs en se formant & montant dans l'Atmosphère, se glissent entre les particules de l'air, elles les écartent & les chassent de tous côtés; voilà selon eux la cause du vent. Mais les prémières vapeurs étant mêlées avec l'air cèdent avec lui à l'action des nouvelles vapeurs qui se forment continuellement; de là naît un courant d'air mêlé de vapeurs, dans lequel les particules des deux espèces ne doivent pas être plus agitées que ne le sont celles d'un courant d'air pur: c'est ainsi que le fluide élastique produit par la poudre à canon, après avoir écarté l'air quand il se débande, perd son activité propre & cède, comme l'air naturel avec lequel il se mêle, à toutes les causes qui leur impriment un mouvement commun. Il suit de là, que les vapeurs mêlées avec l'air que nous apporte le vent du Sud, ne sont pas une cause particulière de mouvement dans cet air; & que parconséquent il ne doit point y avoir de différence à cet égard entre le vent du Sud & celui du Nord. L'expérience prouve encore, qu'il n'y a pas une liaison immédiate entre la formation successive de la pluie & l'abaissement du mercure: car pour l'ordinaire le Baromètre baisse avant la pluie & remonte pendant qu'il pleut; c'est par là qu'il prédit: l'intervalle de tems qui s'écoule depuis la formation de la pluie dans les nues, ou depuis qu'elle cesse, jusqu'à-ce que ces effets soient

Elles ne sont pas par elles-mêmes une cause d'agitation dans l'air qu'elles transportent.

apperçus sur la terre, doit être si petit, qu'il ne peut entrer pour rien dans les prédictions du Baromètre.

IIIme *differ.* indiquée par Mr. *de Mairan* entre le vent du S. & celui du N. tirée de leur température.

201. La troisième différence que Mr. de *Mairan* indique entre le vent du Nord & celui du Sud rélativement aux variations du Baromètre, est une cause réelle de changement dans le poids de l'air; il s'agit seulement de déterminer ses bornes. J'ai déja parlé plusieurs fois de cette cause, & sur-tout en rapportant le systême de Mr. *le Cat*, qui paroit l'emploier seule à l'explication des Phénomènes (148); mais je me suis contenté jusqu'ici de montrer qu'elle ne peut produire les principales variations du Baromètre, puisque si cela étoit nous verrions nécessairement un bien plus grand rapport entre ces variations & celles des Thermomètres exposés en plein air. Je me proposois d'abord de m'en tenir à cette preuve qui me paroit suffisante; mais considérant que l'effet des variations de chaleur sur le poids de l'Atmosphère est un point de physique générale très intéressant en lui-même, je crois devoir entrer dans quelques détails qui contribueront peut-être à l'éclaircir.

Examen des effets de cette différence.

Je ne suis point étonné que Mr. de *Mairan*, Mr. *le Cat* & plusieurs autres Physiciens qui ont traité cette matière, aient attribué à la chaleur plus d'influence qu'elle n'en a réellement dans les phénomènes dont il s'agit ici: pour découvrir les vrais effets de cette cause, il falloit des expériences immédiates qu'ils n'ont pas eu occasion de faire, & auxquelles d'autres recherches m'ont conduit; elles serviront de base à ce que je vais dire sur cette matière.

Détermination de l'effet simple de la chaleur sur le poids de l'Atmosphère.

202. Je montrerai dans la suite, par le résultat d'un grand nombre d'expériences, qu'une variation d'un degré sur un Thermomètre à mercure divisé suivant Mr. *de Réaumur*, correspond à un changement d'$\frac{1}{215}$ dans la densité actuelle de l'air (607). Supposons pour plus de commodité, que le changement absolu pour chaque degré du Thermomètre est toûjours le même, & qu'il a lieu dans une colonne d'air qui soutient 27 pouces de mercure: alors une variation d'un degré dans le Thermomètre qui affectera toute l'épaisseur de l'Atmosphère sans changer la hauteur de ses colonnes, fera varier d'une 215eme. partie ou d'1 lig. $\frac{1}{2}$ celle du mercure dans le Baromètre. Ce fondement paroit d'abord très simple; il semble annoncer qu'on peut réduire

duire au calcul les effets de la chaleur sur le poids total de l'air: mais il se combine le plus souvent avec d'autres circonstances qui rendent ce calcul impossible. C'est cependant un terme de comparaison nécessaire; il nous indique le plus grand effet que la chaleur produiroit sur le poids des colonnes d'air quand elle les affecteroit dans toute leur hauteur; & il peut nous diriger dans la recherche des effets combinés de cette cause & d'un grand nombre d'autres qui agissent avec elle dans l'Atmosphère. Je vais indiquer quelques-unes de ces combinaisons.

Cet effet souffre des limitations.

203. Les grandes augmentations de chaleur de l'Atmosphère n'ont ordinairement lieu que dans sa partie inférieure: Au plus fort de l'Eté, le haut des Alpes reste couvert de glace & de neige; aucun arbre, pas même le sapin, n'y croit au dessus de sept à huit cents toises d'élévation, à compter des plaines voisines: Les vents ou d'autres causes accidentelles transportent souvent leurs semences à de plus grandes hauteurs; quelquefois elles y germent & produisent de petits arbustes; mais ils sont défigurés & périssent bientôt. La raréfaction de l'air influe sans doute dans cet effet; mais le peu de chaleur y contribue beaucoup: car les arbres & les plantes de diverses espèces croissent à une plus grande élévation & en plus grande quantité dans les faces tournées au Midi, que dans les expositions différentes. Cette diminution de chaleur de bas en haut, n'est pas particulière aux Alpes; elle tient à la constitution générale de l'Atmosphère; puisque dans la Zone torride & sous l'Equateur même, le haut des Cordelières est constamment couvert de neige. Il est essentiel encore de remarquer, que dans nos climats on n'éprouve pas de bien plus grands froids en hiver sur les montagnes que dans les plaines: c'est ce dont je suis instruit, tant par ma propre expérience, que par le témoignage des habitans des Alpes, où j'ai souvent voyagé en hiver. La seule différence ordinaire qu'il y ait entre les hautes montagnes & la plaine quant au froid, & qui fortifie ce que je me propose d'établir, c'est qu'il est constant en hyver sur les prémières, que l'air y est très rarement échauffé même par le vent du Sud, & qu'on n'y connoit presque point ces vicissitudes de température qu'on éprouve dans la plaine ou sur les montagnes moins élevées. Il est donc certain, que les variations de température sont ordinairement petites au sommet des hautes montagnes; & il ne l'est

Ie. *limit.* Les grandes variat. de chaleur ne se font que dans le bas de l'Atm.

Ses variat. sur les hautes montagnes.

l'eſt pas moins que l'étendue de ces variations croit en deſcendant ou décroit en montant. J'ai été un très grand nombre de fois ſur une montagne peu diſtante de Genève, dont le ſommet aſſez étendu eſt élevé de 4 à 500 toiſes au deſſus de la Plaine; j'ai parcouru ce ſommet pendant des journées entières au plus fort de l'Eté, & je n'y ai jamais vu le Thermomètre plus haut de 17 deg. $\frac{1}{2}$, tandis qu'il étoit en bas de 25 à 28 degrés: j'ai été auſſi quelquefois ſur cette montagne en Hiver; il n'y faiſoit pas plus froid qu'à la Plaine.

Variations de la chaleur ſur les montagnes peu élevées.

Voici une preuve plus directe du peu de changement qui ſe fait dans la température des parties ſupérieures de l'Atmoſphère. J'ai beaucoup d'obſervations du Baromètre & du Thermomètre expoſé à l'air libre, dans la Plaine, faites en diverſes ſaiſons, dans des tems où le Baromètre étoit fixe; c'eſt-à-dire, que pluſieurs jours de ſuite il s'étoit tenu à peu près au même point à la même heure: ces obſervations, deſtinées à un autre objet, ont été faites chaque fois de quart d'heure en quart d'heure depuis le lever du ſoleil juſqu'au ſoir (595). J'ai combiné toutes ces obſervations en prenant dans chaque jour les plus grandes différences de température & de hauteur du Baromètre; & j'ai trouvé, que de la moindre à la plus grande chaleur du jour, la différence moyenne de température avoit été 9 deg. $\frac{1}{3}$ & celle de la hauteur du Baromètre ſeulement $\frac{11}{16}$ de ligne dont il étoit plus bas quand la chaleur étoit la plus grande. Je ne donne pas ce réſultat comme abſolument exact; il eſt poſſible que la tendance moyenne du Baromètre dans ces obſervations fût plutôt de monter que de deſcendre, indépendamment des variations de température; mais on va voir que l'erreur ne pourroit être que de petite conſéquence rélativement à l'écart qui réſulte de la comparaiſon de cet effet avec celui que devroit produire une augmentation de chaleur qui affecteroit toute la hauteur de l'Atmoſphère en même tems. J'ai dit ci-devant que dans ce cas, une variation d'un degré de chaleur produiroit un changement d' 1 lig. $\frac{1}{2}$ dans la hauteur du Baromètre; ainſi pour 9 deg. $\frac{1}{3}$ d'augmentation de chaleur, le Baromètre auroit dû baiſſer de 14 lignes, au lieu de $\frac{11}{16}$ de ligne. On pourra voir dans la ſuite qu'une augmentation de chaleur de 9 deg. $\frac{1}{3}$ qui affecteroit dans toute ſa hauteur la couche d'air compriſe depuis le niveau de la Plaine juſqu'à environ 2000 pieds d'élévation,

Celles qu'on obſerve dans la Plaine comparées aux variations du Baromètre de la nuit au jour.

vation, suffiroit pour faire baisser le Baromètre de $\frac{11}{18}$ de ligne, en supposant même, que le tiers de la matière qui sortiroit de l'enceinte primitive de chaque colonne par sa dilatation, s'employeroit à augmenter sa hauteur. Il est donc évident que les variations de température vont beaucoup en décroissant de bas en haut dans l'Atmosphère; & ce qu'il y a de très intéressant encore à remarquer dans les observations qui me fournissent cette preuve, c'est que l'augmentation de chaleur de la nuit au jour étant produite par la présence du soleil dont les rayons traversent toute l'épaisseur de l'air, ces observations prouvent en même tems, que les couches supérieures de l'Atmosphère sont très peu susceptibles de s'échauffer (678).

Estimation des effets de la chaleur sur le poids de l'Atmosphère.

On peut tirer de la réunion de tous ces faits deux conséquences essentielles dans la matière que je traite: la première, que nous éprouvons souvent des vicissitudes de chaleur dans la Plaine, qui n'ont pas lieu à de plus grandes élévations, surtout en hiver: la seconde & la plus importante, que l'étendue des variations de chaleur est d'autant moins grande dans une couche donnée de l'Atmosphère, que cette couche est plus élevée. Je crois donc pouvoir supposer, qu'ordinairement la somme de toutes les variations de chaleur qui se font en même tems dans une colonne de l'Atmosphère, n'excède pas la somme de celles qui se feroient dans une hauteur de 2550 toises au dessus de la Plaine, en supposant que celles-ci seroient toutes égales à celle qui se fait au bas de la colonne. Or le Baromètre étant supposé à 27 pouces au pied de cette colonne, il seroit à peu près à 15 pouces à la hauteur de 2550 toises (576): il n'y auroit donc que les $\frac{12}{27} = \frac{4}{9}$ de la masse de la colonne qui éprouveroient les variations de la chaleur; & suivant ce que j'ai dit ci-dessus (202), un changement d'un degré sur le Thermomètre n'indiqueroit qu'une variation de deux tiers de ligne dans la hauteur du Baromètre placé sous cette colonne; c'est-à-dire qu'il faudroit une variation d'1 deg. $\frac{1}{2}$, dans la chaleur indiquée par le Thermomètre, pour faire changer d'1 ligne la hauteur du Baromètre: j'adopte ici un rapport déterminé pour un rapport indéterminé & très variable; mais je ne crois pas m'écarter beaucoup du rapport moyen. Donc, quand le Baromètre baisse d'1 ligne, si cet abaissement est produit par l'augmentation de chaleur, il faut qu'en même tems le Thermomètre observé dans

l'air libre à la Plaine monte d'1 deg. $\frac{1}{2}$. On a déja pû voir, & l'on verra mieux encore dans la suite, que cette détermination regarde autant pour l'ordinaire les effets des vents du Sud, que ceux de toute autre cause de changement de température. Je passe à d'autres modifications des effets de la chaleur sur le poids de l'Atmosphère.

IIe. *limit.* L'équilibre des colonnes d'air considéré dans le passage de l'Hiver à l'Eté:

204. Dans le passage de l'Hiver à l'Eté, l'augmentation totale de chaleur se fait très lentement; & comme à mesure que l'air devient plus rare sa pesanteur diminue, il doit s'élever nécessairement pour se mettre en équilibre avec les parties de l'Atmosphère qui ne sont pas autant échauffées par le soleil; & comme les colonnes les plus élevées se versent continuellement sur leurs voisines, cette circulation est une des principales causes des vents. C'est sans doute par cette raison que le Baromètre ne baisse pas en Eté autant que l'exigeroit le changement de température; les colonnes d'air sont alors moins denses, mais elles sont plus hautes, ce qui fait une compensation.

& de la nuit au jour.

Il n'en est pas tout-à-fait de même dans les changemens de température du jour à la nuit; ils se succèdent trop promptement pour que les colonnes d'air plus ou moins échauffées se mettent absolument en équilibre entr'elles: c'est par cette raison, abstraction faite des autres causes, que le mercure descend pendant le jour dans les Baromètres de la Plaine, & qu'il y remonte pendant la nuit (528 & 530).

Effet de la différente température des vents:

205. Venons maintenant aux différences de températures produites par les Vents. Je conviens d'abord que le degré de densité de l'air qu'ils transportent doit influer sur la hauteur de la colonne du Baromètre; parce que dans cette agitation de l'Atmosphère l'équilibre ne peut se rétablir: Je crois aussi, que quand un vent du Sud succède à un vent du Nord en hiver, ou en général à un tems froid, le poids de l'air doit diminuer sensible-

(*a*) Voici une preuve de ce qui est dit dans le texte, que les grandes variations du Baromètre en Hiver ne sont produites qu'en partie par les changemens de température de l'air. Au commencement de Décembre 1763. j'eus occasion de traverser le Jura par un fort beau tems; le Baromètre se tenoit à Genève à 27 pouc. 4 lig. La température étoit pendant la nuit sur la montagne à 8 degrés de Mr. *de Réaumur* au dessous de zéro; l'air s'y réchauffoit beaucoup pendant le jour: la Plaine étoit couverte de brouillards, & par cette raison le Thermomètre s'y tenoit assez constamment à un degré au dessous de zéro (698.) Cet état de l'air se maintint sans aucun changement remarquable jusqu'au 10e. du même mois; le Baromètre commença à baisser alors par un petit vent de Sud qui réchauffa l'air au-dessus des brouillards, les dilata & les fit élever. Le Baromètre

ſiblement à cauſe du changement qui arrive alors dans la température : c'eſt par cette raiſon ſans doute que les plus grands abaiſſemens du mercure ſe font dans ces circonſtances. Mais il eſt aiſé de voir par ce que j'ai dit ci-deſſus des effets de la chaleur ſur l'Atmoſphère, que les changemens de ſa température ne peuvent occaſionner qu'une partie de ces grandes variations du Baromètre (*a*) : car quand le mercure s'abaiſſe en peu de tems de 12 & même de 18 lignes, il faudroit que la chaleur eût augmenté dans la plaine de 18 degrés dans le premier cas & de 27 degrés dans le dernier. Souvent auſſi la chaleur augmente ſenſiblement en hiver, même par le vent du Sud, ſans que le Baromètre deſcende; & il deſcend quelquefois, quoique la chaleur diminue ; ce dernier changement arrive quand un vent Nord-Oueſt ſuccède à une ſuite de beaux jours. Ainſi les variations du Baromètre ſont peu correſpondantes aux changemens de température, dans la ſaiſon même où ces changemens ſont les plus grands & les plus favorables à l'hypothèſe que j'examine, parce que le vent du Sud, en faiſant baiſſer le Baromètre, occaſionne le plus ſouvent une augmentation de chaleur.

Elle ne ſuffit pas ſeule pour expliquer les phénomènes, même en hiver;

206. Mais c'eſt particuliérement en Eté que le peu d'accord entre les changemens de la chaleur de l'air & ceux de la hauteur du mercure dans le Baromètre deviennent le plus ſenſibles. Dans cette ſaiſon, les jours ſont plus longs dans nos climats & vers le Nord, qu'ils ne le ſont entre les Tropiques ; & cette longueur des jours compenſe tellement la moindre élévation du ſoleil, que nous éprouvons des chaleurs à peu près auſſi grandes que les habitans de la Zone torride. Nous devons cette comparaiſon à M. *de Réaumur* ; il a pris ſoin de raſſembler un grand nombre d'obſervations de chaleur faites en divers Climats, & de les publier chaque année dans les mémoires de l'Académie

moins encore en Eté.

mètre continua à baiſſer juſqu'au 13e. & fut au matin de ce jour là plus bas que je ne l'ai jamais vu à Genève, il y étoit à 25 p. 10 l. & trois quarts. (*724 note*). Le Baromètre baiſſa donc dans trois jours de 17 lig. un quart, ce qui ſuppoſeroit une augmentation de chaleur de 25 deg. ſept huitiémes par le rapport établi ci-deſſus, & qui pourroit être beaucoup modifié dans ce cas ſans qu'il ceſſât de prouver en faveur de ma thèſe ; car en combinant la température moyenne dans l'eſpace des 24 heures à la montagne avant l'abaiſſement du Baromètre, avec celle de la Plaine où j'étois pendant cet abaiſſement, la variation totale de chaleur ne fut que de 5 à 6 degrés ; & ce préſage menaçant du Baromètre fut ſuivi d'un peu de neige qui tomba par un vent Nord-Oueſt, auquel le Sud vint s'oppoſer enſuite ; tellement que la neige fut balotée par ces deux vents.

depuis 1733 jusqu'en 1740; il est utile d'en donner ici un extrait.

Observations qui indiquent le degré de chaleur de la Zone-torride.

(a) Mr. *Cossigny* partit le 1r. Janvier du port de *l'Orient* pour les *Isles de France & de Bourbon*; il passa la Ligne le 25. Février à 353°. de longitude, & depuis 4°. de latitude Nord jusqu'à 4°. de latitude Sud, qui fut l'intervalle où il éprouva la plus grande chaleur, son Thermomètre ne monta qu'à 26 degrés de M. *de Réaumur*: On étoit alors bien près de l'Equinoxe du Printems, & par conséquent d'une des saisons où le soleil darde ses rayons à plomb sous la Ligne. Mr. *Cossigny* continua ses observations pendant toute cette année-là dans les *Isles de France & de Bourbon*; il étoit dans cette dernière Isle au mois de Déc., & comme elle est à peu près à 20°. de latitude Sud, c'étoit alors son Eté: cependant le Thermomètre n'y monta qu'à 26 deg. $\frac{3}{4}$. Mr. *Cossigny* passa au mois de Janvier à *Madagascar*, & il resta depuis le 10me. du même mois jusqu'au 4me. Mars dans une baye de cette Isle à 15°. 44" Sud; & pendant tout ce tems, la plus grande chaleur fut à 26 degrés. (b) En Janvier & Février 1734 Mr. *Cossigny* vit quelquefois son Thermomètre à 27 deg. dans l'*Isle de Bourbon*, & en Mars à 28 degrés; ce fut la plus grande chaleur de toute l'année dans cette Isle. (c) Revenant en France en 1735, il passa la Ligne le 24me. Mai à 358°. de longitude, & le Thermomètre ne monta qu'à 24 deg. $\frac{1}{3}$. Le 6e Juin il se trouva à la hauteur du *Sénégal*, & la chaleur ne fut que 21 degrés: on verra bientôt pourquoi je rapporte cette observation. En arrivant au Port de l'*Orient* le Thermomètre de Mr. *Cossigny*, qu'il tenoit de Mr. *de Réaumur* lui-même, se rompit. (d) Le 14me. Mars 1736, il repartit du Port de *l'Orient* pour l'*Isle de France* avec d'autres Thermomètres; le 10me. Avril il dépassa le *Sénégal* par une chaleur de 19 degrés: en passant la Ligne le 27e. Avril à 358°. de longitude, son Thermomètre ne fut qu'à 22 degrés. Il arriva à l'*Isle de France* le 6e. Juillet, il y observa le Thermomètre pendant le reste de l'année, il le vit sur la fin de Décembre à 24 degrés, & ce fut la plus grande chaleur. Mr. *de Réaumur* rapporte dans ce Mémoire des observations faites pendant la même année à *Pondicheri* par un Père Capucin à

(a) *Mém. de l'Ac. des Sc.* année 1733.
(b) année 1734.
(c) année 1735.
(d) année 1736.

à qui Mr. *Cossigny* avoit envoyé un de ses Thermomètres. *Pondicheri* est situé dans la Presqu'isle Orientale de l'Inde à environ 7°. de latitude Nord: le Thermomètre s'y tint en 7bre. à 28 deg. $\frac{3}{4}$. (*a*) La plus grande chaleur observée à l'*Isle de France* en 1737, toûjours par Mr. *Cossigny*, fut au mois de Janvier à 27 deg. $\frac{3}{4}$. A *Pondicheri* elle fut le 7me. Juin à 32 deg. $\frac{1}{2}$. Mr. *de Réaumur* fait mention dans ce Mémoire d'un passage de la Ligne au mois de Mars, où la chaleur n'excéda pas 26 degrés. (*b*) Dans l'année 1738 la plus grande chaleur fut à 32 deg. $\frac{1}{3}$ en May à *Pondicheri*, & à 26 deg. en Janvier à l'*Isle de France*. Dans le Mémoire de cette année Mr. *de Réaumur* rapporte des observations faites dans l'Isle du *Sénégal*, qui indiquent à la vérité de bien plus grandes chaleurs: quoique la latitude de cette Isle soit plus grande de 7°. que celle de Pondicheri, le Thermomètre s'y tint à 38 deg. $\frac{1}{4}$ le 12me. Avril à 3 heures après midi. Mais en comparant cette observation à toutes celles que j'ai rapportées jusques ici, & particuliérement à celles qui ont été faites dans la même saison, à la même latitude & à peu de distance de cette Isle, il est indubitable que s'il n'y a point d'erreur, cet excès de chaleur est dû à quelque circonstance locale: par exemple, l'observateur indique qu'il faisoit alors un vent d'Est; or ce vent pouvoit avoir traversé quelque désert d'Afrique, & cette circonstance, réunie peut-être avec la position du lieu, produisoit cet excès de chaleur, qui, s'il est réel, ne fait qu'une exception; on en verra bientôt une autre preuve: quelque cause locale peut avoir influé de même dans les observations faites à *Pondicheri*. (*c*) En 1739 Mr. *Cossigny* observa encore le Thermomètre à l'*Isle de France* pendant l'Eté de ce Païs-là, & la plus grande chaleur fut à 25 deg. $\frac{1}{3}$ au mois de Janvier. Il s'embarqua le 10me Juillet pour l'Inde, & le 24e. Aoust il arriva à la Rade de *Pondicheri*: Dans ce voyage il traversa la Ligne pour la quatriéme fois, & la plus grande hauteur où s'éleva la liqueur du Thermomètre fut de 25 degrés le 22e. Aoust. (*d*) En 1740. Mr. *Poligny* allant aux Indes Orientales fit une station à *St. Jago*, l'une des Isles du *Cap verd*, qui est à peu de distance du *Sénégal*, & à peu près à la même latitude; il observa

(*a*) *Mém. de l'Ac. des Sc.* année 1737.
(*b*) année 1738.
(*c*) année 1739.
(*d*) année 1740.

va le Thermomètre dans cette Isle le 16 Mars à 2 heures après midi, & il le trouva à 21 degrés. Les recueils de Mr. *de Réaumur* cessent ici; ils suffiroient pour nous donner des idées plus justes qu'on ne les a communément du degré de chaleur qu'on éprouve dans la Zone torride. Mais rien n'est plus capable de diriger notre jugement à cet égard, que les observations de Messieurs les Académiciens de Paris, faites pendant leur séjour en Amérique pour mesurer quelques degrés du Méridien près de l'Equateur. Dans le cours de sept années consécutives qu'ils ont passées au Pérou, la plus grande chaleur qu'ils ayent éprouvée, même sur la côte, n'a pas excédé 29 degrés du Thermomètre de Mr. *de Réaumur*. Ce qu'il importe le plus de remarquer dans leurs observations, c'est que la chaleur diminue considérablement en montant sur les *Cordilières*: à *Quito*, par exemple, qui est élévé au dessus de la mer de 1462 toises, & où ces Messieurs ont fait un long séjour, la chaleur n'excédoit pas 10 degrés le matin, & 17 deg. $\frac{1}{2}$ le soir. Lorsqu'ils furent au sommet de la montagne de *Pitchincha*, élevée d'environ 2300 toises sur le niveau de la Mer, malgré le soin qu'ils prirent de se renfermer dans une petite cahute presque remplie par huit ou dix personnes, & dans laquelle ils avoient beaucoup de lumières & de réchauds de feu, l'eau geloit sur leur table en moins d'un quart d'heure (*a*). Enfin, Mr. *de la Condamine* nous apprend, qu'à la hauteur de 2440 toises, la neige ne fond jamais sur ces Montagnes (*b*).

Température des lieux élevés dans la Zone torride.

Conséquences.

207. De toutes les observations que je viens de rapporter, & de beaucoup d'autres qu'on pourroit y joindre encore, il résulte; 1°. Que la principale différence entre nos climats & ceux qui sont renfermés entre les Tropiques par rapport à la chaleur, n'est pas dans son intensité, mais dans sa durée; elle varie peu dans la Zone torride, au lieu que dans la nôtre elle diminue beaucoup en Hiver. 2°. Que la chaleur est beaucoup moins grande en Mer que dans les Terres. 3°. Que dans les Terres même, où la chaleur est la plus constante, elle diminue beaucoup dès qu'on s'élève au-dessus des plaines. 4°. Que nous éprouvons en Eté des

(*a*) Voyez *Observ. du Therm. &c.* par Mr. *de Réaumur*; Mém. de l'Académ. des Sc. année 1736.

(*b*) *Mesure des trois premiers degrés du Méridien dans l'Hémisphère austral*; Paris 1751. 4°. pag. 54.

des chaleurs aussi grandes que la chaleur moyenne de la Zone torride. 5°. Enfin que notre Eté étant une des saisons de l'année où la chaleur diminue le plus entre les Tropiques, il est probable qu'elle n'y égale pas dans cette saison, celle que nous éprouvons quelquefois. Donc le vent du Sud, & surtout le vent Sud-Ouest qui traverse moins de Terres, ne doivent pas toûjours réchauffer nôtre air en Eté: c'est la conclusion générale que je tire des observations que j'ai rapportées ci-dessus, & qui est confirmée par l'expérience. Je vais maintenant en tirer des conséquences rélatives à notre objet.

Les vents du Sud ne doivent pas toujours réchauffer notre air en Eté.

La chaleur n'étant pas constante en Eté dans nos climats, les vents du Sud & du Sud-Ouest doivent produire des changemens différens dans la température. Le plus souvent quand ils succèdent au Nord-Est, ils réchauffent l'air; c'est alors qu'ils font le plus baisser le Baromètre: ce cas a du rapport aux changemens qui arrivent en hiver & dont j'ai parlé. Quelquefois aussi quoique l'air soit calme, la chaleur augmente avant la pluie; c'est un cas différent dont je parlerai dans la suite; mais dès que la pluie commence à tomber, l'air se rafraichit considérablement (720): cet effet se produit jusques sur les plus hautes montagnes, où il tombe même souvent de la neige quand le vent est à l'Ouest ou au Nord-Ouest. Le Baromètre ne monte pas par cette diminution de chaleur, au contraire il continue à descendre; & quand il remonte, l'air se réchauffe par le retour du beau tems. Mais voici ce qu'il importe le plus de considérer. Quand par la constance du beau tems, par la longueur des jours & la briéveté des nuits, la chaleur est parvenue dans nos climats au point d'égaler & surpasser même celle de la Zone torride, les vents du Sud & du Sud-Ouest surtout ne peuvent réchauffer notre air; aussi ne le font-ils pas: Dès que ces vents commencent à régner, la chaleur diminue, & cependant le mercure descend insensiblement dans le Baromètre; les vapeurs s'accumulent dans l'air, les nuages se forment, il pleut, la grande chaleur cesse, une fraicheur incommode lui succède quelquefois; la grèle nous prouve souvent que les régions supérieures de l'air sont bien moins échauffées que la nôtre (712), & cependant le mercure reste abaissé dans le Baromètre jusqu'au retour du beau tems, que nous devons pour l'ordinaire au Nord-Est. Ce phénomène me paroit inexplicable par la différence de température.

Comparaison des var. du Barom. avec celles de la chaleur produites par les vents en Eté.

Effet des vents du Sud dans les grandes chaleurs.

Les

Effet des vents d'Oueſt, Nord-Oueſt & Nord.

Les vents du Sud & du Sud-Oueſt ne ſont pas les ſeuls qui faſſent baiſſer le mercure en Eté ; les vents d'Oueſt, de Nord-Oueſt, quelquefois même le vent du Nord, produiſent un effet ſemblable : ces vents, & principalement les deux derniers, ne ſont pas plus chauds que le Nord-Eſt dans cette ſaiſon ; celui-ci cependant fait élever le mercure dans le Baromètre ; mais il nous apporte un air ſec, tandis que les autres produiſent la pluie ; voilà ſans doute la différence eſſentielle qui eſt entr'eux, c'eſt ce que je ferai voir ; leur température ne peut y entrer pour rien lorſqu'elle eſt égale, & elle l'eſt preſque toûjours.

Je me ſuis beaucoup étendu ſur l'hypothèſe de M. *de Mairan*, parce que je l'ai trouvée propre à marquer aſſez préciſément ce qu'il me paroit qu'on n'a pas encore expliqué des variations du Baromètre. Ce Phyſicien célèbre avoit réuni dans ſon hypothèſe les cauſes de changement dans la peſanteur de l'air qui ont toûjours paru les plus puiſſantes ; mais en les comparant attentivement avec des expériences immédiates & avec les phénomènes, j'ai ſenti le vuide qu'elles laiſſent dans les explications, & j'ai cru devoir l'indiquer.

Pluſieurs Phyſiciens ont penſé que les vapeurs s'élèvent dans l'air quand leur peſant. ſpécifiq. eſt moindre que la ſienne ; & réciproquement.

On a vu dans le commencement de ce Chapitre, que les premiers Phyſiciens qui réfléchirent ſur cette matière, poſèrent pour principe général, que le mélange des vapeurs avec l'air augmente ſon poids, & qu'après leur chute il diminue. Perſuadés de la ſolidité de ce principe, ils crurent voir que la plus grande hauteur du mercure étoit l'indice de la pluie. L'expérience détruiſit bientôt cette erreur ; on reconnut que la plus grande hauteur du mercure étoit l'indice du beau tems. Il falut donc changer de principe : Pluſieurs Phyſiciens penſérent alors, que les vapeurs étoient ſoutenues dans l'air quand leur peſanteur ſpécifique étoit moindre que la ſienne, & qu'elles retomboient quand le rapport de ces peſanteurs ſpécifiques devenoit oppoſé. Conduits par cette idée, ils cherchèrent les cauſes de ces changemens de peſanteur rélative ; & de là naquirent les divers ſyſtêmes que j'ai examinés.

Mais ce Principe a été com-

Mais l'aſcenſion des vapeurs par leur *légèreté* ne fut pas généralement

ralement admise. On a vû que le Docteur *Wallis* la contestoit, & que Mr. *Woodward* avoit recours à une impulsion des vapeurs contre l'air, pour expliquer les phénomènes du Baromètre. Plusieurs Physiciens ont écrit depuis lors, pour prouver que les vapeurs, malgré leur ascension, restent toûjours spécifiquement plus pesantes que l'air; comme les molécules des métaux restent spécifiquement plus pesans que les menstrues dans lesquels ils sont soutenus par la dissolution. Pour ne pas entrer dans de trop grands détails sur cette matière, je me bornerai à l'examen d'une des hypothèses fondées sur ce principe; c'est celle que Mr. *Hamberger* a adoptée dans ses *Elémens de Physique* (*a*).

battu par d'autres Physiciens.

Hypothèse de Mr. HAMBERGER.

209. Mr. *Hamberger* pose pour principe fondamental, que les vapeurs ne peuvent devenir plus légères que l'air, par aucune cause, & que parconséquent elles ne peuvent monter dans l'air par l'excès de pesanteur spécifique de celui-ci sur elles (*b*). Il regarde la formation des vapeurs comme une sorte de dissolution de l'eau par l'air à la façon des menstrues; & il attribue leur ascension au mouvement des particules ignées, qui se portent vers l'air plus froid que l'eau, & qui passent de la partie inférieure de l'Atmosphère à la supérieure, lorsque celle-ci est moins chaude que la prémière. Suivant lui ces particules de feu entrainent celles de l'eau par le mouvement qu'elles leur impriment, quoique les dernières soient plus pesantes que l'air. Il en donne pour preuve les parcelles de fer qui se détachent d'un fer rouge, quand on le retire des charbons ardens, & les globules qu'on voit s'élancer hors des liqueurs qui sont prettes à bouillir. Ces particules d'eau qu'il conçoit monter avec rapidité par l'impulsion des particules ignées, heurtent à leur tour contre l'air, dont elles suspendent ainsi la pression sur la Terre: le Baromètre doit donc baisser pendant cette ascension. Et comme ces particules d'eau sont la matière de la pluie, l'abaissement du mercure qui résulte de leur introduction dans l'air, doit ordinairement la présager.

Mr. *Hamberger* est un de ceux qui ont cru que les vapeurs étoient spécifiquement plus pes. que l'air.

Il attribue la formation des vapeurs à une dissolution, & leur ascension à l'impulsion du fluide igné.

Cette impulsion doit affoiblir la pression de l'air & faire baisser le mercure.

(*a*) Georg. Erhardi Hambergeri Philos. & Medic. Doctor. Elementa Physices &c. *Editio tertia, Jenæ* 1741. 8°.

(*b*) Ibid. §. 477. schol. 1.

Cette hypoth. se rapproche de celle de Mr. *Woodward* quant à l'action des vapeurs:

210. Cette hypothèse se rapproche beaucoup de celle de Mr. *Woodward* quant à la cause prochaine des variations du Baromètre; mais elle est moins complette, & les conséquences découlent moins des principes. Mr. *Woodward*, par sa supposition des vapeurs souterraines, indique une cause toûjours prette à opérer; au lieu que Mr. *Hamberger*, n'admettant point cette prémière cause, est réduit aux vapeurs qui s'élèvent de la surface du Globe. Or je demande, comment il est possible que dans le milieu des grands Continens, & après de longues sécheresses, la Terre, & même les Lacs & les Rivières, puissent produire assez de vapeurs, pour que par leur ascension elles fassent baisser le Baromètre, & pour que leur chute produise des pluies abondantes? Comment se peut-il même qu'en hiver, tandis que les pores de la terre sont bouchés par la gelée, il s'élève assez de vapeurs pour produire la grande abondance de neige qui tombe quelquefois durant plusieurs jours?

Mais elle est moins propre à expliquer la production d'une quantité suffisante de vapeurs.

Mr. *Hamberger* essaie de supléer au manque de vapeurs dans son hypoth.

211. Mr. *Hamberger* a senti cette difficulté, & pour la prévenir, il a donné une explication particulière de la formation des pluies qui tombent après de longues sécheresses. „ L'air, dit-il (§. 485) „ entant que fluide grave, élastique, & actuellement comprimé autour de la Terre, ne se tient en repos „ qu'autant qu'il résiste partout également. Il se porte donc par „ un mouvement progressif, 1°. d'un lieu où il est plus échauffé, „ & parconséquent plus élastique, vers un lieu moins chaud où „ l'air est moins élastique: 2°. d'un lieu où les vapeurs ne montent pas, vers celui où les vapeurs montent & où l'air pèse „ moins par cela même: 3°. d'un lieu où les vapeurs étant „ montées, & restant ensuite immobiles, rendent l'air plus „ pesant, vers un lieu où la même cause n'agit pas, & où parconséquent l'air est moins pesant. " C'est par cette dernière „ cause de mouvement dans l'air, que Mr. *Hamberger* croit qu'il peut pleuvoir après de grandes sécheresses. Il suppose donc, que l'air des grands Continens n'étant pas chargé de vapeurs, cède à l'air qui couvre les Mers, devenu plus pesant que le premier par les vapeurs qu'il renferme.

Son systême est insuffisant dans les principes, & manque dans l'application.

212. Le systême général de Mr. *Hamberger*, comme la plupart des autres, renferme deux choses qui le rendent insuffisant; savoir les principes, & leurs conséquences. Je regarde d'abord comme un principe mal fondé, l'excès de pesanteur spécifique

cifique des vapeurs comparées avec l'air; & quoique cette idée lui soit commune avec plusieurs savans, je ne vois rien de mieux prouvé en Physique que l'idée contraire. Je n'entreprendrai pas de le démontrer ici, parce que ce point faisant une partie essentielle de mon hypothèse particulière sur la cause des variations du Baromètre, je me reserve de le traiter séparément: il me restera d'ailleurs assez d'autres objections à faire contre l'hypothèse de Mr. *Hamberger*.

L'expérience est contraire à l'impulsion des vapeurs par le fluide igné.

213. Suivant cet auteur, les particules ignées ne se meuvent jamais, que pour passer d'un lieu plus chaud dans un autre qui l'est moins, & parconséquent elles ne peuvent entrainer avec elles des particules d'eau, que dans les cas où celle-ci est plus chaude que l'air. Or il est certain, qu'en Eté l'air est presque toûjours plus chaud que les grandes masses d'eau, la Mer, les Lacs & les Rivières; cependant il se fait dans cette saison là une évaporation considérable. Les vapeurs ne peuvent donc sortir alors avec impétuosité, heurter contre l'air jusqu'à une grande hauteur, & suspendre ainsi une partie de sa pression sur la Terre. Les exemples tirés des particules qui se détachent d'un fer rouge, & de l'eau prette à bouillir, ne prouvent rien; car outre la prompte chute de ces particules, la différence de température entre ces corps & l'air est une cause qui n'a pas lieu dans l'évaporation ordinaire, comme je viens de le prouver: D'ailleurs ces particules visibles ont une masse assez grande pour vaincre la résistance que leur oppose l'air. Mais comment peut-on concevoir, que des particules d'eau imperceptibles à l'œil le plus perçant, soient lancées par le feu jusqu'au dessus des plus hautes montagnes? & si elles se meuvent lentement, peuvent-elles exercer contre l'air une action suffisante pour diminuer sensiblement l'effet de son poids?

Les variations du Bar. en tems ordinaire sont opposées au système de Mr. *Hamberger*.

214. Suivons les autres conséquences qui découlent des principes de Mr. *Hamberger*, & examinons d'abord le cas qu'il suppose être le plus ordinaire, c'est-à-dire celui où la chute de la pluie est précédée, dans le même lieu, par l'ascension des vapeurs. L'air serein devroit être d'une pesanteur moyenne entre l'air où les vapeurs montent & celui où elles demeurent en repos; puisque selon Mr. *Hamberger*, l'ascension des vapeurs diminue le poids de l'air, & que leur repos l'augmente. La hauteur moyenne du Baromètre devroit donc être l'effet de l'air

ſerein; avant qu'il pleuve, le mercure devroit d'abord baiſſer, parce que les vapeurs montent; il devroit remonter enſuite au-deſſus de ſa hauteur moyenne lorſque les vapeurs ſont en repos, & redeſcendre inſenſiblement à cette hauteur moyenne, à meſure que l'air ſe décharge par la chute de la pluie. Mais ce n'eſt pas là certainement ce que nous obſervons.

Les var. du Bar. après les grandes ſéchereſſes ſont contraires au ſyſtême de Mr. *Hamberger*.

215. Les phénomènes qui accompagnent la ſéchereſſe, ne ſont pas mieux d'accord avec l'hypothèſe de Mr. *Hamberger*. Suivant lui, un air devenu plus peſant parce qu'il eſt chargé de vapeurs, déplace notre air qui eſt plus léger parce qu'il eſt ſec. Mais ſi telle étoit la cauſe des pluies qui ſuccèdent aux longues ſéchereſſes, ce déplacement de notre air par un air plus peſant que lui, devroit faire monter le mercure dans le Baromètre pour préſage de pluie. Cependant les Baromètres n'annoncent jamais plus certainement la pluie, que quand après de longues ſéchereſſes leur colonne de mercure s'abaiſſe inſenſiblement.

Quelq. Phyſ. ont cru que les Var. du Bar. étoient produites par des changemens dans l'Elaſt. de l'Air.

216. Quelques Phyſiciens ont penſé, que la hauteur du mercure dans le Baromètre étoit proportionnelle à l'élaſticité de l'air; & partant de cette hypothèſe générale, ils ont cherché quelle pouvoit être la cauſe de la diminution du reſſort de l'air indiquée ſelon eux par l'abaiſſement du mercure. Je ne m'arrêterai pas à examiner leurs opinions particulières ſur cette diminution, que pluſieurs d'entr'eux ont attribuée aux exhalaiſons ſulfureuſes; une ſeule réflexion ſuffit pour prouver que, quelle que ſoit la cauſe qui affoiblit le reſſort de l'air, ſi elle ne diminue pas en même tems ſa peſanteur ſpécifique, elle doit produire un effet abſolument contraire ſur la hauteur du mercure.

Réflex. ſur ce Principe conſidéré généralement.

Quand l'élaſticité de l'air diminue, le volume de ce fluide diminue auſſi, parce que ſes parties ne tendent plus à s'écarter avec la même force: or comme l'équilibre ne peut pas ſe rétablir tout à coup dans l'Atmoſphère, partout où l'air ſe condenſe par la diminution de ſon élaſticité, quelle qu'en ſoit la cauſe, l'air voiſin doit s'y verſer: Ainſi les colonnes d'air dont l'élaſticité a diminué, ſans que leur peſanteur ſpécifique ait diminué en même tems, contenant alors plus de matière, ont néceſſairement acquis plus de poids; & parconſéquent

quent elles doivent faire monter le mercure dans le Baromètre, jusqu'à-ce que l'équilibre soit rétabli entre ces colonnes & leurs voisines.

217. J'examinerai dans le Chapitre suivant, la différence qui doit se trouver entre les effets des changemens de force élastique, dans l'air libre & dans l'air renfermé, en rapportant les idées de Mr. *Dl. Bernoulli* rélativement à l'influence de l'élasticité de l'air sur la mesure des hauteurs par l'abaissement du mercure: mais comme l'hypothèse particulière de cet Auteur sur les variations du Baromètre, quoique fondée sur le même principe général, diffère essentiellement de celles dont j'ai parlé ci-dessus, je vais la rapporter ici telle qu'il l'a exposée dans son *Hydrodynamique.* (*a*)

Mr. *Bernoulli* a adopté une partie de ce Principe.

Hypothèse de Mr. DL. BERNOULLI.

218. „ Il est connu, dit Mr. *Bernoulli*, que la Terre ren„ ferme beaucoup de très grandes cavités, & que même dans „ les masses qui n'ont point de cavités sensibles, les pores peu„ vent produire le même effet. Si donc on rassemble tous ces „ espaces remplis d'air, dans une profondeur de 20 à 30 mille „ pieds au-dessous de la surface de la Terre, & qu'en les com„ parant à la partie solide on suppose celle-ci mille fois & mê„ me cent mille fois plus grande que les prémières, l'action de „ la chaleur dans cet air renfermé sera suffisante pour produire „ toutes les variations du Baromètre. "

Mr. *Bernoulli* pense que l'Air renfermé dans la Terre fait partie de l'Atm. libre:

qu'il agit par le moyen de la chaleur interne de la Terre:

Mr. *Bernoulli* ne s'arrête pas beaucoup sur cette matière; mais par ce qui précède & ce qui suit le passage que je viens de citer, on voit qu'il attribue l'augmentation de hauteur du mercure dans le Baromètre, à l'air dilaté par la chaleur dans les pores & les cavités de la Terre, qui sortant en partie, se joint à l'air extérieur, & augmente sa pression sur le Baromètre. La diminution de hauteur du mercure est, suivant lui, l'effet de la même cause qui agit en sens contraire; c'est-à-dire, que si la chaleur diminue, l'air intérieur se condense, & l'at-

que la sortie de cet Air fait monter le mercure, & réciproquement.

(*a*) Sect. X. *de affectionibus atque motibus fluidorum elasticorum, præcipue autem aëris.* § 20. (Argentorati 1738, 4to.)

l'atmosphère s'abaissant alors pour remplir les cavités, il ne presse plus autant sur le mercure du Baromètre.

Mais la température de notre Globe est constante.

219. Cette hypothèse est ingénieuse par sa simplicité, mais elle n'est pas d'accord avec l'expérience. Si nous la considérons d'abord dans son principe, nous verrons qu'elle suppose de grandes variations de chaleur dans les entrailles de la Terre: or l'expérience prouve au contraire que la température de notre globe est toûjours sensiblement la même; toutes les expériences du Thermomètre faites à de grandes profondeurs, le déposent incontestablement. Il ne peut être question ici de l'augmentation de chaleur produite par des fermentations ou des explosions souterraines; car ce sont des causes particulières qui ne peuvent servir de fondement à un systême général.

On devroit appercevoir des Goufres quand la Terre absorberoit la 14e. partie de l'Atmosphère.

D'ailleurs s'il y avoit dans l'intérieur de la Terre des vicissitudes de dilatations & de condensations, telles qu'elles devroient être pour produire les variations du Baromètre, leur effet seroit certainement très sensible à la surface: on appercevroit des courans d'air qui s'ouvriroient des passages, ou pour mieux dire des gouffres; car lorsque dans l'espace de peu de jours le Baromètre varie de deux pouces, & que parconséquent, suivant Mr. *Bernoulli*, la quatorziéme partie de l'Atmosphère devroit sortir des entrailles de la Terre ou s'y précipiter; une révolution de cette nature ne pourroit se faire ni tranquillement, ni par un petit nombre d'ouvertures inconnues aux observateurs.

Le Barom. devroit monter par la chaleur, & il arrive le contraire.

L'expérience prouve encore de diverses manières que le principe de Mr. *Bernoulli* n'est pas fondé. Suivant ce principe, la hauteur du Baromètre devroit être plus grande en Eté qu'en Hiver; mais certainement tous ceux qui observent le Baromètre conviendront que ce n'est pas là ce qu'ils ont remarqué.

Il suit aussi de ce principe que la plus grande hauteur du mercure devroit ordinairement correspondre chaque jour au moment où la chaleur est la plus grande. Or j'ai constamment observé que ce rapport est précisément contraire dans les Baromètres de la Plaine, qui cependant sont le plus immédiatement soumis à tout ce qui peut augmenter ou diminuer le volume & le ressort de l'air (528 & 596).

Réponse de Mr. *Bernoulli* examinée.

220. Il est vrai que Mr. *Bernoulli* a pour principe fondamental dans son hypothèse, que les effets de toutes les causes qui agis-

agiſſent dans les différentes parties de l'Atmoſphère ſe communiquent promptement partout; enſorte que la hauteur du mercure dans chaque Baromètre, étant l'effet combiné de toutes ces cauſes, doit être égale dans toute l'étendue de chaque couche ſphérique autour de la Terre; & que parconſéquent elle ne peut être proportionelle aux changemens que l'air éprouve dans chaque Païs pris ſéparement. Mais ce principe même eſt encore oppoſé à l'expérience; car il ſuppoſe que les variations du Baromètre n'ont pas un rapport ſenſible avec la chaleur locale: ce rapport a lieu cependant, comme on vient de le voir, & il eſt oppoſé à celui qu'exigeroit l'hypothèſe de Mr. *Bernoulli*. Ce principe ſuppoſe auſſi que les variations du Baromètre ſont toûjours égales & ſemblables partout; & cependant j'ai trouvé le contraire par des obſervations que j'ai faites à Turin, correſpondantes avec d'autres obſervations qu'on faiſoit en même tems à Genève & à Gènes (644 & 648).

Son Hypothèſe n'indique pas la liaiſon des changemens de tems avec les variat. du Bar.

221. Enfin Mr. *Bernoulli* ne dit point comment les condenſations & les dilatations de l'air renfermé dans les entrailles de la Terre, en produiſant, ſuivant lui, la deſcente & l'aſcenſion du mercure dans le Baromètre, occaſionnent pour l'ordinaire la pluie & la ſérénité de l'air; C'eſt là cependant une partie très eſſentielle du Problême. Sans doute que Mr. *Bernoulli* n'a point porté ſes vuës de ce côté là; & c'eſt vraiſemblablement la raiſon pour laquelle il n'a pas apperçu que ſon hypothèſe n'eſt pas bien fondée. Car il n'y a point de raiſon ſuffiſante de la chute des vapeurs, dans une diminution de hauteur de l'Atmoſphère qui ſeroit produite par la condenſation de l'air renfermé dans l'intérieur du Globe; & on ne voit pas mieux pourquoi l'air extérieur devroit être plus ſerein, quand ſon volume ſeroit augmenté par la ſortie de l'air *intérieur*.

Hypothèſe de Mr. MUSCHENBROECK.

Mr. *Muſchenbroeck* admet preſque toutes les Hypothèſes ſur ce ſujet.

222. Mr. *Muſchenbroeck* qui connoiſſoit la plupart des hypothèſes que j'ai raſſemblées dans ce Chapitre, ayant remarqué ſans doute, qu'elles étoient inſuffiſantes en les conſidérant chacune ſéparément, a cru que leur réunion expliqueroit plus heureuſement les phénomènes; en ce ſens il les admet toutes excepté celle de Mr. *Leibnitz*: On peut voir ce ſyſtème combiné dans

ſes

ses *Essais de Physique.* (*) Mais en prouvant que la plupart de ces causes sont incompatibles entr'elles & avec les phénomènes, j'ai prouvé d'avance que leur assemblage ne peut faire un systême solide.

Un systême ainsi fabriqué ne peut être solide.

D'ailleurs quand il faut un grand concours de circonstances pour produire un effet sensible, cet effet doit être rare: or les variations du Baromètre sont très fréquentes; ce qui suppose naturellement qu'elles sont dues à une cause principale & assez puissante pour agir seule ordinairement. Cela n'empêche pas cependant que les autres causes particulières, dont l'existence est prouvée, ne puissent concourir avec celle-là, ou modifier ses effets dans quelques circonstances.

CONCLUSION DE CE CHAP.

223. Je finirai ce Chapitre par quelques remarques générales sur les hypothèses qui en ont fait le sujet. On a vu dans plusieurs de ces Hypothèses des causes réelles, ou très vraisemblables, de changement dans le poids de l'air; savoir: L'augmentation de l'Atmosphère par l'introduction des vapeurs, & sa diminution par leur chute (*a*): Les variations de la chaleur (*b*): Les changemens de pesanteur spécifique de l'air (*c*): L'accumulation ou la dispersion de l'air produites par des vents contraires (*d*). J'ai fait voir que toutes ces causes, quoique réelles, ne suffisent pas pour expliquer les phénomènes: il paroit même que cette insuffisance a été reconnue par la plupart des Physiciens qui ont écrit sur cette matière; car les uns n'ont point fait mention de ces causes, & d'autres ont entrepris de suppléer au défaut de ces prémières par d'autres causes, dont j'ai montré, qu'elles n'existent pas, ou qu'elles ne produisent point les effets qu'on leur attribue. Voici les principales de ces causes supposées: La différence de pression verticale de l'air en mouvement ou en repos (*e*): Des variations dans l'élasticité de l'air, auxquelles on prétend que la hauteur du Baromètre est directement

Causes réelles de changement dans le poids de l'air:

elles sont insuffisantes.

Causes supposées, sans fondement.

(*) Traduction de Mr. Massuet, Leyde 1751. Tome II. page 622 à 625, & 723 à 732.

(*a*) *Pascal* (115), *Beal* (117), *Wallis* (118), *Garcin* (119).

(*b*) *Perrier* (116), *Garden* (126), *Halley* (131), *Le Cat* (147), *de Mairan* (194).

(*c*) *Garden* (121).

(*d*) *Halley* (131).

(*e*) *Wallis* (127), *Halley* (131), de *Mairan* (193.).

ment proportionnelle (*b*): Des contractions & dilatations dans le mercure même (*c*): Des vibrations produites dans les particules d'air par les vents (*d*): Le transport de l'air du Sud au Nord, & du Nord au Sud (*e*): L'inclinaison plus ou moins grande des vents par rapport à la surface de la Terre (*f*): Le choc des vapeurs contre l'air quand elles montent, & la cessation de ce choc quand elles sont en repos (*g*): La diminution de poids de l'air quand la pluie tombe (*h*); Une agitation occasionnée dans l'air par les vapeurs (*i*): Enfin l'augmentation de l'Atmosphère produite par la sortie de l'air renfermé dans les entrailles de la Terre, & sa diminution dans le cas opposé (*k*). J'ai fait voir qu'aucune de ces causes n'entre pour rien de sensible dans les variations du Baromètre.

Faut-il donc chercher quelqu'autre cause de variation dans le poids de l'air, differente de toutes celles qu'on a découvertes jusqu'à présent, & assez puissante pour produire les effets qu'on n'a point encore expliqués? J'ai peine à le croire; il me semble du moins qu'il est peu probable qu'elle ait échapé aux recherches assidues de tant de Physiciens attentifs & pénétrans; & il me paroit plus naturel de supposer que cette cause est connue, mais qu'on ne lui a pas encore assigné ses vrais effets: Je vais expliquer mon idée.

La cause principale des variations du Baromètre est vraisemblablement connue:

Mais on ne lui a pas assigné ses vrais effets:

De tous les phénomènes de ce genre, celui qu'il faut expliquer principalement, c'est la correspondance ordinaire du *mauvais tems* avec l'abaissement du mercure dans le Baromètre, & celle du *beau tems* avec la variation opposée. Dans le *mauvais tems*, l'air est mêlé de vapeurs, il pleut: dans le *beau tems*, l'air est serein & sec. La présence ou l'absence des vapeurs est donc une des circonstances essentielles dans les variations du Baromètre: la plupart des Physiciens l'ont reconnu, & nous voyons qu'ils ont cherché par diverses routes à expliquer comment les vapeurs influent sur le poids de l'air. On peut réduire à trois classes leurs hypothèses sur ce point. Je range dans la première classe,

Phénomène principal:

Les vapeurs sont cette cause connue:

Diverses manières de les considérer, plus ou moins défectueuses.

(*b*) *Wallis* (127), Divers physiciens (216).
(*c*) *Wallis* (127), *Lister* (128).
(*d*) *Gersten*) (132).
(*e*) *De la Hyre* (136), *de Mairan* (198).
(*f*) *Mariotte* (142).
(*g*) *Woodward* (151), *Hamberger* (209).
(*h*) *Leibnitz* (169).
(*i*) *De Mairan* (200).
(*k*) *Bernouilli* (218).

classe, les hypothèses dans lesquelles on attribue de diverses manières la plus grande hauteur du mercure à l'abondance des vapeurs; celles-ci sont absolument opposées aux prédictions du Baromètre. Je mets dans la seconde classe l'hypothèse de Mr. *Garden*, par exemple (121), qui attribue les variations du Baromètre aux changemens de pesanteur spécifique de l'air: Dans cette Hypothèse l'ascension & la chute des vapeurs ne sont pas des causes, rélativement aux variations du Baromètre; ce sont des effets produits, comme ces variations, par les changemens de pesanteur spécifique de l'air. Cette Hypothèse est très spécieuse, cependant j'ai fait voir en l'examinant, qu'elle est contraire à ce que nous observons dans la correspondance ordinaire des différens degrés de transparence de l'air avec les diverses hauteurs du mercure; & qu'elle ne fait que reculer la difficulté, parce qu'on n'y voit pas des causes démontrées de ces changemens de pesanteur spécifique. Je mets enfin dans la troisiéme classe, l'hypothèse de Mr. *de Mairan* (200), qui me paroit avoir beaucoup approché du vrai dans sa façon d'envisager l'effet des vapeurs, en les considérant comme une des causes immédiates de l'abaissement du mercure: Mais la manière dont il explique la diminution de *pesanteur rélative* de l'air, qu'il leur attribue, ne m'a pas paru fondée.

Nouvelle maniere de concevoir l'effet des vapeurs sur le poids de l'air.

Voici un autre point de vue sous lequel on peut considérer l'effet des vapeurs; je me contenterai de l'indiquer ici, sans en donner encore les explications ni les preuves. Je crois donc, que l'introduction des vapeurs dans l'air produit une diminution dans la pesanteur spécifique de ce fluide, & conséquemment dans le poids absolu des colonnes de l'atmosphère, qui, malgré ce melange, restent d'une hauteur égale à celle des colonnes d'air pur. En admettant ce principe, tout s'explique avec la plus grande facilité; car le mercure doit s'élever dans le Baromètre quand l'air devient sec & serein, puisqu'alors son poids augmente: l'abaissement du mercure doit au contraire présager la pluie, puisqu'elle est produite par les vapeurs qui en même tems diminuent le poids de l'air: & il n'est pas difficile de découvrir les causes des exceptions & des modifications que souffre cette cause générale. C'est là ce qui m'a paru résulter des observations que je fais depuis longtems sur le Baromètre; elles m'ont aussi conduit à une explication générale de tous les phé-

Elle paroit propre à expliquer les principaux phénomènes.

phénomènes qui sont liés aux variations de cet instrument. J'exposerois ici mon systême à cet égard, si je ne croyois plus convenable de le faire précéder du détail de mes expériences.

CHAPITRE IV.

Histoire des tentatives qu'on a faites en divers tems, pour mesurer les Hauteurs par le Baromètre.

224. QUoique l'usage du Baromètre pour mesurer les Hauteurs, ne soit pas aussi général que celui d'en tirer des présages pour les changemens de l'air, dont j'ai parlé dans le Chapitre précédent, il n'a pas moins intéressé les Physiciens; on peut dire même, qu'ils l'ont regardé comme plus essentiel à la Physique, à cause du grand nombre de conséquences qui en découlent: c'est aussi l'objet dont je me suis principalement occupé. Lorsqu'on eut la prémière idée de cette méthode, on crut que son exécution seroit aisée, & il étoit assez naturel de l'espérer; car le mercure s'abaissant dans le Baromètre à mesure qu'on passoit dans des lieux plus élevés, il suffisoit de trouver le rapport de ces deux changemens, pour conclure l'un des deux par la connoissance de l'autre. Mais dès qu'on voulut réduire la Théorie en pratique, les difficultés se présentèrent en foule; & plus on a travaillé sur cet objet, moins on a espéré d'y réussir. C'est ce qu'on verra par le recueil que je vais donner des principales tentatives qu'on a faites sur cette matière.

La mesure des Hauteurs par le Bar. parut d'abord très facile.

Mais on éprouva bientôt de grandes difficultés.

Recherches de PASCAL.

225. Il faut toûjours remonter à *Pascal*, quand on cherche l'origine des observations du Baromètre: c'est à lui que nous devons encore la prémière idée de l'usage de cet instrument pour mesurer les hauteurs. On a vu précédemment quel fut son but dans les expériences qu'il chargea Mr. *Perrier* de faire sur le *Pui-de-Dome*; mais j'ai différé jusqu'ici de rapporter leur résultat.

Pascal fit les prémières tentatives.

226. Je dois dire ici que *Descartes* s'attribuë la prémière idée de cette expérience dans une Lettre écrite le 11 Juin

Descartes s'en attribuë l'idée.

1649 à Mr. *de Cascavi* pour lui en demander le succès. Il se plaint de ce que *Pascal* ne l'a pas informé lui-même de sa tentative sur les Montagnes d'Auvergne, dont il prétend lui avoir fourni l'idée deux ans auparavant; en l'assurant d'avance, que le mercure baisseroit dans le Baromètre à mesure qu'on s'élèveroit sur une montagne: *Descartes* attribue ce silence de *Pascal* aux liaisons de celui-ci avec Mr. de *Roberval* son antagoniste. (*a*)

Observ. du Baromètre au *Puy-de-Dome* par Mr. *Perrier*,

227. Quoi qu'il en soit, Mr. *Perrier* fit le 19e. 7bre. 1648 les observations que Mr. *Pascal* l'avoit prié de faire (*b*); il les commença au *jardin des Minimes*, qui est le plus bas lieu de la Ville de *Clermont*; & il trouva que le mercure se soutenoit à . . . . . 26 pces. 3 lig. ½

Il monta au sommet du *Pui-de-Dome*, & le mercure descendit à 23 2

Il estima la hauteur de la Montagne environ 500 Toises.

Pour ce changement d'élévation, le mercure baissa donc de . . . . . 3 pces. 1 lig. ½

Mr. *Perrier* fit encore une observation sur le penchant de la Montagne, dans un lieu nommé *Lafon-de-l'arbre*, qu'il estima être élevé d'environ 150 Toises sur le *jardin des Minimes*; le mercure se tint à 25 pouces dans ce lieu là.

à *Notre-Dame* de *Clermont*,

Charmé de ces prémières expériences, Mr. *Perrier* voulut les répéter à une moindre hauteur, pour connoître jusqu'à quel degré l'abaissement du mercure pouvoit être sensible. Il mesura pour cet effet la tour de *Notre-Dame* de *Clermont*, qu'il trouva haute de 20 Toises: il observa le Baromètre, & il le trouva, au pied de la Tour, à . . 26 pces. 3 lig.

Au donjon 26 1

Il y eut donc, pour 20 Toises de hauteur, une différence de . . . . . 2 lig.

de *Pascal* sur une tour de *Paris*.

228. *Pascal* éprouva lui-même que l'abaissement du mercure dans le Baromètre étoit sensible pour de petites hauteurs; car ayant fait

(*a*) *Renati Descartes Epistolæ &c* Amst. 1682. Pars III. Epist. LXVII; & Tom. III. Lettre LXXV de l'Edition de Mr. *Clerselier*; Paris 1667.

(*b*) *Traités de l'équilibre des liqueurs & de la pesanteur de la masse de l'air*, Paris 1698. p. 179.

fait la même expérience à la tour de *St. Jaques-de-la-Boucherie* à *Paris*, haute d'environ 24 Toises, le mercure baissa d'un peu plus de 2 lig. dans le Baromètre transporté du pied au haut de la Tour. (*a*).

229. Ces expériences prouvèrent d'abord à *Pascal*, que *l'air est pesant* : cette conséquence étoit immédiate, & n'avoit besoin d'aucune autre preuve pour être admise sans contestation raisonnable. Il vit aussi qu'on en pouvoit tirer d'autres usages, & particuliérement celui de *juger de combien un lieu est plus élevé que l'autre ; ce qui est*, dit-il (*b*), *un moyen de niveller les lieux, quelque éloignés qu'ils soient, assez exactement & bien facilement*. Il dit encore ailleurs (*c*), „ que c'est un moyen de connoître, „ si deux lieux sont en même niveau, c'est-à-dire, également distans du centre de la Terre ; ou lequel des deux „ est le plus élevé, si éloignés qu'ils soient l'un de l'autre, „ quand même ils seroient *Antipodes* ; ce qui seroit comme impossible par tout autre moyen.

Il crut que cette mesure des Hauteurs seroit facile.

230. On voit par ces expressions, jusqu'à quel point *Pascal* portoit ses espérances, soit pour l'usage du Baromètre à cet égard, soit pour la facilité de l'employer. Cependant il connoissoit déja une des causes des difficultés qu'on a trouvées dans la suite, savoir la dilatabilité de l'air. Il compare ce fluide à un amas de laine, dont les parties inférieures doivent être plus pressées que les supérieures ; & „ comme il arriveroit, dit-il, (*d*) „ en cette masse de laine, que si l'on prenoit une poignée „ de celle qui est dans le fond, dans l'état pressé où on la „ trouve, & qu'on la portât, en la tenant toûjours pressée de „ la même sorte, au milieu de cette masse, elle s'élargiroit „ d'elle-même, étant plus proche du haut ; parce qu'elle auroit une moindre quantité de laine à supporter dans ce lieu „ là. Ainsi si l'on portoit de l'air, tel qu'il est ici-bas & comprimé comme il y est, sur le sommet d'une montagne par „ quel artifice que ce soit, il devroit s'élargir lui-même, „ & devenir en même état que celui qui l'environneroit sur la „ Montagne ; parce qu'il seroit chargé de moins d'air en cet „ endroit là qu'il n'étoit en bas. "

Il connoissoit cependant la dilatabilité de l'Air.

Il compare ce fluide à un amas de laine.

(*a*) ibid. pag. 188.
(*b*) ibid. pag. 114.
(*c*) ibid. page 189.
(*d*) ibid. pag. 49.

Un Balon flasque s'enfle quand on le porte sur une Montagne.

231. Ce n'étoit point par une simple conjecture, que *Pascal* parloit ainsi de la dilatabilité de l'air; car après avoir exposé toutes les conséquences qui découloient de la vérité de sa proposition, il finit ainsi: „ Mais c'est trop différer; il faut „ dire en un mot que l'épreuve en a été faite, & qu'elle a „ réussi en cette sorte. Si l'on prend un Balon à demi plein „ d'air, flasque & mol, & qu'on le porte au bout d'un fil sur „ une Montagne haute de 500 toises, il arrivera qu'à mesure „ qu'on montera, il s'enflera de lui-même; & quand il sera en „ haut, il sera tout plein, & gonflé comme si on y avoit „ soufflé de l'air nouveau; & en redescendant il s'applatira peu „ à peu par les mêmes degrés; desorte qu'étant arrivé en bas, „ il sera revenu en son premier état. "

Voilà des progrès bien rapides, produits par un génie fécond, fécondé par le loisir & par les secours nécessaires; & quand on lit ce petit ouvrage de *Pascal*, tout semble annoncer qu'on verra les découvertes sur cette matière portées fort loin dès leur origine: Mais il abandonnera la Physique pour se livrer à la Théologie & à la Morale; laissant à ses contemporains & à ses successeurs le soin de perfectionner ce qu'il avoit si bien commencé.

abandonna

Expériences & découvertes de BOYLE.

Képler estima le premier la hauteur totale de l'Atmosphère.

232. Dès que les expériences de *Pascal* sur le poids de l'air furent répandues en Europe, elles attirèrent l'attention des savans & les excitèrent à de nouvelles recherches, soit à l'égard du principe, soit rélativement aux conséquences qui en découlent. La hauteur de l'Atmosphère fut la prémière de ces conséquences. Les Astronomes virent d'abord qu'il étoit très utile de pouvoir déterminer cette hauteur, & le fameux *Képler* lui-même en fit l'objet de ses recherches; mais ignorant sans doute une partie des expériences de *Pascal* qui auroient pu le diriger, il donna dans un écart considérable: car ayant cherché par des expériences aparemment bien mal faites, le rapport des pesanteurs spécifiques du mercure & de l'air, il borna la hauteur de l'Atmosphère à deux ou trois miles Anglois; & il fut suivi dans son évaluation par divers Philosophes.

Il se trompa beaucoup dans son estimation.

Boyle entreprit cette recherche.

233. *Boyle* ne tarda pas à redresser cette erreur: ce Savant illustre, à qui la Physique expérimentale doit ses plus belles expé-

expériences sur le ressort de l'air, traça bientôt la route qu'on devoit suivre. La carrière qu'il ouvrit étoit si difficile, qu'on ne doit pas s'attendre à trouver beaucoup d'exactitude dans ses premiers pas. Cependant, comme la marche de l'esprit humain dans les découvertes est toûjours intéressante, j'espère qu'on se retracera avec plaisir ces prémières tentatives, d'autant plus qu'il s'agit d'un objet qu'un grand nombre de Physiciens célèbres ont trouvé digne d'attention.

234. Le Mercure est soutenu dans le Baromètre par le poids d'une colonne d'air qui s'étend jusqu'au haut de l'Atmosphère, & dont la base est égale à celle de la colonne de mercure. Ce principe posé, on en tira d'abord cette conséquence, qu'en trouvant le rapport des pesanteurs spécifiques de ces deux fluides, on connoîtroit celui de leurs hauteurs; on entreprit aussi cette recherche en comparant les pesanteurs spécifiques de l'air & de l'eau, & celle de l'eau & du mercure. *Boyle* ayant réfléchi sur cette matière, découvrit des erreurs essentielles & dans le raisonnement & dans les expériences qui en furent la suite. On trouve ses réfléxions & ses propres expériences dans un ouvrage qu'il dédia en 1659, à Mr. *de Dungarvan* son neveu; il a pour titre: *Nova experimenta Physico-mechanica de vi aëris elastica & ejus effectibus* (a). Il reconnut l'erreur de *Képler*.

235. Pour prouver les écarts qu'on avoit faits dans la fixation du rapport des pesanteurs spécifiques de l'eau & de l'air, *Boyle* dit, que *Galilée* l'avoit déterminé de 1 à 400; tandis que *Riccioli* prétendoit l'avoir trouvé de 1 à 10 mille, en employant une vessie pour ses expériences. *Boyle* remarque que l'imperfection des moyens étoit cause de cet écart énorme, & il rapporte à ce sujet, qu'en employant une vessie mince, pesée d'abord aussi vuide d'air qu'il lui fut possible, ensuite pleine d'air, & enfin pleine d'eau, il avoit trouvé le rapport des pesanteurs spécifiques de ces deux fluides comme 1 à 7600. Ecart de *Galilée* & de *Riccioli* dans le rapport des pes. spec. de l'Air & de l'Eau.

236. Pour éviter les erreurs que la dilatabilité des vessies occasionnoit dans ces expériences, *Boyle* se servit d'une Eolipile, qu'il pesa d'abord pendant qu'elle étoit rougé, & qu'ainsi l'action du feu en avoit presqu'entiérement chassé l'air: il la pesa ensuite pleine d'air, quand elle fut réfroidie; & enfin pleine d'eau: Expériences de *Boyle* pour fixer ce rapport;

(a) Ce Traité est joint au Recueil des ouvrages de *Boyle*, imprimé à *Genève* en 1677.

d'eau : & comparant les augmentations de poids qu'avoit reçu l'Eolipile par l'introduction de ces deux fluides, il trouva le rapport de leurs pesanteurs spécifiques comme 1 à 938, qu'il changea pour la commodité dans celui de 1 à 1000.

& celui des pes. spec. de l'Eau & du mercure.

237. *Verulam* avoit estimé le rapport des pesanteurs spécifiques du mercure & de l'eau comme 17 à 1 ; mais *Boyle* apportant une plus grande exactitude dans ses opérations, trouva que cette estime n'étoit pas juste. Il employa d'abord un siphon renversé, dont l'une des branches contenoit de l'eau, & l'autre du mercure ; & prenant la raison inverse des hauteurs, il trouva que celle des poids étoit comme 13 $\frac{92}{111}$ à 1. Il pesa ensuite de l'eau & du mercure dans une boule de verre dont l'orifice étoit fort étroit, & il trouva le rapport des poids comme 13 $\frac{19}{28}$ à 1.

Il résulte de la combinaison de ces rapports que celui de l'air au mercure est comme 1 à 14000.

14000 à 1

238. En combinant ce rapport avec celui de l'eau à l'air & prenant des nombres ronds, il trouva enfin que la pesanteur spécifique du mercure étoit à celle de l'air comme ~~1 à 14000.~~ Cette fixation n'est pas exacte, comme je le prouverai dans la suite (787) ; l'air inférieur est plus pesant que *Boyle* ne le trouvoit : son erreur venoit sans doute de ce qu'il négligeoit le poids de l'air qui restoit dans l'Eolipile rouge, & en général de ce qu'il est bien difficile de peser exactement une si petite quantité d'air.

L'air inférieur est plus dense que n'indique ce rapport.

S'il étoit juste & que l'air fût partout également dense, l'Atm. auroit 35000 pieds de haut.

Mais l'Air est élastique.

239. En partant de ce rapport des pesanteurs spécifiques de l'air & du mercure & de la hauteur du mercure dans le Baromètre, *Boyle* trouva, qu'en supposant l'Atmosphère également dense, sa hauteur seroit au moins de 35000 pieds ; cette hauteur est déja plus que double de celle que *Képler* avoit estimée. Mais *Boyle* ne se borna pas là ; il vit bientôt que la dilatabilité de l'air devoit donner à l'Atmosphère une étendue beaucoup plus grande, & il souhaita dès lors qu'on pût faire des expériences au sommet, au pied & dans des parties intermédiaires de quelque haute Montagne, pour déterminer quelle est *la proportion dans laquelle l'air se dilate à mesure qu'il est déchargé.*

Objections de *Linus* contre l'élasticité de l'Air.

240. Les objections contribuent souvent à accélérer le développement des idées ; c'est ce qu'éprouva *Boyle*, & qui lui fournit les moyens de connoître le premier la Loi des condensations de l'air, sans le secours des observations du Baromètre sur les montagnes. Toutes les expériences faites par ce Savant illustre

lustre dans sa machine du vuide n'avoit pu convaincre les zélés partisans de la Loi de *continuité*: On écrivit contre les principes qu'il vouloit établir d'après ses expériences; & *Fr. Linus* entr'autres prétendit, qu'à supposer quelque vertu élastique dans l'air, elle ne pouvoit jamais suffire pour résister à la pression de 28 pouces de mercure suspendus dans le Baromètre. *Boyle* pouvoit détruire cette objection par un grand nombre d'expériences qu'il avoit déja publiées; cependant il en préféra une nouvelle, où l'air agit directement par son ressort; voici quelle fut cette expérience. (*a*).

Expérience de *Boyle* qui la démontre.

241. Il prit un tube courbé, à branches inégales & parallèles; la plus courte de ces branches avoit douze pouces anglois de longueur; elle étoit cylindrique, & scêlée hermétiquement; la plus longue branche étoit ouverte par le haut, elle avoit plusieurs pieds de longueur. Ce tube étant placé verticalement, il introduisit un peu de mercure par le haut de la grande branche, pour remplir le fond de la courbure & fermer ainsi la communication de l'air extérieur avec celui qui restoit dans la petite branche, sans comprimer ce dernier. Il versa ensuite du mercure dans la grande branche, jusqu'à ce que l'espace occupé d'abord par l'air contenu dans la petite fût réduit à la moitié; cela fait, il trouva que le mercure s'étoit élevé de 29 pouces de plus dans la grande branche que dans la petite.

Boyle trouva la Loi des condensations de l'air sans la chercher:

242. *Boyle* prouva par cette expérience, à son adversaire, que le seul ressort de l'air étoit capable de soutenir, non seulement 29 pouces de mercure, mais beaucoup au delà, puisqu'après avoir rempli de mercure la grande branche du tube, l'air renfermé dans la petite branche n'étoit pas totalement comprimé. Satisfait de cette conséquence, *Boyle* ne vit pas d'abord, que la même expérience lui offroit la Loi des condensations de l'air. Mais un de ses disciples nommé *Richard Townley*, moins occupé de la dispute que de ce qui se passoit sous ses yeux, remarqua, *que la force élastique de l'air étoit en raison inverse de l'espace qu'il occupoit.* *Boyle* convient avec plaisir, qu'il doit cette découverte à son disciple.

Richard Townley son disciple la découvrit.

Démonstration.

243. Pour démontrer cette Loi d'une manière sensible, *Boyle* fait obser-

(*a*) *Boylii defensio contra Franciscum Linum.* Pag. 42. Cette piéce est jointe à la collection des ouvrages de *Boyle* imprimée à Genève en 1677.

obſerver, qu'au commencement de l'expérience, l'air renfermé dans la petite branche étant au même degré de condenſation que l'air extérieur, ſoutenoit le poids de l'Atmoſphère, équivalant à 29 pouces de mercure: Que cet air étant réduit à la moitié de l'eſpace qu'il occupoit d'abord, ſoutenoit en même tems un poids double; puiſqu'au poids de l'Atmoſphère toûjours exiſtant, il falloit ajouter celui de 29 pouces de mercure, qui s'étoient élevés dans la grande branche de plus que dans la petite: Ainſi *la condenſation étoit proportionnelle au poids*; ou ce qui revient au même, la force élaſtique de l'air avoit augmenté en raiſon inverſe de la diminution de l'eſpace qu'il occupoit.

Boyle répéta pluſieurs fois cette expérience, en augmentant ſucceſſivement la quantité du mercure, & il trouva toûjours, *que l'excès de hauteur du mercure dans la grande branche joint au poids de l'Atmoſphère, étoit à ce dernier poids, comme l'eſpace occupé par l'air avant l'expérience, étoit à celui dans lequel il ſe trouvoit condenſé.*

Expérience de *Boyle* ſur les dilatations de l'Air.

244. Puiſque les condenſations de l'air ſuivent la raiſon des poids qui le compriment, les dilatations doivent être en raiſon inverſe de ces poids: C'eſt ce que *Boyle* prouva par une autre expérience. Il remplit de mercure un tube de 6 pieds de longueur, ſcêlé par un bout, & dont la capacité étoit fort grande: il plongea dans ce mercure un autre tube ouvert par les deux bouts, à peu près de même longueur que le prémier, mais beaucoup moins large; il avoit colé ſur toute la longueur de ce ſecond tube une bande de papier diviſée *en doigts & huitièmes de doigts*. Le mercure contenu dans le grand tube entroit dans le petit par l'orifice inférieur de celui-ci, & ſe mettoit à peu près au même niveau dans l'un & dans l'autre. En uſant de quelques précautions, *Boyle* ferma avec de la cire l'orifice ſupérieur du tube étroit; de telle ſorte qu'il reſta au deſſus du mercure un eſpace d'un doigt rempli d'air condenſé au même degré que l'air extérieur; celui-ci étoit alors chargé d'un poids équivalant à 29 pouces $\frac{3}{4}$ de mercure, ſuivant ce qu'indiquoit le Baromètre. En tirant verticalement le tube étroit hors du tube large, l'air que renfermoit le premier à ſon ſommet ſe dilata, mais en même tems une colonne de mercure s'éleva au-deſſous de cet air dilaté, à cauſe du poids de l'Atmoſphère qui peſoit ſur la ſurface du mercure dans le grand tube. Quand l'air renfermé

occupa

occupa un espace de deux *doigts*, *Boyle* mesura cette colonne de mercure, & il trouva qu'elle étoit sensiblement la moitié de celle qui étoit soutenue dans le Baromètre. Ainsi la moitié du poids de l'Atmosphère étant contrebalancé par la colonne de mercure qui s'étoit élevée au dessous de l'air dilaté dans le tube étroit, cet air n'étoit plus comprimé que par l'autre moitié du poids de l'Atmosphère; & puisqu'il occupoit alors un espace double, il s'étoit dilaté proportionnellement à la diminution du poids qui le comprimoit avant l'expérience. Quand l'espace occupé par l'air renfermé fut de quatre doigts, la colonne de mercure qui le suivoit se trouva être les trois quarts de celle du Baromètre: L'Atmosphère n'agissoit donc plus que par le quart de son poids contre l'air renfermé, qui occupoit alors un espace quadruple. *Boyle* continua l'expérience, jusqu'à faire occuper à l'air renfermé un espace de trente-deux *doigts*; *& ses dilatations suivirent toûjours sensiblement la raison inverse des poids qui le comprimoient*, c'est-à-dire, des portions du poids de l'Atmosphère qui n'étoient pas contrebalancées par la colonne de mercure qui s'élevoit dans le tube étroit, au-dessous de l'air renfermé.

245. C'est donc à *Boyle* & à son Disciple que nous devons la découverte de cette première Loi (*a*), qu'on a cherché dans la suite à appliquer aux dilatations de l'air dans l'Atmosphère. Occupé du nombre prodigieux de Phénomènes que sa Machine pneumatique lui offroit sans cesse, *Boyle* ne tourna pas ses vües de ce coté là: Ce fut *Mariotte* qui peu de tems après entreprit d'appliquer cette Loi à la mesure des hauteurs par le Baromètre; c'est cette première tentative que je vais maintenant exposer.

Boyle ne fit pas des expériences sur l'Air libre.

Expériences & Règles de Mr. MARIOTTE.

246. Mr. *Mariotte* publia en 1676 un ouvrage sur la nature de l'air, qui, pour le tems où il fut composé, peut être regardé comme excellent. En rapportant ses expériences sur la conden-

Mr. *Mariotte* découvrit aussi la Loi des dilatations de l'Air.

 sation

(*a*) Voici comment s'exprime *Boyle* en parlant de cette expérience:.... „ Sed cum „ accuratum hujusce modi experimentum „ magni futurum esset ad Doctrinam elate- „ rii aëris momentum, *nec dum ab ullo (quod „ sciam) fuerit factum* &c. " *Boylii defensio contra Franciscum. Linum* pag. 43.

ſation de l'air, *Mariotte* ne fait point mention de celles de *Boyle*; ſans doute qu'il les ignoroit: du moins ce qu'on découvre de ſon génie à d'autres égards, conduit à croire, qu'il ne les fit pas par imitation. La méthode qu'il employa pour meſurer les dilatations de l'air, eſt d'une exécution plus aiſée que celle de *Boyle*; & quoique le réſultat ſoit le même, je ne laiſſerai pas d'indiquer la méthode de Mr. *Mariotte*, parce qu'elle a été généralement adoptée.

Moyen dont il ſe ſervit pour la démontrer.

247. Mr. *Mariotte* prit un tube de verre de 40 pouces, ſcêlé par un bout, dans lequel il mit 27 ½ pouces de mercure; il y reſta parconſéquent 12 ½ pouces d'air condenſé au même degré que l'air extérieur: Il prit un vaſe plein de mercure, dans lequel il plongea verticalement le tube par ſon bout ouvert, qu'il enfonça d'un pouce; il n'en reſta donc que 39 pouces hors du mercure. L'air monta d'abord au ſommet du tube, le mercure qui lui cédoit la place deſcendit, & il n'en reſta que 14 pouces ſuſpendus au-deſſus de la ſurface de celui qui étoit contenu dans le vaſe. Pendant l'expérience, le poids de l'Atmoſphère ſoutenoit 28 pouces de mercure dans le Baromètre: La moitié de ce poids étoit contrebalancée par les 14 pouces de mercure qui étoient reſtés ſuſpendus dans le tube de 39 pouces. Ainſi l'air renfermé au haut de ce tube n'étoit plus comprimé que par la moitié du poids de l'Atmoſphère: mais cet air occupoit alors 25 pouces, c'eſt-à-dire un eſpace double de celui qu'il occupoit lorſqu'il étoit chargé de tout le poids de l'Atmoſphère; *ſa dilatation étoit donc proportionnelle à la diminution du poids dont il étoit chargé auparavant.*

Mr. *Mariotte* répéta pluſieurs fois cette expérience, avec diverſes combinaiſons de mercure & d'air dans le même tube, & il trouva toûjours, *que l'eſpace occupé par l'air dilaté au haut du tube, étoit à l'eſpace qu'il occupoit auparavant, comme 28 pouces, qui repréſentoient le poids total de l'Atmoſphère, étoient à 28 pouces moins la hauteur du mercure qui reſtoit ſuſpendu dans le tube.*

Cette Loi s'éxerce dans tous les climats & à toute hauteur.

248. Cette Loi a été généralement admiſe par les Phyſiciens, parce que l'expérience l'a toûjours confirmée, non ſeulement dans nos Climats & dans les Plaines, mais encore dans toutes les parties du Monde & à toute hauteur. Voici ce que dit

dit Mr. *Bouguer* à ce sujet (*a*): „ Nous avons fait cette ex- „ périence un très grand nombre de fois, soit en commun, soit „ en particulier, dans le voyage du Pérou: Nous étions tous „ ensemble lorsque nous la fîmes à la Martinique; nous la ré- „ pétames Mr. *de la Condamine* & moi sur le Morne de St. Louis „ dans l'Isle de St. Domingue; nous l'avons faite au bord de „ la mer du Sud, & en divers endroits au haut de la Corde- „ lière du Pérou, nommément sur le sommet pierreux de *Pit-* „ *chincha*, montagne adjacente à Quito, dont la hauteur verti- „ cale est 2434 toises, & où le mercure dans le Baromètre „ ne se soutenoit qu'à 15 pouces 11 lignes. J'ai toûjours trou- „ vé sans aucune exception, que les élasticités de la même „ masse d'air suivoient exactement le rapport de ses densités.

Exp. de MM. de la Condamine & Bouguer, en Amérique.

Ces expériences lèvent les doutes qu'avoient jettés sur cette matière celles que le Père *de Bèze* avoit faites à *Malaque*, rapportées par Mr. *Maraldi* dans les *Mém.* de 1709. Il sembloit résulter de ces expériences, que près de l'Equateur les dilatations de l'Air étoient beaucoup moindres qu'elles ne devoient être pour suivre la raison réciproque des poids dont il étoit chargé.

249. La loi découverte par *Boyle* & *Mariotte* ne peut cependant être rigoureusement exacte; on conçoit bien, que si l'air étoit comprimé au point que ses parties reposassent les unes sur les autres, on augmenteroit en vain le poids dont on l'auroit chargé; la condensation n'augmenteroit plus. On commence même à découvrir quelque altération à la règle générale, quand l'air n'occupe plus que la quatrième partie de son volume primitif; mais comme on n'a jamais découvert d'exception sensible dans tous les degrés de dilatation & de condensation correspondans à ceux que l'air libre éprouve dans l'Atmosphère, on peut sans aucune conséquence négliger l'effet que produisent les bornes de la compressibilité & de la dilatabilité de ce fluide rélativement aux observations du Baromètre.

Cette Loi ne peut être rigoureusement exacte dans les extrêmes.

Mais elle l'est sensiblement dans les degrés moyens.

250. D'après cette Loi générale, Mr. *Mariotte* chercha d'abord quelle devoit être la hauteur totale de l'Atmosphère: Pour cet effet il rassembla plusieurs observations du Baromètre faites à de petites hauteurs, par lesquelles il trouva qu'il falloit s'élever de 60 pieds au bord de la mer, pour que le mercure

Mr. *Mariotte* chercha par cette Loi quelle devoit être la hauteur de l'Atmosphère.

(*a*) Mém. de l'Ac. Roy. des Sc. année 1753.

cure baissât d'une ligne dans le Baromètre. Il raisonna ensuite de cette manière: Une colonne de 28 pouces de mercure est en équilibre avec une colonne de l'Atmosphère de même base; on peut concevoir cette dernière divisée en 4032 parties chacune de poids égal à celui d'une douzième de ligne de mercure, & la première de ces parties de l'Atmosphère en montant aura 5 pieds de hauteur. La 2016 de ces parties n'étant plus chargée que de la moitié du poids de l'Atmosphère, occupera un espace double, c'est-à-dire de 10 pieds; & toutes les divisions intermédiaires croitront proportionnellement depuis 5 pieds jusqu'à 10. *On peut donc savoir*, dit Mr. Mariotte, *l'augmentation de chacune de ces divisions & leurs sommes, par les mêmes règles dont on se sert pour trouver les logarithmes.* Je ne suivrai pas son calcul dans toute son étendue, on voit assez la manière d'y procéder: En partageant successivement par la moitié les nombres de tranches restantes de l'Atmosphère, on trouvera, que la 3024ᵉ. tranche, c'est-à-dire la 1008ᵉ. de la moitié supérieure, doit occuper un espace de 20 pieds; la 3528ᵉ, soit la 504ᵉ. du quart restant, 40 pieds; la 3780ᵉ, 80 pieds; & ainsi de suite: D'où Mr. *Mariotte* conclut, en substituant pour la commodité, des moyens proportionnels arithmétiques aux moyens proportionnels harmoniques, que si l'air est susceptible de se raréfier 4032 fois plus qu'il ne l'est à la surface de la Terre, l'Atmosphère aura 15 lieuës de hauteur; que s'il se raréfie 32256 fois plus qu'ici-bas, toute son étenduë sera d'environ 20 lieuës; enfin qu'elle n'auroit que 30 lieuës, lors même que l'air se raréfieroit 8 millions de fois plus qu'il ne l'est dans la partie inférieure de l'Atmosphère.

Il pensa le premier à l'usage des logarithmes pour calculer les abaiss. du mercure.

Il changea par commodité une progression *harmonique* en *arithmétique*.

Hauteurs de l'Atm. suivant diverses Hypothèses.

251. Pour confirmer la solidité de ce calcul sur la hauteur totale de l'air, Mr. *Mariotte* en fit l'application à deux expériences célèbres; savoir, aux premières observations du Baromètre faites sur le *Puy-de-Dome* par Mr. *Perrier* sur l'invitation de Mr. *Pascal*, & à celle que fit Mr. *Domin. Cassini* sur une montagne de Provence haute de 1070 pieds. Mais peu certain encore du succès de sa règle, & ne pensant pas que les logarithmes vulgaires étoient proportionnels à ceux dont il avoit besoin, il préféra des approximations faciles, à l'application exacte de sa règle qui l'auroit entrainé dans de longs calculs: C'est ce qui lui fit changer la progression harmonique en arithmétique;

Mr. *Mariotte* appliqua sa Règle à quelques expériences du Baromètre.

métique; changement qui, peu considérable pour les petites hauteurs, cause des différences sensibles dans les grandes, comme on le verra dans la suite (334): Pour le présent je me bornerai à indiquer les deux formules qui résultent des principes que Mr. *Mariotte* regarde comme à peu près semblables.

252. Par des observations faites avec soin à l'Observatoire de Paris, le Baromètre étant à 28 pouces ou 336 lignes, Mr. *Mariotte* estima, conjointement avec Mrs. *Picard* & *Cassini*, qu'il falloit monter de 63 pieds pour faire baisser le mercure d'une ligne: *Les dilatations de l'air étant proportionnelles au poids dont il est chargé*, si le Baromètre étoit porté dans un lieu où la hauteur de sa colonne fût réduite à la moitié, c'est-à-dire à 14 pouces ou 168 lignes, la couche d'air qui tiendroit en équilibre une ligne de mercure à cette hauteur, auroit une épaisseur double de celle qu'avoit la couche d'air qui produisoit le même effet dans le bas de l'Atmosphère; cette couche qui seroit la 169me. en comptant depuis le bas de l'Atmosphère, auroit donc 126 pieds d'épaisseur. Formule qui résulte de la progression Arithmétique.

En considérant les augmentations d'épaisseur des couches d'air comme étant des termes d'une progression arithmétique, on aura la différence de ces termes, en divisant la différence du 169e. comparé au premier, par le nombre des termes moins un; cette augmentation étant de 63 pieds, & le nombre des termes 169, leur différence est $\frac{63}{168} = \frac{3}{8}$ de pieds. Ainsi, par la proprieté des progressions Arithmétiques, l'abaissement du Baromètre au dessous de 28 pouces, exprimé en ligne étant supposé $= a$, on aura la hauteur du lieu au dessus du niveau de la mer en pieds de France, par cette formule $63\,a + \frac{3}{8} \times \frac{a-1}{2}$; elle résulte du changement de la progression harmonique en arithmétique, & c'est de cette dernière progression que Mr. *Mariotte* se servit pour calculer les observations dont j'ai parlé ci-dessus.

253. Quoique cette formule découle immédiatement de la manière dont Mr. *Mariotte* a lui même énoncé sa règle, je crois qu'on doit plutôt considérer cette règle dans les principes de l'Auteur, que dans le changement qu'il y fit par commodité, & peut-être pour la faire mieux cadrer avec les observations: Ces Principes sont exprimés dans l'analogie suivante. Règle qui découle de la Loi des condensations de l'Air.

Comme la hauteur observée du mercure, est à 28 pouces;

Ainsi

28

Ainsi 63 pieds, hauteur de la colonne d'air qui correspond à une ligne de mercure quand le Baromètre est à 28 pouces, sont à la hauteur de l'air qui correspond à une ligne de mercure au lieu de l'observation.

On pourra déterminer par la même analogie, la hauteur des colonnes d'air intermédiaires, correspondantes à toutes les lignes dont le mercure s'est abaissé dans le Baromètre, en montant depuis le niveau de la Mer; & la somme de toutes ces hauteurs donnera la hauteur totale du lieu de l'observation au dessus de ce niveau (544). Ces hauteurs intermédiaires pourront être encore déterminées *par la règle dont on se sert pour trouver les logarithmes*; comme Mr. *Mariotte* le dit lui-même.

Cette Règle est aussi juste qu'aucune de celles qu'on a faites depuis.

254. Ce célèbre Physicien n'indiquoit pas sa méthode d'une manière bien affirmative; il n'osoit même l'appliquer à la rigueur aux observations qu'il prenoit pour exemple. Cependant malgré le grand nombre d'expériences qu'on a faites dès-lors, & toutes les hypothèses qu'on a imaginées pour rendre raison des Phénomènes, on n'a pas porté cette matière à un beaucoup plus haut degré de perfection. Je ferai voir dans la suite, que plusieurs des méthodes qu'on a employées ne différent entr'elles, & avec celle de Mr. *Mariotte*, que par leur coëfficient; que chacun des inventeurs de ces méthodes avoit raison pour le cas dont il parloit; mais qu'aucun d'eux ne pouvoit donner une méthode générale.

Mr. *Mariotte* trouva quelque diff. entre les obs. & son calcul.

Raisons qu'il en donne.

255. Mr. *Mariotte* n'ayant pu faire cadrer exactement sa régle avec les observations auxquelles il entreprit de l'appliquer (251), chercha les causes de ces différences; voici ce qu'il dit à ce sujet: „ Ces différences peuvent provenir de plusieurs causes: savoir, qu'on ne prit pas exactement les hauteurs dans „ la montagne: qu'il y eut quelques différences de vents pendant les différentes observations: qu'on avoit laissé un peu „ d'air enfermé dans le Baromètre, qui augmentoit ou diminuoit „ la force de son ressort, selon les différens degrés de chaleur „ qu'il recevoit: ou que le mouvement qu'on donnoit au mercure en marchant, faisoit quelque changement dans les hauteurs qu'il devoit prendre: ou enfin, que la même quantité d'air „ pèse un peu davantage proche de la terre, qu'à 300 ou 400 „ Toises plus haut; de même que le fer qui est éloigné de trois „ ou quatre pouces de l'aimant, ne fait pas un aussi grand effort

„ pour

„ se mouvoir vers lui, que lorsqu'il n'en est qu'à un pouce.
„ Si on recommençoit un jour cette observation, ajoute-t-il,
„ il faudroit suspendre le Baromètre en montant, de telle sor-
„ te qu'on ne donnât que très peu de mouvement au mercure:
„ Il seroit aussi nécessaire de marquer dans la rélation, les mé-
„ diocres hauteurs où s'élève le mercure des Baromètres dans
„ le plus bas lieu de *Clermont*, pendant toute l'année; avec
„ quelle exactitude on auroit nivelé les hauteurs des monta-
„ gnes, & quel vent auroit soufflé pendant les observations.

256. L'air resté dans le Baromètre, & l'inexactitude dans la mesure des Hauteurs, peuvent avoir contribué à ces différences; mais il ne me paroit pas aisé de concevoir comment l'agitation que reçoit le mercure en marchant, peut avoir de l'influence sur la hauteur où il s'arrête dans le tube, quand le Baromètre est fixé; car cette agitation cesse bientôt, & le mercure doit toujours s'arrêter au point où sa colonne est en équilibre avec le poids de l'Atmosphère. Il ne me paroit pas non plus qu'on doive compter ici pour quelque chose la différence de hauteur de l'air; car outre que cette différence ne peut affoiblir que très peu sa tendance vers le centre, vû la petite élévation des montagnes comparativement au demi-diamètre de la Terre; cette diminution de pesanteur étant commune à l'air & au mercure du Baromètre, leurs pesanteurs doivent rester proportionnelles entr'elles à toute élévation, & l'on ne pourroit appercevoir de changement dans la pesanteur de l'air, qu'en la comparant avec un ressort. Les vents n'influent pas non plus sensiblement dans ces expériences (196). Examen de ces raisons.

Règle de HALLEY.

257. On attribue assez généralement à *Halley* la première idée d'employer les logarithmes pour estimer la hauteur des lieux par l'abaissement du mercure dans le Baromètre; cependant on a vû que Mr. *Mariotte* avoit eu cette idée avant lui. Il est vrai que le Physicien François se contenta d'indiquer cette méthode sans l'employer; mais vraisemblablement il ne l'abandonna que parce qu'une progression arithmétique cadroit mieux avec les expériences auxquelles il entreprit d'appliquer ses principes sur les dilatations de l'air. Mr. *Mariotte* avoit pensé avant Mr. *Halley* à la méthode tirée des logarithmes.

Mais *Halley* a fait usage le premier des logarithmes vulgaires.

258. *Halley* ne fut pas déterminé par le même motif: ne présumant pas sans doute, que les expériences du Baromètre fussent encore assez exactes pour servir de règle, il s'occupa presque uniquement de la Théorie; & nous lui devons l'idée d'employer les Tables des logarithmes dans le calcul des hauteurs de l'air. Comme j'aurai très-souvent occasion de parler de cette méthode, je crois nécessaire d'en indiquer ici les principes, d'après un mémoire que *Halley* donna sur ce sujet à la Société Royale de Londres en 1685 (*a*).

Rapport des pes. spec. de l'air & de l'eau suivant *Halley*.

259. „ On a trouvé, dit *Halley*, par des expériences bien „ faites, que la gravité spécifique de l'air, auprès de la sur- „ face de la Terre. est à celle de l'eau, une fois comme 1 „ à 840, une autre fois comme 1 à 820, & une troisième fois, „ dans un grand vase tenant 10 *Galons*, comme 1 à 860. Ces „ différences doivent être comptées pour rien, vû la difficulté „ de l'expérience: Mais comme elles ont été faites en Eté, „ dans un tems où l'air étoit raréfié, & le Baromètre seule- „ ment à 29 pouces $\frac{3}{4}$ (*b*); nous pouvons admettre sans erreur „ sensible, & prenant un nombre rond, que quand le Baromè- „ tre est à 30 pouces, & dans un état moyen de chaleur, la „ pesanteur spécifique de l'air est à celle de l'eau, comme 1 „ à 800.

De l'eau & du mercure.

260. „ On a trouvé par d'autres expériences, que le poids „ du mercure est à celui de l'eau, à très peu près, comme 13 $\frac{1}{2}$ „ à 1: De sorte que le poids du mercure, est à celui de l'air, „ comme 10800 à 1: c'est-à-dire, qu'un cylindre d'air de 10800 „ pouces, ou 900 pieds, est équipondérant à un pouce de mer- „ cure. Il résulte de ce rapport, que si l'air étoit par-tout d'une „ égale densité, comme est l'eau, toute l'Atmosphère n'auroit „ que 5 $\frac{1}{10}$ milles de hauteur; & que chaque fois qu'on mon- „ teroit de 900 pieds, le Baromètre baisseroit d'un pouce. Mais „ l'expansion de l'air croissant dans la même proportion que „ le poids supérieur de l'Atmosphère décroit, c'est-à-dire com- „ me le mercure descend dans le Baromètre, les parties supé- „ rieures de l'air sont plus raréfiées que les inférieures; & cha- „ que hauteur de l'air correspondante à un pouce de mercure, „ de-

Un pouce de mercure seroit partout équipond. avec 900 pieds d'air, si celui-ci n'étoit pas dilatable.

Mais il se dilate en raison inverse des poids.

(*a*) Phil. Transf. N°. 181.

(*b*) Du pied Anglois, qui est au pied de France comme 144 à 153. Voyez la note du §. 264.

„ devient grande de plus en plus: Tellement que l'Atmosphè-
„ re doit s'étendre à une hauteur beaucoup plus considérable.

261. „ Ces expansions de l'air étant réciproquement comme
„ les hauteurs du mercure, il est évident, qu'elles peuvent être
„ déterminées à toute hauteur donnée du mercure, par la cour-
„ be de l'hyperbole entre ses Asymtotes: Car, par les pro-
„ prietés de l'hyperbole, les Rectangles ABCE, AKGE,
„ ALDE &c., (Pl. III. fig. Ire. (*a*)) sont toujours égaux; &
„ parconséquent les côtés CB, KG, LD, &c. sont récipro-
„ quement comme les côtés AB, AK, AL &c.; & ceux-ci étant
„ supposés égaux aux hauteurs du mercure, ou aux pressions de
„ l'Atmosphère, les lignes CB, KG, LD, qui leur correspon-
„ dent, doivent être comme les expansions de l'air sous ces poids,
„ ou comme l'étendüe que la même quantité d'air doit y occu-
„ per. Ces expansions étant prises en nombre infini & infini-
„ ment petites, suivant la méthode des indivisibles, leur som-
„ me doit donner l'espace d'air compris entre les diverses hau-
„ teurs du Baromètre; c'est-à-dire, que la somme de toutes les
„ lignes entre BC & KG, ou l'aire CBKG, sera proportionnel-
„ le à l'espace intercepté entre le niveau de deux places dans
„ l'air, quand le mercure sera aux hauteurs représentées par les
„ lignes AB, AK. Donc les espaces d'air répondans à des portions
„ égales de hauteur du mercure dans le Baromètre, seront comme
„ les aires CBKG, GKLD, DLMF &c.: Ces aires sont aussi,
„ suivant la démonstration de Grégoire de St. Vincent, pro-
„ portionnelles aux logarithmes des nombres exprimant les rai-
„ sons de AK à AB, ou de AL à AK, ou encore de AM à
„ AL &c. Ainsi par la table des logarithmes, la hauteur de
„ tout lieu pris dans l'Atmosphère, à toute hauteur donnée du
„ mercure, peut être trouvée très aisément; car la ligne CB
„ dans l'hyperbole, dont l'aire désigne la table des logarithmes,
„ étant 0, 0144765 (*b*), il faudra dire;

Ses expansions à toute hauteur du Bar. déterminées par les proprietés de l'Hyperbole.

(*a*) La Pl. III. se trouvera dans la partie de cet ouvrage où je donnerai la description des instrumens que j'ai employés dans mes expériences.

(*b*) Le nombre 0, 0144765 ne se trouve pas dans les Tables; mais il est moyen entre 0, 0147232 différ. des logarithmes, de 30 & 29; & 0, 0142404 différence des logarithmes entre 30 & 31. La première différence représente la densité moyenne de l'air entre les hauteurs 30 & 29 pouces dans le Baromètre; la seconde représente la densité moyenne entre 30 & 31; & la densité de l'air à 30 pouces est moyenne entre ces deux densités.

Règle de *Halley* pour calculer les abaissemens du mercure.

„ Comme le nombre 0, 0144765,
„ est à la différence du logarithme de 30 à celui d'une hauteur
„ moindre du mercure;
„ Ainsi 900 pieds, qui correspondent à un pouce de mercure
„ quand le Baromètre est à 30 pouces
„ sont au nombre de pieds qu'il doit y avoir depuis le bas de
„ l'Atmosphère jusqu'à la hauteur où l'on a observé le
„ Baromètre.
„ Et par l'inverse de cette règle, la hauteur du lieu étant don-
„ née, on peut trouver la hauteur du mercure. "

Cette Règle est la conséquence d'une autre Règle plus générale trouvée par *Newton*.

262. *Newton* a résolu ce problême plus généralement, en considérant la diminution de gravité dans les particules d'air suivant une puissance quelconque à mesure qu'elles s'éloignent de la Terre; & il en a déduit comme un cas particulier, que la Loi de Mr. *Halley* est exacte lorsqu'on suppose la gravité uniforme dans l'Atmosphère (*a*): c'est aussi ce qu'on peut admettre sans erreur sensible dans toute l'étendue qui est soumise à nos observations.

Voici la Table que HALLEY *dressa sur ce principe.*

Hauteurs du mercure, données *Pouces.*	Elévations *Miles.*	*Pieds.*	Elévations données *Pieds.*	*Miles.*	Hauteurs du mercure, *Pouces.*
30		0	0		30, 00
29		915	1000		28, 91
28		1862	2000		27, 86
27		2844	3000		26, 85
26		3863	4000		25, 87
25		4922	5000		24, 93
20		10947		1	24, 67
15		18715		2	20, 29
10		29662		3	16, 68
5		48378		4	13, 72
1		91831		5	11, 28
0, 5		110547		10	4, 24
0, 25		129262		15	1, 60
0, 1	29 ou	154000		20	0, 95
0, 01	41 ou	216169		25	0, 23
0, 001	53 ou	278338		30	0, 08
				40	0, 012

263.

(*a*) Newtoni Princ. Philos. Nat. Mathem. Lib. II. Sect. V: *De densitate & compressione fluidorum &c.*

263. „ Dans cette supposition, continue *Halley*, il pa- „ roit qu'à la hauteur de 41 miles, l'air occupe déja trois mille „ fois plus de place qu'ici-bas; mais il est probable que ses res- „ sorts ne peuvent pas souffrir une beaucoup plus grande exten- „ sion, & que l'Atmosphère ne doit pas s'étendre au delà de 45 „ miles. Cela paroit confirmé par les observations du crépuscu- „ le, qui commence & finit ordinairement quand le Soleil est „ abaissé de 18 degrés au dessous de l'horison. "

Hauteur de l'Atm. suivant *Halley*.

264. Pour rapporter la règle de *Halley* au pied de France, adopté par tous les autres Physiciens qui ont travaillé sur cette matière, il faut d'abord déterminer quel est le nombre de pouces de France qui correspond à 30 pouces Anglois: Ces derniers étant aux premiers comme 144 à 153 (*a*), la hauteur cherchée est 28 $\frac{4}{17}$ pouces; c'est à cette hauteur du Baromètre que *Halley* suppose que la densité de l'air est à celle du mercure, comme 1 à 10800. Pour réduire ce premier terme à celui que la plupart des autres Physiciens ont choisi, savoir la hauteur de 28 pouces dans le Baromètre, il faut dire 28 : 28 $\frac{4}{17}$ :: 10800 : 10891. Ainsi, suivant *Halley*, quand le Baromètre est à 28 pouces de France, la densité de l'air est à celle du mercure, comme 1 à 10891; c'est-à-dire, qu'un pouce de mercure feroit équilibre à 10891 pouces ou 907 pieds 7 pouces d'air condensé au même degré qu'il l'est dans le lieu où le Baromètre est à 28 pouces. Maintenant le nombre qui dans la Table des Logarithmes doit correspondre à 907 pieds 7 pouces, est sensiblement moyen proportionnel harmonique entre la différence des logarithmes de 29 & 28, & celle des logarithmes de 28 & 27; Ce nombre est 0, 0155110. La règle de *Halley* exprimée en mesure de France, revient donc à l'analogie suivante :

Réduction de sa Règle au Niveau généralement reçu, & à la mesure de France.

Comme le nombre 155110,
est à la différence du logarithme de 28 à celui d'une hauteur moindre du mercure;
ainsi 907 pieds 7 pouces,
sont au nombre de pieds interceptés verticalement entre le lieu

(*a*) C'est le rapport emploié dans l'Encyclopédie à l'art. *Baromètre*, Tom. II. pag. 80: j'ajouterai que j'ai trouvé précisément le même rapport entre un pied de France très exact, dont je parlerai dans la suite (396), & un pied Anglois qui par la perfection du travail portoit ses preuves avec lui.

le plus bas de l'Atmosphère, & celui où l'on a observé la hauteur du mercure.

Halley croyoit que les vicissitudes de pression se compensoient,

265. *Halley* remarque que le poids de l'Atmosphère étant variable, ses parties inférieures doivent être inégalement comprimées en divers tems; & que si cela est, on doit, en suivant la même règle, changer le coefficient ou la gravité spécifique. Cependant il présume qu'on peut se dispenser de cette correction, parce que selon lui il se fait des compensations continuelles.

de même que les effets de la chaleur avec ceux des vapeurs.

Il croit aussi, que les effets de la chaleur sur l'air doivent se compenser avec ceux des vapeurs; „Car, dit-il, quand l'air „ est raréfié par la chaleur, les vapeurs s'élèvent aussi avec plus „ d'abondance; ensorte que quoique l'air, proprement ainsi „ nommé, soit dilaté, & par cela même plus léger; cependant „ ses interstices étant pleins de vapeurs & de matières plus pe- „ santes encore, le poids du composé doit rester le même.

Halley appliqua sa Règle à des observations du Bar.

266. Quoique *Halley* n'eût point fondé sa règle sur les expériences du Baromètre, il entreprit cependant de l'appliquer à une observation faite par *Jn. Caswel* d'Oxford sur la montagne de *Snowdon* en *Caernarvanshire*, dont la hauteur est 583 toises (*a*): Le mercure se tint sur cette montagne 4 pouces plus bas qu'au bord de la mer; ces 4 pouces correspondent, dans la table ci-dessus, à 3863 pieds Anglois ou 606 toises de France. *Halley* répéta lui-même cette observation le 26. May 1697; il trouva le mercure à 26 pouces 1 ligne & $\frac{1}{5}$ sur la montagne; & ayant observé sa hauteur au bord de la mer le jour suivant, il la trouva de 29 pouces 10 lignes & $\frac{4}{5}$: Suivant cette seconde observation, & par la même règle, la hauteur de *Snowdon* ne seroit que de 576 Toises.

Cette Règle diffère très peu de celle que Mr. Bouguer a trouvée depuis.

267. Ce qu'il y a d'essentiel à observer ici, & qui est vraiment digne de remarque, c'est que par la seule connoissance des pesanteurs spécifiques de l'air & du mercure, *Halley* est parvenu à une règle très approchante de celle qu'un grand nombre d'observations du Baromètre dans les *Cordelieres*, ont dictée depuis à Mr. *Bouguer* (334). Cependant malgré l'appui que ces expériences se prêtent réciproquement, on verra qu'elles étoient encore bien éloignées de fournir une règle générale.

Règle

(*a*) 1240 verges: la verge fait 3 pieds Anglois, & 12 pouces 9 lignes du pied Anglois font 1 pied de France: Voyez la note du §. 264.

Règle de Mr. MARALDI.

268. Mr. *Maraldi* ayant fait diverses observations du Baromètre sur les montagnes d'Auvergne avec Mrs. *Chazelles*, *Couplet* & *Dom. Cassini*, les compara avec deux autres observations dont l'une avoit été faite en 1672. par *Mr. Cassini* à *Notre-Dame de la Garde* près de Marseille, & l'autre en 1682 par Mr. *de la Hire* sur le mont *Clairet* près de Toulon; & prenant le milieu entre les résultats de toutes ces observations, il trouva, que la hauteur de l'air correspondante à la première ligne de mercure qui s'abaissoit dans le Baromètre en montant depuis le niveau de la mer, étoit 61 pieds; & qu'il falloit ajouter un pied à chaque hauteur de l'air correspondante aux abaissements du mercure de ligne en ligne; ensorte que ces hauteurs prises successivement devoient être 61, 62, 63, 64 pieds &c. (*a*)

Exp. du Bar. en *Provence* & en *Auvergne*.

Règle qu'en tire Mr. *Maraldi*.

269. Cette règle fut adoptée en 1705 par Mr. *Jaq. Cassini* (*b*) dans un mémoire sur les *dilatations de l'air*; Il rapporta toutes les expériences dont Mr. *Maraldi* l'avoit déduite, & regardant ces expériences comme fort exactes, il en conclut que Mr. *Mariotte* s'étoit trompé lors qu'il avoit appliqué à l'Atmosphère les règles des condensations de l'air renfermé. C'est ainsi qu'on commença à s'écarter de la bonne théorie, au lieu de chercher si les expériences qui lui étoient contraires n'étoient point des exceptions.

Mr. *Jaq. Cassini* adopta cette Règle, & rejetta celle de Mr. *Mariotte*.

Comparaison des expériences faites à l'Observatoire de Paris par Mrs. MARIOTTE *& de la* HIRE.

270. Rien ne prouve mieux le peu d'exactitude qu'on pouvoit attendre dans la mesure des hauteurs par le Baromètre en suivant les anciennes méthodes, que la comparaison des expériences qui ont été faites par Mrs. *Mariotte* & *de la Hire*, dans le même lieu, & avec la plus grande apparence d'exactitude.

Doute occasionné par les exp. du Bar. faites à l'Observatoire de *Paris*.

271. Mr. *Mariotte*, dans son *discours sur la nature de l'air*, (*c*) rapporte des expériences qu'il avoit faites à l'Observatoire de

Exp. de Mr. *Mariotte*.

(*a*) Mém. de l'Acad. Roy. des Sc. année 1703.

(*b*) Fils de *Dominique* mort en 1756.

(*c*) Pag. 175. de ses *Oeuvres*; Leide 1717.

de Paris avec Mrs. *Cassini* & *Picard* : „ On prit, dit-il, deux Ba-
„ romètres, l'un étoit à 27 pouces 10 lignes avant que de l'ôter
„ du lieu où il étoit ; on le descendit dans la cave, qui est 134
„ pieds plus bas, & il monta à 28 pouces moins $\frac{1}{6}$ de ligne ; la
„ différence est 2 lignes moins $\frac{1}{6}$, ce qui fait $\frac{4}{3}$ de lignes pour 84
„ pieds. On trouva dans l'autre Baromètre, de même que dans
„ ma première expérience, que depuis le bas de la cave jusqu'à
„ 84 pieds, il étoit descendu de $\frac{4}{3}$ de ligne, & depuis ce lieu
„ jusqu'à une pareille hauteur de 84 pieds il descendit enco-
„ re de $\frac{4}{3}$ de lignes à peu près, ce qui fait 63 pieds pour une
„ ligne.

Exp. de Mr. *de la Hire.*

272. Mr. *de la Hire* fit aussi des expériences dans le même lieu, & les annonça avec d'autant plus de confiance qu'elles se trouvèrent d'accord avec celles qu'il avoit faites précédemment au Château de *Meudon*, avec le Baromètre double ; voici ce qu'il dit à ce sujet, (*a*) „ J'ai observé plusieurs fois en différentes années
„ & en différentes saisons l'élévation du mercure dans le Baro-
„ mètre simple sur le haut de la terrasse de l'Observatoire &
„ au fond des carriéres ou caves ; & en prenant un milieu en-
„ tre toutes ..... j'ai trouvé pour 28 toises de hauteur ou 168
„ pieds, un changement d'élévation du mercure de 2 lignes $\frac{1}{4}$.
„ C'est pourquoi pour une ligne de mercure on aura 74 $\frac{2}{3}$ pieds
„ ou 12 toises 2 pieds $\frac{2}{3}$: & par les observations faites à *Meu-*
„ *don*, j'avois trouvé 12 toises 4 pieds à peu près, dont la
„ différence 1 pied $\frac{1}{3}$ n'est pas considérable dans ces sortes d'ob-
„ servations.

Les résultats de ces expériences sont très-différens.

273. Voila des expériences faites dans le même lieu, dont l'une eut en sa faveur des témoins illustres ; & les autres par leur nombre s'appuièrent mutuellement ; les Auteurs qui les rapportent méritent de la confiance : Cependant Mr. *de la Hire* trouva 74 pieds 8 pouces d'élévation pour une ligne d'abaissement du mercure ; tandis que Mr. *Mariotte* ne trouva que 63 pieds pour le même abaissement. Faut-il s'étonner, si des expériences faites en des lieux fort distants les uns des autres, ont conduit à des règles très différentes ?

Expé-

(*a*) *Mém. de l'Ac. Roy. des Sc.* année 1709.

Expériences & Règle de Messrs. SCHEUCHZER.

274. Messrs. *Scheuchzer* de Zurich, à qui l'Histoire naturelle doit beaucoup, s'occupèrent aussi des observations du Baromètre. On trouve sous le N°. 405. des *Transactions philosophiques*, un mémoire que Mr. *J. G. Scheuchzer* donna sur cette matière en 1727; il rapporta des observations de Mr. *J. J. Scheuchzer* son père, & la règle que Mr. *J. Scheuchzer* son oncle en avoit tirée pour mesurer les hauteurs par le Baromètre. Mrs. *Scheuchzer* se sont occupés de cette matiére.

275. Ce qu'il y a de plus essentiel à remarquer dans ce mémoire, est une observation que fit Mr. *J. J. Scheuchzer* en 1709, à *Pfeffers*, dans le Comté de *Sargan*, lieu célèbre par ses eaux minérales. Un rocher qui s'élève à pic au dessus d'un Ruisseau nommé *Taminna*, ayant été mesuré au cordeau, sa hauteur fut trouvée de 714 pieds de France. Mr. *Scheuchzer* observa la hauteur du mercure au pied de ce rocher, & il la trouva de 25 pouces 9 lignes $\frac{1}{3}$; il porta le Baromètre au haut du rocher, & le mercure baissa de 10 lignes. Observations de Mr. *J. J. Scheuchzer*.

Six ans après Mr. *Scheuchzer* fit aussi l'expérience du Baromètre sur le clocher de la Cathédrale de Zurich, dont la hauteur est de 241 pieds 4 pouces; il y trouva le mercure à 26 pouces 6 lignes $\frac{1}{2}$; étant descendu au pied de la tour, le mercure monta à 26 pouces 10 lignes.

276. La règle que Mr. *J. Scheuchzer* a établie d'après ces expériences, est fondée sur les mêmes principes que celle de Mr. *Halley*; c'est-à-dire sur les propriétés de l'hyperbole placée entre ses assymptotes; mais la formule qui exprime cette règle est un peu différente, de même que son coëfficient: Voici celle de Mr. *Scheuchzer*. Règle de Mr. *J. Scheuchzer*.

Comme 142717, différence des logarithmes des deux hauteurs du mercure observées à *Pfeffers* (25 pieds 9 lignes $\frac{1}{3}$, & 24 pieds 11 lignes $\frac{1}{3}$, ou $\frac{928}{3}$ & $\frac{898}{3}$ de ligne.), Fist: pieds reed: pouces

est à 714 pieds, hauteur du Rocher de *Pfeffers*;

ainsi la différence des logarithmes, de la hauteur du mercure au bord de la mer (28 pieds 1 ligne $= \frac{1011}{3}$ de ligne), & d'une hauteur moindre du mercure observée dans un lieu donné, pouces

est à la hauteur de ce lieu au dessus du Niveau de la mer.

La Table de Mr. J. G. *Scheuchzer* n'est pas d'accord avec cette Règle.

277. Mr. *J. G. Scheuchzer* a dressé une table des hauteurs de l'Atmosphère correspondantes aux abaissements du mercure, qui devoit être fondée sur cette règle. Cependant, ayant eu occasion de la vérifier, je ne l'ai pas trouvée régulière. C'est pourquoi, dans le recueil qu'on trouvera à la fin de ce chapitre, j'ai dressé la Table qui porte le nom de Mr. *Scheuchzer*, non telle qu'il l'a donnée, mais suivant ce qu'exigent ses principes, & en partant de 28 pouces pour la plus grande hauteur du Baromètre, comme il fait lui-même dans sa Table; voici l'analogie dont je me suis servi:

Analogie que la Règle indique.

Comme 142717, différence des Logarithmes des deux hauteurs du mercure à *Pfeffers*,
est à 714 pieds, hauteur du Rocher de *Pfeffers*;
ainsi la différence des Logarithmes de 28 pouces & d'une hauteur moindre du mercure,
est à l'élévation du lieu au dessus du niveau de la mer.

Application à quelques exp. du Bar.

278. Dans un second mémoire (*a*) Mr. *J. G. Scheuchzer* appliqua la règle de Mr. *J. Scheuchzer* à quelques observations faites dans le *Roussillon* & en *Auvergne* par Mrs. les Académiciens de Paris qui ont tracé la Méridienne en France; mais il s'en faut de beaucoup que les résultats soient conformes aux mesures trigonométriques; voici quelques exemples.

Résultats.

	Hauteurs du mercure		Par la mesure Trigonométrique	Par la Régle de M. *J. Scheuchzer*.
	Pouces.	*Lignes.*	*Toises.*	*Toises.*
La Tour de Massane dans le Roussillon . . .	25 ;	5 . . .	397	350
La Coste montagne d'Auvergne	23 ;	4 . . .	851	661
Le Mont d'or dans la même Province	22 ;	11 . .	1040	727

M. *Scheuchzer* suspecta les mesures géometriques plutôt que sa règle.

279. M. *Scheuchzer* en donnant ces exemples de la grande différence qui se trouve entre les résultats des deux opérations, ne pensa point à charger de l'erreur celle du Baromètre; mais il prétendit que les hauteurs données par la mesure trigonométrique étoient trop grandes, à cause de l'effet des réfractions. La raison de la confiance qu'il accorde à sa Règle est que dans l'observation

(*a*) Phil. Trans. N°. 406.

vation qui lui sert de base, l'élévation du lieu avoit été mesurée au cordeau. Mais on verra dans la suite, que cette manière de mesurer les hauteurs est sujette elle-même à des erreurs sensibles (516); & que d'ailleurs les observations du Baromètre étoient alors trop peu sures pour servir de terme de comparaison.

Règle de Mr. JAQ. CASSINI.

280. Par la manière dont on observoit le Baromètre, plus on multiplioit les expériences, plus on augmentoit la difficulté de les concilier. C'est ce qu'éprouva Mr. *Cassini*, lorsqu'il voulut appliquer aux observations qui lui furent communiquées par Mr. *de Plantade* la règle de Mr. *Maraldi* qu'il avoit d'abord adoptée: ses réfléxions sur ce sujet font la matière d'un mémoire qu'il donna à l'Académie en 1733: Il rapporta d'abord les observations faites par Mr. *de Plantade* sur trois sommités des *Pyrenées*, dont la hauteur avoit été mesurée dans les opérations de la Méridienne; & il y joignit une autre observation faite par le *P. Feuillée* sur *le Pic de Ténériffe*; Voici l'extrait de ses observations.

Observ. de Mr. *de Plantade* & du *Père Feuillée* rapportées par Mr. *Cassini*.

	Hauteur du mercure:		Différence de cette hauteur comparée avec celle du Bar. observé au bord de la mer.		Hauteur des lieux.
Par Mr. de Plantade.	*Pouces.*	*Lignes.*	*Pouces.*	*Lignes.*	*Toises.*
Le 4e. Août 1731 sur le Pic de *Canigou* . .	20 ,	2 ½ . .	7 ,	11 ½ .	1453
Le 18e. Août 1732 sur la montagne du *Moufflet* .	20 ,	10 ⅔ . .	7 ,	1 ⅓ .	1289
Le 25 —— sur la pointe Occ. de la montag. de St. *Barthelemy* . .	21 ,	– ⅓ . .	6 ,	11 ⅓ .	1190
Par *le P. Feuillée* en 1704, sur le *Pic de Ténériffe* .	17 ,	5 . .	10 ,	7 . .	2213

281. Mr. *Cassini* évalua ces différences de hauteur du Baromètre suivant les deux tables qu'il avoit données lui-même dans les mémoires de 1705, & dont j'ai fait mention ci-devant; l'une de ces Tables étoit dressée suivant les principes de Mr. *Mariot-*

Calcul de ces obs. par les règles de Mrs. *Mariotte* & *Maraldi*.

te; l'autre avoit été indiquée par Mr. *Maraldi* d'après un grand nombre d'obſervations faites par divers Académiciens. Mr. *Caſſini* trouva que les obſervations de Mr. *de Plantade* & du *P. Feuillée* n'étoient pas d'accord avec ces Tables: Voici le réſultat de cette comparaiſon.

	Hauteurs trouvées par la meſure Trigonométrique. Toiſes.	Suivant la Règle de Mr. *Mariotte*. Toiſes.	Suiv. la Règle de Mr. *Maraldi*. Toiſes.
Sur la montagne de St. *Barthelemy*	1190	1012	1427
Sur celle du *Mouffler* .	1289	1035	1467
Sur le *Canigou* . . .	1453	1183	1728
Sur le *Pic de Ténériffe* (*a*) .	2213	1686	2624

La meſure trigonométrique eſt à peu près moienne entre ces deux règles.

282. Mr. *Caſſini* ayant remarqué que les hauteurs trouvées par la meſure trigonométrique étoient en quelque ſorte moyennes entre les hauteurs qui réſultoient de l'application des deux règles aux obſervations du Baromètre, en eſſaya une troiſiéme, à laquelle il donna une forme géométrique. Il ſuppoſa que la dilatation de l'air libre pouvoit ſe faire, non *en raiſon réciproque des poids*, comme Mr. *Mariotte* l'avoit conclu de ſes expériences ſur l'air renfermé, mais *en raiſon réciproque des quarrés des poids*; & comme les premiers termes de la ſuite de nombres qui réſultoit de cette hypothèſe, ne croiſſoient pas aſſez pour ſatisfaire aux obſervations; Mr. *Caſſini* y ſuppléa en augmentant de 3 pieds ſon premier terme, qui fut ainſi égal à celui de Mr. *Mariotte*, c'eſt-à-dire de 63 pieds.

Nouvelle Règle qu'en tire Mr. *Caſſini*.

Calcul de pluſieurs obſerv. par cette nouvelle règle.

283. Il dreſſa une Table fondée ſur cette nouvelle hypothèſe, dont il ſe ſervit pour calculer les obſervations faites dans le voyage de la Méridienne & celles de Mr. *de Plantade* & du *P. Feuillée*; après quoi il compara de nouveau les réſultats de ſes calculs avec

(*a*) Mr. *de la Condamine* ayant examiné les détails de la meſure géométrique du *P. Feuillée* ſur ſon propre manuſcrit, a trouvé cette meſure très défectueuſe, à cauſe de la baſe qui étoit inclinée, trop courte & mal dirigée. M. *de la Condamine* indique ces défauts dans l'extrait du Journal de ſon voyage en Italie (Mém. de l'Ac. 1757 4to. pag. 408): M. *Bouguer* les avoit auſſi remarqués, & il corrigea la hauteur du *Pic de Ténériffe* dans ſon livre de la *Figure de la Terre* (Paris 1749, 4to. pag. xlviij.) D'après l'inclinaiſon de la baſe du *P. Feuillée*, ſuppoſée de 3 toiſes ſur 210 qui étoient toute ſa longueur, Mr. Bouguer trouve que le *Pic de Ténériffe* ne doit avoir qu'environ 2070 toiſes de hauteur.

avec les hauteurs trouvées par la mesure Trigonométrique; voici l'extrait de son travail à ce sujet.

	Hauteurs trouvées par la mesure Trigonométrique. Toises.	Suivant la Règle de Mr. *Cassini*. Toises.
La Tour de *Massane*	397	354
La Montagne de *Buguarach*	648	564
Celle de la *Coste*	851	759
de la *Courlande*	838	759
de St. *Barthelemy*	1190	1168
du *Moufflet*	1289	1200
du *Canigou*	1453	1394
de *Ténériffe*	2213	2120

284. Mr. *Cassini* crut voir dans cette comparaison que l'air libre se dilatoit dans une proportion plus grande encore que la raison réciproque des quarrés des poids dont il est chargé; & il auroit sans doute cherché une plus grande approximation, si les différences des résultats de cette troisiéme formule, comparés avec les hauteurs réelles, avoient paru suivre quelque règle fixe: Mais l'irrégularité de ces différences, indiquant l'impossibilité de concilier les observations par une Loi générale & simple, il se borna à cette tentative. Elle ne donne pas assez de hauteur. Mais les différences sont irréguliéres.

Hypothèses & Règle de Mr. DL. BERNOULLI.

285. *Mr. Daniel Bernoulli* ayant remarqué le peu d'accord de l'expérience avec les règles qu'on avoit données jusqu'à lui, même avec celles qui étoient appuyées sur la loi des condensations de l'air; chercha dans l'état de ce fluide entant qu'Atmosphère, les causes des modifications que cette Loi générale lui paroissoit éprouver. On voit toujours avec plaisir les spéculations de ce grand Mathématicien, c'est pourquoi je vais donner un extrait du systême qu'il a embrassé dans son *Hydrodinamique*, sur les modifications de l'air dans l'Atmosphère, & sur la Loi de ses condensations. Mr. *Bernoulli* a entrepris d'approfondir cette matière.

285. La section X^e. de cet ouvrage, publiée en 1738, a pour titre: *De affectionibus atque motibus fluidorum elasticorum, præcipue autem aëris.* Mr. *Bernoulli* la commence par une hypothèse Idée générale des fluides élastiques.

Il pense que ce sont des fluides *discrets* dont les particules ont un grand mouvement.

sur la nature des fluides élastiques : Il conçoit, avec *Descartes* & plusieurs autres Philosophes, que l'élasticité des fluides peut être un mouvement rapide de leurs particules dans toute sorte de direction.

Développement de cette Hypothèse.

287. Pour démontrer que cette espèce de mouvement suffit seule à l'explication des Phénomènes, il suppose une certaine quantité de ces particules renfermées dans un cylindre creux, sous un Diaphragme mobile & chargé d'un certain poids; ce Diaphragme est soutenu à une certaine hauteur dans le cylindre par les coups continuellement répétés des particules. On voit dans cet état des choses, que si le poids est diminué, les particules du fluide souléveront le Diaphragme; que si le poids est augmenté, le Diaphragme s'abaissera & réduira les particules dans un espace moindre; & que les particules considerées en elles-mêmes graviteront sur le fond du cylindre, comme si elles n'étoient douées d'aucune vertu élastique. On doit observer encore que dans l'abaissement du Diaphragme par l'augmentation de son poids, la force élastique augmentera par deux causes, savoir 1°. parce que le nombre des particules devient plus grand rélativement à l'espace, qui est diminué; & 2°. parce que chaque particule frappe plus souvent le Diaphragme.

Ces principes étant posés, Mr. *Bernoulli* prouve par un calcul, que *si la compressibilité d'un fluide élastique est infinie, les espaces qu'il occupe doivent être en raison inverse des poids dont il est chargé*; c'est la Loi indiquée par l'expérience.

Elle paroit très satisfaisante

288. Telle est l'idée que Mr. *Bernoulli* se forme des fluides élastiques, & d'après laquelle il les considère dans leurs effets: Idée bien plus satisfaisante que celle des spirales ou des floccons, qui ne présentent point à l'esprit une dilatabilité suffisante, & qui devant être eux-mêmes élastiques, ne peuvent donner aucune notion de l'élasticité en général. Je sens qu'on peut demander aussi quelle est la cause du mouvement des particules, & par quel moyen ce mouvement peut être reproduit quand il a cessé par l'emprisonnement des particules dans certains corps, dans la poudre à canon par exemple; ou par leur choc entr'elles & contre les parois des vases. Mr. *Bernoulli* n'examine point cette question: Mais je crois pouvoir annoncer aux Physiciens qu'elle sera résolue d'une manière très satisfaisante par un de mes compatriotes,

Difficulté.

Solution annoncée.

patriotes, que sa sagacité dans la recherche des causes physiques a déja illustré (*a*).

289. (*b*) La force élastique de l'air n'est pas augmentée seulement par l'augmentation du poids qui le comprime, elle reçoit encore des accroissemens sensibles par l'augmentation de la chaleur. Mr. *Bernoulli* examine quel doit être l'effet de cette dernière cause; & partant de l'augmentation qu'elle doit produire dans la vitesse des particules, il trouve que *la force expansive de l'air doit être en raison doublée de l'augmentation de vitesse*: En effet le nombre des coups que les particules d'air frappent contre les obstacles qu'elles rencontrent, & leur intensité, doivent augmenter également. Plus il y a de particules dans un espace donné, plus la somme des augmentations de vitesse doit être grande; *ainsi les accroissemens que reçoit l'élasticité de l'air par des augmentations égales de chaleur, doivent être proportionnels aux densités*; c'est ce que l'expérience confirme: Mr. *Amontons* l'avoit déja prouvé (Mem. de l'Ac. R. des Sc. de Paris année 1702); mais comme les machines qu'il avoit emploiées pour ses expériences étoient sujettes à quelques erreurs, Mr. *Bernoulli* en propose une très ingénieuse & très propre à cette démonstration. (*c*)

La vitesse des particules augmentée par la chaleur, produit une augmentation de force élastique.

Cette augmentation est en raison doublée de celle de la vitesse,

& simple de la densité.

290. (*d*) De ces considérations générales sur l'élasticité de l'air, notre Auteur passe aux modifications qu'éprouve l'Atmosphère; & d'abord il examine la pression verticale des colonnes d'air & l'équilibre de ces colonnes, tant entr'elles qu'avec la colonne de mercure du Baromètre. Il représente toutes les colonnes de l'Atmosphère par deux tubes de même diamètre, posés dans une situation verticale, ouverts par le haut, & communiquans l'un à l'autre par de petits tubes placés horizontalement. Si les particules renfermées dans ces tubes sont douées de la même vitesse & affectées du même degré de chaleur, il est certain que les fonds de ces tubes seront pressés également & chargés de poids égaux. Qu'on suppose des Diaphragmes placés à hauteur égale dans ces tubes; ces diaphragmes seront aussi pressés également & chargés du même poids. L'intervalle compris entre les diaphragmes & les fonds de ces tubes accouplés, représente toûjours, dans les raisonnemens de Mr. *Bernoulli*, une cou-

Les colonnes de l'Atm. représentées par deux tubes pleins d'air qui se communiquent latéralement.

Si la vitesse des particules est égale dans les deux tubes, leur pression sera égale sur la base, & contre des *diaphragmes* placés à la même hauteur.

(*a*) M. *Le Sage*, Auteur d'un *Essai de Chymie mécanique* qui a remporté le prix à l'Académie de Rouen.

(*b*) Hydrodinamique, Section X. §. 6.
(*c*) ibid. §. 7. 8. 9. 10.
(*d*) §. 12.

couche sphérique de l'atmosphère partout également distante de la surface de la Mer.

Si la chaleur augmente dans l'un des tubes, l'expansion de l'Air se communiquera dans l'autre.

291. (*a*) Si la chaleur augmente dans l'un des tubes, sous son diaphragme, l'expansion de l'air se communiquera à l'autre par les petits tubes horizontaux; & comme le poids supérieur ou la résistance des diaphragmes est la même dans les deux tubes, la pression sera toûjours égale, tant sur les deux fonds, qu'à même hauteur au-dessus d'eux de part & d'autre, quoique la densité respective ait changé: ensorte que, *dans les lieux également distans du fond, les densités seront sensiblement en raison réciproque des quarrés des vitesses* (289).

Les densités à même hauteur dans les deux tubes seront en raison inverse des quarrés des vitesses.

Exception momentanée causée par l'inertie de l'Air.

292. (*b*) L'égalité de pression des colonnes sur le fond des tubes n'est altérée que par l'inertie de l'air, qui occasionne partout une augmentation momentanée de pression quand la chaleur augmente, mais plus forte dans le tube dont l'air est le plus échauffé.

Sans cela les deux colonnes presseroient toûjours également sur leur base.

293. (*c*) Il paroit que cette cause est la seule qui puisse occasionner quelque changement dans les Baromètres placés sur le fond des tubes, qui d'ailleurs sont toûjours pressés également; c'est-à-dire, chacun par un poids qui est la moitié de celui des deux colonnes d'air prises ensemble: or la somme de ces poids est constante.

La hauteur du mercure sera égale à même hauteur dans les deux tubes, quand même la chaleur seroit inégale.

294. (*d*) Si nous élevons les deux Baromètres à hauteur égale dans les deux tubes, le mercure baissera également dans l'un & dans l'autre (290), parce que l'air inférieur ne pésera plus sur eux. Quand la chaleur moyenne augmentera dans cet air inférieur, il éprouvera une augmentation de volume; & son expansion ne pouvant se faire qu'en hauteur, une partie de cet air sera soulevée au-dessus des Baromètres; & la hauteur du mercure augmentera proportionnellement & également dans l'un & l'autre, quoique la distribution de la chaleur soit inégale (291).

Mr. *Bernoulli* applique à l'Atm. ce qu'il a dit de l'air renfermé.

295. J'ai dit ci-devant que dans l'hypothèse de Mr. *Bernouilli*, les deux tubes où nous venons de considérer les effets de l'élasticité de l'air, doivent représenter toute l'atmosphère: Voici comment il fait cette application.

Prem. conséquence: la surface de la Terre n'est pas la base de l'Atm.

296. (*e*) Le fond des tubes représente la base de l'atmosphère; & suivant les principes posés, la hauteur du mercure dans

(*a*) §. 13. (*b*) §. 17. (*c*) §. 18. (*d*) §. 19. (*e*) §. 18.

dans ces lieux analogues doit être toûjours la même. Mais la hauteur du mercure est variable à la surface de la terre; donc cette surface n'est pas la base de l'atmosphère. Telle est la première conséquence que tire nôtre Auteur, & voici ses preuves directes.

297. (*a*) Il est connu, dit-il, que la terre renferme beaucoup de très grandes cavités; & dans les masses mêmes qui n'ont point de cavités sensibles, les pores peuvent produire le même effet. Si donc on rassemble tous ces espaces remplis d'air dans une profondeur de vingt à trente mille pieds au dessous de la surface de la terre, & qu'en les comparant à la partie solide on suppose celle-ci mille fois & même cent mille fois plus grande que les premiers, l'action de la chaleur dans cet air renfermé sera suffisante pour produire toutes les variations du Baromètre.

L'action de l'air souterrain doit produire les variations du Bar.

298. Les plus grands changemens qui arrivent dans la densité de l'Atmosphère sont, suivant Mr. *Bernoulli*, produits par la chaleur. Il pense aussi que ces changemens se compensent presque toûjours dans la même couche sphérique, ensorte que chaque couche a une chaleur moyenne constante (*b*); C'est sans doute ce qui lui fait croire que la différence entre la hauteur du mercure dans des Baromètres placés à différentes élévations doit être la même en tout tems. Je crois devoir rapporter ici ses expressions, parce qu'elles renferment la conséquence générale qu'il tire de ses principes.

La chaleur occasionne les plus grands changemens de densité de l'Air.

Ces changemens se compensent.

Ainsi la différence des Bar. placés à diverses hauteurs doit être la même en tout tems.

» (*c*) Igitur quum in barometro ex loco humiliori in altio-
» rem transportato mercurius descendit, non sequitur pondus co-
» lumnæ mercurialis quæ in barometro descendit, æquale esse
» ponderi columnæ aëreæ ejusdem diametri, & altitudinis (ad
» quam Barometrum fuit elevatum) quod ab aliquibus ita asseritur:
» *Et profecto, cæteris paribus, columna mercurii descendens eadem*
» *erit tam tempore hyemali quàm æstivo*, cùm ex sententia illa de-
» beret tempore calido esse minor, quàm tempore frigido: *Ea-*
» *dem quoque erit in locis meridionalibus & septentrionalibus* .....
» Igitur experimentum non tam gravitatem specificam aëris, in
» quo factum est, indicat, quam omnis aëris terræ proximi gra-
» vitatem specificam mediam determinat; *prior admodum va-*
» *riabilis est, altera procul dubio constanter eadem fere permanet.*

(*a*) §. 20. (*b*) §. 29. (*c*) §. 16.

Conséquence de Mr. *Bern.* Le Bar. indique la grav. spec. moy. de l'Atm.

299. La conséquence générale de Mr. *Bernoulli* est donc, que l'expérience du Baromètre indique moins la gravité spécifique de l'air dans lequel on l'a faite, que la gravité spécifique moyenne de l'Atmosphère autour de la Terre; & que la première est variable, tandis que la seconde reste sans doute presque toûjours la même.

Elle seroit juste s'il y avoit dans l'Atmosp. quelque chose qui tint lieu de *Diaphragme*.

300. Il paroit que cette conséquence devroit être admise si l'on supposoit que l'air est contenu dans l'Atmosphère par quelque cause analogue aux tubes & aux Diaphragmes dont je viens de parler; c'est-à-dire, si chaque couche résistoit également partout à la dilatation de son inférieure, comme les Diaphragmes placés à la même hauteur dans les tubes & chargés du même poids, résistent également partout à l'expansion de l'air renfermé au dessous d'eux. C'est ce que Mr. *Bernoulli* suppose, puisqu'il pense que la hauteur du Baromètre doit être égale à même élévation sur le Niveau de la Mer, vers l'Equateur & sous les Poles, (*a*) & voici comment il le conçoit.

Mr. *Bernoulli* le suppose.

C'est, suivant lui, l'égalité de résistance des couches supérieures.

301. (*b*) Si la hauteur de l'Atmosphère est finie, dit-il, c'est parce que les particules perdent leur mouvement lorsqu'elles arrivent dans le haut des colonnes, où elles forment alors un fluide simplement grave, privé de toute élasticité. Dans ce cas il paroit 1°. que les colonnes s'élèveront également, à cause des communications latérales dans toute leur hauteur. 2°. Que la densité des couches supérieures sera partout la même, parce qu'elles ont la même hauteur & qu'elles sont en équilibre; Ensorte que les pressions seront à toutes les hauteurs, proportionnelles au poids de la couche supérieure qui sera le même partout. Et si l'élasticité ou le mouvement des parties n'a point de borne, & que par conséquent la hauteur des colonnes soit indéfinie; il suffira, pour produire le même effet, de supposer que les derniéres couches sensibles de l'Atmosphère sont partout chargées d'un poids égal.

Distribution des principes de Mr. *Bernoulli* en deux Classes.

302. Tels sont les principes de Mr. *Bernoulli*, qu'on peut diviser naturellement en deux classes; l'une renferme les affections & les mouvemens des fluides élastiques en général; l'autre regarde l'Atmosphère. Je vais rassembler ces Principes en peu de

(*a*) §. 14. (*b*) §. 15.

de mots, pour qu'il soit plus aisé de suivre l'application qu'il en fait à quelques Phénomènes.

303. Les propositions renfermées dans la première classe sont celles-ci: 1°. Les fluides sont élastiques, quand leurs particules se meuvent rapidement en tout sens (286). 2°. La force expansive de ces fluides peut être augmentée par deux causes, savoir, par le plus grand nombre de particules renfermées dans le même espace, & par leur plus grande vitesse (287. & 289.) 3°. La première de ces causes produit la condensation: Si la compressibilité est regardée comme infinie, la force de ressort qui en résulte doit être en raison inverse des espaces occupés par le même nombre de particules: l'expérience permet de l'admettre ainsi (287). 4°. La densité d'un fluide élastique augmente donc proportionnellement au poids dont il est chargé (*ibid.*) 5°. Les parties du fluide agissent les unes sur les autres dans le même rapport, parce que les couches supérieures sont des poids qui chargent les inférieures (*ibid.*) 6°. C'est par sa densité seule ou par sa gravité qu'un fluide élastique presse verticalement sur le fond qui le soutient (*ibid.*) 7°. La chaleur donne une plus grande vitesse aux particules; & leur force impulsive augmente en raison doublée de cette augmentation de vitesse (289). 8°. Les effets de cette seconde cause sont proportionnels au nombre des particules, ou, ce qui revient au même, à la densité (*ibid.*) 9°. Ainsi la force élastique des fluides est en raison composée simple de leur densité & doublée de la vitesse de leurs particules. 10°. Si nous considérons un fluide élastique renfermé dans deux tubes de même longueur, posés dans une situation verticale & communiquans l'un à l'autre par de petits tubes placés horizontalement, la vitesse des particules pourra augmenter par la chaleur dans un seul de ces tubes, sans que par cette raison la force élastique devienne inégale; parce que la densité augmentera proportionnellement dans le tube voisin (291). 11°. Enfin si nous supposons dans ces tubes des diaphragmes mobiles, chargés d'un poids égal, & placés à la même hauteur; la pression du fluide sur le fond des tubes restera toûjours la même, quelle que soit l'augmentation de vitesse partielle ou générale des particules qu'ils contiennent (293). Telles sont les propositions que j'ai renfermées dans la première classe; elles n'ont rien, ce me semble, qu'on puisse contester aisément.

Ire. Classe; Principes concernans les fluides élastiques.

Ces Principes sont très admissibles.

L'expérience n'est pas d'accord avec les principes de la 2de. *Classe* qui concernent l'Atm.

304. Je range dans une autre classe les propositions qui regardent l'Atmosphère, parce qu'il ne me paroit pas que l'expérience soit d'accord avec les principes de Mr. *Bernoulli*. Selon lui, 1°. la pression de l'Atmosphère doit être toûjours & partout sensiblement égale sur sa Base: & puisque le Baromètre indique des changemens de pression à la surface de la Terre, il faut que cette base soit à une certaine profondeur même au dessous du niveau de la Mer (296). 2°. Les dilatations & condensations de cette partie de l'Atmosphère renfermée dans une croute plus ou moins épaisse de nôtre Globe, produisent les variations du Baromètre observé à sa surface (297). 3°. Chaque couche sphérique d'air également distante de la terre, presse son inférieure par-tout également (301). 4°. Les changemens de vitesse des particules d'air dans une portion des couches, produisent bientôt un changement proportionnel de densité dans toutes les autres parties de la même couche; ensorte que l'*Elasticité* (*a*) qui est en raison composée de la densité & du quarré de la vitesse, est toûjours égale à même hauteur (300. 301). 5°. Il se fait des compensations assez exactes entre les augmentations & les diminutions de chaleur dans chaque couche; & de ces compensations il résulte, que les vitesses moyennes, les densités moyennes & l'Elasticité restent sensiblement les mêmes dans chacune des couches de l'Atmosphère (297. 298 &c.) 6°. Enfin la différence de hauteur du mercure dans le Baromètre placé à différentes élévations, doit indiquer la différence qu'il y a entre les vitesses & les densités moyennes des deux couches, c'est-à-dire, la différence d'*Elasticité*; & cette différence doit être en tout tems la même (298. 307. &c.)

Mr. *Bernoulli* rejette l'usage des logarithm. pour calculer les abaissemens du mercure.

305. (*b*) D'après ces principes Mr. *Bernoulli* examine l'opinion des Physiciens qui ont pensé, que les hauteurs des lieux suivoient la proportion des logarithmes des hauteurs du mercure dans le Baromètre; il trouve que cette hypothèse, fondée sur ce que la densité de l'air est partout proportionnelle au poids dont il est chargé, ne sauroit quadrer avec l'expérience.

Observ. citées par Mr. *Bernoulli*.

306. Pour le prouver, Mr. *Bernoulli* choisit quatre observations faites à des hauteurs connues; savoir:

A la

(*a*) J'entens ici par *Elasticité*, avec Mr. *Bernoulli*, la force & non *la vertu* Elastique.

(*b*) §. 23.

A la haut. de	1070 pieds (a)	le Bar. étoit 27 p. 0 l. $\frac{1}{3}$	tandis qu'il étoit en bas	28 p. 4. l. $\frac{1}{3}$
	1542	26. 4 $\frac{2}{1}$		28. 2.
Sur le Pic de Ténériffe	13158 (b)	17. 5		27. 10.
au dessus de la Mer	65	28. 1	au niveau de la Mer.	28. 2.

307. Les hauteurs du mercure dans le Baromètre étant suivant Mr. *Bernoulli* proportionnelles aux élasticités, c'est-à-dire au produit de la densité par le quarré de la vitesse, il trouve, qu'en faisant *l'élasticité* au niveau de la Mer = 1, les *élasticités* ont été dans les expériences susdites à 65 pieds d'élévation 0, 9970

Elasticités de l'air indiquées par ces observ. en supposant ces Elast. proportionnelles aux haut. du Bar.

1070	0, 9520
1542	0, 9364
13158	0, 6257

308. (c) Il fait alors le calcul par les logarithmes, & il trouve des différences si considérables qu'il rejette entiérement cette méthode. Il remarque en général qu'on peut difficilement espérer de trouver la vraie Loi que suit la Nature à cet égard. Cependant il cherche une formule qui puisse accorder les quatre expériences ci-dessus rapportées.

Le calcul par les Logar. ne donne pas les mêmes résultats.

309. (d) Pour cet effet il se propose de déterminer la nature de trois courbes placées autour d'un même axe sur lequel sont indiquées les hauteurs. L'une de ces courbes doit représenter les *vîtesses moyennes*; la seconde, les *densités moyennes*; & la troisième les *élasticités absolues*. Deux de ces courbes étant données, on peut trouver la troisième en partant de ce Principe, que les *élasticités sont en raison composée du quarré des vitesses, & simple des densités.*

Mr. *Bernoulli* cherche la Loi indiquée par ces observ.

310. (e) Après le calcul Mr. *Bernoulli* trouve, que pour satisfaire aux quatre expériences susdites il faut d'abord supposer que le sommet de l'axe est à 22000 pieds au dessous de la surface de la Terre; & faisant les hauteurs au dessus de cette surface $= x$, les élasticités de l'air décroitront en montant, dans la rai-

Hypothèse & résultat du calcul.

 son

(a) C'est la 1re. observation faite par Mr. *Cassini* sur une montagne de Provence.

(b) Cette hauteur du Pic de *Ténériffe*, conforme à la correction de Mr. *Bouguer* (281 *note*), est moindre de 120 pieds que celle qui est indiquée par Mr. *Cassini*, & la différence des hauteurs du mercure est aussi moindre de 2 lignes.

(c) §. 24. 25. (d) §. 26. (e) §. 27.

son de $22000 + x$ à 22000; tandis que les densités moyennes décroîtront dans la raison de $(22000 + x)^2$ à 22000^2: ce qui indique que les vitesses des particules croîtront en montant dans la raison de $\sqrt{22000}$ à $\sqrt{(22000 + x)}$ c'est-à-dire en raison inverse des racines quarrées des élasticités, & en raison directe des racines quarrées des hauteurs depuis la Base de l'Atmosphère. La courbe qui exprime cette derniére raison étant une *parabole*, celle qui représente la raison des élasticités sera une *hyperbole*.

Mr. *Bernoulli* cherche à généraliser cette hypothèse.

311. Les quatre expériences rapportées par Mr. *Bernoulli* étant conciliées par son hypothèse, il cherche à la généraliser: Pour cet effet il entreprend d'expliquer comment il est possible que la vitesse moyenne des particules d'air, ou ce qui revient au même, que la chaleur moyenne, soit plus grande dans les couches de l'Atmosphère à mesure qu'elles s'élèvent au dessus du Niveau de la Mer.

Il faut suivant lui que la chaleur croisse en montant dans l'Atm.

312. (*a*) Il prétend qu'on ne doit pas juger de l'état de l'Atmosphère libre rélativement à la chaleur, par ce qui se passe sur les montagnes, où des causes particulières peuvent influer; & que malgré la diminution de chaleur de bas en haut qu'on observe sur les montagnes, il n'est pas absurde de supposer, que *dans l'Atmosphère libre, la chaleur moyenne de l'air est plus grande à mesure qu'on s'éloigne de la surface de la mer.*

& que les densités décroissent moins de bas en haut sous l'Equateur qu'aux Poles.

(*b*) Il croit aussi qu'on peut admettre; Que l'air sous les Poles est 10 fois plus dense que sous l'Equateur au voisinage de la Terre; mais que toutes choses égales, la différence est moins grande à de plus grandes hauteurs; que par conséquent les densités décroissent moins rapidement de bas en haut sous l'Equateur que sous les poles; que, par exemple, elles peuvent décroitre sous les poles à de petites hauteurs dans la raison de $(22000 + x)^4$ à 22000^4, à cause de l'augmentation de la chaleur; tandis que sous l'Equateur elles décroissent à peine sensiblement par la raison contraire. Enfin, dit-il, on ne doit point regarder comme absurde de supposer, *que les densités moyennes diminuent dans la raison de* $(22000 + x)^2$ *à* 22000^2, *comme il est admis dans le §. 27; tandis que les élasticités décroissent partout dans la raison de* $22000 + x$ *à* 22000. & il ajoute, *que ces proportions ne peuvent être troublées dans les mêmes hauteurs au-dessus de la Mer.*

(*a*) §. 28. (*b*) §. 29.

Mer que par des causes accidentelles & peu durables.

Mr. *Bernoulli* se borne à cette formule générale qu'il a fait quadrer avec les nombres par lesquels il a cru pouvoir exprimer l'élasticité de l'air, aux lieux où ont été faites les 4 observations qu'il a choisies pour guides; & il n'indique pas l'application qu'on peut faire de cette formule à la mesure des hauteurs par le Baromètre; mais il est aisé de la trouver en suivant ses principes.

Formule qui résulte de l'hyp. de Mr. *Bernoulli* pour calculer les abaissements du mercure.

313. Selon Mr. *Bernoulli*, les élasticités de l'air en divers lieux sont entr'elles, comme les hauteurs du mercure dans ces lieux-là. Et puisqu'en faisant les hauteurs au-dessus du niveau de la Mer $= x$, il suppose que les élasticités de l'air à ces hauteurs sont à son élasticité au niveau de la Mer, comme 22000 à $22000 + x$; il en résulte que la hauteur du mercure dans un lieu donné est aussi à sa hauteur au niveau de la mer, comme 22000 à $22000 + x$. On aura donc la hauteur des lieux au dessus du niveau de la Mer, en employant cette Analogie:

Comme la hauteur observée du mercure,
est à sa hauteur au dessus du niveau de la mer, que je suppose être 28 pouces;
Ainsi 22000,
est au nombre de pieds qui exprime la hauteur du lieu où l'observation a été faite, au dessus d'un point constant qui est de 22000 pieds plus bas que le niveau de la mer.

Il suffira donc de retrancher 22000 du quotient de la division, pour avoir la hauteur du lieu au dessus du niveau de la Mer.

Cette formule n'est applicable qu'aux observ. qui l'ont produite.

314. Telle est la méthode qui résulte des hypothèses de Mr. *Bernoulli*: Il n'y en a point certainement qui concilie avec autant de succès les expériences qu'il a prises pour guides. Mais si, au lieu de ces expériences, il en eût choisi d'autres parmi celles qui se trouvent ça & là dans les ouvrages des Physiciens, il auroit falu recourir à de nouvelles hypothèses à chaque nouveau choix. Pour se convaincre de cette variété de rapport des expériences entr'elles, il suffit de considérer, que tous les Physiciens qui ont donné des méthodes pour mesurer les hauteurs par l'abaissement du mercure, les ont fondées sur des expériences. Il est certain qu'on ne seroit jamais parvenu à découvrir la loi des condensations de l'air dans l'Atmosphère, ni les modifications qu'éprouve cette Loi; tant qu'on se seroit contenté de rassembler des observations prises au hazard; c'est ce que la

la suite de cet ouvrage prouvera d'une manière sensible : Pour le présent je me bornerai à quelques réflexions particuliéres sur l'hypothèse de Mr. *Bernoulli*.

Les principes qui lui servent de fondement sont contraires à l'expérience.

315. Dans l'examen que j'ai fait ci-devant de son systême rélativement aux variations du Baromètre, j'ai fait observer 1°. Que la température de nôtre Globe étant presque invariable, il ne peut se faire dans les cavités souterraines des dilatations & condensations de l'air, suffisantes pour produire ces variations (219); 2°. Que toutes choses d'ailleurs égales, la hauteur du mercure diminue dans les Baromètres de la plaine, quand la chaleur de l'air augmente : Tandis qu'il devroit arriver le contraire, suivant l'hypothèse de Mr. *Bernoulli* (*ibid.*); 3°. *Que les variations du Baromètre ne sont pas toûjours égales*, ni semblables dans des lieux même peu distants les uns des autres. (220).

En appliquant ces remarques aux principes opposés de Mr. *Bernoulli*, il me paroit naturel d'en conclure 1°. que l'air renfermé dans les entrailles de la Terre ne peut être considéré comme faisant portion de l'Atmosphère libre ; & que parconséquent si l'on veut avoir égard à sa base, c'est à la surface de la Terre qu'on doit la fixer. 2°. Que les variations du Baromètre à cette base indiquent des différences considérables dans la pression que l'Atmosphère y exerce en divers tems. 3°. Que la différence des variations simultanées en des lieux peu distants les uns des autres, ne permet pas d'admettre les compensations supposées par Mr. *Bernoulli*.

La différ. des Bar. différem. élevés n'est pas toûjours la même.

316. J'ajouterai deux remarques qui concourrent avec les précédentes à démontrer que la formule de Mr. *Bernoulli* ne peut être générale : Et d'abord pour qu'elle le fût, il faudroit que la différence de hauteur du mercure dans des Baromètres différemment élevés fût toûjours la même entre les mêmes lieux ; c'est ce qu'il suppose (298) : Mais je puis assurer d'après un très grand nombre d'expériences, que cette différence varie considérablement.

La haut. du merc. n'est pas proport. à l'*Elasticité*, mais à la densité de l'air.

317. Mr. *Bernoulli* pose encore comme un principe fondamental, que la hauteur du mercure dans le Baromètre est proportionnelle à l'*élasticité* de la colonne d'air qui le soutient (307). Mais on verra par toutes mes expériences, que la densité seule de l'air soutient le mercure dans le Baromètre comme cause immé-

immédiate; & que par-tout où elle diminue, quelle qu'en soit la cause, le mercure baisse proportionnellement.

Je conviens que les variations d'un Baromètre placé dans un récipient bien clos sont proportionnelles à l'élasticité de l'air que ce récipient renferme; mais c'est parce que les parois du récipient ne cèdent point. Au lieu que dans l'Atmosphère, quand une masse d'air vient à se dilater, elle soulève l'air supérieur; la colonne dont elle est une portion se verse sur les voisines, elle les écarte, & son action sur la base diminue proportionnellement à la diminution de sa densité.

Elle seroit proport. à l'Elast. dans un lieu clos & sans communication avec l'air libre.

Expériences de Messrs. CASSINI DE THURI & LE MONNIER le cadet.

318. Mr. *Cassini de Thury* entreprit en 1740 des observations qui sembloient devoir lui promettre quelque succès, par les précautions qu'il y apporta, de même que Mr. *le Monnier* le Médecin & Mr. l'Abbé *de la Caille* qui opérèrent avec lui. Nous avons le détail de ces observations dans un mémoire de Mr. *Cassini* qui a pour titre, *Réflexions sur les observations du Baromètre faites sur les montagnes du Puy-de-Dome, du Mont-d'or & du Canigou* (*a*).

Mrs. *Cassini & le Monnier* font l'expérience du Bar. au *Puy-de-Dome*.

Mrs. *Cassini* & *le Monnier* mesurèrent la hauteur du *Puy-de-Dome* au dessus des *Minimes*, que Mr. *Perrier* avoit estimée 500 Toises (227), & ils la trouvèrent de 557 Toises. Ils observèrent ensuite le Baromètre au sommet de la montagne & aux *Minimes*, & la différence de hauteur du mercure dans ces deux stations fut de 3 pouces 3 lignes $\frac{2}{3}$; c'est-à-dire plus grande de 2 lignes que la différence trouvée par Mr. *Perrier*. Mais la hauteur absolue du Baromètre étoit plus grande de 9 lignes, d'où Mr. *Cassini* conclut avec raison, que la différence entre les hauteurs du Baromètre à la montagne & aux *Minimes* devoit être plus grande. Il ne paroit pas qu'on ait fait beaucoup d'attention à cette remarque, qui est cependant très importante; on verra dans la suite par quelle route je suis parvenu à la faire moi-même dans le cours de mes observations (546 à 548).

Le résultat diffère un peu de celui de Mr. *Perrier*.

Remarque de Mr. *Cassini* à ce sujet.

319. La hauteur du *Mont-d'or* sur le niveau de la mer avoit été trouvée précédemment de 1048 Toises; ce que Mr. *Cassini* rap-

Observations au *Mont-d'or*.

(*a*) *Mém. de l'Ac. Roy. des Sc.* année 1740.

rapporte pour indiquer la hauteur absolue de cette montagne : mais voulant connoître celle du lieu le plus bas où il se proposoit d'observer le Baromètre, il mesura la hauteur du sommet du *Mont-d'or* au dessus du *Village des Bains*, il la trouva de 512 toises ; il mesura aussi celle d'une autre sommité de la même montagne nommée le *Capucin*, qu'il trouva de 224 toises. Il fit ensuite l'observation du Baromètre à ces deux élévations ; le mercure descendit au sommet du *Mont-d'or* à 22 pouces 5 lignes, & la différence de sa hauteur rélativement au *Village des Bains* fut de 2 pouces 5 lignes $\frac{7}{12}$; celle de l'observation au *Capucin* fut de 1 pouce 3 lignes $\frac{1}{2}$.

Au Canigou avec des Bar. chargés au feu & à la manière ordinaire.

320. Ces Messieurs donnèrent encore plus de soin aux observations qu'ils firent sur le *Canigou*. Mrs. *Cassini* & *le Monnier* y montèrent le 28e. Septembre, & Mr. l'Abbé *de la Caille* observa à *Perpignan*. Ils avoient à chaque station un Baromètre chargé au feu, & un autre chargé à la manière ordinaire (99) ; La hauteur du mercure au *Canigou* fut, à 9 heures du matin,

dans le premier Baromètre . . . 20 pouces 2 lignes $\frac{1}{4}$
dans le dernier . . . . . 20 ——————— $\frac{1}{3}$

Ils répétèrent l'observation d'heure en heure jusqu'à midi, & ils n'y remarquèrent aucune variation sensible.

La différence de hauteur du mercure entre le *Canigou* & *Perpignan* fut :

dans les Baromètres chargés au feu 7 pouces 11 lignes $\frac{1}{4}$
chargés à l'ordinaire . . 7 ——— 11 ———

Cette différence de hauteur du mercure correspond à 1453 Toises, hauteur du *Canigou* sur le niveau de la mer.

La même obs. répétée dix jours après.

Dix jours après cette première observation, Mr. *Le Monier* retourna seul au *Canigou* ; le Baromètre chargé au feu s'y tint plus bas d'$\frac{1}{18}$ de ligne que la première fois, quoique le Baromètre fût plus haut à *Perpignan* de 1 ligne $\frac{7}{12}$; ensorte que la différence des hauteurs du mercure fut de 8 pouces 1 ligne.

Mr. Cassini tire de ces obs. une conséquence peu capable de porter à de nouvelles Expér.

321. Mr. *Cassini* tire de ses observations & de celles qui avoient été faites avant lui, une conséquence qui, quoique mal fondée en elle-même, devient très vraie en l'appliquant à tout ce qu'on avoit fait jusqu'alors.

„ La variation de hauteur du mercure dans le Baromètre „ correspondante à la différente élévation des lieux, ne suit, „ dit-il, aucune progression uniforme, y ayant près d'un pouce „ de

„ de différence dans l'observation faite au *Canigou*, de celle qui „ résultoit de la progression établie en 1703, & fondée sur des „ observations faites sur des montagnes peu élevées, & aucune „ des autres hypothèses que l'on a faites depuis pour pouvoir „ concilier les observations, n'a pû satisfaire aux différences qui „ se rencontroient dans plusieurs observations *dont on ne pouvoit* „ *soupçonner l'exactitude.* (a)

Expériences & Règle de Mr. HORREBOW.

322. Mr. P. *Horrebow*, Professeur en Astronomie à Copenhague, publia en 1748 des élémens de Physique tirés principalement d'un ouvrage de Mr. *Gaspard Bartholin*; on trouve dans la *Nouv. Bibl. Germ.* d'8bre. 9bre. & 10bre. 1750 un extrait de celui de Mr. *Horrebow*, & principalement du Ch. VIII, *de densitate stratorum relativa, & altitudine Atmosphæræ.* Voici ce que ce Chapitre renferme de plus essentiel. Exp. de Mr. Horrebow.

Au Mois d'Aoust 1737, Mr. *Horrebow* fit des expériences pour trouver de combien il falloit s'élever au dessus du niveau de la mer pour que le mercure descendit d'une ligne dans le Baromètre, & trouva 75 pieds.

323. Ces expériences servent de fondement à une Table dont il fait croitre les termes en progression harmonique, en suivant cette Analogie: *Comme la hauteur observée du mercure, est à 336 lignes, hauteur du mercure dans le Baromètre au bord de la Mer; ainsi 75 pieds, hauteur de la colonne d'air qui soutient une ligne de mercure au bord de la mer, sont à la hauteur qui produit un effet égal au lieu de l'observation.* Sa formule pour calculer les abaissemens du mercure.

M. *Horrebow* n'a pas trouvé cette formule par des expériences immédiates sur les *densités rélatives* de l'Air dans l'Atmosphère; mais il suppose que les densités sont proportionnelles aux poids dans l'air libre, comme dans l'air renfermé. Partant de cette supposition & des expériences ci-dessus indiquées, il porte la Table des hauteurs de l'air correspondantes à celles du mercure de ligne en ligne, jusqu'au point où ne se trouvant plus d'air qui pèse sur le mercure, sa hauteur doit être réduite à zero dans le Baromètre; & il trouve que ce point doit être élevé de 26862 Toises Hauteur de l'Atm. suivant lui.

(a) Mém. de l'Acad. 1740, in-12. pag. 133.

Toises au dessus du niveau de la mer: c'est la hauteur qu'il donne à l'Atmosphère.

Sa Règle ne conduit pas à limiter cette hauteur.

Je remarquerai à cet égard, que Mr. *Horrebow*, posant pour principe de sa Règle que la densité de l'Air est proportionnelle au poids qui le comprime, il ne devoit point assigner à l'Atmosphère de hauteur déterminée, comme j'aurai occasion de le prouver (793). Ce qui l'a conduit à fixer cette hauteur, c'est l'usage qu'il fait d'une progression harmonique pour exprimer l'épaisseur des couches successives d'air, correspondantes aux abaissemens du mercure de ligne en ligne. Je ferai voir dans la suite, que cette méthode est bonne pour estimer les hauteurs à la surface de la Terre; mais qu'elle devient très irrégulière quand on l'applique aux décroissemens de densité de l'air à de plus grandes élévations (577).

Cette Règle est presque entiérement semblable à celle de Mr. *Bouguer*.

324. Je ne m'étendrai pas sur la règle de Mr. *Horrebow*, parce qu'elle est presque entiérement semblable, tant par son coëfficient que par son Principe, à celle de Mr. *Bouguer* dont je vais parler; la seule différence qui s'y trouve, c'est que Mr. *Bouguer* a fait usage des logarithmes, ce qui est plus exact & en même tems plus commode. J'ai déjà remarqué que la Règle de Mr. *Halley* est très approchante de celle de Mr. *Bouguer*; voici une troisième Règle qui semble devoir servir de preuve aux deux autres: Cependant on verra dans la suite que cet accord n'est dû qu'à l'uniformité accidentelle des circonstances.

Expériences, Régle & Hypothèse de Mr. BOUGUER.

Règle de Mr. *Bouguer*.

325. La plus considérable des tentatives qu'on ait faites avant moi pour estimer les hauteurs par le moyen du Baromètre, est celle de Mrs. les Académiciens François qui ont mesuré un arc du Méridien sous l'Equateur; on en trouve le résultat dans un Mémoire de Mr. *Bouguer* pour l'année 1753. La Règle qu'il donne d'après ces expériences n'est pas absolument nouvelle; on verra bientôt qu'elle diffère très peu de celle que *Halley* avoit établie longtems auparavant: mais elle a l'avantage d'être fondée sur un grand nombre d'observations, ce qui lui mérite plus de confiance. Comme je me propose de comparer avec cette Règle, celle que j'ai trouvée par mes propres recherches, je ren-

renvoye jusqu'alors les détails qui la concernent; & je me borne à l'énoncé de sa formule: „ Si l'on prend, dit Mr. *Bouguer*, „ la différence des logarithmes des deux hauteurs du mercure „ exprimées en lignes, & qu'on ne se serve que des quatre „ premières figures après la caractéristique, il suffira d'en retran- „ cher une trentiéme partie, pour avoir la hauteur de la mon- „ tagne exprimée en toises.

326. L'application de cette Règle aux observations faites sur *Pitchincha* & *Choussaï*, qui sont deux sommités de *la Cordelière*, s'accorde à une toise près avec la mesure géométrique; & Mr. *Bouguer* assure qu'il pourroit *la justifier par plus de trente autres exemples.* Elle fut exacte dans le haut de la Cordelière.

„ Mais, ajoute cet illustre Académicien, ce qui est très di- „ gne de remarque, & ce qui forme le sujet d'une question „ que nous nous proposons principalement d'éclaircir, c'est que „ la méthode, dans le tems même qu'on lui conserve toute sa „ généralité, ne réussit point dans la partie inférieure de la „ *Cordelière*; elle ne réussit point sur toutes les Montagnes de „ la Zone Torride; & nous devons ajouter qu'elle a moins de „ succès en Europe, comme l'ont reconnu tous les Physi- „ ciens qui ont examiné cette matière avec soin. " Mais il n'en est pas de même ailleurs.

327. Cet embarras où s'est trouvé Mr. *Bouguer*, en cherchant à concilier ses expériences faites à diverses hauteurs, lui a fait adopter le systême de l'inégale intensité de ressort dans les particules d'air: Mais il me paroit qu'il en conclut trop, en supposant, que cette inégalité de vertu élastique doit entrainer nécessairement dans le bas de l'Atmosphère, les particules qui en ont le moins, & qu'au contraire celles qui sont douées d'une plus grande vertu élastique, doivent s'élever au dessus des autres. Examen de l'hypothèse de Mr. *Bouguer* sur ces variétés.

328. On doit accorder, je l'avoue, que s'il y a de la différence entre les vertus élastiques des particules d'air, il y a nécessairement une tendance à l'arrangement que Mr. *Bouguer* suppose. Mais pour que cette tendance puisse avoir un effet sensible, il faut encore admettre, que la différence entre les vertus élastiques des particules d'air est considérable, & qu'un très grand nombre de celles qui sont douées d'une égale vertu élastique, se sont trouvées réunies pour agir de concert: Car sans Les vertus élastiques des masses égales d'air doivent être sensiblement égales.

cela, la résistance qu'oppose l'air à la désunion de ses parties; suffit pour contenir celles qui tendent à descendre ou à monter. Or cette grande différence ne découle point nécessairement du principe de Mr. *Bouguer*: on peut admettre que l'*égalité parfaite entre deux corps est absolument impossible*, sans en conclure que la disparité est fort grande: il est probable, au contraire, que les nuances sont imperceptibles, que les extrêmes sont rarement voisins, & que parconséquent la différence de vertu élastique des particules d'air n'est point assez grande, ni leur assemblage assez régulier, pour produire les précipitations que Mr. *Bouguer* suppose. Enfin l'action des vents me paroit suffisante, pour que s'il y a de la différence entre les particules à cet égard, il n'y en ait point de bien sensible entre les assemblages; c'est-à-dire, que la somme des vertus élastiques d'un grand nombre de particules, doit être sensiblement égale à celle des vertus élastiques d'un nombre égal de particules, pris au hazard dans toute autre portion de l'Atmosphère, ou du moins dans toute l'étendue agitée par les vents.

Exp. faites par Mr. *Bouguer* avec un pendule pour connoître la densité actuelle de l'air.

329. Mr. *Bouguer* allègue pour preuve de son hypothèse, des expériences qu'il a faites avec un pendule, au moyen duquel il a reconnu, que les densités de l'air dans l'Atmosphère ne sont pas toujours proportionnelles aux poids dont il est chargé. Les pertes de mouvement, ou les diminutions qu'éprouvoient les excursions d'un même Pendule dans un tems donné, indiquoient le degré de densité de l'air. Dans le haut de la Cordelière, les pertes de mouvement dans le même tems étoient proportionnelles aux hauteurs du mercure; mais elles cessoient de l'être dans les lieux plus bas. Cette observation fit penser à Mr. *Bouguer*, qu'on pouvoit utilement employer le pendule de cette manière, pour corriger l'influence des différens degrés de vertu élastique de l'air dans la mesure des hauteurs par le moyen du Baromètre.

On peut connoitre avec un pendule la densité actuelle de l'air; mais il n'en indique pas la cause.

330. Je conçois qu'un pendule peut être fort utile dans certains cas pour connoitre la densité locale de l'air, mais il n'en indique pas la cause; & parconséquent il ne démontre point la différence d'élasticité spécifique des particules de ce fluide. D'ailleurs la moindre agitation de l'air occasionne de l'irrégularité dans le mouvement d'un pendule; & si pour l'éviter, on veut

L'exp. ne pou-

faire

faire l'expérience dans un lieu clos; outre qu'on n'en trouve pas partout où l'on observe, on n'est pas sûr qu'un air renfermé, sur lequel des causes particulières peuvent agir, ait précisément le même degré de densité que l'air extérieur. (*a*)

vant être faite que dans un lieu clos, n'est pas applicable aux observ. du Bar.

331. Mr. *Bouguer* s'est trouvé dans des circonstances qui paroissent si favorables pour chercher le rapport des hauteurs de l'air avec celles du mercure, que personne n'a espéré depuis de découvrir ce que ses expériences n'avoient pû lui apprendre; & si j'avois eu connoissance de ses recherches avant de commencer mon travail, il est probable que je ne l'aurois pas entrepris.

Les circonstances dans lesquelles Mr. *Bouguer* a observé étoit favorables en apparence.

332. Cependant on n'avoit point encore de règle fixe; car *les expériences sur lesquelles s'étoient fondés les Physiciens qui* avoient précédé Mr. *Bouguer* dans la même carrière, n'étant point d'accord avec sa Règle, formoient un préjugé contre elle; & ce préjugé se seroit conservé, tant qu'on n'auroit pas démontré d'une manière certaine, que ces expériences n'étoient pas aussi exactes que celles de Mr. *Bouguer*. Or non-seulement cette preuve étoit impossible, mais il est certain encore, que plus on auroit multiplié les expériences sans en changer la forme, plus l'incertitude auroit augmenté.

Sa Règle n'est pas sure.

Rien ne favorise plus le pyrrhonisme que la multitude des systêmes également probables; & certainement toutes les Règles que j'ai rapportées jusqu'ici, déja prouvées & combattues tour à tour par l'expérience, auroient été confirmées quelquefois, mais souvent attaquées par de nouvelles observations, tant qu'on n'auroit pas changé de route.

Toutes les Règles données ont des exp. en leur faveur & contre elles.

333. Dans cet état des choses, il ne restoit d'autre moyen à employer, par ceux qui n'étoient pas à portée de répéter eux-mêmes les expériences, que celui dont Mr. *Lambert*, membre de l'Académie de Berlin, nous a donné un modèle dans ses *Mémoires servans à l'usage des Mathématiques & de leur application* (*b*). Le but général de Mr. *Lambert*, dans la partie de cet ouvrage

Méthode de Mr. *Lambert* pour prendre le milieu entre les observations

(*a*) J'ai apris de Mr. *de la Condamine* que toutes les observations du pendule dont parle Mr. *Bouguer* ont été faites dans des lieux clos.

(*b*) *Beyträge zum gebrauche der Mathematik un deren anwendung*; *durch* I. H. Lambert: *mit Kupfern*, 8°. *Berlin* 1765. *Im verlage des Buchladens des Realschule.*

vrage que j'ai en vue, est de donner une théorie de la manière de prendre le milieu entre les observations qui méritent une égale confiance, quoique leurs résultats soient différens; & de connoitre en même tems le degré de confiance qu'on peut accorder à la détermination ou à la règle qui résulte de ce milieu. Après avoir exposé sa méthode d'une manière générale, il l'applique fort utilement à diverses observations Astronomiques & Physiques: celles qui concernent la mesure des hauteurs par le Baromètre sont du nombre; Mr. *Lambert* prend pour exemple quelques observations du Baromètre faites sur des Montagnes de *Provence*, d'*Auvergne* & du *Roussillon*, dont la hauteur a été mesurée géométriquement, & sur lesquelles on a observé le Baromètre. Il fait voir comment on parvient à découvrir, par sa méthode, la formule qui concilie le mieux ces observations: il indique en même tems le degré de confiance qu'on peut avoir à cette formule, en montrant le plus grand écart du calcul comparé avec les mesures actuelles, & cet écart n'est pas considérable. Mais si Mr. *Lambert* eut rassemblé toutes les observations que j'ai rapportées ci-devant, au lieu du petit nombre de celles qu'il a employées, l'écart qui en seroit résulté, quoiqu'également distribué de part & d'autre, & réduit autant qu'il est possible par sa méthode, eût été suffisant pour entretenir la défiance qu'on avoit prise avec quelque raison pour la mesure des hauteurs par l'abaissement du mercure dans le Baromètre: on jugera de la diversité qui règne dans les observations, par celle des règles qu'elles ont produites, dont je vais donner un tableau général.

Il applique cette Règle à la mesure des hauteurs par le Bar.

334. J'ai rassemblé les résultats de toutes ces Règles pour les mêmes hauteurs du mercure, depuis celle de 28 pouces, qui est le terme d'où la plûpart des Physiciens sont partis, & que Messrs. *de la Condamine*, *Bouguer* & *Godin* ont assez constamment observée au bord de la Mer du *Pérou*, jusqu'à celle de 15 pouces 10 lignes, que j'ai choisie pour dernier terme, parce que c'est le point le plus bas où l'on ait vû le Baromètre dans l'air libre; c'est celui auquel Mr. *de la Condamine* l'observa sur le *Coraçon*, Montagne de la *Cordelière*. (*a*)

TABLE

(*a*) *Journal du voyage fait à l'Equateur &c.* par Mr. *de la Condamine*, pag. 58.

TABLE

Des Hauteurs de l'Atmosphère correspondantes à celles du Mercure dans le Barometre.

Hauteurs du mercure dans le Baromètre.		Abaissemens du mercure dans le Baromètre.		*Suivant les principes de Mr.* Mariotte (253).	*Suivant la Règle de Mr.* Mariotte, *par le changement de la progression harmonique en Arithmétique &c.* (252)	*Suivant les principes de Mr.* Halley (261).	*Suivant la Règle de Mr.* Maraldi (268).	*Suivant les principes de Mr.* Jn. Scheuchzer, *publiés par Mr.* Jn. Gd. Scheuchzer (276).	*Suivant la Règle de Mr.* Jaques Cassini. (282).	*Suivant l'Hypothèse de Mr.* Daniel Bernoulli (313).	*Suivant la Règle de Mr.* Horrebow (323).	*Suivant la Règle de Mr.* Bouguer (325).
Pouces.	*Lignes.*	*Pouces.*	*Lignes.*	Pieds. Pouces.	Pieds. Pouces.	Pieds. Pouces.	Pieds. Pouces.	Pieds. Pouces.	Pieds. Pouces.	Pieds. Pouces.	Pieds. Pouces.	Pieds. Pouces.
28.		0.	0.	0, 0	0, 0	0, 0	0, 0	0, 0	0, 0	0, 0	0, 0	0, 0
27.	11.	0.	1.	63,	63,	75, 9	60,	64, 9	63,	65, 8	75,	75, 1
27.		1.		771,	780, 9	924, 1	798,	790, 2	780,	814, 9	914, 6	916,
26.		2.		1571, 1	1615, 6	1883, 2	1740,	1610, 2	1614,	1692, 4	1863, 7	1866, 9
25.		3.		2402, 8	2504, 3	2879, 10	2826,	2462, 4	2514,	2640,	2850, 7	2854, 7
24.		4.		3266, 4	3447,	3917, 2	4056,	3349, 4	3492,	3666, 8	3876, 7	3882, 11
23.		5.		4170, 9	4443, 9	4998, 8	5430,	4274,	4554,	4782, 7	4944, 3	4954, 11
22.		6.		5113, 5	5494, 6	6128, 3	6948,	5239, 10	5772,	6000,	6064, 10	6074, 7
21.		7.		6100,	6599, 3	7309, 9	8610,	6250, 7	7038,	7333, 4	7234, 10	7246, 5
20.		8.		7134, 6	7758,	8550, 3	10496,	7310, 8	8430,	8800,	8462, 5	8475, 5
19.		9.		8222, 2	8970, 9	9853, 8	12366,	8425, 2	9972,	10421,	9751, 9	9767, 5
18.		10.		9367, 10	10237, 6	11227, 7	14460,	9599, 11	11682,	12222, 3	11111, 5	11129, 4
17.		11.		10580, 7	11564, 3	12680,	16698,	10841, 9	13590,	14235, 3	12547, 9	12569, 1
16.		12.		11866, 1	12933,	14220,	19080,	12159,	15702,	16500,	14071, 2	14096, 2
abaissement de la première ligne à cette hauteur . .				110, 3	117,	132, 8	205,	113, 5	192, 11	201, 7	131, 3	131, 6
de la seconde				110, 10	117, 4	133, 5	206,	114,	195, 1	203, 8	131, 11	132, 3
Sur le *Coraçon.*	15.	10.	12.	2.								
Hauteur du *Coraçon* sur le Niveau de la mer suivant ces diverses règles : sa hauteur par la mesure géométrique est . 14820 pieds.				12087, 2	13167, 4	14486, 1	19491,	12386, 5	16090,	16905, 3	14334, 4	14359, 11

335. On voit par le Tableau que je viens de présenter, combien on pouvoit s'écarter du vrai, en se déterminant pour l'une des méthodes que j'ai rassemblées, sans connoitre les autres; & dans quelle incertitude devoient être ceux qui les connoissant, vouloient entreprendre de choisir: C'est ce que j'ai éprouvé moi-même. En l'année 1754 je fis avec mon frère un voyage à la partie des Alpes la plus voisine de Genève, pour examiner de près ces masses énormes qu'il est si important de bien connoitre, pour établir une bonne Théorie de nôtre Globe. C'étoit là nôtre premier but, dont nous nous occupions depuis longtems; & qui est si vaste, que malgré une étude soutenuë & des découvertes plus étendues que nous n'avions espéré d'abord, il ne nous a pas encore été possible de mettre la dernière main à cet Ouvrage. La hauteur d'une partie des Alpes est telle, que les plus grandes ardeurs de l'Eté ne peuvent fondre qu'une petite partie des prodigieux amas de glace qu'elles renferment. Il étoit intéressant pour nous, de connoitre à quelle hauteur nous pourrions parvenir, & le seul moyen que nous eussions pour cela étoit le Baromètre. Nous savions en général que plusieurs Physiciens l'avoient employé; mais n'ayant pas examiné de bien près cette matière, nous pensions qu'il suffisoit d'avoir un de ces instruments, pour juger par son moyen de l'élévation à laquelle nous serions montés. Occasion de cet Ouvrage.

336. Nous portâmes donc un Baromètre, nous fimes des observations, & à notre retour nous en cherchames les conséquences dans les Auteurs qui avoient travaillé sur cette matière. Mais en les comparant, nous trouvâmes entr'eux tant de différence, que ne sachant à quelle méthode nous devions nous arrêter, nous ne pumes tirer aucun usage de nos expériences pour connoître la hauteur des lieux où nous les avions faites. Exp. du Bar. sur les Alpes. Inutilité de ces Exp. par le manque de Règle sure.

337. Cette incertitude piqua ma curiosité; & comme je m'occupois depuis longtems des Baromètres, j'avois assez de lumières sur leur construction, pour juger si ces Physiciens s'étoient servis de bons instruments: Je suivis de près leurs ouvrages, & je trouvai, soit dans leurs descriptions, soit même dans leur silence, des preuves du contraire; car il est tellement essentiel d'user de certaines précautions, que s'ils l'avoient fait, ils auroient senti la nécessité de l'indiquer pour prévenir les doutes. Je remarquai aussi, que tous ceux qui avoient travaillé Réflexions sur les causes du peu d'accord des Règles précédentes.

ſur cette matière, s'étoient contentés d'un petit nombre d'obſervations dans des lieux différens; & que pluſieurs d'entr'eux, entrainés par l'exemple ou par une Théorie qu'ils croyoient ſolide, n'avoient fait que changer le coëfficient d'une même formule.

Je penſai donc, que la diverſité des réſultats dans les expériences, venoit en grande partie, de ce qu'on n'avoit pas employé des inſtrumens convenables: Je vis auſſi, que la confiance de chaque Auteur dans ſa méthode provenoit en général de ce qu'il n'avoit pas beaucoup obſervé: Enfin je crus reconnoître que le penchant naturel des hommes à l'imitation étoit cauſe de ce que pluſieurs des Auteurs dont j'ai parlé avoient ſuivi la même route.

Plan d'obſervations.

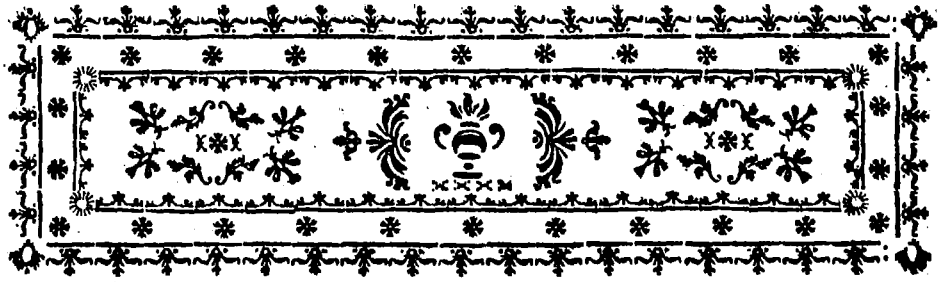
338. Je réſolus donc de fermer les Livres & de conſulter la Nature ſeule, en la ſuivant pas à pas auſſi loin qu'elle voudroit me conduire. Je me flattai, il eſt vrai, que par les corrections que j'avois faites au Baromètre, je viendrois aiſément à bout d'un ouvrage qui me paroiſſoit fort utile; c'eſt ce qui me fit entrer dans cette carrière avec confiance: mais au lieu de trouver un chemin court & facile, je m'enfonçai dans un labyrinthe dont je ne ſuis ſorti qu'avec beaucoup de travail.

Plan de la ſuite de cet ouvrage.

339. Il ſeroit trop long & trop fatiguant pour mes Lecteurs, de leur détailler toute l'hiſtoire de mes découvertes. Quelquefois la réflexion m'a fait naître l'idée des expériences; mais plus ſouvent l'obſervation m'a ouvert les yeux. J'indiquerai les routes que j'ai tenues, dans tous les cas où ce moyen pourra contribuer à me rendre plus intelligible. Je ſupprimerai tous les détails qui ne ſeront pas néceſſaires: Peut-être paroitra-t-il au premier coup d'œil que je ne tiens pas ma parole ſur ce point; mais j'eſpère que ſi l'on veut ſuſpendre ſon jugement juſqu'à la fin, on reconnoitra, que les détails dans leſquels j'entrerai ne ſont point inutiles, & que c'eſt préciſément pour avoir négligé un grand nombre de précautions peu conſidérables en apparence, qu'on n'avoit pû réuſſir juſqu'à préſent à percer le voile dont la nature s'envelopoit.

Fin de la première Partie.

SECON-



SECONDE PARTIE.

EXPERIENCES

SUR LA CONSTRUCTION ET L'USAGE DU BAROMETRE ET DU THERMOMETRE.

CHAPITRE PREMIER.

Moyens de faire des Baromètres qui se tiennent à la même hauteur dans le même lieu, & dont la marche soit uniforme.

340. TOUS les Baromètres expriment la pesanteur de l'Air; mais tant de causes se joignent à celle-ci pour déterminer la hauteur du mercure, & leurs combinaisons varient si fort, que si l'on n'écarte pas celles dont on ne peut développer les effets d'une manière fixe & certaine, la plûpart des Baromètres auront un langage particulier; & une même hauteur du mercure ne correspondra pas toûjours à un même poids de l'Atmosphère.

Les instrumens qu'on nommoit *Baromètres* n'étoient que des *Baroscopes*.

341. Lorsque je fis des Baromètres pour la première fois, je remarquai qu'ils se tenoient presque tous à des hauteurs différentes, quoique construits en apparence de la même maniére. Cette observation ayant été faite avant moi, je n'en fus pas surpris; mais j'eus lieu de l'être quand je m'apperçus que leurs rapports ne se conservoient pas les mêmes, soit en les laissant dans le même état, soit en les vuidant & remplissant à diverses fois.

Les Bar. ordinaires sont rarement d'accord entr'eux & ne conservent pas les mêmes rapports en tout tems.

Cette imperfection des Baromètres que l'expérience venoit de

de m'apprendre, fut la principale cause de l'attention que je donnai à ces instrumens, & l'origine de tous mes travaux sur cette matière. Une première découverte en facilite de nouvelles; on marche d'abord à grands pas; & quand les difficultés se présentent, on est sollicité aux plus grands efforts, par le regret de perdre le fruit de ses peines, & la difficulté de renoncer aux espérances qui naissent toûjours des premiers succès.

Baromètres purgés d'air par le feu.

Lorsqu'on fait bouillir le mercure dans un Bar. il devient ordinairement lumineux.

342. J'avois déja fait bien des tentatives pour découvrir les causes de la différence de rapport des mêmes Baromètres en divers tems, lorsque je vis pour la première fois ces Italiens qui travaillent en verre, faire bouillir le mercure dans les tubes, pour rendre les Baromètres lumineux quand on les agite dans l'obscurité.

Importance réelle de cette opération.

343. Ce Phénomène dont je n'avois encore alors qu'une connoissance imparfaite, attira mon attention: je fis bouillir le mercure dans mes Baromètres, ils devinrent presque tous lumineux. J'ai rapporté dans la I. PARTIE de cet ouvrage (86 & *suiv.*) mes recherches sur la cause de ce phénomène, afin de ne pas arrêter ici l'attention de mes lecteurs sur un objet qui ne tient pas essentiellement à la bonne construction du Baromètre: je n'y donnai pas moi-même beaucoup d'attention d'abord; j'en fus détourné par un effet plus important de l'opération du feu sur mes Baromètres; elle fit disparoitre en grande partie les différences de hauteur que j'avois remarquées entr'eux jusqu'alors.

Image d'un Bar. qui n'a pas été purgé d'air par le feu.

344. On peut se représenter l'état des Baromètres avant cette opération, en remplissant d'abord un tube de quelque liqueur fortement colorée: Si l'on y verse alors du mercure, la liqueur lui fera place; mais elle laissera sur le tube un enduit que sa couleur rendra visible; & lorsqu'on redressera le Baromètre, la portion de liqueur qui étoit attachée au haut du tube s'écoulant peu à peu, formera une couche sensible au dessus du mercure; mais elle s'appliquera de nouveau contre les parois, lorsqu'on inclinera le Baromètre.

L'Air, comme la plupart des autres Fluides, s'attache à la surface des corps solides.

345. Plusieurs expériencess prouvent que l'Air s'attache à la surface des corps. Tous ceux qu'on met dans l'eau sous le récipient de la machine du vuide, se couvrent au premier coup de pompe d'une quantité de bulles d'air, & cette première é-

bul-

bullition est presqu'entiérement produite par la dilatation d'une couche d'air qui tapisse les corps solides quoiqu'ils soient plongés dans l'eau.

346. L'Air doit donc produire à bien des égards dans les Baromètres, les mêmes effets que la liqueur dont j'ai parlé: mais il y a cette différence essentielle, qu'étant un fluide élastique, il s'en échape du mercure même lorsque le vuide se fait; cette portion se joint à celle qui se détache des parois du tube, & le tout ensemble agit par son ressort pour presser le mercure, & le faire descendre.

Celui qui tapisse l'intérieur des tubes agit par son élasticité pour faire descendre le mercure.

347. C'est de là que proviennent principalement les grandes différences qu'on remarque entre les Baromètres dont l'air n'a pas été chassé par le feu; différences dont les rapports varient, & qui peuvent avoir lieu dans le même tube, quand on le remplit à diverses fois.

Il produit la plus grande partie des différences de hauteur dans les Bar. ordinaires.

Pour concevoir l'effet que peut produire l'air renfermé au sommet du Baromètre, rappellons nous cette proposition démontrée par Boyle (244) & par Mariotte (247), que *les dilatations de l'air sont en raison inverse des poids dont il est chargé*; d'où découle cette autre proposition, que *les volumes d'une même quantité d'air sont proportionnels aux poids qui la compriment.* Je suppose que dans un Baromètre, dont la colonne de mercure se tient à deux pouces au dessous de l'extrémité supérieure du tube, la quantité d'air qui s'est rassemblé dans cet espace abandonné par le mercure soit équivalente à $\frac{3}{4}$ de ligne d'air condensé par le poids de l'Atmosphère & mesuré dans le tube: Cet air occupe un espace qui est à $\frac{1}{4}$ de ligne, comme 96 à 1, (2 pouc. $= \frac{96}{4}$ de lig.); ainsi, par le principe ci-dessus, il reste chargé de la 96me. partie du poids de l'Atmosphère qui est en équilibre avec lui, & qui par conséquent ne pèse pas sur le mercure: la colonne de ce liquide qui est soutenue par le reste du poids de l'Atmosphère n'a donc que les $\frac{95}{96}$ de la hauteur qu'elle auroit s'il n'y avoit point d'air renfermé dans le tube au dessus d'elle; & si le poids de l'Atmosphère est équivalant à celui de 28 pouces de mercure, la colonne de ce Baromètre n'aura que 27 p. 8 l. $\frac{1}{2}$, c'est-à-dire qu'elle différera de 3 l. $\frac{1}{2}$ de la colonne d'un Baromètre qui sera parfaitement purgé d'air. Il semble d'abord que pour diminuer cette différence il suffiroit de prendre des tubes plus longs, afin que l'air occupât un plus grand

Idée de cette différence fournie par le calcul.

espace; que par exemple dans un Baromètre dont le *vuide* seroit de 4 pouces, la différence ne seroit que d'1 l. $\frac{3}{4}$, qu'elle seroit réduite à 1 lig. si le *vuide* étoit de 7 pouces, &c. Mais, outre que ces différences, & de bien plus petites, sont importantes; à mesure que l'étendue du *vuide* augmente dans un Baromètre, il s'échape de l'air tant du mercure que de la couche qui tapisse le tube, tellement qu'il s'en faut de beaucoup, que la diminution de la différence produite par l'air renfermé sur la hauteur de la colonne du Baromètre, diminue proportionnellement à l'augmentation de l'étendue du vuide.

Explication des varietés.

348. Il est aisé de concevoir quelles peuvent être les causes des différences qu'on remarque dans la hauteur de divers Baromètres, & dans celle du même Baromètre rempli à diverses fois : Car 1°. l'enduit d'air qui tapisse les tubes intérieurement n'est pas toûjours également dense, ni d'une même épaisseur ; la nature de leurs surfaces, celle des saletés dont elles peuvent être plus ou moins couvertes, produisent à cet égard de grandes différences. 2°. Quand on chasse l'air d'une manière aussi arbitraire que par l'introduction du mercure dans un tube, on peut en laisser plus une fois qu'une autre. 3°. Le mercure lui-même peut en être chargé différemment. 4°. Le ressort de l'Air est augmenté ou diminué par des causes accidentelles, & surtout par l'humidité; de sorte qu'en divers tems & en différens lieux, celui qui reste dans un même tube peut être plus ou moins élastique. 5°. Enfin, l'influence de la chaleur sur les Baromètres varie suivant les cas dont je viens de faire mention.

Il faut écarter toutes les causes dont on ne peut mesurer les effets.

349. Mais s'il est facile de comprendre que toutes ces causes produisent réellement les différences dont il s'agit, il est très difficile, & peut-être même impossible, de les reconnoître dans chaque cas particulier lorsqu'elles sont réunies, & de déterminer la quantité d'effet de chacune d'elles séparement. La dernière seule, je veux dire la chaleur, étant indépendante des combinaisons dont j'ai parlé, peut être soumise à des règles, pourvu qu'on ait soin d'écarter toutes les autres causes.

Effets de la chaleur sur les Baromètres.

Tentatives pour corriger

350. On a pensé depuis longtems que la chaleur doit influer sur les

les Baromètres; mais ce qu'on a dit jusqu'à présent sur cette matière ne l'a pas suffisamment éclaircie, parce qu'on ne s'est pas fondé sur des expériences directes. Il étoit naturel de juger que le mercure étant dilatable par la chaleur comme tous les autres corps, n'est pas toûjours d'une égale pesanteur spécifique; & que par conséquent, à poids égal de l'Atmosphère, la colonne du Baromètre être doit plus ou moins longue, suivant le degré de chaleur dont elle est affectée: mais la route qu'on a suivie pour déterminer les effets de cette cause a produit de grandes erreurs. On a cherché simplement, quelle est la proportion dans laquelle le mercure se dilate pour une augmentation de chaleur donnée, & l'on a transporté au Baromètre ce qui ne pouvoit convenir qu'au mercure considéré en lui-même, ne réfléchissant pas que sa dilatabilité se combine avec d'autres causes, pour produire l'effet dont il est question: c'est ce qu'on a pu voir dans le récit que j'ai fait ci-devant de ces expériences (105 à 111). les effets de la chaleur sur le Bar.

351. Dans la plupart des expériences qu'on a faites sur la dilatabilité du mercure par la chaleur, on a employé des tubes ou d'autres vases de verre qui sont dilatables par la même cause; c'est ce que prouve l'abaissement instantané des Thermomètres au contact de l'eau bouillante: Ainsi dans ces expériences, la dilatation du mercure étoit modifiée par celle des vases. D'un autre côté, le mercure avoit un point d'appui fixe, & parconséquent ne pouvoit s'étendre que vers l'endroit où il n'étoit pas retenu. Il n'en est pas de même dans le Baromètre, la dilatabilité du tube ne s'y combine point avec celle du mercure; la différence de pesanteur spécifique de ce liquide est la seule qui puisse influer sur sa hauteur au dessus du *niveau*, celle du volume n'y entre pour rien. De plus, la dilatabilité du mercure est modifiée dans le Baromètre par deux causes; la première est la monture qui porte l'échelle sur laquelle la chaleur agit (362). La seconde est l'air, dont il reste toûjours un peu dans le tube, & sur lequel on ne peut autre chose que de le réduire surement à une quantité toûjours égale, par le moyen qu'on verra bientôt (359): Or, cet air, qui dans le Baromètre occupe le haut du tube, agit nécessairement pour empêcher le mercure de s'élever quand la chaleur le dilate. Il falloit donc opérer sur le Baromètre même pour connoitre l'effet qu'y produit la Il falloit faire ces recherches sur le Bar. même.

cha-

chaleur; & si l'on avoit suivi cette méthode, elle auroit conduit fort loin vers la perfection de cet Instrument.

Différence d'effet de la chaleur sur les Bar. purgés d'air par le feu, & sur ceux qui ne le sont pas.

352. Dès que j'eus observé la grande différence de hauteur des Baromètres purgés d'air par le feu, & de ceux qui ne le sont pas, je compris que la chaleur devoit agir diversement sur ces deux espèces de Baromètre. Quelques expériences générales me prouvèrent d'abord que ma conjecture étoit fondée; mais je fus obligé d'attendre l'hiver pour approfondir ce phénomène, afin d'avoir avec facilité de grandes différences de température.

Expériences sur cette matière.

La chaleur fait monter réguliérement les Bar. purgés d'air par le feu.

Elle fait descendre irréguliérement ceux qui ne le sont pas.

353. Lorsque le tems fut propre à mes observations, je plaçai dans une chambre plusieurs Baromètres des deux espèces; & après avoir observé le point où ils étoient dans l'Air naturel, j'échauffai la chambre par degrés autant qu'il me fut possible. Je vis alors monter uniformément les Baromètres purgés d'air par le feu, tandis que les autres descendoient, mais sans aucun accord; il y en eut même un qui ne fit presqu'aucune variation. Je fis ensuite dissiper la chaleur; alors les Baromètres qui étoient montés réguliérement, redescendirent de la même manière; tandis que les autres remontèrent diversement comme ils étoient descendus, & ne se trouvèrent plus à la fin de l'expérience dans les mêmes rapports où ils étoient au commencement.

On ne peut établir une Régle fixe pour connoitre les effets de la chaleur sur ces derniers;

354. Je reconnus par cette première épreuve, qu'il falloit abandonner l'idée de soumettre à des corrections pour la chaleur, les Baromètres qui n'étoient pas purgés d'air par le feu, puisqu'il auroit fallu chercher une règle particuliére pour chaque Baromètre de cette espèce.

Mais on le peut pour ceux qui sont purgés d'air par le feu.

Je tournai donc mes vuës sur les autres. Mais avant de rapporter mes expériences sur ce sujet, il est bon de détailler ce qui se passe lorsqu'on fait bouillir le mercure dans un tube; on sentira mieux ensuite la nécessité de cette méthode en général, & comment en particulier elle rend les Baromètres susceptibles de corrections pour la chaleur.

Influence de l'opération du feu dans les Baromètres, sur les variations que la chaleur y produit.

Choix des tubes où l'on veut faire bouillir le mercure.

355. Pour qu'un tube soit propre à cette opération, il ne faut pas que le verre soit trop épais; car il seroit sujet à se rompre.

pre. Quelque précaution qu'on puisse prendre, il est difficile que le verre soit échauffé, & par conséquent dilaté en même tems à peu près au même degré dans toute son épaisseur; & cependant si cela n'est pas, le verre se rompt infailliblement. Dailleurs quand le verre est épais, le mercure soulevé par l'ébullition se réfroidit plus promptement dans la portion du tube qui n'est pas échauffée; & retombant ensuite dans celle qui est exposée à l'action du feu, il la réfroidit brusquement dans l'intérieur; ce qui produit en un instant une multitude de fèlures. Il faut donc pour plus de sureté n'employer que des tubes dont l'épaisseur n'excède pas demi-ligne. Si le tube étoit trop étroit, l'air n'en sortiroit pas aisément, & les mouvemens du mercure n'y seroient pas assez libres: Le diamètre le plus convenable est de deux lignes & demie à trois lignes intérieurement.

356. Lorsqu'on veut faire bouillir le mercure, on doit remplir le tube de manière que l'extrémité scellée étant en bas, il y ait en haut un espace vuide d'environ deux pouces; sans quoi il sortiroit du mercure pendant l'ébullition. Il faut avoir ensuite des charbons ardens dans un réchaud, placé sur le bord d'une table, en sorte que toutes les parties du tube puissent être successivement exposées à l'action du feu en passant obliquement sur le réchaud. On présente d'abord au feu le bout scellé du Baromètre, qu'on approche peu à peu jusqu'à ce qu'il soit dans la flamme. Quand le mercure commence à s'échauffer, il se tapisse au contact du verre d'une infinité de petites bulles d'air, qui se réunissant ensuite deviennent assez grosses pour s'échaper vers la partie élevée du tube; mais elles disparoissent presque totalement, lorsqu'elles atteignent les endroits qui ne sont pas encore échauffés; & ce n'est qu'après un grand nombre de semblables émigrations, qu'elles parviennent à s'échaper à cause du volume qu'elles acquièrent en se réunissant. Au bout d'un certain tems, qui varie suivant le degré de chaleur & la quantité du mercure, l'ébullition commence. Le mercure s'agite alors violemment, & frappe contre le tuïau & contre lui-même d'une manière qui fait craindre, lorsqu'on n'y est pas accoutumé, que le tube ne se rompe. Dès que le bouillonnement a commencé, il est facile de l'entretenir d'un bout à l'autre du tube, en le faisant passer successivement dans la flamme. Détail de cette opération.

Quand le mercure s'élance par l'ébullition, sa chaleur dilate

l'air dans la partie du tube où il s'élève. Cette couche d'air se convertit en une infinité de petites bulles imperceptibles, qui donnent au mercure une couleur d'un gris blanchâtre dans l'instant où le mercure reste suspendu, & qui se dissipent en grande partie lorsqu'il retombe : de sorte que pendant les oscillations du mercure, on apperçoit une vicissitude de réflexions qui forment une sorte de chatoïement.

La plus grande partie de l'air qui sort du Bar. vient de la surface interne du tube.

Il ne s'attache que lentement à cette surface, quand une fois il en a été chassé.

357. La plus grande partie de l'air qui sort du tube dans cette opération, se détache des parois du verre ; & ce qu'il y a de très remarquable à cet égard, est que lorsque cette couche d'air a été une fois détachée d'un tube, & que le mercure ayant pris sa place y a séjourné quelque tems, on peut vuider le tube, laisser rentrer l'air, & remettre du nouveau mercure qui n'a pas bouilli, sans que l'air s'attache au verre : C'est ce que j'ai reconnu par deux observations ; premiérement quand on fait bouillir le nouveau mercure, il ne commence point comme celui qui l'a précédé, par se couvrir de cette grande quantité de petites bulles d'air : cependant l'opération est semblable dans les deux cas, puisque dans l'un & dans l'autre, l'air qui remplissoit d'abord le tube, est remplacé par du mercure qui n'a pas bouilli. Il faut donc que ces petites bulles soient produites dans le premier cas par une couche d'air qui tapissoit le tube, & qui étant une fois chassée par le feu pendant que le tube est plein de mercure, ne se rétablit que bien lentement. La seconde observation, qui est une suite naturelle de la première, est que la hauteur du mercure dans un Baromètre, vuidé & rempli comme je viens de le dire, observée avant de le faire bouillir, diffère peu de sa hauteur après l'ébullition. Je conjecture de là, que les tubes neufs, ou ceux qu'on n'a pas employés depuis longtems, sont tapissés dans l'intérieur de particules impalpables de poussière & d'humidité (*a*), autour desquelles il se forme de petites Atmosphères qui

(*a*) Il paroitra peut-être extraordinaire à ceux qui ne connoissent pas les Verreries, que des tubes neufs puissent être tapissés intérieurement de poussière & d'humidité : mais ils n'en seront pas surpris quand ils sauront comment se font les tubes de verre ; c'est ce que je vais dire en faveur de ceux qui n'ont pas eu occasion de l'apprendre plutôt. Il faut d'abord remarquer pour l'objet qui occasionne cette digression, que le sol des Verreries est recouvert d'une couche de cendres fines & mouvantes, que l'action du feu fait continuellement sortir des fourneaux, & qu'on laisse à dessein pour que les pièces de verre qui peuvent tomber par accident soient moins exposées à se rompre. Lorsqu'on veut faire des tubes, on range sur ces cendres dans l'endroit le plus vaste & le plus commode de la Verrerie, un certain nombre de pièces du bois destiné au fourneau, parallèles les unes aux autres & distantes d'environ trois pieds ; ce bois doit servir

qui se dilatent par la chaleur, & que le verre a lui-même de petites cavités à sa surface où l'air s'insinue. On voit distinctement ces espèces d'Atmosphères autour des petits corps étrangers qui se trouvent quelquefois engagés entre le verre & le mercure, & qui disparoissent par l'ébullition. L'opération du feu dissipe donc les particules impalpables de poussière & d'humidité avec leurs Atmosphères; elle chasse aussi l'air des petites cavités de la surface du verre; & quand on vient à ôter le mercure, l'air extérieur ne pouvant circuler librement dans le tube, parce qu'il est scêlé par un bout, n'y transporte que bien lente-

servir à recevoir les tubes. Le verrier prend ensuite dans son creuset au bout d'une sarbacane de fer, une masse de verre de la grosseur d'une petite boule à jouer, il l'arrondit en la faisant tourner assez rapidement dans une pièce de bois creusée pour cet effet & remplie d'eau; la chaleur renfermée dans cette masse de verre est telle, que l'eau ne la réfroidit pas sensiblement, elle ne fait qu'empêcher que le bois ne se brule & que le verre ne s'y attache. Pour faire tourner la masse de verre, le Verrier fait rouler sa sarbacane entre ses mains; en d'autres ouvrages, il la fait rouler avec une main sur sa cuisse: c'est là son tour; l'autre main façonne le verre; des cizeaux & des pincettes sont presque tous ses outils. Après qu'il a bien arrondi la masse de verre destinée à faire les tubes, il souffle dedans par la sarbacane, plus ou moins suivant l'espèce de tube qu'il veut faire: Pour des Thermomètres à mercure une bulle de demi-pouce suffit; pour ceux de Baromètre il la faut beaucoup plus grosse. Quand tout est prêt pour la dernière opération, le Verrier se fait aider par un Manœuvre, qui attache à la masse de verre, par le point diamètralement opposé à la sarbacane, une branche de fer garnie à son extrémité d'un peu de verre fondu: aussitôt ces deux hommes se mettent à courir en arrière & en sens contraire le long des pièces de bois dont j'ai parlé, le verrier ayant toûjours la sarbacane à la bouche & l'œil sur le long tuyau qu'il forme, pour le maintenir dans la grosseur qu'il souhaite. Ce tuyau vient bientôt trop long pour être soutenu par la sarbacane & la branche de fer, d'autant plus que les Ouvriers se baissent autant qu'ils peuvent pour éviter que le tube ne se courbe; il repose alors sur les pièces de bois, c'est là leur usage. Si l'on fait des tubes de Baromètres dont le diamètre soit d'environ trois lignes, le tube total pourra se trouver de 20 à 25 pieds; on le feroit même plus long s'il étoit nécessaire, en prenant une masse de verre plus grosse; si ce sont des tubes de Thermomètres, on en peut faire près de 50 pieds en un seul bout. Les extrémités de ces longs tuyaux ne sont ordinairement d'aucune utilité, parce qu'elles sont trop en cone; les meilleurs tubes sont ordinairement au milieu.

Je viens maintenant à la cause de l'introduction de la poussière & de l'humidité dans les tubes destinés à des Baromètres. Dès que le long tuyau est fait, le Verrier & son manœuvre le rompent chacun de son côté, & alors il se trouve ouvert par les deux bouts: son extrême chaleur diminue bientôt par l'augmentation de sa surface; à mesure qu'elle diminue, l'air intérieur se condense, & l'air voisin s'y introduisant pour le remplacer porte avec lui les cendres qui voltigent continuellement, & l'humidité si l'air est alors humide. Mais ce qui contribue le plus à cette introduction, c'est l'impatience des Ouvriers, qui pour avancer plus promptement leur ouvrage, & avec des mains accoutumées au feu, coupent les tubes pendant qu'ils sont encore très chauds, & les laissent quelquefois reposer tout ouverts sur les cendres. C'est donc une chose très utile que de laisser totalement réfroidir le long tube avant de le couper pour en faire de plus courts, & j'ai remarqué une différence sensible de netteté dans ceux pour lesquels j'ai fait prendre cette précaution.

ment un nouvel enduit ſemblable à celui que le feu & le mercure ont chaſſé.

Les effets du feu ne ſont pas ſemblables dans tous les Bar.

358. En faiſant bouillir le mercure de pluſieurs Baromètres, on obſerve une grande différence dans la quantité d'air qui s'en échape. Souvent auſſi l'on voit des bulles d'eau monter avec l'air en forme d'écume. L'intérieur de quelques tubes ſe ternit, & d'autres deviennent plus brillans qu'ils n'étoient avant de paſſer par le feu. J'ai dit ci-devant que tous les Baromètres ainſi préparés ſe tiennent à peu près à la même hauteur, & par cela même les différences qu'on obſerve dans la hauteur des Baromètres dont le mercure n'a pas bouilli, ſont correſpondantes à la diverſité des phénomènes, qui accompagnent l'opération du feu; ces différences vont quelquefois juſqu'à huit lignes.

Les différences ſont rélatives à celles qu'on obſerve dans les Bar. avant l'opération.

359. C'eſt donc le plus ou le moins d'air renfermé dans le mercure, & entre le mercure & les parois du tube, de même que le plus ou le moins d'humidité & d'autres corpuſcules introduits avec l'air dans les Baromètres, qui occaſionnent la différence des effets que la chaleur produit ſur eux, ainſi que la diverſité de hauteur, entr'eux, & dans le même Baromètre rempli à diverſes fois. Quant à celui dont j'ai parlé ci-devant (353), ſur lequel la différence de température influoit très peu; il eſt probable que ſon mercure contenoit plus d'air que celui des autres Baromètres qui n'avoient pas été purgés par le feu, ou qu'il y avoit moins d'air à ſon ſommet; enſorte qu'il ſe faiſoit une compenſation entre la preſſion de l'air renfermé dans la partie ſupérieure du tuïau & la dilatation des bulles d'air contenues dans le mercure.

L'air ſe dilate toûjours au même degré dans les Bar. qu'on fait bouillir:

Leur mercure ſe purifie.

360. Je reviens aux Baromètres purgés d'air par le feu. Le mercure pendant qu'il bout, ayant toûjours ſenſiblement le même degré de chaleur (*a*), il dilate l'air d'une manière uniforme, & chaſſe par conſéquent tout ce qui excède le volume qu'il en peut contenir dans cet état; il expulſe auſſi l'humidité & les autres cor-

(*a*) La néceſſité d'un même degré de chaleur pour que l'air ſoit toûjours dilaté au même point, entraine néceſſairement celle de faire bouillir le mercure dans le tube même. Il ne ſuffit donc pas de le faire bouillir ſéparement dans un vaſe & de l'introduire enſuite dans le tube bien chaud, comme Mr. *Muſſchembroek* l'enſeigne (Eſſais de Phyſique 4°. Leyde 1751, page 639.); car la chaleur décroiſſant très rapidement dans les fluides qui ceſſent de bouillir, il n'eſt pas poſſible de s'aſſurer que le mercure introduit dans les tubes ſera toûjours au même degré de chaleur, ſurtout en combinant ſa chaleur propre avec celle du tube.

corpuſcules hétérogènes, qui étant plus légers que lui, s'échapent pendant qu'il eſt agité, & viennent au haut du tube, où ils forment une eſpèce de ſcorie, qu'on enlève; après quoi on achéve de le remplir.

361. Si l'on redreſſe alors le Baromètre lentement & ſans ſecouſſes, le mercure ſe tient totalement ſuſpendu, & il ne deſcend à ſon niveau rélatif au poids de l'atmoſphère, qu'en ſecouant le Baromètre. Il arrive auſſi, quand l'air n'eſt pas également chaſſé de toute la partie ſupérieure du tube, qu'il ſe fait une ſéparation dans la colonne du mercure; de manière qu'il en reſte pluſieurs pouces ſuſpendus au ſommet du tube, & que le vuide ſe fait au-deſſous. L'air n'eſt jamais entiérement expulſé des Baromètres mêmes où le mercure reſte totalement ſuſpendu; la théorie le dicte, & l'expérience le démontre; car lorſqu'on a fait abaiſſer le mercure, & qu'on le ramène enſuite vers le ſommet en inclinant le Baromètre, on y apperçoit une petite bulle, & l'adhéſion ne ſe fait plus, à moins que par des ſecouſſes vives & réitérées, on n'oblige cet air à rentrer dans le mercure; ce qui rétablit entre le mercure & le verre un contact ſuffiſant pour tenir de nouveau la colonne ſuſpenduë. Mais la petite quantité d'air qui reſte dans les Baromètres ainſi conſtruits, étant toûjours ſenſiblement la même (360), il eſt poſſible alors de trouver une règle fixe pour corriger les influences de la chaleur dans leurs variations; c'eſt ce qui m'a réuſſi, comme on le verra dans la ſuite.

Adhérence du mercure au tube après l'opération.

Il y reſte toûjours un peu d'air.

Cependant on peut eſtimer les effets de la chaleur ſur ces Bar.

Expériences pour déterminer l'effet que produit la chaleur ſur les Baromètres purgés d'air par le feu.

362. Je profitai du même hyver pour faire les expériences néceſſaires à la découverte de la Règle dont je viens de parler; & pour cet effet, je plaçai dans un cabinet pluſieurs Baromètres les uns auprès des autres; je les accompagnai de trois Thermomètres de mercure bien d'accord, gradués ſuivant la diviſion de Mr. de *Réaumur*, & placés l'un au haut, l'autre au milieu, & le troiſiéme au bas des Baromètres. Tous ces inſtrumens étoient ſur des *montures* de ſapin; ce que j'indique, parce que les diviſions étant fixées ſur les montures, la dilatation ou la condenſation de celles-ci entre pour quelque

Expériences faites en Hiver pour déterminer l'effet de la chaleur ſur les Bar. purgés d'air par le feu.

Le ſapin eſt très propre aux montures des Baromètres & Thermometres.

chose dans l'effet total. Il est donc convenable d'employer toûjours la même matière pour avoir des résultats uniformes; & le sapin doit avoir la préférence, parce qu'étant composé, comme le fil de Pite, de fibres ligneuses fort droites, la chaleur ni l'humidité ne l'affectent point sensiblement dans le sens de sa longueur. (*a*).

La chaleur ni l'humidité ne l'affectent pas sensiblement dans le sens de sa longueur.

Précautions prises dans ces expériences.

363. Quand les Thermomètres étoient d'accord, je marquois le point où ils se tenoient & la hauteur des Baromètres. Après quoi j'échauffois le cabinet de manière que les Thermomètres fussent toûjours d'accord; & j'observois de nouveau lorsque la chaleur étoit parvenue au plus haut degré que je pouvois produire. J'avois un Baromètre dans une chambre où la température ne changeoit pas sensiblement; je l'observois au commencement & à la fin de l'expérience; & s'il s'étoit fait quelque changement dans le poids de l'Atmosphère pendant sa durée, j'en tenois compte dans le résultat.

Résultat.

364. Ayant réitéré plusieurs fois la même opération, & trouvé les résultats à peu près semblables, je fus assuré que tous mes Baromètres avoient une marche sensiblement égale & proportionnelle aux variations des Thermomètres. Ce premier point déterminé, je rassemblai toutes mes observations, & j'en tirai cette conséquence générale; que *par une augmentation de chaleur, capable de faire monter le Thermomètre depuis le point de la glace pilée jusqu'à celui de l'eau bouillante, la hauteur du Baromètre augmenteroit de six lignes précisément*; ce qui me conduisit à une division du Thermomètre, qui exprime cette Loi d'une manière fort commode.

Echelle d'un Therm. propre à représenter la correction à faire sur le Bar. pour les diffces. de chaleur.

365. En divisant par quatre les lignes du Baromètre, on subdivise très aisément à la vuë ces quarts de ligne en quatre autres parties qui font des 16mes; or 6 lignes font $\frac{96}{16}$; on peut donc diviser en 96 parties égales l'intervalle compris entre l'eau dans la glace, & l'eau bouillante sur le Thermomètre, & alors chacune de ces parties correspondra à $\frac{1}{16}$ de ligne dans la hauteur du Baromètre (*b*). Il est nécessaire d'employer à cet usage des Thermomètres de mercure, afin que leurs variations soient aussi

(*a*) J'ai une expérience qui indique qu'une piéce de sapin de 3 pieds de long, 3 pouc. & demi de large, & 1 pouce d'épaisseur, dont les fibres sont bien droites, s'est allongé d'un quarante-quatriéme de ligne, du tems le plus sec au tems le plus humide, pendant l'Eté de l'année 1764.

(*b*) On verra dans le Ch. suivant la raison générale de changer l'Echel. du Therm. quand les échelles ordinaires sont trop incommodes.

aussi exactement proportionnelles qu'il est possible, aux changemens que la chaleur occasionne dans les Baromètres.

366. Pour reconnoitre d'autant mieux si ma division étoit propre à l'usage auquel je la destinois, je voulus faire une nouvelle expérience à des températures différentes par elles-mêmes. Je demeure dans une ruë en pente, & j'ai une cave assez profonde, pour que sa température soit, en certains tems, très différente de celle qu'on éprouve en plein air. Je plaçai dans cette cave en Eté, deux Baromètres que j'y mis parfaitement d'accord; la température indiquée par le Thermomètre étoit au 14me. des degrés dont j'ai parlé, ou à $\frac{14}{98}$ au dessus de l'eau dans la glace; j'y laissai quelcun pour observer, & je me transportai avec l'un des Baromètres & un Thermomètre, dans une maison au dessous de la mienne, où j'avois déterminé par le nivellement un point, qui correspondoit horizontalement avec le fond de ma cave: La température de cette maison se trouva au 22me. des degrés dont je viens de parler, & le Baromètre se tint demi-ligne plus haut que celui de la cave auquel je le comparois. La chaleur augmenta, le Thermomètre marqua un degré de plus, & le Baromètre monta d'$\frac{1}{18}$ de ligne. Le Thermomètre de la cave qui n'avoit point fait de variation, étoit donc en ce moment là, plus bas de 9 degrés que celui de la maison dont j'ai parlé, & les Baromètres différoient de $\frac{9}{18}$ de ligne; ce qui confirma parfaitement mes expériences précédentes.

Expérience faite en Eté pour le même sujet.

Elle confirme celles qui avoient été faites en Hiver.

367. Il est évident que si, dans cette observation, on n'avoit pas égard à la différence de température, celle des Baromètres indiqueroit une différence de hauteur assez considérable entre des lieux qui étoient cependant sur le même niveau. On verra dans la suite, que cette différence seroit d'environ 45 pieds.

Preuve de la nécessité d'une correction sur le Bar. pour la différence de chaleur.

Lorsque j'entrepris les observations rélatives à la diminution de poids de l'Atmosphère occasionnée par l'élévation des lieux, j'avois déjà fait la plus grande partie des expériences que j'ai raportées jusqu'à présent; & leur résultat m'avoit apris qu'aucun de ceux qui s'étoient occupés de cette matière avant moi, n'avoit pu éviter de grandes erreurs faute d'Instrumens convenables. Je dois sans doute aux précautions que je viens d'indiquer les succès que j'ai obtenus; mais j'étois encore bien éloigné de connoitre

noitre toutes les difficultés de cette entreprise. J'apperçus dès le commencement de mes observations un grand nombre d'obstacles, dont plusieurs dépendoient encore du Baromètre lui-même; je commencerai par ceux-ci, & je les détaillerai dans l'ordre qu'exige la matière.

Précaution nécessaire pour que le Therm. indique la température du Bar.

368. Puisque la chaleur produit sur les Baromètres des effets assez sensibles, pour qu'on doive nécessairement en tenir compte, & que le Thermomètre sert à cette correction, il faut que ces deux instrumens ne soient pas plus échauffés l'un que l'autre. C'est cependant ce qui arrivoit dans mes premières expériences. La boule du Thermomètre qui n'occupe qu'un très-petit espace, doit indiquer la température du Baromètre; mais la chaleur du corps & celle du Soleil ne se distribuoient pas avec assez d'égalité pour produire des effets correspondans sur l'un & sur l'autre; & je reconnus bientôt que mes observations n'étoient pas correctes. Je fus donc obligé, pour éviter ce défaut essentiel, de porter la boëte qui renfermoit ces deux instrumens, suspenduë par une courroie; & d'avoir un parasol pour la tenir constamment à l'ombre, soit dans la route, soit lorsque je voulois observer.

Il ne suffit pas que les Bar. soient dans des températures semblables pour se passer de correction.

369. J'éprouvai dans la correction des effets de la chaleur une autre difficulté, qui demande quelque attention pour être bien conçuë. J'avois trouvé (364) qu'une augmentation de chaleur indiquée par 96 degrés de mon Thermomètre faisoit monter le Baromètre de 6 lignes; mais alors la colonne du Baromètre avoit 27 pouces ou à peu près. Lorsque je vis cette colonne s'accourcir à mesure que je montois, je compris bien qu'un degré de mon Thermomètre ne devoit plus correspondre à $\frac{1}{12}$ de ligne dans la hauteur du Baromètre; mais pensant d'abord qu'il n'y avoit point de correction à faire lorsque la température étoit semblable pour les Baromètres de la Plaine & de la Montagne, je crus qu'une simple proportion devoit suffire, pour trouver la correction duë à ce changement de hauteur dans le Baromètre: Je me trompois alors; en voici la démonstration.

Exemple de l'erreur qui résulteroit de cette méthode.

370. Je suppose deux Baromètres, dont l'un est posté sur une Montagne & se tient à 14 pouces, pendant que l'autre est au

au pied à 28 pouces, & que la température eſt pour tous deux à — 40 de mon Thermomètre ; il n'y auroit point de correction à faire dans ce cas, ſuivant mon premier raiſonnement. Suppoſons maintenant que la température change, & que les Thermomètres ſoient à +40 ; la chaleur étant encore égale dans les deux ſtations, il n'y auroit par la même raiſon rien à corriger. Cependant de l'une à l'autre ſuppoſition, la colonne de 28 pouces ſe ſeroit allongée de 5 lignes pour 80 degrés de variation du Thermomètre ſur mon échelle, tandis que la colonne de 14 pouces n'auroit augmenté que de 2 lignes & $\frac{1}{2}$ ou environ ; enſorte que le Baromètre de la Montagne ſe tiendroit réellement trop bas de 2 lig. $\frac{1}{2}$ rélativement à celui de la Plaine, ſans qu'on pût reconnoître cette erreur par une ſimple proportion ; parce que d'un côté, à température égale tout paroit exact ; & que de l'autre, ne connoiſſant pas les dernières limites de la chaleur, on ne peut partir d'un point où elle ne diminuë plus.

371. Voici le nœud de cette queſtion : Il eſt vrai dans un certain cas, qu'*à température égale aux deux Poſtes où l'on obſerve, on ne doit point faire de correction ſur la hauteur des Baromètres* ; Par exemple, ſi l'on n'obſervoit que dans une température déterminée & commune aux deux poſtes, le mercure étant toûjours au même degré de condenſation, ſa hauteur dans le Baromètre ſeroit toûjours proportionnelle au poids de l'atmoſphère. Ce cas là eſt très rare, & s'il falloit l'obtenir immédiatement, il y auroit bien peu d'obſervations utiles : cependant c'eſt à cette forme qu'il faut les ramener toutes, en choiſiſſant une certaine température pour terme fixe ; mais ce degré de chaleur étant une fois déterminé, ſi le Thermomètre en indique un autre au moment où l'on obſerve, on ne peut ſe diſpenſer de corriger la hauteur des Baromètres, lors même que la température eſt égale aux deux Poſtes. Je me ferai mieux comprendre en expliquant la méthode à laquelle j'ai été conduit par cette théorie.

Il faut néceſſairement ramener toutes les obſervations à une température fixe.

372. La prémière choſe à décider étoit le degré de chaleur que je devois choiſir pour terme commun & conſtant, au deſſus & au deſſous duquel les corrections devoient ſe faire ; il me parut que la température qui correſpond à la huitiéme partie de la diſtance entre les points fixes du Thermomètre, à com-

Choix de cette température qui devient le zero du Therm. dans ce cas.

pter depuis *l'eau dans la glace*, étoit la plus convenable, parce qu'étant probablement la moins éloignée de toutes les observations prises ensemble, s'il y a quelque erreur dans ma division du Thermomètre rélativement à son but, elle doit influer par cela même le moins qu'il soit possible.

Construction de l'Echelle.

373. L'Echelle de ce Thermomètre étant divisée en 96 degrés entre les points fixes (365) la huitième partie de cette Echelle en montant, correspond au 12e. degré; j'ai placé le *zéro* à ce point, au dessus duquel je compte les degrés en *plus*, & au dessous en *moins*. Ainsi dans ce Thermomètre, *l'eau bouillante* est à + 84, & *l'eau dans la glace* à — 12. Ces indications suffisent pour construire ce Thermomètre, & la Fig. 2 de la Pl. V, dans laquelle je l'ai représenté accompagné de l'Echelle de *Fahrenheit*, & de celle d'un Thermomètre à mercure divisé en 80 parties, qu'on nomme *de Mr. de Réaumur*, servira à indiquer sans calcul les points de ces deux dernières Echelles auxquels correspondront les températures dont j'aurai occasion de parler dans la suite.

Utilité de cette construction.

374. Le Thermomètre étant divisé de cette manière, chacun de ses degrés représente, comme je l'ai dit, des seizièmes de ligne sur la hauteur d'un Baromètre dont la colonne est de 27 pouces; il sert aussi pour toute longueur de colonne par une simple proportion; un exemple suffira pour le faire comprendre. Je suppose de nouveau les deux Baromètres placés, l'un sur une montagne où le mercure ne se soutient qu'à 13 $\frac{1}{2}$ pouces, & l'autre au pied de cette montagne où il se tient à 27 pouces. Si les deux Thermomètres sont à 0, il n'y a point de correction à faire; mais s'ils sont tous deux à — 16, je dois ajouter à la hauteur observée du Baromètre au pied de la Montagne $\frac{16}{16}$, ou 1 ligne; & pour celui du sommet, je dois dire, comme 27 pouces sont à $\frac{16}{16}$ de ligne, ainsi 13 $\frac{1}{2}$ sont au nombre de seizièmes que je dois ajouter à la colonne de 13 $\frac{1}{2}$ pouces, ce qui fait $\frac{8}{16}$. Ainsi je n'ajouterai que $\frac{8}{16}$ à la hauteur du Baromètre observé sur la Montagne, pour la même température qui m'a fait ajouter $\frac{16}{16}$ à celui de la Plaine: Si les degrés du Thermomètre sont en *plus*, il faut faire des soustractions dans le même ordre. J'applique la même règle à tous les cas, tant pour les températures égales, que pour celles qui sont différentes; il n'y en a qu'un seul qui n'exige point de correction, c'est celui où les

Exemple.

les deux Thermomètres sont à *zéro*. Par ce moïen on ramène les observations à un terme fixe, ce qui produit le même effet que si le mercure des Baromètres étoit toûjours au même degré de condensation. J'ai suivi cette méthode dans la plûpart de mes observations; mais j'en ai trouvé depuis une beaucoup plus commode, fondée sur le même principe, dont je rendrai compte en donnant la description de mon Baromètre. (490 & suiv.)

Réflexions sur la LIGNE DE NIVEAU *dans le Baromètre.*

375. J'ai dit précédemment que tous les Baromètres purgés d'air par l'ébullition du mercure, se tiennent *à peu près* à la même hauteur dans le même lieu; mais cela n'est point encore suffisant: J'ai vû même deux Baromètres de cette espèce qui différoient de deux lignes: Ce phénomène m'a embarrassé pendant long-tems; & ce n'est qu'après bien des tentatives inutiles, que je suis parvenu à la découverte de deux causes qui se combinent pour produire ces différences. Je serai obligé d'entrer ici dans des détails qui paroîtroient peut être minutieux, si je ne faisois observer qu'un seizième de ligne représente environ 5 pieds de hauteur, & que pour peu qu'on s'écarte de l'exactitude, il est très facile de se tromper d'un & de plusieurs seizièmes.

Il ne suffit pas que les Bar. soient purgés d'air par le feu pour être d'accord.

376. La première des causes d'erreur que je viens d'annoncer, se trouve dans la fixation du point d'où l'on doit partir, pour mesurer la hauteur du Baromètre. Lorsqu'on prend la surface du mercure pour terme, il en résulte plusieurs inconvéniens. D'abord on ne peut comparer cette surface avec le commencement de la division, qu'en plaçant l'œil à une certaine distance, & par cela même, pour peu que l'œil soit hors du plan de cette surface, il se forme une parallaxe qui peut causer une erreur notable, ensorte qu'on ne peut que très difficilement parvenir à quelque exactitude. D'ailleurs on voit le mercure au travers des parois du vase qui sert de reservoir, & qui, par sa figure, occasionne ordinairement des réflexions & des réfractions; souvent même il est sale intérieurement. Toutes ces causes augmentent la difficulté & induisent en erreur.

Difficulté de fixer la *ligne de niveau.*

On peut se tromper quand on prend la surface du mercure pour base.

377. Ces inconvéniens, qui sont bien connus, font qu'en général

Plus encore en la fixant au

point où le mercure abandonne le Reservoir.

néral on ne compte l'élévation du mercure, que depuis le point où il abandonne le reservoir pour former la convexité ordinaire de sa surface. Mais cette méthode est sujette à de plus grandes erreurs que la précédente; car la convexité du mercure, dont la partie inférieure est quelquefois plus basse d'une ligne & demie que la surface supérieure, peut être nulle en certain cas, & même cette surface peut devenir concave.

Ce point varie suivant l'inclinaison des côtés du vase:

378. Cette variation de forme dépend principalement de celle des vases: Quand les bords du mercure se trouvent dans la portion d'un reservoir évasé qui prend en cet endroit la forme d'un cone renversé ou d'un verre à boire, la convexité du mercure est d'autant plus considérable, que les côtés du cone sont plus inclinés: Elle l'est moins, quand les côtés du reservoir sont parallèles: si la surface du mercure correspond à un point, où le reservoir prend la forme d'un cone droit, sa convéxité diminuë encore; elle devient nulle même, à une certaine inclinaison des côtés: Et si leur prolongement forme au sommet du cone un angle obtus (dont je ne détermine pas le degré) la surface du mercure devient concave.

Les Bar. à reservoir ne peuvent être d'accord que par une inclinaison semblable de ces côtés.

379. Lors donc que l'échelle du Baromètre prend son origine au bas de la convexité, on a le plus souvent une certaine quantité de mercure au dessus de ce point, qui pèse sur la colonne sans que l'on en tienne compte. Or comme cet excédent de poids varie autant que la forme des réservoirs, deux Baromètres divisés de cette manière ne peuvent paroître à la même hauteur, que quand le bord du mercure se trouve correspondre à des inclinaisons semblables dans l'un & dans l'autre.

Les saletés qui s'attachent au mercure sont encore une source d'erreur.

380. D'ailleurs, quand on agite les Baromètres, ce qui est inévitable à l'égard de ceux qui sont destinés au transport, la pellicule que produit toûjours le mercure exposé à l'air, s'attache contre les parois du vase qui le contient; & comme cet enduit a plus d'affinité avec le mercure, que le verre ou la matière quelconque du reservoir, il s'en approche davantage; la convexité de sa surface diminuë par cela même, & sans aucun autre changement, son bord se trouve alors plus élevé qu'il n'étoit, lorsqu'on a fixé le commencement de la division. Il peut arriver le contraire, si le mercure se salit sans qu'il se forme un enduit mercuriel contre les parois du reservoir; car ces parcelles de saleté, étant environnées d'air, le mercure est plus

écarté

écarté du verre, & la convexité de sa surface devient plus considérable. Dans l'un & l'autre cas, le verre n'est plus assez transparent, ni le bord du mercure assez régulier, pour qu'on puisse décider précisément le point où correspond ce bord sur la monture du Baromètre. Les Reservoirs sont parconséquent une source d'erreurs; en voici une autre qu'il n'est pas moins essentiel d'examiner.

Effet de l'inégalité de diamètre des tubes.

On a négligé l'effet de la différence de diamètre des tubes.

381. C'est un Phénomène connu de tous les Physiciens, que le mercure s'abaisse au dessous du *niveau* dans les tubes étroits, tandis que tous les autres fluides s'élèvent dans les mêmes circonstances. Mais plusieurs obstacles ont empêché jusqu'à présent de reconnoitre l'influence de cette cause sur la hauteur du mercure dans les Baromètres de différentes formes. J'ai rapporté dans la I^e. PARTIE de cet ouvrage (101 & *suiv.*) les recherches qu'on avoit déja faites sur cet objet, lorsque je commençai à m'occuper des Baromètres: On a vû qu'aucun des Physiciens qui ont donné des Règles pour mesurer les Hauteurs avec cet Instrument, n'ont fait attention à cette circonstance. Peut-être aussi que cette cause d'erreur m'auroit échapé, si je n'avois observé pendant longtems des Baromètres de toute sorte de figure, avec un grand désir de trouver les raisons de leurs différences.

Observation sur ce sujet: les Bar. sans reservoir se tiennent plus haut que les autres.

382. J'avois remarqué plusieurs fois, que les Baromètres dont le tube étoit plus étroit, se tenoient assez généralement plus bas; mais cela ne m'apprenoit encore rien de fixe, parce que cette règle avoit des exceptions dont j'ignorois la cause. J'en étois à ce point, lorsqu'un jour, cherchant à connoître en quelle proportion le volume du mercure augmente par la chaleur, j'en ôtai assez d'un de mes Baromètres, semblable à la *Fig.* 3. de la Pl. I., pour que le niveau, d'où l'on doit compter la hauteur de la colonne, fut abaissé dans la portion du tube qui soutenoit le réservoir, c'est-à-dire de *b* en *d*, & par conséquent dans le haut de *a* en *c*. Mon but n'étoit d'abord que de mesurer l'allongement réel de la colonne totale, qui se trouvoit alors dans un simple tuyau recourbé; mais quelle fut ma surprise, lorsque je vis la colonne de mercure soutenue par le poids de l'Air dans ce Baromètre, devenir plus longue par ce chan-

gement seul. Cette remarque me fit abandonner mon premier objet, dans lequel j'avois peu d'apparence de succès, à cause de l'inégalité de diamètre des tubes: Je fis la même opération à tous mes Baromètres, & je trouvai que la colonne soûtenuë par l'atmosphère, étoit devenuë plus longue dans tous, sans exception.

Préparation à quelques expériences.

383. La propriété du mercure, dont j'ai fait mention ci-devant, me vint alors dans l'esprit, & je formai un plan d'expériences, pour en démêler l'effet dans les Baromètres. J'en fis pour cet effet plusieurs avec des tubes simplement recourbés, de diamètres différens; & comme la plûpart n'étoient pas d'un calibre égal, je les courbai de manière, qu'aux uns la partie la plus large étoit en haut, & qu'elle étoit en bas aux autres; je fis aussi souffler une boule au sommet d'un de ces tuyaux.

Résultats.

384. Tous ces Baromètres ayant été purgés d'air par le feu, je les observai attentivement, & je trouvai, 1°. que les Baromètres faits d'un simple tuyau recourbé par le bas, dont la partie supérieure étoit plus large que l'inférieure, se tenoient plus élevés que ceux d'une figure contraire: 2°. Que les Baromètres à reservoir se tenoient inégalement plus bas que les précédens: 3°. Que le Baromètre, au sommet duquel étoit une boule, se tenoit plus élevé que tous les autres, quand la partie supérieure de la colonne de mercure atteignoit la cavité de la boule; & cela d'autant plus que le mercure y parvenoit à une plus grande hauteur, tellement que lorsqu'il étoit arrivé à *l'horizon* de la boule, il se tenoit deux lignes plus haut que dans les tubes qui avoient un réservoir en bas: 4°. Les seuls Baromètres, dont le tube étoit d'un diamètre à peu près égal, se tenoient entr'eux à la même hauteur. 5°. Enfin les inégalités causées par les reservoirs disparoissoient, soit quand l'extrémité inférieure du mercure se trouvoit dans la portion de tube qui est au dessous du reservoir; soit même quand le reservoir étoit totalement rempli, & que le mercure le surpassant, remontoit dans le col de cette espèce de bouteille, parce qu'alors les diamètres des deux tubes étoient sensiblement égaux. Je dois prévenir que dans ces expériences, je commençois à compter la hauteur des colonnes depuis la surface du mercure dans le bas. J'ajouterai en passant, que lorsque le mercure parvenoit dans la boule qui étoit au sommet d'un de ces Baromètres, tout s'y passoit

Les Bar. dont le tube est un siphon d'égal diamètre sont seuls d'accord.

passoit sensiblement, pour les différences de convexité & de concavité de sa surface, comme dans les reservoirs où l'air communiquoit; c'est une preuve entre bien d'autres, que l'arrondissement des bords du mercure n'est point occasionné par la pression de l'air, mais que ce phénomène tient à l'attraction ou à quelqu'autre cause différente de l'air grossier.

385. J'entrepris aussi quelques expériences, pour chercher à connoître, par une règle fixe, la hauteur que doit avoir la colonne de mercure en un même lieu, dans des Baromètres de figures données; mais je trouvai tant de variétés, que desespérant de parvenir à une règle fixe, ou du moins ne présumant pas que l'utilité de cette règle fût proportionnée au travail, je me contentai de savoir positivement, que les Baromètres faits d'un tube recourbé par l'une de ses extrémités & de diamètre égal d'un bout à l'autre, sont les seuls dont la hauteur au-dessus du Niveau représente immédiatement celle de la colonne de mercure soutenue par le poids de l'Atmosphère; & que par conséquent ils se tiennent tous à la même hauteur. Mais ils sont sujets à un inconvénient dont je dois avertir, parce qu'il m'a déconcerté pendant longtems.

On ne peut déterminer généralement l'effet des autres formes de Bar. sur la hauteur du mercure.

386. Dans les Baromètres à branches d'égal diamètre, il faut toûjours une échelle à chaque branche; car lors même que le diamètre du tube est parfaitement égal d'un bout à l'autre, les effets que produit la chaleur sur le mercure, empêchent qu'on ne puisse connoitre la variation totale de hauteur de sa colonne, en doublant la variation observée à l'une de ses extrémités. Or comme la branche d'en bas communique avec l'air extérieur, le mercure se couvre d'une pellicule qui s'attache au tuyau dans ses variations; il n'est plus alors dans une liberté suffisante, & l'irrégularité de sa surface, de même que la diminution de transparence du tube, empêchent de bien déterminer sa hauteur: Ensorte que par la combinaison de tous ces obstacles, on peut se tromper de près d'un quart de ligne, même avant que la cause soit assez sensible pour s'en défier. Cependant l'inconvénient dont je parle étant une fois connu, il cesse par cela même d'être un obstacle à la régularité des opérations, parce qu'il est facile de nettoyer la branche inférieure; j'en indiquerai le moïen dans la suite (484). Mais j'avoue que les Baromètres de cette espèce seroient

Les Baromètres à branches d'égal diamètre sont sujets à un inconvénient.

Remède.

roient incommodes pour des obſervations journalières rélatives aux changemens de poids de l'Atmoſphère dans le même lieu. Quoique ces obſervations ne ſoient pas entiérement de mon ſujet, je ne laiſſerai pas d'en dire un mot.

Remarques ſur l'effet que produiſent les défauts du Baromètre dans les obſervations ordinaires.

Trois objets dans les obſervations du Bar. ſédentaire.

387. On peut ſe propoſer trois choſes dans les obſervations du Baromètre ſédentaire. La premiére & la plus générale, regarde ſes prédictions pour le beau ou le mauvais tems. La ſeconde eſt rélative à l'étenduë de ſa variation dans le climat qu'on habite. Enfin on peut avoir pour but de comparer ſon élévation moyenne, ou chacune de ſes variations, avec des obſervations correſpondantes en d'autres lieux.

Il eſt rare qu'on puiſſe s'entendre quand on parle de la hauteur du Bar.

388. Le grand uſage qu'on fait actuellement des Baromètres prouve combien on s'intéreſſe à ces objets : & cependant on peut dire avec vérité qu'on ne s'eſt point encore entendu ſur cette matiére, comme on ne s'entend pas encore ſur les degrés de chaleur, quoiqu'on ait des Thermomètres.

Cauſes de la diverſité d'expreſſion à cet égard.

389. Trois choſes s'oppoſent à ce que les Baromètres ordinaires ſoient comparables; 1°. Les diverſes manières de les remplir: 2°. Leur diverſité de figure : 3°. La différente température de l'air qui les environne. Je vais indiquer les erreurs qui réſultent néceſſairement de ces différences dans l'uſage ordinaire du Baromètre.

On s'entend peu quand on parle du Bar. rélativement à ſes préſages.

390. Il eſt certain d'abord qu'on ne dit rien de fixe lorſqu'on parle de la hauteur des Baromètres dans l'uſage le plus général; puiſque par les trois cauſes que je viens d'indiquer, ils peuvent ſe tenir plus haut les uns que les autres, indépendamment du poids de l'Atmoſphère. Cela eſt ſi vrai dans la pratique, qu'on ne ſait preſque comment s'exprimer lorſqu'on veut parler du Baromètre rélativement au tems qu'il fait ou qu'il doit faire ; la plûpart de ceux qui l'obſervent ne comptent ſur ſes prédictions, qu'après leurs propres expériences ſur les points de ſa hauteur qui correſpondent à un certain état de l'air : Encore peut-on ſe tromper malgré cette précaution, quand la température du lieu varie, parce qu'alors le Baromètre monte ou deſcend, ſans qu'il arrive de changement dans le poids de l'Atmoſphère.

391. C'eſt

391. C'est principalement dans les extrêmes de la variation du Baromètre, qu'on peut faire de plus grandes erreurs. Dans ses grands abaissemens il fait ordinairement chaud, & ses plus grandes élèvations sont en hiver. Or quand le Baromètre baisse extraordinairement en Eté, si celui qu'on observe n'est pas purgé d'air par le feu, il est trop bas, parce que l'air renfermé dans le haut du tube étant dilaté par la chaleur, & trouvant un point d'appui au sommet, il fait descendre le mercure, plus que celui-ci ne tend à monter par sa dilatation. Si le Baromètre au contraire est bien purgé d'air, il se tient trop haut, parce que le mercure étant fort dilaté, sa pesanteur spécifique diminuë, & le poids de l'Atmosphère en soutient une plus longue colonne. La même cause agit, mais d'une maniére opposée, lorsqu'on observe une élèvation extraordinaire des Baromètres en hiver; ceux qui ne sont pas purgés d'air par le feu se tiennent alors plus haut qu'ils ne seroient en Eté, & les autres se tiennent plus bas : La différence de chaleur des apartemens influë aussi sur la hauteur du mercure. Ainsi deux personnes qui auront observé dans le même tems & avec la même exactitude, pourront s'écarter de trois ou quatre lignes, sur l'étenduë de la variation du Baromètre dans leur Païs. Je l'ai trouvée, par exemple, de 20 lignes à Genève, en corrigeant par le Thermomètre mes observations faites avec des Baromètres purgés d'air par le feu; sans cette correction je ne l'aurois trouvée que de 18 lignes & demie, tandis que les Baromètres ordinaires pourroient indiquer 22 lignes.

On peut se tromper beaucoup sur l'étenduë de variation du Bar.

392. Enfin, lorsqu'il s'agit d'observations correspondantes, il est plus essentiel encore d'avoir une règle fixe pour la construction des Baromètres; sans cette précaution, on peut se donner bien de la peine inutilement. Tout ce que j'ai dit jusqu'à présent le prouve assez, sans que je m'étende davantage sur cette matière.

De même que dans la comparaison des Bar. placés en divers lieux.

393. Il est donc absolument nécessaire de convenir d'une méthode générale, par le moyen de laquelle on soit assuré d'écarter tout ce qui est arbitraire, & dont on puisse faire usage partout. Je crois qu'on pourroit se servir utilement de celle que je vais indiquer.

Il est nécessaire que les observateurs conviennent entr'eux d'une méthode générale.

394. 1°. Il faut nécessairement que tous les Baromètres soient purgés d'air par le feu.

Plan proposé pour cela.

2°. On doit avoir auprès du Baromètre, un Thermomètre de mercure, dont le *zéro* soit à la 8me. partie de l'espace compris entre l'eau dans la glace & l'eau bouillante, la distance de *zéro* à l'eau bouillante divisée en 84 parties égales, & la division prolongée à volonté au dessous de *zéro*. Chacun de ces degrés représentera alors des 16mes de ligne à corriger sur le Baromètre aux environs de 27 pouces; & lorsqu'on voudra faire une observation exacte, il faudra retrancher de la hauteur trouvée, ou lui ajouter autant de 16mes de ligne qu'il y aura de degrés au dessus ou au dessous de *zéro*. Par ce moyen on saura toûjours précisément, à quelle hauteur l'Atmosphère soutient le mercure dilaté par un degré de chaleur déterminé. Si dans le lieu où se font les observations, le Baromètre se tenoit à une hauteur trop éloignée de celle de 27 pouces, sur laquelle j'ai réglé la division de mon Thermomètre, on pourra faire les corrections requises par la méthode que j'ai indiquée ci-devant (374); ou s'il s'agissoit d'observations fréquentes, on pourroit construire une échelle particulière dont on proportionneroit les degrés à la hauteur moyenne du Baromètre dans le lieu où doivent se faire les observations; c'est-à-dire qu'on diviseroit l'intervalle compris entre le *zéro* & l'*eau bouillante* sur le Thermomètre en un nombre de parties, qui seroit à 84, comme la hauteur moyenne du Baromètre dans le lieu de l'observation seroit à 27 pouces.

Etalon pour placer l'Echelle uniformement à tous les Bar.

3°. Il reste à trouver quelqu'expédient pour avoir des Baromètres dans lesquels on évite la difficulté de connoître la hauteur de la colonne depuis un point fixe, & l'erreur qui résulte des différentes formes des réservoirs, sans tomber dans l'inconvénient que la saleté occasionne dans les Baromètres à branches égales; voici le moyen que je propose pour cela. Il faudroit que tous ceux qui font des Baromètres, eussent une sorte d'*étalon*, qui seroit un Baromètre fait d'un tube égal d'un bout à l'autre, & recourbé par le bas. J'indiquerai dans la suite la manière de placer l'échelle dans cette construction (485). Il faudroit aussi, que les réservoirs des Baromètres qu'on voudroit régler sur celui-là, eussent un diamètre assez grand, pour que les variations de hauteur du mercure fussent insensibles dans le bas. On les placeroit auprès de l'*étalon*, après avoir nettoïé sa branche inférieure; & lorsqu'ils seroient à la même tempé-

rature

rature & dans une position verticale, on mettroit sur les Baromètres à régler, une échelle de deux ou trois pouces suivant les Climats, divisée en lignes & subdivisée en quarts de ligne, en la fixant de manière que ces Baromètres indiquassent sur leur échelle, la même hauteur qu'indiqueroit l'*étalon*. Par cette opération seule, ils représenteront tous & constamment la vraie hauteur de la colonne de mercure que le poids de l'Atmosphère peut tenir en équilibre au moment de l'observation. Ceux dont la profession est de faire des Baromètres pourroient très aisément adopter cette méthode (*a*); mais comme il y en a peu dont on puisse attendre un certain degré d'exactitude, il conviendroit au moins, que les amateurs des expériences de Physique eussent un semblable *étalon*, auquel leurs amis pourroient avoir recours pour fixer l'Echelle sur leur Baromètre.

Je reviens à mon sujet; & comme il faut apporter dans les observations rélatives à la mesure des Hauteurs, des précautions plus grandes que pour les autres usages du Baromètre, je continuerai à traiter cette matière.

De l'Echelle du Baromètre.

395. On peut attribuer quelquefois aux Baromètres des défauts qui procèdent de la manière de mesurer leur échelle & des mesures mêmes. Lorsqu'on se sert d'un compas, comme on le fait à l'ordinaire, pour placer l'Echelle d'un Baromètre, on n'est point assuré de la fixer convenablement, parce que les pointes du compas s'enfoncent plus ou moins, & même s'écartent, suivant la nature & la disposition des parties qu'elles rencontrent sur la monture. Il ne convient pas de mesurer le Bar. au compas.

396. Mais un autre inconvénient qu'il est plus difficile d'éviter, c'est l'inégalité des mesures. J'ai peu vû de *pieds* par- Il est difficile de trouver des mesures exactes.

(*a*) C'est là mon but dans un avis que je me propose de distribuer à tous les faiseurs de Baromètres qui passent à Genève: il contient en quatre pages 4°. tout ce qu'il y a d'essentiel dans la construction de l'*Etalon*, la maniére d'appliquer l'Echelle aux Baromètres ordinaires, & l'usage du Thermomètre pour corriger les effets de la chaleur sur la hauteur du mercure. Je ferai parvenir aussi ces instructions, autant que je le pourrai, dans les Villes principales où la Physique est cultivée; afin que les amateurs soient en droit d'exiger des Artistes, qu'ils construisent leurs Baromètres suivant cette méthode.

faitement égaux, même dans les étuis d'instrumens qui nous viennent de Paris, lorsqu'ils ne sont pas du même Artiste. C'est pourquoi, ne sachant auquel donner la préférence, je priai une personne qui a des rélations avec M. *de Mairan*, de me procurer par son moïen un *pied de Roi* parfaitement égal à celui dont il a fait usage pour déterminer avec tant de soin la longueur du pendule qui bat les secondes. Lorsque j'eus cette mesure authentique, j'en fis une de 27 pouces, en marquant cette distance par deux points sur des piéces de léton incrustées dans une règle de sapin: je pris une autre piéce du même bois, où je fixai deux pointes, de manière qu'elles correspondoient exactement aux deux points de l'autre règle; & avec ces mesures qui ne varient pas sensiblement, j'ai déterminé depuis, d'un seul coup, l'étenduë de 27 pouces sur mes Baromètres.

Précautions prises pour éviter ces deux causes d'erreur.

Degré de perfection du Baromètre décrit: Causes des défauts qui lui restent.

Les Bar. construits suivant la méthode précédente sont d'accord pour l'ordinaire.

397. Par tous les procédés que j'ai décrits jusqu'à présent, je suis enfin parvenu à faire des Baromètres qui se tiennent pour l'ordinaire à la même hauteur dans le même lieu; mais j'avouë qu'il manque encore quelque chose pour atteindre à une exactitude constante; car il m'est arrivé de voir des Baromètres, qui pour l'ordinaire sont d'accord, s'écarter quelquefois un peu de cette uniformité, sans qu'il y ait de causes apparentes de ces exceptions. Il ne s'agit à la vérité que d'un seiziéme de ligne, rarement d'un huitiéme, dont l'un est quelquefois plus haut, d'autres fois plus bas que l'autre, à différentes hauteurs absolues.

Les diff. sont variables & n'excèdent pas un huitiéme de ligne.

La surface supérieure du mercure n'est pas toûjours horizontale.

398. Quoique ces différences soient peu considérables rélativement à celles que j'observois au commencement de mes expériences, je n'ai pas laissé de porter encore mon attention sur ce qui peut les occasionner; & j'ai cru reconnoitre que l'imperfection des tubes en est presque la seule cause. J'ai remarqué principalement, que la surface du mercure n'est pas toujours horizontale dans le vuide; j'ai observé même quelquefois que son inclinaison produisoit un quart de ligne de différence sur la hauteur d'un des côtés de la colonne comparé avec le côté opposé, & cela dans des tubes en apparence aussi parfaits

faits qu'ils puissent l'être. Il est probable que la différence de poli ou de netteté de la surface interne du tube, peut-être même la différence de nature, d'épaisseur ou de figure du verre, contribuent à produire cette différence dans la hauteur des bords du mercure. Quoi qu'il en soit, on comprend aisément, que si cette cause agit en sens contraire dans deux Baromètres dont l'échelle est semblablement placée, elle peut produire une différence d'un seiziéme & même d'un huitiéme de ligne dans leurs hauteurs comparées, sans que l'œil puisse appercevoir que la surface du mercure n'est pas horizontale. Il semble d'abord qu'on peut remédier à cet inconvénient, en mettant une échelle de chaque côté du tube : mais lorsque j'ai voulu le faire, je n'ai pu décider généralement quelle étoit celle des hauteurs observées qui étoit correcte, c'est-à-dire, si je devois toûjours compter sur la plus grande ou sur la moindre hauteur; principalement quand il ne s'agissoit pas de comparer deux Baromètres, ce qui est le cas le plus ordinaire. Ensorte que cette méthode augmentant les difficultés & le travail, sans produire un avantage certain, j'ai cru devoir l'abandonner : je ne décide point cependant qu'elle soit absolument inutile.

Causes probables de cet effet.

Influence de cette inclinaison du mercure sur sa hauteur.

399. Outre ce que je viens d'exposer sur ce sujet, tiré des observations immédiates, on peut encore conjecturer, que puisqu'il y a des causes capables de tenir un des bords du mercure trop abaissé ou trop élevé relativement au point où le haut de la colonne s'arrêteroit horizontalement par le poids de l'Atmosphère si ces causes n'agissoient pas; il peut arriver aussi dans certains cas, que cette colonne s'arrête en tout trop haut ou trop bas rélativement au même point, dans quelque partie d'un tube qui a cependant en apparence toutes les conditions requises pour faire un bon Baromètre. C'est là sans doute la raison de ce que j'ai dit ci-dessus, que deux Baromètres qui sont d'accord pour l'ordinaire, peuvent quelquefois différer d'un seiziéme, & même d'un huitiéme de ligne; & que cette différence varie de manière, que celui qui étoit d'abord le plus haut, peut devenir le plus bas, quand la hauteur absoluë du mercure vient à changer.

Autre influence probable.

400. Il paroit de là, que la petite différence qui se trouve encore entre les Baromètres construits avec toutes les précautions que j'ai indiquées jusqu'à présent, peut être attribuée à

Les différences qui subsistent entre ces Bar. viennent sans doute des tubes.

celle qu'il y a presque toûjours entre les tubes; & que s'il étoit possible d'en avoir dont la matiére fût homogène, l'épaisseur égale, la surface également nette & polie partout, & le diamètre égal d'un bout à l'autre, on verroit disparoitre toutes ces petites inégalités.

Remarques sur les Baromètres destinés au transport.

Les Bar. qu'on observe fréquemment sur les Montagnes reprennent un peu d'air.

401. Les Baromètres conservent toûjours le degré d'uniformité dont je viens d'indiquer les limites, lorsqu'ils restent dans un même lieu; mais il n'en est pas de même quand on les porte fréquemment sur les montagnes, sans prendre quelques précautions. Car alors, comme il faut que le mercure remplisse le tube dans le transport, & qu'il s'abaisse plus ou moins suivant la hauteur où l'on observe; une partie de celui qui est contenu dans la grande branche, passant dans la petite pendant l'expérience, & retournant dans la grande pour le transport, il porte de proche en proche des particules d'air jusqu'au sommet. Cet inconvénient est bien plus grand encore dans les Baromètres à réservoir que dans ceux à branches uniformes; parce que le mercure étant plus balotté, il s'imprègne d'air plus aisément; & retournant dans le tube lorsqu'on l'incline, il y en introduit une plus grande quantité (*a*).

Il s'en élève aussi de l'intérieur du mercure dans le vuide.

402. Je dois rappeller aussi ce que j'ai dit précédemment (361), que dans un Baromètre qu'on vient de faire bouillir, le mercure reste suspendu au sommet du tube, & comme collé au verre; mais que cette adhésion n'a plus lieu lorsque le mercure s'est une fois détaché, à cause de l'air qui s'élève dans le vuide: Ainsi, plus le mercure descend, plus il s'élève d'air; & ces différences sont toûjours nuisibles à l'uniformité. C'est le cas des Baromètres qu'on porte sur les montagnes; le mercure s'y abaisse plus qu'à la plaine; & comme ils restent dans cet état pendant l'observation, l'air a le tems de s'échapper dans le haut, & ils perdent ainsi leur accord avec ceux qui n'ont pas

(*a*) L'introduction d'air dont je parle ici ne se fait pas par des balles visibles & telles qu'on puisse les appercevoir au sommet du tuyau lorsqu'on y ramène le mercure en inclinant le Baromètre: mais le mercure s'imprègne d'air, & le Baromètre se rapproche peu-à-peu de l'état où il étoit avant qu'on l'eut purgé d'air par le feu.

pas changé de place. C'eſt l'expérience qui m'a fait connoître les deux inconvéniens dont je viens de parler; mais heureuſement j'ai preſque toûjours eu ſoin de comparer mes deux Baromètres en partant & au retour; & je tenois compte de ces variations avant d'en ſoupçonner les cauſes. Lorſque je les découvris, elles avoient produit un quart de ligne d'abaiſſement dans mon Baromètre portatif: Je le rétablis dans ſon premier état, en faiſant rebouillir le mercure.

Précaution à prendre pour obvier à cet inconvénient.

403. Pour prévenir ce dérangement dans la ſuite, je pompai l'air de la petite branche, ſimplement avec ma bouche, & par ce moyen je fis abaiſſer le mercure dans la grande branche, juſqu'à ce qu'il fut réduit à 20 pouces audeſſus du niveau: Je le tins un moment dans cet état, & l'ayant laiſſé remonter, je le trouvai d'environ $\frac{1}{16}$ de ligne plus bas qu'auparavant. Je pris note de ſa différence avec celui auquel il devoit être comparé dans mes obſervations; & depuis lors, j'ai été fort attentif à ne faire deſcendre le mercure du ſommet de ce Baromètre, que fort lentement & ſeulement pour des expériences utiles: au moyen de ces précautions, il a conſervé juſqu'à préſent ſa correſpondance avec les autree.

Néceſſité d'un moyen pour contenir le mercure dans les Baromètres qu'on tranſporte.

404. Il réſulte de tout ce que j'ai dit précédemment, qu'on ne peut faire avec ſuccès les expériences rélatives à la meſure des hauteurs, ſans avoir un Baromètre bien conſtruit; & qu'en même tems il eſt très difficile de le conſerver dans cet état en le portant ſur les montagnes. La moindre inattention, le plus petit accident, peut donner paſſage à l'air pour entrer dans le tube, & même occaſionner la perte du Baromètre; car ſi le mercure frape au ſommet avec trop de force, il le rompt infailliblement: Il eſt donc néceſſaire d'employer quelque moyen pour le renfermer dans le tube lorſque le Baromètre n'eſt pas en expérience, & cela n'eſt pas aiſé: j'ai vû pluſieurs Baromètres dans leſquels on s'étoit propoſé ce but, ſans y parvenir convenablement. Il faut bien des précautions pour contenir un liquide auſſi actif que le mercure; & les effets de la chaleur augmentent encore la difficulté. On entreprendroit vainement de lui fermer toute iſſuë lorſqu'il ſe dilate; & même quand on en viendroit à bout, ce ſeroit aux dépens du tube qu'il romproit certainement. Il eſt vrai qu'on

Il ne faut pas trop gêner la dilatation produite par la chaleur.

qu'on peut sans risque, pour la conservation du Baromètre, laisser au mercure les moyens de s'échaper quand il se dilate; mais sa condensation est très nuisible, parce qu'en cet état il n'est pas gêné dans le tube; & les secousses de la marche lui prêtant des forces, il agit alors avec plus d'efficace pour sortir de sa prison. Ce qu'il y a de plus à craindre dans ce cas-là, c'est que l'air ne s'introduise pour occuper la place qu'abandonne le mercure condensé, & que par quelque mouvement, il ne parvienne au haut du tube. Or presque tous les Baromètres portatifs que j'ai vus, ont un réservoir qui contient plus ou moins de mercure, ce qui les met précisément dans le cas des Thermomètres; c'est-à-dire que la condensation qui se fait dans le réservoir, devient fort sensible dans le tube. J'eus le bonheur de soupçonner cet inconvénient dès que je pensai à me procurer un Baromètre portatif; je cherchai donc à contenir le mercure dans un simple tuyau, afin de diminuer autant qu'il étoit possible les effets de sa condensation: j'y suis parvenu de plusieurs maniéres, que je décrirai dans la suite.

Mais il faut empêcher qu'en se condensant il ne laisse entrer de l'air.

Le plus sûr est de contenir le mercure dans un simple tuyau.

De la position du Baromètre quand on observe; & de la manière d'observer.

Il faut un *à plomb* au Bar.

405. Il reste encore une chose à laquelle il me paroit qu'on n'a pas fait une attention suffisante, c'est la position du Baromètre quand on l'observe. Je conviens que s'il est dans une chambre, ou près d'un Batiment dont les murs & presque tout ce qui les accompagne ne présentent que des lignes horizontales & verticales; nôtre oeil accoutumé à juger du parallélisme & des angles droits, nous servira passablement sans aucun secours. Mais il n'en est pas de même en campagne; on ne trouve ordinairement pour placer son Baromètre que des rochers, des arbres, des terreins différemment inclinés; point de lignes verticales ni horizontales, pas même dans les cabanes; tout au contraire favorise l'illusion. Cependant, si le Baromètre est incliné, sa hauteur observée est trop grande; & j'ai souvent éprouvé, que cette différence peut être d'un quart de ligne, sans qu'on s'en apperçoive. Il faut donc

donc nécessairement que le Baromètre soit accompagné d'un *à plomb*, si l'on veut observer avec exactitude (*a*).

406. A cette précaution qu'on ne peut omettre sans s'exposer à des erreurs presque inévitables; il faut en ajouter une autre, pour prévenir les effets de la paresse, qui sollicite puissamment lorsqu'on est fatigué. Outre que le Baromètre doit être à plomb quand on l'observe; il faut encore qu'il soit très solide; pour qu'on puisse, en le frappant, exciter dans le tube des vibrations qui repoussent le mercure, & l'empêchent de se fixer ailleurs qu'au point où il doit se soutenir par le poids de l'atmosphère (*b*). Or comme on a peu de commodité dans les montagnes pour assujettir le Baromètre; la fatigue, & quelquefois même la nécessité, obligent à des observations défectueuses, si l'on n'a pas quelque moyen aisé d'y pourvoir. C'est ce que j'ai éprouvé dans le commencement de mes expériences, & qui m'a fait imaginer une machine dont je donnerai la description. (503 & *suiv.*).

On doit avoir quelque moyen commode de poser le Bar. à *plomb*.

407. Il faut nécessairement avoir l'œil à niveau de l'extrêmité de la colonne de mercure lorsqu'on observe; pour éviter une parallaxe, qui feroit rapporter cette extrêmité trop haut ou trop bas sur l'Echelle. On y parvient aisément en faisant attention

Il faut avoir l'œil à niveau du mercure lorsqu'on observe.

(*a*) On pensera peut-être qu'il est aisé de suppléer au défaut *d'àplomb*, en prenant la moindre hauteur qu'on observe, lorsqu'on cherche à situer le Baromètre verticalement. C'est le moyen qu'employa M. *le Monnier* dans ses observations sur les montagnes *d'Auvergne* (MERID. VERIF. *observations d'histoire naturelle* pag. CIXXIIj.) Mais cette méthode est sujette à des inconvéniens presque inévitables. L'adhésion du mercure au tube, ne lui permet pas de se mouvoir avec assez de liberté, pour qu'il se conforme exactement aux différentes inclinaisons du Baromètre, sans être aidé par des secousses; & ces secousses ne servent à rien, si le Baromètre n'est pas fixé solidement (406). Ainsi, pour chercher la moindre hauteur du mercure, il faut fixer solidement le Baromètre à chaque fois qu'on change sa position; ce qui produit un tatonnement long & ennuieux. Et de plus, comme l'inclinaison du Baromètre peut se faire en tout sens; on peut, sans s'en apperceivoir, l'incliner en avant ou en arrière, tandis qu'on cherche à le ramener à la perpendiculaire de droite à gauche ou dans le sens opposé; & réciproquement: ce qui empêche de s'assurer qu'on a trouvé la *moindre hauteur*. On sera moins sûr encore lorsqu'on employera des Baromètres à bouteilles: car par un effet de la forme de cette espèce de reservoir qui contient le mercure, sa moindre hauteur dans le tube n'est pas dans la position verticale; mais à un certain degré d'inclinaison, d'autant plus grand, que le cone qui fait la base de ces Bouteilles est plus obtus.

(*b*) Il faut commencer à frapper le tube assez fortement pour ébranler le mercure, & continuer pendant quelques secondes; mais en affoiblissant les coups, afin que la diminution de pression du mercure, occasionnée par son mouvement horizontal dans les premières secousses, puisse cesser avant qu'il se fixe totalement.

Moyen aisé d'y parvenir.

tention à l'image de l'Echelle réfléchie par le tube : car de toutes les lignes réfléchies, il n'y en a qu'une qui paroisse horizontale ; c'est celle qui est à niveau de l'œil. Et comme toutes ces lignes réfléchies deviennent successivement horizontales à mesure que l'œil change de position ; il est aisé de l'élever ou de l'abaisser jusqu'à ce que la ligne à laquelle on rapporte le haut de la colonne de mercure, paroisse horizontale.

Conclusion de ce Chapitre.

J'ai eu pour but dans ce Chapitre d'indiquer clairement les moyens par lesquels je suis parvenu à connoître *la vraie hauteur de la colonne de mercure, d'une température donnée, qui fait équilibre avec le poids de l'atmosphère chaque fois qu'on observe le Baromètre.* C'étoit le seul moyen de rendre comparables les observations faites en divers lieux ; & d'en tirer ainsi les avantages que la Physique en attend depuis l'invention du Baromètre, sans les avoir encore recueillis.

Cette considération même n'est pas la seule qui exige l'uniformité des Baromètres : on verra dans la suite, que pour mesurer les hauteurs avec exactitude par le moyen de cet instrument ; il ne suffit pas d'avoir en deux stations différemment élevées, des observations simultanées faites avec des Baromètres semblables ; mais qu'il faut encore que ces Baromètres soyent semblables à un Baromètre donné, qui aura servi à déterminer les coëfficiens des formules par lesquelles on devra calculer les différences de hauteur du mercure.

Il étoit donc important de ne rien négliger dans la détermination de tout ce qui concerne le Baromètre ; afin qu'on pût le construire semblablement partout, & l'observer avec les mêmes précautions.

CHA-

CHAPITRE SECOND.

Du Thermomètre.

AVERTISSEMENT.

J'Avois d'abord composé ce Chapitre dans un plan abrégé, & uniquement rélatif à mes expériences sur le Baromètre. Il étoit lié avec les autres Chapitres par la suite des numeros; *& par des* renvois. *Quelques doutes sur certaines expériences que j'avois recueillies dans les ouvrages de divers Physiciens; de nouvelles vuës; & surtout les conseils de* M.M. de la Condamine & de la Lande, *m'ayant engagé à étudier le Thermomètre avec plus d'attention; j'entrepris des recherches & des expériences, qui m'ont conduit bien plus loin que je ne l'avois prévû.*

Ce Chapitre ayant acquis ainsi beaucoup plus d'étenduë; les numeros *qu'il renfermoit originairement, ont été en trop petit nombre pour qu'on pût trouver aisément les matières indiquées par les* renvois, *ou par la* Table. *Si j'avois rapproché les* numeros, *en les mettant en plus grand nombre dans ce Chapitre; il auroit fallu les changer dans tout le reste de l'ouvrage: ce qui eût été fort pénible, à cause des* renvois, *& de la* Table des matières *déja faite. Je me suis donc déterminé à conserver le même nombre de* numeros *primitifs; mais en les subdivisant. Par exemple: le* N°. 408, *le premier de ce Chapitre, est divisé en trois parties, distinguées par les lettres* a, b, c, *ajoutées à ce* numero. *Il en est de même des suivans dans tout ce Chapitre.*

D'autres additions moins considérables, faites ça & là, pendant le long tems que cet ouvrage est resté sur le métier; ont produit entre quelques numeros *une distance plus grande qu'elle n'étoit originairement. Je n'avois pas d'abord songé à l'expédient des subdivisions.*

408 *a.* PUisqu'il faut nécessairement avoir égard aux effets de la chaleur sur le Baromètre, pour que cet instrument nous indique le poids de l'air d'une manière uni- **Le Therm. fait une partie essentielle du Barom.**

uniforme; le Thermomètre en devient une partie essentielle; & doit l'accompagner dans toutes les observations dont on veut tirer quelque usage.

Il est encore nécessaire à un autre égard dans les exp. sur le poids & sur la densité de l'air.

408 *b*. Mais quoique cette fonction du Thermomètre dans les expériences sur le poids & sur la densité de l'air, soit assez importante pour m'obliger à traiter de sa construction, comme de celle du Baromètre même; on verra dans la suite que le prémier de ces instrumens remplit dans ces expériences une fonction plus importante encore : en un mot, que sans des Thermomètres exactement comparables, il faudroit renoncer à la mesure des hauteurs par le Baromètre.

Il l'est aussi à la mesure des *réfractions*, intimément liée à ces expér.

408 *c*. Je dirai encore ici par anticipation; que les principes d'où découle cette manière de mesurer les hauteurs, sont immédiatement applicables à la théorie des *réfractions*; qui importe si fort à la partie la plus universellement utile des observations astronomiques, celle qui consiste à prendre les hauteurs des astres; & que par conséquent un Thermomètre exact, est d'une très grande importance dans l'Astronomie.

Il est utile à bien d'autres égards assez connus.

Je n'indique ces usages particuliers du Thermomètre, que parce qu'ils sont rélatifs à mon objet principal. L'utilité de cet instrument est trop bien connuë, pour que je doive m'étendre sur cette matière; qui d'ailleurs a été supérieurement traitée dans les *Leç. de Phys. expérim.* de M. *l'Abbé Nollet* (*a*).

J'ai étudié cet instrument avec le même soin que le Baromètre, & je ne l'ai pas trouvé plus parfait. C'est ce que je vais montrer dans ce Chapitre.

Réfléxions sur l'état actuel du Thermomètre.

Le Therm. est encore très imparfait.

409 *a*. Je n'entreprends pas l'histoire générale du Thermomètre dès son origine; on la trouve dans les ouvrages de divers Physiciens (*b*). Il me suffira dans mon but d'en rapporter les

(*a*) Troisf. Edit. Tom. IV, pag. 384 & suiv.

(*b*) (*Dissertations sur la chaleur* de M. *Martine*, imprimées à Paris chez *Jean Thomas Herissant* en 1751 en un petit volume in-12.) Je me contenterai de raporter une note de cet Auteur, qui montre l'embarras où il s'est trouvé, lorsqu'il a voulu remonter à l'origine du Thermomètre. » Cette invention, dit-il *pag.* 2, » est attribuée à *Drebbel* par ses compatriotes, (Boerhave *Chym.* Tom. I. pag. 152-» 156 & Musschenbroeck *Tentam. experim.* » *Acad. del cimento* addit. pag. 8; *Essay* » *de*

les principales époques, lors que j'examinerai les diverses questions rélatives à cet instrument. Mais il est une conséquence générale de cette histoire, que je dois présenter ici. C'est que l'invention du Therm., belle en elle-même, perfectionnée par les plus grands Physiciens, est encore très éloignée de nous procurer les avantages qu'on avoit droit d'en attendre.

Erreurs qui sont résultées de la diversité des constructions.

409 *b*. Tous ceux qui ont approfondi cette matière auront remarqué, qu'un grand nombre d'observations se trouvent inutiles, par la différence des Thermomètres, & par leurs défauts. M. M. *Martine* (*a*) & *Micheli du Crest* (*b*) sont parvenus à expliquer diverses observations de chaleur, & à rectifier nos idées sur d'autres, en déterminant quelques points correspondans sur les Thermomètres qui avoient été employés dans ces observations. Mais quelque ingénieuses que soyent leurs recherches; les résultats ne sont que de foibles probabilités: & le seul avantage qu'on remporte de la lecture de ces ouvrages; c'est de se défier d'un grand nombre d'observations, sur l'exactitude desquelles on ne formoit aucun doute.

Il ne sera vraiment utile, que lorsqu'on sera convenu d'une seule construction.

409 *c*. Il reste donc un pas très important à faire dans la construction du Thermomètre; pas difficile, parce qu'il exige la réunion des idées: c'est de choisir la meilleure construction; de l'admettre généralement; & d'abandonner totalement les autres. C'est vers ce but que j'ai principalement dirigé mes recherches. Je me propose aujourd'hui de présenter aux Physiciens des réfléxions & de nouvelles expériences, qui contri-

» *de Phis.* §. 946). Fulgenzio (*vie du* » *père Paul*, pag. 158) en fait honneur » à son maître le père Paul Sarpi, ce grand » Oracle de la Rép. de Venise. Il est vrai » qu'on avoit alors la manie d'attribuer à » cet homme célèbre presque toutes les » découvertes curieuses de son siècle. Vincenzio Viviani (vie de *Galilée* pag. 67) » parle de *Galilée* comme inventeur des » Thermomètres: mais on sait jusqu'à quel » point il portoit la vénération pour la » mémoire de son illustre Maître (Voyez » *l'histoire de l'ac. des sc.* 1703 pag. 169, » 175, 176, 180). Ce n'est qu'après » leur mort qu'on a attribué à ces savans » la gloire de cette invention: Mais *Sanctorius* (*Comm. in Galen Art. Med.* p. » 736, 842; *Comm. in Avicenn. Can. Fen.* » 1 p. 22, 78, 219) s'en déclare lui-même l'inventeur. *Borelli* (*de mot. animal.* » 11 prop. 175). & *Malpighi* (*oper. posth.* » p. 30) s'attribuent aussi chacun le mérite » de cette découverte. Et les Académiciens de Florence ne doivent pas être » soupçonnés de partialité en faveur d'un » savant de l'Ecole de Padoue »

On peut voir aussi une histoire abrégée du Thermomètre dans les *Leçons de phys. exp.* de M. *l'Abbé Nollet*, 3me. éd. Tom. IV, pag. 386.

(*a*) *Dissertations sur la chaleur*, citées ci-dessus, pag. 48 à 64.

(*b*) *Recueil de pièces sur les Therm. & Bar. par l'Auteur d'un Therm. universel* Bâle 1757, en 74 pag. 4°. pag. 29 à 42.

contribueront peut-être, à leur prouver la nécessité d'une construction unique; & à les déterminer dans le choix.

De la matière du Thermomètre.

La dilatation des Fluides a toûjours été regardée comme la meilleure mesure de la chaleur.

410 *a.* L'augmentation de volume des corps par l'augmentation de la chaleur, est le moyen général, & peut-être unique, de mesurer les effets de cette cause: & les fluides ont toûjours été préférés aux solides; tant parce que la chaleur produit sur eux de plus grands effets; que parce qu'on peut rendre l'augmentation de leur volume plus sensible, en les contraignant à s'étendre dans des canaux étroits.

Mais les Fluides ont des *marches* différentes par les variations de la chaleur.

410 *b.* Mais les fluides n'ont pas tous une même *marche* (*a*) dans leurs dilatations; les mêmes augmentations successives de *chaleur* qui produisent dans certains fluides des dilatations égales, dans l'esprit-de-vin par exemple; produisent en d'autres fluides des dilatations qui peuvent aller beaucoup en croissant, comme dans l'eau, ou en décroissant, comme dans le mercure & les huiles végétales.

Nécessité d'une convention sur la *matière* du Therm.

410 *c.* Cette considération indique d'abord la nécessité d'une prémière convention entre les Physiciens: car il n'y a point encore de *matière* fixe du Thermomètre. Sans parler de ceux qui, dans les prémiers tems, furent construits d'esprit-de-vin ou d'air; NEWTON le fit en 1701 *d'huile de lin*: AMONTONS le fit *d'air* en 1702, & d'*esprit-de-vin* en 1703: FAHRENHEIT y employa le *mercure* en 1724; & DE REAUMUR *l'esprit-de-vin* en 1730. DE LISLE revint au *mercure* en 1733; & MICHELI DU CREST à *l'esprit-de-vin* en 1740. Tous ces Thermomètres ont servi ou servent encore aux observations. Comment donc peut-on s'entendre? Je le répéte; il faut choisir. Mais il faut quelque principe dans ce choix.

Prin-

(*a*) Pour la facilité de l'expression dans cette matière, où la disette de mots consacrés, oblige à recourir à des périphrases; j'employerai le mot *marche* pour exprimer la suite des dilatations d'un corps quelconque, correspondante à une suite d'augmentations de chaleur; ou la suite des condensations de l'un, correspondante à une suite de diminutions de l'autre. Par *chaleur* j'entends le *feu*, ou une cause, dont un des effets est la dilatation des corps. C'est cet effet que je me propose de comparer avec sa cause principale la *chaleur*. Quelquefois j'employerai par commodité des expressions abrégées, qui, sans être rigoureusement exactes, ne seront pas équivoques dans les places où je m'en servirai: j'exprimerai par exemple par le mot *température* l'état des corps, quant à la chaleur seulement.

Principe fondamental dans la construction du Thermomètre.

411 *a*. Si l'on pouvoit démontrer d'un fluide, qu'il mesure des variations égales de chaleur, par des variations dans son volume égales entr'elles; ce fluide devroit certainement être préféré à tout autre pour le Thermomètre; parce qu'il nous indiqueroit des quantités progressives d'augmentation ou de diminution de chaleur, égales entr'elles; & conséquemment des rapports vrais entre ces quantités. Quant à la quantité absoluë de la chaleur; elle nous sera vraisemblement toûjours inconnuë. De quelque point qu'on parte pour servir de base au prémier échelon; ce point aura une quantité de chaleur qu'on ne pourra estimer: car nous ne connoissons dans la nature aucun corps dépourvu de toute chaleur, auquel nous puissions appliquer le Thermomètre, pour déterminer la base de son échelle. Il faut donc nous contenter de chercher à connoître des quantités de chaleur ajoutées à une quantité fixe. C'est à quoi nous serviroit un fluide qui auroit la propriété dont je viens de parler. Mais ce fluide même n'est pas encore connu; quoiqu'on ait imaginé plusieurs moyens de le connoître (*a*): & peut-être sommes nous réduits à chercher

Un Fluide dont les dilat. égales correspondroient à des augm. de chaleur égales entr'elles; fourniroit le meilleur Therm. possible.

Mais un tel Fluide est inconnu.

(*a*) On trouve dans les *Mémoires de Math. & de Phys redigés à l'Observatoire de Marseille* (Avignon 1766, 4°, p. 36,) un Mémoire qui a pour titre, *Nouvelles vuës pour la perfection du Thermomètre*. L'Auteur propose de déterminer des quantités égales de chaleur, par le moyen de méches égales qui échaufferoient un vase cylindrique plein d'eau, où l'on auroit plongé un Thermomètre. La chaleur transmise à l'eau par 1, 2, 3. &c. méches, seroit indiquée par les points où s'éléveroit la liqueur du Thermomètre. On verroit, en employant des Thermomètres de différentes liqueurs, s'il en est une dont les dilatations soient proportionnelles aux augmentations de la chaleur, que l'Auteur suppose proportionnelles au nombre des méches. Et si l'on n'en trouvoit point de telles, on graduroit du moins par cette méthode, des Thermomètres qui, par des degrés inégaux mais déterminés, mesureroient des quantités égales de chaleur, ajoutées à une chaleur déterminée.

C'est là un moyen entre plusieurs autres qui ont été imaginés pour parvenir à ce même but. M. *Le Sage* m'a communiqué il y plus de dix ans, l'idée de mêler des quantités connuës d'eau de différentes températures, connuës aussi; en employant des précautions nécessaires pour communiquer à un même Thermomètre, qui seroit plongé successivement dans différens mélanges, la quantité de chaleur qui devroit en résulter. Il apelloit *équi-différentiel* le Thermomètre qui devoit être gradué par cette méthode; parce qu'il auroit indiqué, non les quantités totales de la chaleur; mais des quantités égales entr'elles, ajoutées à un degré de chaleur déterminé.

Quoique ce moyen soit encore sujet à bien des difficultés physiques; il mérite certainement d'être tenté, dès que M. *Le Sage* aura détaillé son plan d'expériences sur cet objet: Il me paroît beaucoup préférable à celui des *méches*. Je ne vois pas qu'on puisse obtenir 1°. Que les méches soient toûjours absolument égales dans toutes leurs parties correspondantes. 2°. Que l'huile y monte

On est peut-être réduit à chercher celui qui en aproche le plus.

Le *mercure* a probablement cette qualité.

cher celui qui en approche d'avantage; & qui par cette raison doit être employé; s'il a d'ailleurs toutes les autres qualités requises. J'ai des raisons de croire que ce fluide est le *Mercure*; je vais les exposer.

Considérations sur la marche *de divers liquides. Raisons de croire que le* mercure *est le liquide dont les dilatations ou condensations approchent le plus d'être proportionnelles aux augmentations ou diminutions de la* chaleur.

Propositions fondamentales.

412 *a.* J'examinerai d'abord les liquides; & je me propose de prouver ces deux propositions fondamentales:

1. *Que les condensations des liquides dont le volume augmente lorsqu'ils se gèlent, ne sont pas proportionnelles aux diminutions de la chaleur.*

2. *Que les dilatations des liquides que la chaleur vaporise aisément, ne sont pas proportionnelles aux augmentations de la chaleur.*

Le mercure n'éprouvant point d'accroissement dans son volume lorsqu'il se gèle; & résistant à l'évaporation plus que tous les autres liquides employées au Thermomètre; les preuves de ces deux propositions serviront en même tems à établir cette troisième:

Le mercure est de tous les liquides employés au Thermomètre, celui dont les variations dans son volume, approchent le plus d'être proportionnelles aux variations correspondantes de la chaleur.

La dilat. de l'eau, qui précède sa congél. en est une première preuve.

Les circonstances qui accompagnent la congélation des liquides; *considérées quant aux conséquences qui doivent en résulter pour leur* marche *antécédente.*

412 *b.* L'eau perd sa fluidité par une diminution de chaleur que nous supportons aisément: & l'expérience prouve; qu'avant

monte & s'y enflamme toûjours également. 3°. Que leur position rélativement à l'eau du vase soit telle, qu'elles lui communiquent toutes, la même quantité de chaleur. 4°. Que les pertes que cette eau fera continuellement de sa chaleur, en la communiquant à l'air ambiant; soient toujours proportionnelles à la quantité des méches. Je ne sçai pas même si, lorsqu'on auroit obtenu ces conditions (toutes nécessaires) la chaleur de l'eau seroit toûjours proportionnelle à la quantité des méches; si des émanations concourantes ne se nuisent point, ou ne se favorisent point, selon les angles qu'elles forment entr'elles. Il me paroît donc fort incertain que le succès répondît à l'ingénieuse idée de l'Auteur.

M. *De Buffon* a tenté de semblables expériences par le moyen de son miroir ardent; composé d'un grand nombre de réflexions égales, dont il pouvoit diminuer le nombre à volonté. (*Mém. de l'Ac. des sc.* pour 1748); mais j'en ignore le succès.

qu'avant de se convertir en glace, son volume cesse d'abord de diminuer; & qu'il augmente ensuite; bien que la diminution de la chaleur soit manifeste par de nouveaux degrés de condensation en d'autres liquides. C'est un fait assez connu; & attesté par M. *de Mairan* dans son excellente *dissertation sur la glace* (*a*).

412 *c*. Ce n'est pas seulement près de la congélation que la résistance de l'eau à se condenser commence à paroitre: car en comparant ses condensations successives, depuis le point où elle est le plus dilatée sans être réduite en vapeur; avec celles de l'esprit-de-vin échauffé au même degré; on voit, que si les condensations de l'esprit-de-vin sont mesurées par des degrés égaux, les condensations correspondantes de l'eau vont en décroissant, d'abord insensiblement, puis par une progression très rapide; jusqu'à-ce qu'après avoir été un instant nulles, elles se changent en de vrayes dilatations, quoique l'eau soit encore fluide. Ce Phénomène apperçu par M. *Du Crest* (*b*), & que j'ai suivi avec soin, prouve incontestablement; que des condensations

Les condens. de l'eau vont en décroissant, comparat. à des condens. égales de l'esp. de v.

(*a*) *In-12. Paris 1749. pag.* 123. » Pour » vous convaincre », dit M. *de Mairan*, » de la réalité de ce phénomène, prenez » une bouteille de verre à long col assez » étroit, remplissez la d'eau médiocrement » froide jusques vers le milieu de ce col, » *faites y une marque vis-à-vis de la sur-* » face de l'eau, & exposez le tout à la » gelée. Vous verrez l'eau descendre peu » à peu au dessous, jusqu'à 3. ou 4. lignes, » jusqu'à un pouce ou plusieurs pouces, se- » lon que la bouteille est plus grande & » que son col est plus étroit, plus ou moins » vite, *selon que la gelée est plus ou* » moins forte. Bientôt après, la surface de » l'eau s'y arrêtera & demeurera statio- » naire pendant quelques momens; après » quoi elle remontera peu à peu jusqu'à la » marque, & passera enfin au delà, plus » ou moins par rapport à la descente, se- » lon que le degré de froid où elle étoit au » commencement, se trouvoit plus ou moins » supérieur à celui de la congélation dont » elle approche dans cet instant. »

(*b*) Page 52. de l'ouvrage déja cité. M. *du Crest* parle en cet endroit d'un Thermomètre d'eau dont il a comparé les condensations avec celles du Thermomètre d'esprit-de-vin, & il dit avoir trouvé, » que depuis le terme de l'eau bouillante, » qui étoient à 100 *degrés* à l'un & à » l'autre, jusqu'au 60e *degrés* (en descen- » dant) la condensation s'exécutoit avec » la même marche (sensiblement sans dou- » te). Ensuite cette marche du Thermo- » mètre d'eau varioit en se condensant un » peu moins jusqu'au 50e degré; & de- » puis là toujours de moins en moins jus- » qu'au zéro (qui est le *tempéré*) .... » *Enfin jusqu'au terme de la glace, qui est* » — 10$\frac{3}{5}$, le Thermomètre en fournissoit » deux à peine, & avec une extrême len- » teur à y parvenir. Après cela le froid » augmentant, ... il renfloit plus le vo- » lume de l'eau, qu'il ne s'étoit condensé » auparavant pendant le cours de près de » 20. *degrés* » *J'ai répété cette expérience*, avec toutes les précautions nécessaires pour connoitre la vraie correspondance des marches de ces deux liqueurs; je l'indiquerai dans la suite (417 *m*).

tions égales de l'eau, n'indiquent pas des diminutions égales de la chaleur: puisque ce liquide cesse de se condenser, & se dilate même, tandis que la chaleur continuë à diminuer.

La cause de la dilat. de *l'eau* prête à se geler, agit dès ses prémières condens.

412 *d*. Si j'ai pris ici l'esprit-de-vin pour terme de comparaison; ce n'est pas que ses condensations soient proportionnelles aux diminutions de la chaleur; on verra le contraire dans la suite. Mais comme il continuë à se condenser par la diminution de la chaleur, tandis que l'eau se dilate; ses condensations approchent plus que celles de l'eau, d'être proportionnelles aux diminutions de la chaleur. Et puisque les condensations de l'eau suivent une marche décroissante, comparativement à des condensations successivement égales de l'esprit-de-vin; on doit en conclure, que la cause qui change enfin les condensations de l'eau en dilatations, tandis que la chaleur continuë à diminuer, agit dès le prénier moment; & qu'en général, ses condensations ne sont pas proportionnelles aux diminutions de la chaleur.

L'esp. de v. affoibli se gèle plus difficilem. que *l'eau*; & ses condensations successives se conservent plus grandes.

412 *e*. L'esprit-de-vin affoibli par l'évaporation d'une partie de son huile inflammable, ou par le mélange d'une certaine quantité d'eau, conserve plus longtems sa fluidité que l'eau pure: il peut se geler cependant; & comme l'eau, il se dilate lorsqu'il est prêt à se geler (*a*). Mais sa résistance totale à la condensation étant plus tardive; ses condensations suivent une marche moins décroissante que celles de l'eau, par les mêmes diminutions de la chaleur. (*b*)

Celles de *l'esp. de v.* rectifié se conservent plus

412 *f*. Enfin, l'esprit-de-vin assez rectifié pour enflammer la poudre ne se gêle peut-être par aucun *froid* connu (*c*): & en

(*a*) Les Thermomètres de M. *de Réaumur* étoient faits d'esprit-de-vin rectifié, mêlé seulement d'$\frac{1}{5}$ d'eau (4428). Celui qui fut porté au cercle polaire par MM. les Académiciens de Paris qui allèrent y mesurer un arc du méridien, est une preuve de ce que je dis dans le texte de l'esprit-de-vin affoibli. Voici ce qu'on trouve dans le *Journal* de M. l'Abbé *Outhier*, *Amst.* 1746. *pag.* 223: » Le Thermomètre de mercure » a été le Dimanche matin (6. Janv. 1737) » à 33 (au dessous de 0).... Le soir du » même jour, ce Thermomètre étoit à 37, » pendant que celui d'esprit-de-vin n'étoit » qu'à 29; & ce dernier étoit gelé le Lundi matin, & *avoit remonté* à la température des caves de l'observatoire. M. de Maupertuis l'a porté en cet état dans sa chambre; dans le premier instant qu'il a dégelé, il a beaucoup descendu, & ensuite il a remonté à la température de la chambre. «.

(*b*) C'est ce qu'indique encore une expérience de M. *du Crest* (pag. 23. de l'ouvrage cité ci-devant) que j'ai répétée & dont je donnerai le résultat dans la suite.

(*c*) Voyez l'expérience faite à *Petersbourg* par M. *Braun*, que je rapporte ci-après.

en même tems ses condensations suivent une marche croissante, comparativement à celles de l'esprit-de-vin affoibli. Mais elles vont beaucoup en décroissant, comparativement à des condensations du mercure égales entr'elles. Or l'on sait que l'esprit-de-vin qui n'est rectifié que par la distillation, contient encore beaucoup d'eau ou de flegme; car il est moins spiritueux que *l'éther*, qui lui-même contient encore du flegme. Ainsi la *marche* de tout esprit-de-vin est affectée de celle de l'eau; dont les condensations sont si éloignées d'être proportionnelles aux diminutions de la chaleur.

grandes encore; & il se gèle très difficilement.

Cependant elles vont en diminuant compar. à celles du *mercure*.

412 *g*. En rassemblant tous ces faits, & en généralisant, comme l'analogie semble le permettre; on peut en tirer les conséquences suivantes: 1°. Que le volume d'un liquide aqueux augmente quand ce liquide se convertit en glace. 2°. Que même avant cette conversion, son volume commence à augmenter, ou qu'au moins il cesse de diminuer. 3°. Que sa tendance à augmenter en volume se fait appercevoir dès ses prémières condensations, par les diminutions qu'elles éprouvent, comparativement à celles d'un liquide de même genre qui ne se gèle que par une plus grande diminution de chaleur. 4°. Que plus il faut de diminution de chaleur pour qu'un liquide cesse de se condenser; ou ce qui revient au même, moins la cause de la cessation de condensation, retarde chaque degré de condensation d'un liquide; plus aussi ses condensations approchent d'être proportionnelles aux diminutions graduelles de chaleur qui les produisent (*a*).

Conséquences qui découlent de ces phénomènes, rélativement aux liquides aqueux.

412 *h*. Il paroît encore naturel de conclure de ces propositions générales; qu'un liquide aqueux, obéit dans ses condensations à deux causes, dont les effets sont opposés: l'une est la diminution de la chaleur; dont l'effet distinct est la condensation du liquide: l'autre est celle, quelle qu'elle soit, qui, lorsque le liquide est prêt à s'endurcir, augmente sensiblement son volume

Un liquide aqueux obéit dans ses conden. à deux causes: dont l'une les produit, & l'autre les diminue.

(*a*) Ce que je dirai des *condensations* comparées aux *diminutions* de la chaleur, devra toujours s'entendre réciproquement des *dilatations* comparées à ses *accroissemens*. On ne pourroit exprimer l'inverse de chacune de ces propositions ou de leurs corrollaires, sans tomber dans des longueurs ennuïeuses & inutiles. Je parlerai d'ailleurs des *dilatations* lorsque j'examinerai l'effet du plus ou du moins de chaleur qu'un fluide peut supporter.

me; dont les effets se font appercevoir par la diminution de ceux de la prémière cause, dès l'instant où le liquide commence à se condenser.

Cette hypoth. se concilie avec toutes celles qu'on a imaginées sur la cause de l'augm. de vol. de l'eau qui se gêle.

413 *a*. Cette supposition de l'action continuelle de la cause qui augmente le volume de la glace, pouvant paroître étrange; je m'arrêterai un moment à prouver sa possibilité. Il me suffira pour cet effet de montrer, que les principales hypothèses qu'on a imaginées pour expliquer l'augmentation de volume de l'eau qui est prette à se geler; expliquent aussi cette continuité d'action.

Elle est d'accord avec l'hyp. de M. l'*Abbé Nollet*; que le volume de l'air qui se rassemble, s'ajoute à celui de l'eau.

413 *b*. Je commencerai par l'hypothèse de M. l'*Abbé Nollet*. Cet habile Physicien suppose (*a*) que lorsque l'eau est fluide, l'air qu'elle renferme » en occupant les pores, c'est-à-» dire des places vuides ou comme telles, n'en augmente » point le volume; mais que sitôt qu'il se met en globules » sensibles, il interrompt la continuité de la masse & la rend » plus grande «. Dans cette hypothèse, qui, très vraisemblablement, explique du moins une partie de l'effet; on voit bien, que l'air peut commencer à se rassembler en globules imperceptibles, dès que ses particules commencent à se rapprocher.

Elle l'est aussi avec les hyp. de M. *de Mairan*.

L'augm. de vol. de l'air rassemblé.

413 *c*. La même chose peut avoir lieu dans la principale des hypothèse de M. *de Mairan*. Ce célèbre Académicien indique trois causes de l'augmentation de volume de la glace (*b*); 1°. La réunion des particules d'air disséminées dans l'eau; qui se rassemblent à mesure que les particules intégrantes de ce liquide se rapprochent; & qui acquierrent ainsi une plus grande force expansive, tant par leur moindre surface à raison de leur solidité, que par la moindre courbure de cette surface produite par l'augmentation du diamètre des bulles. 2°. Le déplacement des parties intégrantes de l'eau, occasionné par la sortie ou par le déplacement de l'air mêlé avec elles. 3°. Un autre dérangement des parties intégrantes de l'eau, produit par la manière dont elles cherchent à se groupper, en vertu d'une tendance à s'incliner les unes vers les autres sous un

Le déplacem. des parties de l'eau par la sortie de l'air & par la tendance de ces parties à s'incliner les unes aux autres sous certain angle.

(*a*) *Leçons de Physique expérimentales*, 3e Edit. Tom. IV. pag. 102.

(*b*) *Dissertation sur la glace*; Paris 1749. pag. 126. & s.

un angle de 60. degrés ou de 120. degrés qui est son suplement.

413 *d*. Ces causes n'étant point opposées, peuvent toutes concourrir au même effet : mais la prémière surtout me semble très puissante : Elle paroît d'abord semblable à celle qu'indique M. l'*Abbé Nollet* ; cependant elles diffèrent en ceci ; que dans cette dernière le volume de l'air ne change point : il est simplement ajouté à celui de la liqueur, lorsque l'air, sortant de ses pores devenus trop étroits pour le contenir ; se rassemble en globules. Ce seroit là une cause suffisante, si le volume total de l'eau & de l'air cessoit simplement de diminuer : mais il augmente : & dans l'hypothèse de M. *de Mairan* on en voit la raison : c'est que le volume de l'air, pris séparément, doit augmenter par la réunion de ses particules ; ce qui produit l'augmentation du volume total.

Différence de la prém. de ces hyp. avec celle de M. *l'Abbé Nollet*.

La cause assignée par M. *de Mairan* paroît très probable.

413 *e*. Cette hypothèse peut acquerir un très haut degré de probabilité, par une nouvelle manière de concevoir la cause de l'élastilité, dont M. *Le Sage* est l'inventeur (288). Notre amitié, & l'avantage que la physique retireroit de ses découvertes, me font désirer vivement que sa santé lui permette enfin de donner au Public un ouvrage auquel il travaille depuis longtems. Mais indépendamment des explications que peut fournir sa Théorie sur l'augmentation de force que reçoit une même quantité d'air, quand ses particules (auparavant séparées & renfermées dans des espaces fort petits) viennent à se réunir & à occuper plus de place ; voici une preuve de cette proprieté de l'air, tirée de l'expérience.

M. *Le Sage* expliquera par une nouv. Théor. de l'Elasticité, comment celle de l'air augm. quand il sort d'un espace fort étroit.

413 *f*. Lors qu'on scèle un Thermomètre d'eau, d'huile, d'esprit-de-vin ou de quelqu'autre liqueur semblable, pendant que la liqueur, dilatée par la chaleur, occupe tout le tube ; la partie du tube qu'elle abandonne en se condensant, reste d'abord vuide d'air. Le premier effet qui en résulte ordinairement, quant au volume de la liqueur ; c'est que l'air renfermé dans ses interstices, qui n'est plus comprimé par le poids de l'Atmosphère, occupant un peu plus de place, soulève sa colonne. C'est ce qu'on reconnoit en rompant le bout du tube : car dans l'instant où l'air extérieur y rentre, on voit la liqueur s'abaisser, plus ou moins, suivant sa nature & les circonstances.

Preuve tirée de l'expérience. Quand on décharge du poids de l'air la liqueur d'un Therm. son vol. augm. d'abord un peu.

Cet abaissement n'excéde pas ordinairement $\frac{1}{2}$. degré du Thermomètre de M. *de Réaumur*.

Il s'y forme ensuite des bulles d'air, dont quelques-unes s'arrêtent à la naissance du tube.

413 *g*. Ce prémier effort de l'air renfermé dans la liqueur, ouvrant des issuës entre ses particules, il s'en dégage peu à peu & il en sort quelquefois sans qu'on l'apperçoive. Mais comme il ne peut pas toûjours enfiler le tube librement; il se rassemble souvent en bulles assez grosses dans la boule. Tant que le diamètre des bulles est beaucoup plus petit que celui du tube, elles montent au travers de la liqueur: mais si le diamètre du tube n'excède pas $\frac{3}{4}$ de ligne; il arrive le plus souvent, qu'une bulle d'air reste engagée à la naissance du tube; & qu'alors le volume de la liqueur est augmenté de tout celui de la bulle.

Et le vol. de la liqueur est augmenté.

Aplic. de cette expérienc. à l'augm. de vol. de l'eau qui se gèle.

413 *h*. Ce dernier cas nous fournit un exemple de ce qui arrive dans l'eau qui se gèle. Une cause quelconque y rassemble en bulles les particules d'air dispersées: par cela seul leur force élastique augmente. Elles agissent donc plus fortement pour dilater la liqueur: de là l'augmentation de son volume; ou du moins la plus grande partie de cette augmentation. Quand ces bulles peuvent se dégager d'entre les lames de la glace; elle sortent de l'eau sous un volume visible. Mais il en reste toûjours plus au moins entre ces lames, qui traversent l'eau en tout sens. Voila pourquoi la glace formée par un froid subit & violent, qui produit d'abord une multitude de lames, contient toujours une plus grande quantité de bulles d'air, que celle qui se forme lentement par un froid qui suffit à peine pour geler l'eau. Les prémières bulles d'air retenuës dans la glace, fournissent des issues aux particules de ce fluide engagées dans la liqueur: ces particules s'y portent de proche en proche; & leur force élastique augmentant, soit parce qu'elles se meuvent dans un espace plus grand, soit parce quelles agissent avec plus d'avantage; chacune des bulles primitives acquiert enfin assez de force pour écarter la liqueur, & pour rompre la glace, & souvent même les vases qui la contiennent.

De petites bulles d'air invisibles, contri-

413 *i*. Il est vraisemblable aussi, qu'une grande quantité de globules d'air, trop petits pour être visibles, même à la loupe; con-

contribuë à augmenter le volume de la glace, ſans la rendre opaque. Si l'on fait geler de l'eau dans un verre; la croute qui ſe forme d'abord ſe crevaſſe de tems en tems avec bruit: & à chaque fois, on voit paroître une multitude de bulles d'air qui s'engagent dans les lames de la glace. Ces bulles, juſques-là imperceptibles, quoique compoſées de particules dont l'élaſticité étoit déja fort accruë par leur réunion; aidées dans leur effort par celui des bulles déja viſibles; ont rompu la glace, & ſont dévenuës viſibles par l'augmentation de leur volume. A chacun de ces pétillemens de la glace, ſon volume augmente; elle ſe ſoulève, & ſa ſurface devient convexe.

buent à l'effort que fait l'eau pour ſe dilater quand elle ſe gèle.

413 *k*. Les Thermomètres dont j'ai parlé, peuvent encore fournir une preuve de cette explication. La prémière bulle d'air qui s'engage dans quelque partie de la liqueur, devient le réceptacle de l'air qui ſe dégage peu à peu. Chaque particule qui entre dans cet eſpace, acquiert un nouveau degré de force élaſtique; & contribuë ainſi à ſoulever la liqueur. Cet effet n'eſt pas équivoque; puiſque le volume de la liqueur & de l'air pris enſemble, augmente de 20, 30 & même juſqu'à 150 degrés de l'Echelle de M. *de Réaumur*; j'ai vû cet excès dans un Thermomètre d'huile d'olive.

Preuve tirée de l'augm. des bulles d'air dans les Therm.

413 *l*. Dès que les particules d'air commencent à ſe raſſembler dans une liqueur; quelle que ſoit la cauſe qui les raſſemble; le volume de cette liqueur augmente, bien avant qu'il y ait des bulles viſibles. Entr'autre obſervation, je l'ai remarqué dans ce Thermomètre d'huile. Sa colonne ayant été ſoulevée preſque juſqu'au haut du tube, par l'air qui s'étoit élevé de la boule; je la fis redeſcendre, & je réglai le Thermomètre à l'eau bouillante & à la glace. Un mois après, remarquant quelque irrégularité dans ſes indications; je le remis dans la glace; & je fus bien ſurpris de voir qu'il s'y tenoit un degré plus haut qu'il ne l'avoit été dans la prémière expérience. Le lendemain encore je trouvai la même différence. J'examinai attentivement & en tout ſens la boule & le tube; & n'appercevant aucune bulle d'air; je crus que le fil qui devoit marquer le point de la glace ſur le tube, étoit dérangé. Sept ou huit jours après je vis une bulle d'air engagée à l'orifice de

Nouvelle preuve tirée d'un Therm. d'huile.

de la boule, qui avoit soulevé la liqueur de plus d'un degré. Je ne doutai point alors qu'il n'y eût eu une augmentation réelle dans le volume de l'huile, produite par l'air qui continuoit à se dégager des interstices de la liqueur; mais qui, jusqu'à la formation de la bulle, sortoit imperceptiblement, sans se rassembler au point de devenir visible. Cette bulle augmenta pendant huit jours; & parvint à occuper un espace de 15 degrés. Impatient de voir si le volume de l'huile s'étoit rétabli dans son prémier état par la sortie de cet air; je fis redescendre la colonne d'huile, avant que l'air fût totalement sorti: & ayant mis le Thermomètre à la glace, il s'arrêta trois quarts de degré au dessous du point où je l'avois trouvé dans les dernières expériences; c'est-à-dire à $\frac{1}{4}$ de degré seulement au dessus de celui où il s'étoit tenu dans la prémière.

Continuation de la même expérience.

413 *m*. Longtems après cette troisième épreuve, je mis mon Thermomètre dans un mélange de glace & de sel marin. L'huile se retira totalement dans la boule, & s'y figea. Je parlerai dans la suite de cette expérience. Quand l'eau salée se réchauffa; l'huile remontant dans le tube, laissa une petite bulle d'air à l'entrée de la boule: je l'y laissai dans l'intention de voir si elle n'augmenteroit point. Le lendemain je la trouvai fort allongée; chaque jour elle prit de nouveaux accroissemens; de sorte qu'au bout d'un mois, elle occupoit 25 degrés dans le tube. Je fis encore redescendre la colonne suspenduë, avant qu'elle eût cessé de s'élever. Je mis le Thermomètre à la glace; & au lieu de s'être rapproché de son point primitif; il s'en étoit écarté de nouveau: le volume de l'huile étoit de $\frac{3}{4}$ de degré plus grand que dans la prémière expérience. J'ai observé à peu près les mêmes phénomènes dans un autre Thermomètre fait de même liqueur.

Ainsi dès que l'air commence à occuper de plus grands espaces dans un liquide, il tend à en augmenter le volume.

413 *n*. Les observations que je viens de rapporter font voir, indépendamment de la théorie, que quand les particules d'air disséminées dans un liquide viennent à se rassembler, par quelque cause que ce soit; elles acquierrent plus de force pour écarter les particules du liquide; & que cet effet peut être produit, longtems avant que les petits amas d'air deviennent visibles, & avant même qu'ils soyent capables de se frayer des routes à travers la liqueur.

413 *o*. On ne peut pas attribuer le même effet à la tendance supposée par M. *de Mairan* dans les particules de l'eau, à s'incliner les uns aux autres sous un certain angle: cette cause ne peut agir sensiblement qu'au moment de la congélation; c'est-à-dire lorsque les particules étant très rapprochées, s'attirent avec force. Mais la troisième cause qu'il a imaginée, peut produire cet effet. Car si *l'air en se dégageant des interstices de l'eau, occasionne un dérangement dans les parties intégrantes de ce liquide, qui tende à augmenter son volume*; ce dérangement peut avoir lieu, dès qu'il se fait une différente combinaison de l'eau & de l'air: c'est-à-dire, dès que le degré de chaleur qui tient le liquide dilaté autant qu'il peut l'être, commence à diminuer.

Les autres causes suppos. par M. *de Mairan* examinées sous ce point de vuë.

413 *p*. En général; puisque les condensations des liquides aqueux cessent par degré; deviennent nulles; & se convertissent enfin en dilatations; tandis que par d'autres indices, & à nos sens mêmes, la chaleur diminuë de plus en plus: il est très probable, que la cause qui produit finalement ces dilatations, influë dès les prémières diminutions de la chaleur: & qu'elle rend ainsi décroissante la marche des condensations de ces liquides, quoique les diminutions de la chaleur soyent égales entr'elles.

En général, la *marche* de l'eau montre, que la cause de l'augm. de son vol. quand elle se gèle, peut faire obstacle à sa condens. dès les prém. dimin. de la chaleur.

413 *q*. Voici un image sensible de cette complication de deux causes qui se surmontent l'une après l'autre, quoique toujours agissantes. Qu'on prenne un tube de verre de trois à quatre pieds de longueur & de demi ligne de diamètre; à l'un des bouts duquel on ait fait souffler une petite boule: que tenant ce tube dans la situation verticale, le bout ouvert tourné vers le haut, on y introduise une petite colonne de mercure; de manière qu'occupant d'abord toute la largeur du tube, elle reste suspenduë par l'air renfermé. Qu'on verse alors du mercure dans ce tube en filets fort minces. On verra que son poids, ajouté successivement à la colonne primitive, la fera descendre pendant quelque tems. Cette colonne s'abaissera ainsi quant à sa position; quoiqu'elle s'allonge réellement. Elle obéira donc à deux causes: savoir, à l'addition d'une nouvelle quantité de mercure; qui tendra à élever sa partie supérieure: & à l'augmentation de poids; qui tendra à la faire descendre, & qui sera victorieuse au commen-

Exemple de deux causes opposées qui se surmontent l'une après l'autre.

mencement de l'expérience, parce que l'air renfermé se comprimera encore aisément. Quand la condensation de l'air sera parvenuë à un certain point; l'extrémité supérieure de la colonne paroîtra un moment stationnaire: les effets des deux causes se compenseront alors. Enfin l'addition du mercure l'emportant sur la compressibilité de l'air renfermé; l'allongement de la colonne ne se fera, sensiblement, que vers le haut.

Applic. aux Therm. faits de liquides aqueux.

413 *r.* Il me paroît que cette expérience représente si bien les condensations des *liquides aqueux*; suivies de dilatations, quoique la diminution de la chaleur continuë; qu'elle rend très-sensible mon idée sur la raison de ce changement; savoir, que ces liquides obéïssent à deux causes opposées dans leurs effets. Ainsi, quoiqu'on ne puisse pas affirmer, que si les diminutions successives de la chaleur, qui sont une de ces causes, agissoient seules dans ces liquides; leurs condensations seroient exactement proportionnelles à ces diminutions: du moins paroit-il démontré, qu'elles en approcheroient beaucoup plus, sans l'opposition de la cause qui les dilate *enfin* lorsqu'ils sont prêts à se geler. Moins donc la cause qui tend à produire cet effet extrême dans les *liquides aqueux*, agit dans chaque degré de *réfroidissement*; plus leurs condensations doivent approcher d'être proportionnelles aux diminution de la chaleur.

Telle fut la conséquence que je tirai des réfléxions que je viens d'exposer. Mais je ne crus pas devoir l'admettre définitivement, sans de nouvelles recherches.

Nouv. expér. faites sur des liqueurs différemment spiritueuses.

414 *a.* Mes prémières expériences directes, ne furent qu'une répétition de celles qui avoient donné lieu à mes conjectures sur la *marche* des *liquides aqueux*: j'y apportai seulement plus de soin & de méthode. Je fis un Thermomètre d'eau pure; j'en fis un d'esprit-de-vin qui bruloit la poudre; & plusieurs autres de différens mélanges de ces deux liquides. Plus la quantité de l'esprit-de-vin étoit grande, rélativement à celle de l'eau; & par conséquent moins le composé étoit susceptible de se geler: moins aussi ses condensations alloient en décroissant, comparativement à des condensations toûjours égales du mercure.

Moins la liqueur étoit susceptible de geler, moins ses condens. successives alloient en diminuant.

414 *b.* Ces nouvelles expériences augmentoient certainement

ment la probabilité de mon ſyſtême. Cependant on pouvoit objecter; qu'il s'agiſſoit moins là d'un changement dans *l'eau* même, que d'un mélange de deux liqueurs, *l'eau* & *l'eſprit-de-vin*, dont les condenſations devoient ſuivre une *marche* compoſée de celle de chacune de ces liqueurs priſes ſéparément; ſans que cette *marche* moyenne eût de liaiſon avec la propriété qu'acquéroit le mélange, de ſe geler plus aiſément que l'eſprit-de-vin, & plus difficilement que l'eau. Cette objection n'étoit pas ſans réponſe directe (426 *k*); mais je préférai une autre épreuve qui n'y donnoit pas lieu. Object. contre cette ſorte d'expér.

414 *c*. Le *ſel marin* rend *l'eau* ſuſceptible de ſupporter une grande diminution de chaleur ſans ſe geler. En partant de mon hypothèſe, je jugeai que les condenſations d'une *eau* dans laquelle on auroit fait diſſoudre du *ſel marin*, ſuivroient un marche croiſſante; comparativement à celles de *l'eau douce*. Je commençai donc par chercher quelle diminution de chaleur l'eau ſalée pouvoit ſupporter ſans ſe geler. Expér. plus directe, en ajoutant du *ſel marin* à *l'eau* pour retarder ſa congélation.

414 *d*. Je pris de *l'eau ſaturée de ſel marin*, je la mis dans un petit vaſe de fer blanc; & celui-ci dans un plus grand, que je remplis de glace mêlée de ſel marin. Un Thermomètre de mercure plongé dans l'eau ſalée du petit vaſe deſcendit à 15 degrés au deſſous de *zéro*, & cette eau ne ſe gela point. Je vis par cette prémière expérience, que *l'eau ſaturée de ſel marin* reſte fluide à — 15 du Thermomètre de mercure. Mais je remarquai bientôt que cette propriété s'étend bien plus loin: car puiſqu'il n'y a point de réfroidiſſement dans un mélange de ſel & de glace, ſans liquéfaction; que même c'eſt proprement la liqueur produite par le mélange qui ſe réfroidit; il s'enſuit que *l'eau ſaturée de ſel marin* ſoutient ſans ſe geler la plus grande diminution de chaleur qu'on puiſſe occaſionner par le mélange de ce ſel avec la glace. Or M. *de Réaumur* a pouſſé cette diminution juſqu'à — 22 de ſon Thermomètre, en employant de la glace & du ſel très réfroidis (*a*). Exp. ſur le degré de *froid* que l'eau ſaturée de ſel marin peut ſupporter ſans ſe geler. Elle ſoutient ſans ſe geler le plus grand *froid* qu'on puiſſe produire par le mélange du ſel & de la glace.

414 *e*. Le ſel marin ayant tant d'éfficacité pour empêcher l'eau de ſe geler, j'en inférai ſuivant mon hypothèſe; qu'il chan- Conſéquence tirée de cette proprieté.

(*a*) Mém. de l'Ac. des Sc. 1734, in-12, page. 254.

changeroit beaucoup la *marche* de l'eau dans ses condensations : c'est-à-dire, que les condensations de l'eau salée, suivroient une marche beaucoup moins *décroissante*, que celles de l'eau naturelle.

Confirmée par l'expérience.

Therm. d'eau *saturée de sel marin*. Ses condensations successives vont moins en dimin. que celles de l'*esp. de v.*

414 *f*. J'eus le plaisir de voir que l'expérience appuya mon raisonnement. Je fis un Thermomètre *d'eau saturée de sel marin*, teinte avec du *tournesol*; & je trouvai; que ses condensations suivoient une marche *croissante*, non seulement par comparaison à celle de l'eau douce, mais rélativement à celles de l'esprit-de-vin le plus réctifié. On verra dans la suite, un tableau de la correspondance des *marches* de ces Thermomètres.

Tentative pour empêcher celles de l'*esp. de v.* de diminuer, en le *sallant*.

Elle a peu de succès, parce que l'*esp. de v.* dissout peu de *sel*.

414 *g*. Cette influence du sel marin sur les condensations de l'eau, me fit soupçonner; que si l'on pouvoit saler le *flegme* de *l'esprit-de-vin*, on rapprocheroit beaucoup sa *marche*, de celle du mercure. J'essayai de le faire, mais je trouvai que l'esprit-de-vin ne dissout que très peu de sel. Cependant la petite quantité dont il se chargea, produisit sur lui l'effet que j'avois attendu; les condensations de cet *esprit-de-vin salé* suivirent une marche *croissante*, comparativement à celles de l'esprit-de-vin naturel.

Conséq. des exp. précéd. Les *liquides aqueux*, ne se condens. pas proport. à la dimin. de la chal.

414 *h*. Ces expériences sur des *liquides aqueux*, montroient donc assez clairement deux choses; la prémière, que nous ne pouvons attendre de cette espèce de liquides, une mesure des variations de la chaleur, qui soit proportionnelle à ces variations : la seconde, que leur défaut commun est de se condenser successivement moins, qu'ils ne se condenseroient si la diminution de la chaleur agissoit seule dans le changement de leur volume. Mais avant d'admettre ces propositions comme démontrées, je voulus encore les vérifier par des expériences faites sur une autre espèce de liquide.

Expér. sur l'*huile d'olive*, qui se condense en se figeant.

Suivant l'hyp. ses condens. doivent être moins décroissantes que celles des liquid. qui se dilat. en se gelant.

414 *i*. *L'huile d'olive* se fige dans une certaine température; mais le volume des parties figées n'augmente pas; il diminuë au contraire; & les parties qui les prémières ont perdu leur liquidité, vont au fond du vase. J'en inférai, suivant mon hypothèse; que les condensations de cette huile devoient suivre une marche *croissante*, comparativement à celles de l'esprit-de-vin le plus rectifié.

414 *k*.

414 *k*. Pour vérifier cette conjecture, je fis deux Thermomètre d'*huile d'olive*, colorée avec de l'orcanette. Après les avoir purgés d'air, je les mis dans la glace par une température extérieure d'environ + 16 : ils descendirent & se tinrent plusieurs heures au même point. L'huile qu'ils contenoient n'étoit pas figée, non plus que de la même huile renfermée dans une petite bouteille, & plongée avec ces Thermomètres dans la glace. Je marquai avec un fil sur leur tube le point où ils s'étoient arrêtés ; & je divisai en 80 parties, l'espace compris entre ce point & celui de l'eau bouillante ; comme je l'avois fait sur tous mes autres Thermomètres. Thermomètres faits d'huile d'olive.

414 *l*. Le prémier usage que je fis de ces Thermomètres d'*huile d'olive*, fut de les comparer aux Thermomètres d'esprit-de-vin & de mercure ; & je trouvai que leur condensations suivoient une marche très *croissante* rélativement à *celles* de *l'esprit-de-vin*, & très peu *décroissante* rélativement à celles du *mercure*. C'étoit là l'observation la plus importante que j'eusse à faire ; elle confirma mon systême au point de ne me laisser aucun doute. Mais les observations suivantes méritent quelque attention. Les condens. de l'*huile d'ol.* vont moins en décroissant que celles de l'esp. de v.

414 *m*. L'huile de mes Thermomètres, plongés dans la glace, ne s'étant pas figée ; je voulus savoir l'effet qu'y produiroit la congélation artificielle. Je les mis donc, avec une petite fiole de la même huile & un Thermomètre de mercure, dans un mélange de glace & de sel marin, qui fit descendre ce dernier Thermomètre à — 14. Les Therm. d'*huile d'ol.* mis dans de la glace mêlée de sel.

414 *n*. (J'avertis ici que toutes les fois que je parle de *degrés* d'un Thermomètre, sans autre explication ; ces *degrés* sont toujours des 80mes. de l'espace compris entre les points qui marquent la température de *la glace qui fond*, & celle de *l'eau bouillante* ; & que le *zéro* est à *la glace qui fond*). Définition des *degrés* dont il sera parlé dans ces expér.

414 *o*. Les Thermomètres d'*huile d'olive* s'étant abaissés à peu-près au même degré que le Thermomètre de mercure ; je ne doutai point que l'*huile* ne fût figée par cette diminution de chaleur, fort supérieure à celle qui produit cet effet ordinairement. Cependant pour m'en assurer, je retirai mes Thermomètres de la glace, & je vis que l'huile conservoit toute sa transparence ; ce qui me parut indiquer qu'elle n'étoit pas L'*huile* des Therm. ne se figea pas dans cette prémière exp.

figée. Craignant pourtant d'être trompé par cette apparence; je rompis la boule d'un de mes Thermomètres; & ayant reçu l'huile dans un vase, je vis qu'elle avoit toute sa liquidité; tandis que l'huile de la petite fiole étoit entiérement figée. Je laissai dans le mélange de sel & de glace le Thermomètre qui me restoit; & lorsque ce mélange se réchauffa, le Thermomètre d'huile remonta à peu près semblablement à celui de mercure.

La privation d'air y contribua probablement.

414 *p*. Je ne m'arrêterai pas à détailler diverses expériences que je fis, dans le dessein de découvrir pourquoi l'huile de mes Thermomètres ne s'étoit pas figée; je dirai seulement que la privation d'air y contribua probablement. Car l'huile du Thermomètre rompu, se figea par une moindre diminution de chaleur, après qu'elle eut repris de l'air. Je crus cependant que par un *froid* plus grand que celui de la prémière expérience, l'huile du Thermomètre se figeroit aussi; ce qui m'engagea à la réitérer.

Repét. de la même exp. dans un plus grand vase.

414 *q*. Je pris pour cette seconde expérience un vase plus grand que pour la prémière: il contenoit 4 livres de glace pilée & 2 livres de sel marin. Quand la glace fut à demi fonduë, je mis dans ce vase le Thermomètre d'*huile* qui me restoit & un Thermomètre de mercure. L'huile demeura liquide, quoiqu'à 14 degrés au dessous de *zéro*: le Thermomètre de mercure étoit à peu près au même degré. La quantité de glace & de sel étant plus grande que dans la prémière expérience; le mélange se réchaufa plus lentement. Le Thermomètre de mercure remonta peu à peu jusqu'à — 8; l'autre remonta aussi, mais il resta toûjours plus bas que le prémier.

Le Therm. d'*huile d'olive* après être remonté, redescendit beaucoup, quoique la chaleur allât en augm.

A ce point je remarquai que tandis que le Thermomètre de mercure continuoit à monter, le Thermomètre d'*huile* restoit fixe. Cette singularité attira mon attention, & je fus bien plus étonné de le voir recommencer à descendre & continuer jusqu'à — 12: le Thermomètre de mercure étoit encore remonté de 3 degrés. Dans ce moment l'*huile* étoit figée; on le connoissoit à ce qu'elle avoit perdu sa transparence. L'*huile* resta immobile pendant que le mercure parcourut encore un degré: elle commença alors à remonter; & quand le Thermomètre de mercure fut parvenu à *zéro*, le Thermomètre d'*huile* étoit à — 6 ½. Quand le premier fut à + 5 le Thermomètre

d'*huile*,

d'*huile*, dont la dilatation s'étoit accélérée, se trouva à + 4 ½. Enfin quand le Thermomètre de mercure fut à + 10, Thermomètre d'*huile* se trouva à + 9½; qui est le point que j'ai trouvé correspondre constamment au 10me. degré du Thermomètre de mercure.

414 *r*. La bizarrerie de cette marche me fit craindre qu'elle ne dépendît de quelque circonstance particulière, qui auroit fait diminuer la chaleur autour du Thermomètre d'*huile*, tandis qu'elle augmentoit dans les autres parties du vase; & je n'osai attribuer à l'*huile* ce phénomène singulier, sans une nouvelle expérience. Je mêlai cette foi la glace & le sel autour de mes Thermomètres sans attendre pour les y plonger que la glace fût en partie fonduë. Je l'avois attendu dans mes prémières expériences, parce que je craignois que mes Thermomètres ne se rompissent, pendant la congélation subite & momentanée de l'eau qui environne la glace quand elle fond; & qui restant douce un moment, se gèle & lie très fortement les morceaux de glace.

La même exper. réitérée une seconde fois avec un plus grand *froid* artificiel.

414 *s*. Ce changement dans l'expérience, que mes Thermomètres subirent sans accident, les fit descendre beaucoup plus bas qu'il n'étoient encore descendus. Le Thermomètre de mercure baissa jusqu'à — 17, & le Thermomètre d'*huile* jusqu'à — 20; cependant l'huile ne paroissoit point figée. Ces Thermomètres restèrent pendant demi-heure au même point, puis ils remontèrent ensemble l'espace de 3 degrés. Alors l'*huile* s'arrêta: peu de tems après elle recommença à descendre, & dépassa de plusieurs degrés le point d'où elle étoit remontée. Pendant cette seconde descente, l'*huile* se figea & perdit sa transparence: elle étoit totalement retirée dans la boule.

L'huile d'ol. s'abaisse encore plus dans la seconde descente.

414 *t*. Le Thermomètre d'*huile* resta dans cet extrême abaissement pendant plus d'une heure; quoique le Thermomètre de mercure eût continué de remonter. Au bout de ce tems l'*huile* commença à se fondre & à s'élever dans le tube. Le Thermomètre de mercure n'avoit plus que 4 degrés à parcourrir pour arriver à *zéro*. Cependant l'*huile* ne tarda pas à l'atteindre: quand elle fut à *zéro*, le mercure n'avoit plus que deux degrés d'avance. Je cessai alors d'observer, parce que

Elle resta plus d'une heure dans son extrême abaissement; puis elle remonta.

que je n'attendois plus rien d'intéressant, & que l'opération duroit déjà depuis plus de cinq heures.

Conjecture sur cette *marche* singulière de l'*huile d'ol.*

414 *u.* Il paroît naturel de conclure de cette marche de l'*huile d'olive*; qu'il faut non-seulement un certain degré, mais encore une certaine durée de *froid* pour la figer (*a*); & qu'au moment où elle se fige; qu'elle que soit sa température; ses parties intégrantes se replient les unes sur les autres, & occupent subitement moins de place. Ainsi, tant que l'*huile d'olive* est liquide; la diminution de la chaleur y produit une condensation régulière; ses particules se rapprochent sans changer d'arrangement. Mais quand elle se fige, cet arrangement change tout-à-coup; une certaine quantité de particules voisines se replient les unes sur les autres; & cette *huile* se convertit peu à peu en flocons, qui tombent au fond de la portion encore liquide. Cette partie liquide se dilate, lorsque la chaleur augmente; & sa dilatation surpassant pendant quelque tems l'effet du rapprochement des parties qui se figent; le volume total augmente. Mais quand la *granulation* devient générale, par la durée d'une température propre à la produire; le volume total diminuë, quoique la chaleur aille en augmentant. Voilà ce que semblent indiquer les phénomènes: mais quoiqu'il en soit, c'est une marche bien singulière, & qui mérite d'être approfondie.

Prém. conséq. tirée de ces exp. en faveur de l'hyp. principale.

414 *x.* J'ai commencé quelques expériences dans ce dessein, qui ne sont plus de mon sujet: il me suffit d'avoir montré par celles qui précédent; *que dans un liquide qui continuë à se condenser quoiqu'il cesse d'être liquide, les condensations successives*

(*a*) Après le grand *froid* de Janvier & Février 1767 pendant lequel mon Thermomètre d'*huile* avoit offert à diverses fois dans l'air libre le même phénomène que je viens de d'écrire, la chaleur extérieure étant revenue à +4 & l'*huile* étant totalement dégelée, je mis ce Thermomètre dans la glace. Il descendit à *zéro* dans moins d'un quart d'heure, & il y resta fixé pendant deux jours. Le troisième jour il commença à descendre; la glace se fondoit continuellement, & j'avois soin de la renouveller. Au bout de six jours ce Thermomètre étoit à —9; je le sortis un moment de la glace & j'y vis beaucoup de molécules figées. Il descendit encore d'un degré pendant les deux jours suivans; mais la nuit d'après, la chaleur ayant beaucoup augmenté dans ma chambre, la glace se fondit totalement, l'*huile* se dégela & remonta au dessus de *zéro*. Cette prémière expérience me conduisit à d'autres fort curieuses, mais qui n'ont pas assez de rapport à mon sujet pour que je doive en faire mention ici.

successives suivent une marche croissante, comparativement à celles des liquides aqueux, dont le volume augmente quand ils perdent leur liquidité: & que parconséquent les condensations d'un tel liquide approchent plus, que celles des liquides aqueux, d'être proportionnelles aux diminutions de chaleur qui les produisent.

414 *y*. Ces expériences sur l'*huile d'olive*, donnent lieu encore à une remarque importante: c'est que les liquides, lorsqu'ils sont près de perdre leur liquidité, peuvent nous tromper, autant par des condensations irrégulièrement croissantes, que par des dilatations. Si leur particules, parvenuës à un certain degré de rapprochement, s'attirent par une de leurs faces plus que par les autres; il peut en résulter tout à coup un nouvel arrangement, qui leur fasse occuper moins d'espace. Je présume que c'est ce qui arrive dans l'*huile d'olive*: on voit du moins qu'au moment où elle se gèle, il s'y forme de petits flocons, qui paroissent affecter une figure régulière, & qui diffèrent en grosseur suivant les espèces d'huiles d'olives: celle qu'on nomme *huile de Provence*, les forme beaucoup plus gros que l'*huile de Nice*. La même attraction subite peut arriver en d'autres liquides, lorsqu'ils approchent de l'endurcissement. C'est donc un point essentiel à examiner, que ce qui arrive en ce moment au liquide qu'on veut choisir pour le Thermomètre. Seconde conséquence.

414 *z*. En rassemblant les conséquences de tout ce que j'ai exposé jusqu'ici; voici les proprietés que nous devons chercher d'abord dans le liquide du Thermomètre. 1°. & essentiellement, *Qu'il ne se dilate pas quand il se gèle*: afin que sa *marche* antérieure ne soit pas altérée par la cause qui produit enfin cette dilatation irrégulière. 2°. *Qu'il se gèle fort tard*: soit pour qu'il nous donne une mesure plus étenduë des diminutions de la chaleur; soit afin que dans les observations les plus fréquentes & parconséquent les plus utiles, il soit d'autant plus éloigné de ce point, où les causes d'irrégularité deviennent plus sensibles. 3°. *Que*, s'il est possible, *ses condensations restent régulière jusqu'à sa congélation*; de peur qu'il ne nous trompe lorsqu'il en approche. Prémières proprietés que doit avoir le *liquide* destiné au Thermomètre.

Remarques sur les expériences de M. Braun, *rélatives à la* congélation *du* mercure.

Le *mercure* annonce ces propriétés. Cependant il est susceptible de *congélation*.

415 *a*. Après avoir découvert ces prémières qualités qui rendent un liquide propre à mesurer la chaleur ; les regards du Physicien se fixent naturellement sur le *mercure*. Il est vrai cependant qu'il se gèle dans une température à laquelle d'autres liquides semblent résister : mais ces liquides, dont je parlerai bientôt, sont soumis aux effets de plusieurs causes, nuisibles à une mesure exacte de la chaleur.

C'est à M. *Braun* que nous devons cette découverte.

415 *b*. C'est M. *Braun*, de l'Académie de *Pétersbourg*, qui le prémier a gelé le mercure. Il fit cette expérience intéressante au mois de Déc. 1759 : les nouvelles publiques l'annoncèrent dans le tems ; & M. *Braun* en a donné lui-même tous les détails, en deux mémoires insérés dans le Tome XI des *Nouv. Comment.* de l'Ac. de Pétersbourg, qui renferme ceux de l'année 1765 (*a*). Voici les circonstances qui ont rapport à la matière que je traite.

1e. Expér. où le *mercure* est gelé en partie.

415 *c*. Le 25e. *Xbre* la température de l'air étant à — 199 du Thermomètre de *Delisle* (*b*), M. *Braun* mit un de ces Thermomètres dans un mélange de neige & d'eau-forte. Ce Thermomètre descendit à 530 ; & le mercure qu'il contenoit fut gelé en plus grande partie : il n'en restoit de liquide qu'au centre de la boule. La partie gelée avoit la consistence du plomb. Elle resta 12 minutes à reprendre sa fluidité dans l'air libre.

2e. Expér. où une plus grande partie du *mercure* est gelée.

415 *d*. Le lendemain, la température de l'air étant à 212 ; M. *Braun* répéta l'expérience, en faisant passer successivement le Thermomètre dans plusieurs *verres* pleins du même mélange :

(*a*) Le titre du prémier Mémoire de M. *Braun* est : *De admirando frigore artificiali, quo mercurius seu hydrargirus est congelatus.* Il est suivi d'un autre Mémoire en forme de *supplément*.

(*b*) Dans le vrai Thermomètre de *Delisle*, le *zéro* est placé à *l'eau bouillante* ; & les degrés, marqués en descendant, sont des 10000*mes*. parties du volume du mercure à cette temperature ( ). Mais j'ai appris par M. M. *Mallet* & *Pictet*, à leur retour du voyage qu'ils ont fait au Nord de la Russie pour y observer le passage de Venus ; que l'on a abandonné la construction prescrite par l'auteur de ce Thermomètre ; & que ceux que M. *Braun* a emploiés dans ses expériences, ainsi que tous ceux qu'on fait aujourd'hui en *Russie* ; quoique qu'appellés toujours Thermomètres de *Delisle*, sont simplement divisés en 150 parties entre *l'eau bouillante* & la *congélation* ; & que leur échelle se prolonge au dessous de ce dernier point, en continuant à compter les degrés depuis *zéro* qui est aussi à *l'eau bouillante*.

ge: c'eſt-à-dire, qu'avant que le Thermomètre eût repris la chaleur qu'il avoit perduë dans le premier mélange, il en faiſoit un ſecond où il le plongeoit; & ainſi de ſuite (*pag.* 279): & par cette accumulation de pertes de chaleur, le Thermomètre deſcendit à 650. Il y reſta moins de mercure liquide.

415 *e.* M. *Braun* a remarqué qu'on ne peut opérer quelque congélation dans le mercure, à un degré de *froid* extérieur moindre de 175 (*pag.* 303.). (Ce degré du Thermomètre de *Delisle* correſpond à — 13 $\frac{1}{3}$ du Thermomètre de mercure diviſé en 80 parties entre les températures de *la glace qui fond* & de *l'eau bouillante.*) A ce degré, dit-il, on peut produire, en mêlant de l'eau-forte avec de la neige, quelques lames très minces de mercure gelé contre les parois de la boule: mais on n'a de vraie congélation que par un *froid* naturel de 185 (— 18 $\frac{2}{3}$). Détermination du degré de *froid* naturel par lequel on peut geler le *mercure.*

415 *f.* Il n'a jamais vû la moindre apparence de congélation dans ſes Thermomètres, avant qu'ils fuſſent abaiſſés au deſſous de 465 (p. 286.). Mais il n'a pû déterminer que par conjecture la quantité dont le mercure eſt condenſé lorſqu'il ſe gèle. Remarq. ſur le moindre abaiſſement du Therm. par lequel le *mercure* ſe gèle.

415 *g.* Le plus ſouvent le Thermomètre arrivoit à ſon plus grand abaiſſement par une *chute ſubite*, qui ſe faiſoit depuis un point très indéterminé; depuis 350, 400, 500. Quelquefois il deſcendoit régulièrement juſqu'à 550, & s'y arrêtoit (*pag.* 310); & même juſqu'à 600 (*pag.* 279 & 314). La deſcente du mercure reſtoit toûjours plus longtems régulière, lorſque la partie inférieure du tube étoit garnie de cire; ce qui garantiſſoit la petite colonne de mercure de l'action du mélange *frigorifique*, & empêchoit qu'elle ne ſe gelât (*pag.* 309 & 313). C'eſt avec cette précaution que le mercure eſt deſcendu régulièrement juſqu'à 550 & 600. *Chute ſubite* du *mercure* dans quelques unes de ces expériences.

415 *h.* Dans les prémières expériences, les *boules* des Thermomètres ſe trouvoient toûjours *fenduës* lorſque le mercure étoit gelé. Quelquefois même il s'en détachoit des piéces: alors le mercure s'abaiſſoit extraordinairement; il eſt deſcendu juſqu'à 800, & même une fois juſqu'à 1500. Dans cette dernière expérience, la boule fut entiérement briſée, & la *Rupture* des *boules* au moment de ces *chutes ſubites.*

petite sphère de mercure gelé se sépara du Thermomètre (*pag.* 277). La descente précipitée du mercure, & la fracture des boules, paroissoient simultanées (*pag.* 311).

Précaution emploiée par M. *Braun* pour éviter cet accident.

415 *i.* Pour éviter ces accidens, M. *Braun* emploia des Thermomètres dont la boule n'avoit qu'1½ *lig.* de diamètre; & il garnit de cire la partie inférieure du tube. Ils descendirent à 630 & 640; le *froid* naturel étant à 190; & le mercure étoit presqu'entiérement gelé (*pag.* 313).

Therm. d'*huiles essentielles* & d'esp. de vin plongés dans la *matière frigorifique.*

415 *k.* M. *Braun* plongea aussi dans la matière qui geloit le mercure, des Thermomètres faits d'*huiles essentielles* de *Sassafras*, de *Camomille* & de *Serpollet*, & un Termomètre *d'esprit-de-vin* très-rectifié: ils étoient tous gradués comme les Thermomètres de mercure. Ils descendirent, le 1er. à 260, le 2e. à 270, le 3me. à 280 (*pag.* 317), le 4me. à 300 (*pag.* 316); & ne se gelèrent point.

Remarques sur la *rupture* des *boules.*

415 *l.* La prémière circonstance des expériences de M. *Braun* que j'examinerai; c'est la *rupture* des *boules* de ses prémiers Thermomètres. Ce phénomène semble, au premier coup d'œil, indiquer une dilatation du mercure au moment où il se gèle. Cependant, jamais M. *Braun* n'a vû ces Thermomètres, remonter du point où ils étoient descendus avant la congélation du mercure: ce qui seroit arrivé surement, si ces *fractures* venoient de la dilatation du mercure prêt à se geler.

1e. preuve qu'elle n'étoit pas produite par la dilatation du mercure.

2e. preuve.

415 *m.* Mais nous avons une démonstration du contraire; dans ces petits Thermomètres que M. *Braun* emploia pour obvier à la *rupture* des *boules*. Le mercure s'y gela plus complettement que dans les autres Thermomètres; leurs boules ne se rompirent point; & cependant le mercure y descendit régulièrement, jusqu'à ce qu'il fut arrêté par sa congélation. C'est là une preuve évidente, que *le mercure ne se dilate pas quand il se gèle.*

Causes probables de ces *ruptures.*

415 *n.* Les boules des prémiers Thermomètres peuvent s'être rompuës par deux causes. Ou parce que le mercure gelé se condensoit moins qu'elles: c'est ainsi que le vernis de la porcelaine & de la fayance, s'éclate en se réfroidissant, lorsqu'il se condense plus que la terre qu'il recouvre. Ou parce que

que le verre des boules étoit épais : car dans ce cas, les lames extérieures étant plus promptement réfroidies que les lames intérieures, il en résulte des tiraillemens qui font éclater le verre : c'est ce que nous voyons arriver fréquemment au verre *chaud*, quand on lui applique un corps beaucoup moins chaud que lui. Dans cette dernière supposition, les petites boules n'auroient pas résisté à cause de leur petitesse ; mais parce qu'elles se trouvoient de verre mince, qui se réfroidissoit presqu'en même tems dans toute son épaisseur.

Remarques sur les *chutes subites* du *mercure*. N'annoncent-elles point une *contraction subite* de ce liquide ? Et en ce cas, la cause de cette *contraction*, n'agit-elle point plutôt ; comme celle de la *dilatation* des liquides aqueux ?

415 *o*. Les expériences de M. *Braun* offrent un phénomène, qui sembleroit d'abord conduire à la conséquence opposée de celle que je viens de détruire. Le mercure s'étant abaissé brusquement dans la plupart de ces expériences, on pourroit en conclure ; que bien loin de se dilater quand il se gèle, il se *contracte* au contraire subitement. Et en ce cas on pourroit demander ; si la cause qui produiroit cette contraction subite, ne seroit point de nature à agir dès les premières condensations du mercure, de manière à leur donner une *marche croissante* ; comme la cause qui fait dilater les liquides aqueux lorsqu'ils se gèlent, produit l'effet opposé. Cette question, ainsi que l'observation qui y donne lieu, méritent d'être examinées.

Cette dernière conséquence ne découle point de la première.

415 *p*. Je répond d'abord ; que quand il seroit vrai que le mercure se contracte irrégulièrement lorsqu'il est prêt à se geler ; il n'en résulteroit point, que sa *marche* antérieure fût affectée par la cause de cette contraction. Voici sur quoi je me fonde.

antécédente

Remarq. sur la liaison de la *dilat.* des liq. aq. quand ils se gèlent, avec leur *marche* antécédente.

415 *q*. J'ai expliqué ci-devant (413 *q*) pourquoi, dans les liquides aqueux, une grande dilatation succède subitement à des condensations devenuës très-petites. C'est que les condensations apparentes de ces liquides, ne sont que l'excès des condensations produites par la diminution de la chaleur, sur des dilatations occasionnées par une autre cause, dont les effets vont en croissant. De là résulte la marche décroissante des condensations. C'est par-là aussi, qu'au moment où le liquide est prêt à devenir solide, il se dilate subitement : la diminution de la chaleur ne pouvant plus alors y produire de nouvelles condensations (telles du moins que dans les liquides) ; la cause des dilatations reste seule ; & ses effets, par-

venus à leur plus haut période, se montrent subitement sans soustraction. Ainsi, quoique ce soit un *saut* à l'œil; c'est l'effet d'une marche progressive. J'aurai occasion de développer cette idée dans la suite (415 *pp.* & *s.*).

Il n'en est pas de même de la *contraction* qu'éprouvent certains liquides dans le même cas.

415 *r.* Mais quant aux liquides qui se contractent subitement lorsqu'il se gèlent; si l'on supposoit que leurs condensations antérieures ont une marche croissante, par l'effet de la cause qui tout-à-coup les contracte extraordinairement lorsqu'ils se gèlent; comment expliqueroit-on ce *saut*? Peut-il avoir lieu dans une marche produite par deux causes qui seroient concourantes? Je vois une cause de la *contraction extraordinaire* de certains liquides; de l'*huile d'olive* par exemple; au moment de la congélation: c'est que quand leurs parties intégrantes commencent à se toucher par certains points; elles s'attirent fortement par quelqu'une de leurs surfaces, & se replient subitement les unes sur les autres; tellement que dans cette nouvelle position elles occupent moins de place. Mais cet effet ne peut être produit, que lorsque la cause existe; c'est-à-dire, quand les parties intégrantes du liquide commencent à se toucher: & nullement dans l'état de pleine liquidité; où ces particules sont tenuës plus ou moins écartées par l'effet de la chaleur.

Remarque sur l'état des *corps fusibles* au moment où ils s'endurcissent.

415 *s.* Je soupçonne que tous les *corps fusibles* qui perdent leur poli à l'instant qu'ils commencent à s'endurcir; c'est-à-dire, dont la surface se ride ou se grumèle tout-à-coup; sont dans le même cas que l'huile d'olive; qu'ils éprouvent une contraction subite en s'endurcissant: & que dans ceux qui, comme l'or pur & le verre, restent polis en devenant solides; les parties intégrantes conservent entr'elles le même arrangement, même à ce point de condensation. Si cette conjecture est fondée, elle prouvera déja que le mercure ne se contracte pas irrégulièrement lorsqu'il se gèle: car M. *Braun* ne remarqua aucun changement dans le poli de la surface extérieure du mercure gelé.

1e. preuve que le *mercure* ne se *contracte* pas *subitement* lorsqu'il se gèle.

2e. preuve les *chutes subites* n'étoient qu'accidentelles.

415 *t.* Je viens maintenant à cette question: les *chutes subites* du mercure que M. *Braun* a remarquées dans la plupart de ses expériences; indiquent-elles que le mercure se contracte tout-à-coup, en se gelant? Si cette *chute rapide* (*im-*

(*impetus* comme l'appelle M. *Braun*) s'étoit faite dans toutes les expériences sans exception; on seroit tenté en effet de croire, que le mercure éprouvoit alors une contraction disproportionnée avec la diminution de la chaleur. Quoique cette chute pût être attribuée à une diminution de chaleur fort rapide, produite par une pénétration subite de la neige par l'eau-forte. Mais si le mercure s'est gelé plusieurs fois sans qu'il y ait eu de *chute subite*; cette *chute* n'est qu'un effet accidentel, produit par quelque cause étrangère au mercure. Or M. *Braun* a vû descendre ses Thermomètres jusqu'à 550 & 600, & le mercure s'y geler, sans qu'il y ait eû de pareille *chute*. Ce n'est donc là qu'un effet purement accidentel.

Explication de ces *chutes*; d'après une circonstance où elles ne se faisoient pas.

415 *u*. Deux circonstances, rapportées par M. *Braun*, peuvent aider à l'explication de ce phénomène. Quand le bas du tube des Thermomètres étoit garni de cire, pour empêcher que la petite colonne de mercure ne se gelât; le mercure descendoit jusqu'à 600, sans *chute*. Et au contraire la *chute* se faisoit même dès 350, lorsque M. *Braun* n'avoit pas pris cette précaution. Cette différence d'effets me paroit indiquer; que lors que la petite colonne de mercure étoit gelée, elle ne pouvoit descendre que par saut; & que c'étoit là la cause de ces *chutes*.

Autre circonstance qui favorise cette explication.

415 *x*. Une autre circonstance qui favorise mon explication; c'est que M. *Braun* a remarqué que la *chute* se faisoit toûjours au moment de la rupture de la boule. Or cette rupture pouvoit occasionner une secousse dans le Thermomètre; & faciliter ainsi la *chute* de la colonne de mercure, retenuë par la partie qui se trouvoit gelée à l'entrée de la boule. Je crois donc que la *chute* de la colonne, étoit occasionnée par la *rupture* de la boule; & non celle-ci par l'autre, comme M. *Braun* semble le croire.

Quant à une *descente rapide*, elle est l'effets d'un *réfroidissement rapide*.

415 *y*. Je n'entends expliquer par là qu'une *chute subite* après une suspension, ou une descente fort lente. Car je le répéte, une *descente rapide*, même accélérée; étoit l'effet d'une diminution rapide ou accélérée de la chaleur, dans la fusion subite de la neige par l'eau-forte. Et c'est de là que nait l'incertitude de M. *Braun* dans son prémier Mémoire, sur le degré de condensation du mercure lorsqu'il se gèle; degré que dans

dans un ſecond Mémoire, il détermine enſuite à 650.

Remarque ſur le degré d'abaiſſement du *mercure* dans les Therm. où il ſe geloit.

415 z. Quoique dans ſes expériences, on voye une partie du mercure gelé dans des Thermomètres qui n'étoient deſcendus qu'à 530; il ne s'enſuit pas qu'il ſe gèle par la température qui correſpond à ce point du Thermomètre. Le *réfroidiſſement* étant ſubit dans la matière qui environnoit le Thermomètre; toute la maſſe du mercure ne pouvoit s'y conformer en même tems. La couche extérieure perdoit la prémière ſon excès de chaleur, & ſe geloit; tandis que les parties intérieures étoient encore liquides, & même aſſez éloignées de ce degré de *réfroidiſſement*. Et comme la hauteur du Thermomètre n'indiquoit que la condenſation moyenne du mercure renfermé dans la boule; une partie de ce mercure pouvoit être gelée à des hauteurs très différentes du Thermomètre.

Cet abaiſſem. n'indiquoit pas le degré de condenſation du *mercure* qui ſe gèle.

Moyen de déterminer ce dégré.

415 *aa.* C'étoit un défaut dans les expériences de M. *Braun*, que la petite quantité de matière *frigorifique* qu'il y emploioit. Le *froid* étoit trop ſubit, & ceſſoit trop promptement pour donner des réſultat précis. Mais l'augmentation de la matière ne ſuffiroit pas, pour qu'on pût découvrir avec préciſion à quel point le mercure ſe gèle: il faudroit encore prévenir une trop prompte action de cette matière ſur le Thermomètre. On pourroit emploier pour cette effet l'interpoſition de quelque huile qui gelât fort tard; miſe dans un vaſe garni d'un couvercle qui ſeroit percé de deux trous.

Le Thermomètre paſſeroit par l'un de ces trous, fait au milieu du couvercle, & ſeroit plongé dans l'huile; l'autre trou ſerviroit à faire paſſer la tige d'une machine ſemblable à un *mouſſoir* de chocolat, au moyen de laquelle on agiteroit l'huile. Par ce moyen l'huile, environnée du mélange de neige & d'eau-forte, perdroit ſa chaleur aſſez lentement, pour que tout le mercure contenu dans le Thermomètre lui tranſmit la ſienne preſque en même tems. Je crois qu'alors le mercure ſe condenſeroit régulièrement; qu'il ſeroit encore totalement liquide au-deſſous de 640; qu'il ſe gèleroit preſqu'au même inſtant dans toute ſa maſſe; & que le point où le Thermomètre ſe fixeroit, indiqueroit exactement le terme de la congélation du mercure.

415 *bb*. On trouve dans le récit des expériences de M. *Braun*, une circonstance qui paroit contraster beaucoup avec mon systême sur la *marche* des liquides par les variations de la chaleur. J'ai dit que les *liquides aqueux*, participant plus ou moins de la *marche* de l'*eau*, qui se dilate en se gelant; doivent avoir des condensations décroissantes, comparativement aux huiles, qui n'ont pas cette propriété. Ils doivent donc s'abaisser moins qu'elles, dans le Thermomètre, par les mêmes diminutions de la chaleur. Et cependant M. *Braun* rapporte, que des Thermomètres faits d'huiles essentielles de *salsafras*, de *camomille* & de *serpolet*, ne sont descendus qu'à 260, 270, 280: tandis que *l'esprit-de-vin*, que j'ai rangé parmi les *liquides aqueux*, est descendu à 300.

Therm. *d'huiles essent.* qui, selon M. *Braun* sont moins descendus que celui *d'esprit-de-vin.*

415 *cc*. J'avouë que je n'ai pû me persuader que ces expériences fussent exactes. Il m'étoit impossible de les vérifier sous la même forme; parce que nous n'avons jamais d'assez grands *froids* dans nos climats. Mais il importoit moins à mon systême, de répéter la même expérience; que de savoir si les condensations de ces *huiles* suivoient en effet une marche décroissante, comparativement à celles de l'*esprit-de-vin*; & cet examen m'étoit possible.

Doute sur cette expérience.

415 *dd*. J'ai donc fait deux Thermomètres pour cette épreuve; l'un d'huile essentielle de *camomille*, & l'autre d'huile essentielle de *serpolet*; j'ai observé leur *marche*; & je l'ai trouvée d'accord avec mon systême. Les condensations de ces *huiles* ont suivi une marche très sensiblement croissante, comparativement à celles de l'*esprit-de-vin*; comme on le verra dans la Table que je donnerai des *marches* de ces différens Thermomètres (418 *m*).

Nouvelle expérience qui confirme ce doute.

415 *ee*. Cette expérience, dans laquelle je n'ai pû me tromper, ne me permet donc pas d'admettre; que lorsque l'*esprit-de-vin* descend à 300, les huiles de *camomille* & de *serpolet* ne descendent qu'à 270 & 280; en suivant du moins une marche régulière. Mais en même tems j'apperçois plusieurs causes qui peuvent avoir trompé M. *Braun*.

Plusieurs causes peuvent avoir trompé M. *Braun*.

415 *ff*. J'ai éprouvé la prémière, en mettant ces deux derniers Thermomètres dans la glace; où ils se sont tenus, à diverses fois, plus haut qu'ils n'auroient dû naturellement

1e. Cause: l'air qui se dégage des huiles renfermées dans le Therm.

s'y tenir. C'est que lorsqu'ils sont construits depuis peu de tems ; & qu'on les fait descendre à ce point ; l'air que contiennent ces huiles, s'en dégage, & se forme en bulles qui soulèvent la liqueur. La même chose a pû arriver aux Thermomètres de M. *Braun* sans qu'il s'en soit apperçu.

2e. Cause : un *froid moindre* qu'il ne l'a cru.

415 *gg*. Une seconde cause peut l'avoir trompé, si les Thermomètres d'huiles n'étoient pas accompagnés d'un Thermomètre de mercure, qui indiquât la température du mélange. On ne réussit pas toûjours à produire le même degré de *froid*. M. M. *Mallet* & *Pictet* n'ont pû geler le mercure ; quoiqu'ils l'ayent tenté par l'un des acides que M. *Braun* indique comme les plus puissans, savoir *l'esprit fumant de Glauber* ; & que la température de l'air fût à 199. Voilà donc une exception. Le cas dont il s'agit, n'est-il point une exception semblable ?

3e. Cause : la *lenteur* de la marche des huiles.

415 *hh*. La lenteur de ces huiles à perdre l'excès de leur chaleur sur les corps qui les environnent, est une troisième source d'erreur : il s'en faut bien qu'elles soient aussi promptes à se condenser que le mercure : & M. *Braun* emploioit si peu de matière dans ses mélanges ; que le mercure même ne pouvoit suivre leur *réfroidissement* : il falloit le plonger successivement dans plusieurs de ces petits *mélanges*, pour qu'il atteignît enfin le *réfroidissement* du dernier (415 *d*). On voit aussi par mes expériences (414 *q*), qu'avec une quantité de matière *frigorifique* bien plus grande que celle de M. *Braun*, *l'huile d'olive* n'avoit pas eû le tems de se geler ; & qu'elle se gela lorsque j'augmentai les doses.

4e. Cause : une *illusion* possible, si ces huiles conservent leur transparence en se gelant.

415 *ii*. Peut être enfin que ces huiles se gelèrent sans perdre leur transparence ; & qu'en cet état elles parurent encore liquides à M. *Braun* : comme le paroitroit l'eau gelée, si la quantité de bulles d'air qui restent engagées dans la glace, ne troubloient sa transparence naturelle.

Quoiqu'il en soit, l'expér. précéd. prouve que ces huiles rentrent dans le systême établi.

415 *kk*. Mais quoiqu'il en soit de l'état de ces huiles à ce degré de *réfroidissement* ; état dont il n'est pas possible de juger sûrement par l'expérience de M. *Braun* ; l'observation de leurs *marches* depuis la température de *l'eau bouillante* à celle de *la glace qui fond*, m'a prouvé sans équivoque, que ces *marches* rentrent absolument dans mon systême.

Examen de l'exp. de M.

415 *ll*. Il reste encore dans le détail des expériences de M.

M. *Braun*, un phénomène qui mérite d'être examiné : c'est que *l'esprit-de-vin rectifié*, n'ai pas été gelé dans la matière *frigorifique* qui geloit le mercure. Je n'aurois pas imaginé que la petite quantité d'eau que M. *de Réaumur* mêloit à l'esprit-de-vin dans ses Thermomètres ; qui n'étoit que la 6me. partie du tout (442 *g*) ; rendit ce mélange susceptible de se geler à 219 du Thermomètre de mercure de *Delisle* (*a*) ; tandis que l'esprit-de-vin *pur* ne se geloit pas, à plus de 600. Cependant après avoir examiné ce qui devoit résulter de la *marche* de l'esprit-de-vin dans l'étenduë où je l'ai observée ; j'ai trouvé, qu'en effet il avoit pû descendre sans se geler, jusqu'à 300, comme l'a vû M. *Braun* ; que le mercure devoit être alors à 628 ; mais qu'à ce point l'esprit-de-vin étoit prêt à se dilater & à se geler. Je vais montrer la route que j'ai suivie dans cette recherche.

Braun, où le Therm. *d'esp. de vin* est descendu à 300 de *Delisle*.

415 *mm*. Je détaillerai dans la suite (418), l'opération par laquelle je me suis assuré des *marches* correspondantes du Thermomètre de mercure & des divers autres Thermomètres dont j'ai fait mention jusques ici. Celui *d'esprit-de-vin rectifié*, capable de bruler la poudre lorsqu'il est enflammé, est de ce nombre. Ses condensations m'ayant paru suivre une marche régulièrement décroissante, comparativement à des condensations du mercure égales entr'elles ; j'ai cherché à les exprimer par une loi, qui donnât avec quelque certitude, ses condensations subséquentes : tellement qu'on pût en conclure le point où les condensations de cet *esprit-de-vin*, après être devenuës nulles, seroient suivies tout-à-coup d'une grande dilatation.

Rapport des *marches* de *l'esp. de v.* & du *mercure*.

L'esp. de vin se dilate aux approches de la congélation.

415 *nn*. La loi cherchée devoit surtout expliquer ce dernier phénomène. Car *l'esprit-de-vin* de M. *de Réaumur* se dilata beaucoup en se gelant dans le Thermomètre que M. M. les Académiciens de Paris portèrent en Laponie (412 *e. note*). Et comme *l'esprit-de-vin* que nous appellons *rectifié*, contient toûjours beaucoup de *flegme* ou d'eau (426 *d*) ; il ne diffère de celui de M. de *Réaumur*, que par une moindre quantité d'eau,

La loi qui exprime la *marche* de *l'esp. de v.* comparativ. à celle du *mercure*, doit expliquer ce phénomène.

(*a*) Soit à — 37 du Thermomètre de mercure divisé en 80 parties entre *l'eau bouillante* & *la glace qui fond*. Ce fut le point où M. M. les Académiciens de Paris trouvèrent le Thermomètre *d'esprit-de-vin* gelé à Torneâ (412 *e. note*).

d'eau. Il doit donc subir le même changement dans sa *marche*: & seulement plus tard; comme l'eau-de-vie le subit plutôt; & le vin plutôt encore que l'eau-de-vie. On sait que le vin qui se gèle dans des bouteilles bien pleines, les brise ou fait sauter le bouchon.

Tables des *degrés* correspondans des Therm. de *mercure* & *d'esprit-de-v.*

415 *oo.* Voici d'abord les *marches* correspondantes du *mercure* & de *l'esprit-de-vin rectifié*; depuis la chaleur de *l'eau bouillante*, qui est exprimée par 80 sur les deux Thermomètres, jusqu'à celle de *la glace qui fond*, qui en est le *zéro*.

	Thermomètre de mercure.	*Condensations égales du mercure.*	*Thermomètre d'esprit-de-vin rectifié.*	*Condensations décroissantes de l'esp. de v. rectif.*
Eau bouillante	80		80, 0	
		5		6, 2
	75		73, 8	
		5		6, 0
	70		67, 8	
		5		5, 9
	65		61, 9	
		5		5, 7
	60		56, 2	
		5		5, 5
	55		50, 7	
		5		5, 4
	50		47, 3	
		5		5, 1
	45		40, 2	
		5		5, 1
	40		35, 1	
		5		4, 8
	35		30, 3	
		5		4, 7
	30		25, 6	
		5		4, 6
	25		21, 0	
		5		4, 5
	20		16, 5	
		5		4, 3
	15		12, 2	
		5		4, 3
	10		7, 9	
		5		4, 0
	5		3, 9	
		5		3, 9
Glace qui fond	0		0, 0	
		80		80, 0

Deux causes opposées agissent sur le volume de *l'esp. de v.* quand la chaleur diminuë.

L'une produit des *dilations* croissantes

415 *pp.* Pour chercher la loi que suivent ces condensations de *l'esprit-de-vin*, comparativement à une marche uniforme du *mercure*; j'ai supposé, en partant de mon systême, que s'il n'y avoit pas dans *l'esprit-de-vin*, une cause qui tendît à le dilater, à mesure qu'il se condense par la diminution de la chaleur; ses condensations seroient proportionnelles à celles du *mercure*. J'ai donc considéré leurs décroissemens à

ſemens, comme étant l'effet de cette cauſe; & par conſéquent, comme des ſouſtractions croiſſantes, faites à des termes égaux. quand l'autre produit des *condenſ.* égales entr'elles.

415 *qq.* Le prémier terme des condenſations de l'*eſprit-de-vin*, correſpondant à 5 degrés du Thermomètre de *mercure*; eſt exprimé par 6, 2 ſur le Thermomètre d'*eſprit-de-vin.* Tous les abaiſſemens ſubſéquens de l'*eſprit-de-vin*, de 5 en 5 degrés du Thermomètre de *mercure*, ſeroient égaux à ce prémier, ſi la cauſe dont je viens de parler n'y faiſoit obſtacle. Je regarde donc les *différences* des termes ſucceſſif de l'*eſprit-de-vin*, avec ce prémier terme; comme produites par cette cauſe; & comme une ſuite de *quantités* ſucceſſivement ſouſtraites de 6, 2. Ainſi le 2d. terme des condenſations de l'*eſprit-de-vin*, eſt 6, 2 — 0, 2 = 6, 0 Décompoſition de l'effet total obſervé.

le 3me. 6, 2 — 0, 3 = 5, 9
le 4me. 6, 2 — 0, 5 = 5, 7
le 5me. 6, 2 — 0, 7 = 5, 5
Et ainſi de ſuite.

415 *rr.* C'eſt donc la *loi* que ſuivent ces *quantités* ſouſtraites, que j'ai cherchée; & j'ai trouvé, qu'elles peuvent être exprimées par les ſommes d'une progreſſion géométrique, dont le prémier terme eſt 0, 1768 & l'expoſant $\frac{571}{1000}$: en réduiſant les 4 *décimales*, à une ſeule, qui ſoit la plus prochaine; puiſque je n'ai pû obſerver que des 10mes. de degré ſur mes Thermomètres. *Loi* que ſuivent les *dilatations* dans leurs accroiſſemens.

415 *ss.* La Table ſuivante, renferme les condenſations de *l'eſprit-de-vin rectifié*, de 5 en 5 degrés du Thermomètre de *mercure*, calculées ſuivant cette Régle; & comparées aux condenſations *obſervées.* Application

Suite géom. dont l'exposant est $\frac{978}{1000}$.	*Sommes; soit quantités à soustraire de 6, 2.*	*Reduction à une seule décimale.*	*Restans; ou condens. de l'esp. de v. suivant la Rég.*	*Condens. observées.*	*Différences.*
	0, 0000	0, 0	6, 2	6, 2	0
0, 1768	0, 1768	0, 2	6, 0	6, 0	0
0, 1729	0, 3497	0, 3	5, 9	5, 9	0
0, 1691	0, 5188	0, 5	5, 7	5, 7	0
0, 1654	0, 6842	0, 7	5, 5	5, 5	0
0, 1618	0, 8460	0, 8	5, 4	5, 4	0
0, 1582	1, 0042	1, 0	5, 2	5, 1	+ 0, 1
0, 1547	1, 1589	1, 2	5, 0	5, 1	— 0, 1
0, 1513	1, 3102	1, 3	4, 9	4, 8	+ 0, 1
0, 1480	1, 4582	1, 5	4, 7	4, 7	0
0, 1447	1, 6029	1, 6	4, 6	4, 6	0
0, 1415	1, 7444	1, 7	4, 5	4, 5	0
0, 1384	1, 8828	1, 9	4, 3	4, 3	0
0, 1354	2, 0182	2, 0	4, 2	4, 3	— 0, 1
0, 1324	2, 1506	2, 2	4, 0	4, 0	0
0, 1295	2, 2801	2, 3	3, 9	3, 9	0
			80, 0	80, 0	

Les petites différences sont assemb. des fauts dans bservation.

415 *tt.* Je n'espérois pas de parvenir à tant d'exactitude, lorsque j'entrepris la recherche de cette loi. Et même, comme les petites différences qui s'y trouvent, ne sauroient se prêter à aucune loi simple, à cause de leur disposition; je suis tenté de les regarder comme des défauts dans l'observation, ou comme des irrégularités momentanées dans la marche de l'*esprit-de-vin.*

L'esp. de v. sibli, ne suit une *mar-* si régulière.

415 *uu.* Encouragé par ce prémier succès, je fis la même tentative à l'égard de l'*esprit-de-vin* moins rectifié, ou mêlé d'eau: mais je ne pus réussir; sa marche est trop irrégulière. Je présume que dans l'*esprit-de-vin* assez *rectifié*, pour que la distillation simple ne puisse plus le séparer de son *flegme* (426 *d*); cette liaison intime de *l'esprit* & du *flegme*, en fait un tout plus semblable, & dans ses parties & dans ses différens états quant à la chaleur; & que les irrégularités de la *marche* de l'*eau*; qu'on pourroit voir en prenant

prenant les secondes différences de ses *hauteurs* dans la Table que je donnerai ci-après (418 *m*); sont d'autant mieux rectifiées par la plus grande quantité de *l'esprit*, & par sa plus forte liaison avec le *flegme*.

415 *xx*. L'exactitude de ma Régle pour les condensations de *l'esprit-de-vin rectifié*, dans l'étenduë où j'ai pû la comparer avec l'expérience; m'a paru suffisante, pour en conclure les condensations subséquentes de cette liqueur, toûjours de 5 en 5 degrés du Thermomètre de *mercure*; & pour découvrir par ce moyen, le point où elles deviendroient nulles, & se changeroient au contraire en dilatation. J'ai trouvé, que l'*esprit-de-vin* ne pouvoient descendre qu'à — $80\frac{1}{4}$ de ma division, qui correspondent à $300\frac{1}{2}$ de l'échelle qu'employoit Mr. *Braun*, & sur laquelle il le vit descendre à 300 dans sa matière *frigorifique*. L'*esprit-de-vin* étoit donc bien près de se geler, à ce point de condensation. Et comme $80\frac{1}{4}$ est la somme de 51 *termes*; un Thermomètre de *mercure* qui auroit accompagné le Thermomètre *d'esprit-de-vin*, seroit descendu à $-51 \times 5 = -255$, qui correspondent à 628 du Thermomètre de M. *Braun*.

Conséquence tirée de la *Loi* précédente.

Elle est d'accord avec l'expérience de M. *Braun*.

415 *yy*. Ce qu'il y a de plus essentiel à remarquer dans la nature de la loi que j'ai trouvée; c'est qu'elle explique très bien, la dilatation subite des *liquides aqueux* lorsqu'ils sont prêts à se geler. Suivant cette loi, les condensations apparentes de ces *liquides*, sont toûjours; la condensation qui seroit produite par la simple diminution de la chaleur, moins la diminution qu'y apporte la cause qui enfin les dilate. Ainsi, tant que les particules du liquide peuvent se rapprocher; l'effet total est la *condensation*: mais dès que ses particules se touchent à un certain point; la *dilatation* succède. Par exemple: le dernier terme des *condensations* de *l'esprit-de-vin rectifié*, pour 5 degrés d'abaissement dans les Thermomètre de *mercure*, peut être 6,2 — 6,1 = 0,1: mais à l'instant où les particules de l'*esprit-de-vin* sont assez rapprochées pour que la diminution de la chaleur ne puisse y opérer de nouveau rapprochemens; la cause de dilatation; quoique mise en action par la diminution même de la chaleur; se trouve agir seule: & l'*esprit-de-vin* se dilate de 6,2, par une

Cette *Loi* explique comment une grande *dilatat.* succède dans *l'esp. de v.* à de très petites *condens.*

une diminution de la chaleur, égale à la précédente, par laquelle il s'étoit condensé de 0, 1.

Elle explique encore, pourquoi dans les liquid. de ce genre, la *dilat.* est d'autant plus grande, qu'ils sont plus susceptibles de se geler.

Cette Régle explique encore, pourquoi dans les liquides aqueux, la dilatation *finale* est d'autant plus grande, qu'ils se gèlent par une moindre diminution de la chaleur. C'est qu'en même tems leurs condensations ont une marche plus décroissante. D'où il résulte suivant ma Régle, que la suite des *quantités soustraites* est en progression plus croissante; & que par conséquent, lorsque la possibilité d'ultérieures condensations cesse, la dilatation se montre tout-à-coup plus grande. C'est ainsi que par la diminution de chaleur qui fit abaisser le Thermomètre de *mercure* à *Torneâ* de — 31, à — 37; le Thermomètre d'*esprit-de-vin affoibli*, remonta de — 29, à + 10 (412 *e. note*).

Elle prouve enfin, que le *mercure* a suivi sa marche ordinaire dans les exp. de M. *Braun*.

415 *zz.* M. *Braun* ne dit pas, s'il mit un Thermomètre de *mercure*, avec celui d'*esprit-de-vin*, dans le mélange de neige & d'eau-forte qui fit descendre ce dernier à 300: ainsi je ne puis faire la comparaison immédiate de ma Régle avec l'expérience, dans cet extrême de condensation. Mais l'ensemble de ces expériences la fortifie: & nous pouvons conclure avec beaucoup de probabilité, de l'abaissement de l'*esprit-de-vin* à 300; que le Thermomètre de *mercure*, en s'abaissant à 630 & 640, n'a fait que suivre sa *marche* ordinaire; & qu'il ne s'est point condensé extraordinairement aux approches de sa congélation.

EXAMEN des objections de M. Anac, *contre les expériences de M.* Braun.

M. *Anac* conteste le grand abaissement du *mercure* dans ces expériences

416 *a.* Ce grand abaissement du *mercure* dans les expériences de M. *Braun*, fut cependant contesté par M. *Anac* dans une lettre adressée à MM. les Auteurs du *Journal des Savans*, & rapportée dans les mois de Juillet Aoust & Septembre de l'année 1760. M. *Anac* révoque en doute l'une de ces deux choses; ou la descente du mercure au-dessous de 337 du Thermomètre de *Delisle*, qu'il estime correspondre à — 100 sur le Thermomètre de M. *de Réaumur*; ou qu'un abaissement plus grand, soit proportionnel à la diminution

nution de la chaleur. Il ne s'explique pas précisément là-dessus ; il évite même de le faire.

416 *b*. C'est contre le fait, que porte une classe d'objections, à laquelle je m'arrêterai peu, puisque le fait est prouvé. Ces objections sont tirées d'expériences faites avant M. *Braun* où le mercure s'est beaucoup moins abaissé que dans les siennes. Partant de-là, & croyant évaluer assez exactement les différences qui devoient être résultées du changement de quelques circonstances, M. *Anac* en conclud, que le mercure n'a pas pû descendre autant que M. *Braun* le rapporte. Premiéres objections de M. *Anac*.

416 *c*. Mais qui peut se flatter de calculer ainsi *a priori* l'effet des causes physiques ? Telle différence nous paroit très petite, qui est réellement très grande dans ses effets. La *neige* ne paroit à M. *Anac*, différer de la *glace pilée*, quant à la production du *froid* ; qu'en ce qu'elle présente plus de surface à l'eau forte ; & que par cette raison, le *réfroidissement* doit être seulement plus prompt. La température primitive de la neige & de l'eau forte, ne lui semble devoir influer en rien sur la quantité de *réfroidissement* produit par leur mélange. Il pense enfin que l'augmentation de cette quantité de *réfroidissement*, produite par une eau forte plus concentrée ; est proportionnelle à la différence de concentration de l'eau forte. Voilà surquoi M. *Anac* fonde ses calculs ; en partant des expériences de *Fahrenheit* & de M. *de Réaumur* où se trouvoient ces différences. Elles supposent qu'on peut calculer *a priori* l'effet des causes physiques.

416 *d*. Sans s'expliquer nettement sur la cause de l'erreur qu'il attribuë à M. *Braun* ; il paroit insinuer qu'elle procéde de la rupture des boules, au moment où le mercure étoit gelé. Mais les deux faits suivans (que M. *Anac* ignoroit, parce que les nouvelles publiques n'en avoient pas parlé) suffisent pour combattre son opinion. Dans des Thermomètres qui ne se rompoient point, le mercure descendoit à 630 & 640. Un Thermomètre d'esprit-de-vin est descendu à 300 sans se geler ; & dans la proportion de sa *marche* avec celle du Thermomètre de mercure, celui-ci devoit être à 628. Faits qui détruisent ces objections.

416 *e*. M. *Anac* fait une autre objection, qui par sa nature mérite d'être examinée ; parce qu'elle tient à des questions Autre objection tirée de la cause du *ressort de l'air*.

tions intéressantes sur le ressort de l'air. Pour l'intelligence de cette objection, je dirai un mot ici du Thermomètre de M. *Amontons* que je décrirai plus au long dans la suite (420).

Esquisse du Therm. *d'air* de M. *Amontons*.

Ce Thermomètre indiquoit la chaleur par le poids que pouvoit soutenir une petite quantité d'air, renfermée dans une boule; & ce poids étoit indiqué lui-même par la somme des hauteurs, d'une colonne de mercure qui reposoit sur cet air, & de celle du Baromètre au moment de l'observation; parce que le poids de l'atmosphère s'ajoutoit à celui de la première colonne. Ce qu'il y a d'essentiel à savoir, pour comprendre l'objection de M. *Anac*; c'est que, par les expériences de M. *Amontons*; quand l'air renfermé dans la boule de son Thermomètre pouvoit soutenir le poids d'une colonne de mercure de 52 *pouces*, étant à la température de l'eau prête à geler; il en soutenoit environ 73, lors qu'il avoit celle de l'eau bouillante.

Objection de M. *Anac* fondée sur le Therm. *d'air* de M. *Amontons*.

416 *f.* Voici maintenant l'objection de M. *Anac*. » La li-
» quéfaction de la neige, dit-il, ayant accompagné la pro-
» duction du froid artificiel dont il s'agit .... il est certain
» que ce froid étoit bien éloigné du froid absolu, c'est-à-
» dire, du néant de la chaleur. Or suivant une conjecture
» avancée il y a près de 60 ans, & qui n'a été contredite
» depuis par personne que je sache .... le néant de la cha-
» leur, s'il étoit possible qu'il eût lieu, ... seroit seulement
» vers un point correspondant au $521\frac{3}{7}$ degré de l'Echelle de
» *Delisle* .... *Le ressort de l'air est un effet de la chaleur; tant*
» *que l'air est doué de quelque ressort, il est affecté de quelque*
» *chaleur*.... Or M. *Amontons* a pris pour terme de l'Echel-
» le de son admirable & très précieux Thermomètre, le point
» où tout ressort manqueroit à la masse d'air, qu'il a ren-
» fermée dans la boule de cet instrument; & *où par conséquent toute chaleur seroit éteinte dans cette même masse*. Par-
» tant ensuite de ce terme *zéro* de ressort; il compte 52 de-
» grés ou environ, tant de ressort que de chaleur, jusqu'au
» point de la congélation de l'eau; & 73 jusqu'au point de
» l'ébullition de la même liqueur; ensorte qu'il y a 21 de-
» grés d'intervalle à son Echelle, entre ce point de la con-
» gélation, & celui de l'ébullition de l'eau. Si donc nous fai-

sons

» sons cette *analogie* : comme l'intervalle 21 entre les points
» de l'ébullition & de la congélation dans l'Echelle de M.
» *Amontons*, est à 73 intervalle depuis la chaleur de l'eau bouil-
» lante jusqu'à *zéro de ressort & de chaleur de l'air* ; ainsi l'inter-
» valle 150 entre le point de l'eau bouillante & celui de l'eau
» gelante dans l'Echelle de M. Delisle, est à un quatrième
» terme : on trouvera pour cette quantité le nombre $521\frac{3}{7}$
» exprimé ci-dessus ; & ce nombre par conséquent est celui des
» degrés de l'Echelle de M. Delisle auquel correspondroit le
» néant de la chaleur, si son Thermomètre pouvoit être de
» service jusqu'à un tel point.... Je le répéte, le froid arti-
» ficiel produit à Pétersbourg, a été bien éloigné du froid ab-
» solu ou néant de la chaleur..... Car la liquéfaction de
» la neige ayant accompagné ce froid dont il s'agit, ce
» froid renfermoit & masquoit plus de 100 degrés de cha-
» leur réelle, mesurée à la ditte Echelle ; & par conséquent
» n'a pas atteint véritablement le 500me. degré de cette
» Echelle «.

416 *g*. Cette objection, comme on le voit, suppose la certitude de ces deux propositions : que *l'air ne peut avoir de ressort sans chaleur, ni de chaleur sans ressort* ; & que *le ressort de l'air est proportionnel à la chaleur*. C'est de la prémière que M. *Anac* conclud ; que le *zéro* du Thermomètre de M. *Amontons*, étant le *zéro* de *ressort de l'air*, est en même tems le *néant de la chaleur* : & de la seconde ; que lors même que le *mercure* ne se gèleroit que par une totale privation de chaleur, il ne pourroit descendre qu'à $521\frac{3}{7}$ du Thermomètre de *Delisle*. Il s'agit donc d'examiner ces deux propositions.

Deux questions naissent de cette objection.

416 *h*. Quand la chaleur seroit l'unique cause du ressort de l'air ; s'en suivroit-il nécessairement, que *tant que l'air est affecté de quelque chaleur, il est doué de quelque ressort* ? C'est la première question qui se présente ; & à laquelle je réponds, qu'il ne me paroit aucune liaison nécessaire entre ces deux choses. La *liquidité* de l'eau est certainement duë à la chaleur ; cependant la cessation de *toute liquidité* dans l'eau, n'indique surement pas la cessation de *toute chaleur*. Pourquoi donc ne faudroit-il pas un *certain degré* de chaleur pour donner de *l'élasticité* à l'air ? Comme il en faut un *certain degré* pour

Ire. *Question*. *L'air a-t-il nécessairement quelque ressort, tant qu'il a quelque chaleur.*

Réponse négative.

donner de la *liquidité* à l'eau, & en général à tous les corps qui deviennent *liquides* par *différens degrés* de chaleur? A une chaleur moindre que celle qui est nécessaire pour que l'air devienne *élastique*; ne peut-il pas être sous la forme d'un solide, ou d'une poussière impalpable, ou même d'un liquide? L'eau ne devient-elle pas une sorte de fluide *élastique*, quand elle est vaporisée par un *certain degré* de chaleur?

On ne voit point le *prem. terme* de la *chaleur* dans le Therm. de M. *Amontons*.

416 *i*. Lors donc qu'il seroit prouvé, que l'air doit *toute* son *élasticité* à la chaleur; il ne le seroit point qu'il ne pût avoir *quelque chaleur sans élasticité*. Par conséquent le Thermomètre de M. *Amontons* ne nous donne point d'idée du *prémier terme de la chaleur*; quoique son *zéro* nous donne celle du *prémier terme du ressort de l'air*. L'air pourroit cesser d'être *élastique* à $521\frac{3}{7}$ du Thermomètre de *Delisle*; & que le mercure ne fût pas *gelé*; que même le mercure *gelé* eût encore beaucoup de chaleur. En un mot, ces phénomènes n'indiquent pas mieux dans nos climats l'extinction de toute chaleur; que ne l'indiqueroit la congélation de l'eau, aux habitans de la *Zone torride*.

On ne le connoitroit pas mieux quand on supposeroit que l'*air* peut avoir du *ressort* sans *chaleur*.

416 *k*. Je vais plus loin. Quand on supposeroit que *l'air* a une *vertu élastique* dépendante de quelque autre cause, qui seulement est secondée par la *chaleur*; on ne pourroit pas même en conclure, que l'*élasticité* de *l'air* est nécessairement augmentée, dès qu'il éprouve quelque *chaleur*. Il faudroit mieux connoitre la nature de chacune de ces causes, pour décider qu'elles se favorisent nécessairement dans la production du *ressort* de l'air, quelle que soit leur intensité rélative.

But principal de l'examen de cette Ire. *Question*.

416 *l*. En examinant ce prémier principe de M. *Anac*; mon but n'a pas été uniquement de répondre à son objection, contre les expériences de M. *Braun*: j'ai voulu en même tems donner lieu aux Physiciens de réfléchir sur la nature & les causes du *ressort de l'air*; d'après le point de vuë, toûjours intéressant, sous lequel M. *Anac* nous présente le Thermomètre de M. *Amontons*. Le grand nombre d'expériences rélatives à l'effet de la *chaleur* sur le *ressort de l'air*; que j'aurai occasion de rapporter, les aidera peut-être dans cette

te recherche. C'eſt en raſſemblant les phénomènes, & en les enviſageant ſous toutes leurs faces, qu'on parvient à la découverte des cauſes phyſiques.

416 *m*. Revenons à l'objection de M. *Anac*. Quand il ſeroit vrai, que le *zéro* du Thermomètre de M. *Amontons* fût le *néant* de la chaleur : *l'analogie* par laquelle M. *Anac* veut prouver que le Thermomètre de *Delisle* n'a pû deſcendre à 640 dans les expériences de M. *Braun*, n'en découleroit point encore. Car il auroit fallu démontrer auſſi, que *le reſſort de l'air eſt proportionnel à la chaleur.*

2de. *Queſtion.* Le *reſſort* de *l'air* eſt-il proportionnel à la *chaleur*.

416 *n*. Si, par exemple, comme l'a cru voir M. *Amontons* lui-même, ſon Thermomètre *d'air* ſuivoit la *marche* du Thermomètre *d'eſprit-de-vin*; qui par tout ce que j'ai déja dit, ne ſauroit être proportionnelle à la chaleur; la conſéquence de M. *Anac* ne découleroit point du tout de ſon principe; & il faudroit ſubſtituer cette analogie à la ſienne : comme 150 *degrés* (quantité dont le Thermomètre d'*eſprit-de-vin* de M. *Braun* s'abaiſſoit en paſſant de l'*eau bouillante* à *l'eau prête à geler*); eſt à 21 *degrés* ou $\frac{21}{73}$ (dont le Thermomètre d'*air* de M. *Amontons* s'abaiſſoit par la même différence de température): ainſi 300 (quantité dont le Thermomètre d'*eſprit-de-vin* de M. *Braun* s'eſt abaiſſé dans ſa *matière frigorifique*) : eſt à $\frac{42}{73}$ (dont le Thermomètre *d'air* de M. *Amontons* ſe ſeroit abaiſſé dans la même *matière*). Ce dernier auroit donc eu encore $\frac{31}{73}$ de ſon Echelle à parcourrir, avant d'être réduit à *zéro* : & cependant le Thermomètre de *mercure*, en ſuivant ſa *marche* ordinaire (que j'ai lieu de croire plus proportionnelle à la chaleur que celle de l'*eſprit-de-vin*) devoit être à 628. Donc le *zéro de la chaleur*, rapporté même au *zéro de l'élaſticité de l'air*, pouvoit être, encore fort éloigné, quoique le Thermomètre de *mercure* fût deſcendu à 640.

Exp. de M. *Amontons* qui prouveroit le contraire :

Appliquée à l'objection de M. *Anac*.

416 *o*. Voilà ce que M. *Anac* n'avoit pû conſidérer, par les raiſons que j'en ai donné ci-devant; & qui ôte à ſon objection toute ſa force. Il eſt vrai que par un grand nombre d'expériences que j'ai faites, pour déterminer les *marches* correſpondantes de l'*air* & du *mercure*; j'ai lieu de croire qu'elles ne différent pas autant que le ſuppoſe cette analogie; quoique je n'aye pû déterminer leur rapport. Je parlerai dans

Il n'eſt pas beſoin, contre cette objection, que l'expér. de M. *Amontons* ſoit abſolument exacte.

la suite, surtout en traitant du Thermomètre de M. *Amontons*, des obstacles qui s'opposent à déterminer la *marche* de l'*air* (420 *d*). Mais une très petite différence suffit, pour que le *mercure* ait pû descendre à 640, dans le principe même de M. *Anac*.

Il est à désirer que le *mercure* puisse servir à *mesurer* la *chaleur* jusqu'au moment où il se gèle.

416 *p*. L'objection que je viens d'examiner, ne prouvant rien contre les expériences de M. *Braun*; n'affoiblit point les preuves que j'ai données de la régularité du *mercure* dans sa *marche* jusqu'au moment où il se gèle. Il est donc à désirer, qu'on puisse l'employer jusqu'à ce point à la mesure de la chaleur; & il me paroit aisé d'y réussir.

Obstacle.

416 *q*. J'ai montré ci-devant, que l'obstacle consiste en ce que les couches extérieures du *mercure* contenu dans la boule du Thermomètre, se gèlent plutôt que les parties intérieures, lorsque la diminution de la chaleur est subite. Or nous trouvons dans les expériences de M. *Braun*, un premier moyen de diminuer cet effet: c'est d'employer des Thermomètres à très petites boules. On comprend bien, que moins la masse du *mercure* sera grande, plus elle approchera d'être affectée partout en même tems de la température extérieure.

Moyen de le lever.

416 *r*. J'ai indiqué aussi une méthode (415 *aa*.), qui, jointe à ce prémier moyen, me paroit propre à assurer la *marche* du Thermomètre. Mais comme elle seroit incommode pour l'usage ordinaire; je crois qu'on pourroit y suppléer utilement par un moyen plus simple: qui seroit de garnir la boule d'une couche de cire molle. Cette couche rendroit le *réfroidissement* du *mercure* assez lent, pour qu'il se distribuât presque en même tems dans toute la petite masse. L'expérience enseigneroit quelle épaisseur devroit avoir la couche de cire, pour qu'une sphérule de *mercure*, d'1 ligne ou 1 $\frac{1}{2}$ ligne de diamètre, se gelât sensiblement au même instant dans toute son épaisseur. Ce moyen n'exigeroit d'autre précaution, que de faire les mélanges *frigorifiques* un peu plus grands que ne les faisoit M. *Braun*.

Les expér. de M. *Braun* montrent dans le *mercure*

416 *s*. Quoique les expériences de la *congélation du mercure*, n'ayent pas été faites par M. *Braun* avec toutes les précautions qu'on y désireroit; elles ne laissent pas de nous mon-

trer dans le *mercure*, les trois propriétés que nous devons chercher dans le liquide qui restera seul destiné au Thermomètre (414 z).

propriétés essentielles pour le Thermomètre.

416 *t*. Nous y voyons d'abord certainement, que le *mercure* ne se dilate point lorsqu'il se gèle: & c'est la propriété la plus essentielle; d'après tout ce que j'ai prouvé sur ce sujet.

1re. *Propriété*: le *mercure* ne se dilate pas lorsqu'il se gèle.

416 *u*. Secondement, il ne se gèle que par une très grande diminution de la chaleur; & plus grande peut-être, que celle qui peut produire cet effet sur les liquides mêmes, qui ne se sont pas gelés dans les expériences de M. *Braun*. Car nous ignorons, s'ils ont eu le tems de perdre l'excès de leur chaleur sur celle de la matière qui les environnoit, avant qu'elle commençât à reprendre la chaleur qu'elle avoit perduë. Mais quand il seroit vrai que le mercure se gèle par une moindre diminution de chaleur que ces liquides; aurions nous quelque chose à regretter? N'est-ce pas assez qu'il demeure liquide, par un *froid*, qui surpasse de plus de 350 degrés du Thermomètre de *Delisle*, le *froid* le plus grand qui ait été observé dans l'air libre; celui de 281 degrés que M. *Gmélin* éprouva en *Sibérie* en 1735 & dont il parle dans sa *Flora Siberica*? Il arrivera donc bien rarement, qu'on ait besoin de mesurer d'assez grandes diminutions de la chaleur; pour que le *mercure* ne puisse y suffire. Et lorsqu'il n'y suffira pas; s'il y a réellement quelque liquide qui conserve plus longtems que lui sa liquidité; après avoir comparé leurs *marches*, ce liquide nous servira dans ces cas extrêmes.

2de. *propriété*: il ne se gèle que par une très grande diminution de chaleur.

416 *x*. Enfin il est très probable par les expériences mêmes de M. *Braun*, malgré ces *chutes subites* qu'il a observées; que le *mercure* se condense régulièrement jusqu'à-ce qu'il cesse d'être liquide: & que ces *chutes*, le seul signe apparent d'une contraction irrégulière, n'étoient produites que par le frottement qu'éprouvoit la colonne de *mercure* contenuë dans le tube du Thermomètre, lorsqu'elle venoit à se geler.

3me. *propriété*: Il ne se contracte point extraordinairement quand il se gèle.

DES

DES circonstances qui accompagnent l'extrême dilatation *de certains liquides : considérées quant aux effets que produit leur cause, sur les dilatations antérieures de ces liquides.*

C'est dans les *extrêmes* de la *marche* des liquides, qu'on découvre le mieux les causes qui y influent.

417 *a.* C'est dans les *extrèmes* de condensation & de dilatation des liquides, que j'ai cherché à démêler les causes particulières, auxquelles ils obéissent dans leur marche intermédiaire : parce que c'est dans ces *extrèmes*, que les effets de ces causes *dépassant*, pour ainsi dire, ceux de la cause principale, peuvent être démêlés plus surement. C'est ainsi que nous démêlons dans le bord d'une étoffe, le tissu dont elle est formée.

L'extrême de leur *condensation* a été examiné jusqu'ici.

417 *b.* J'ai examiné jusqu'ici l'*extrème condensation* : & l'on a vû que de tous les liquides qu'on a emploiés jusqu'a présent au Thermomètre, le *mercure* est celui qui, parvenu à cet état, y manifeste le moins de causes d'irrégularité ; que même il n'en manifeste aucune. Il me reste à faire voir qu'il montre aussi une régularité plus grande dans *l'extrème* opposé.

Il reste à examiner celui de leur *dilatation*.

La chaleur *vaporise* enfin les liquides.

417 *c.* Un liquide exposé à l'action d'une chaleur suffisante ; après en avoir reçu dans ses interstices autant qu'il peut en recevoir sans cesser d'être continu ; perd enfin sa continuité : se réduit tumultueusement en vapeurs ; & se tient plus ou moins enflé, suivant sa nature ; il *bout* en un mot ; jusqu'à ce qu'il soit totalement *évaporisé*. vaporise

Cette *dilatation extrème*, n'est pas proportionnelle à la chaleur.

417 *d.* Cette dilatation extrème des liquides, produite par les *vapeurs* devenuës très abondantes ; n'est certainement pas proportionnelle à l'augmentation de la chaleur. Car tandis, par exemple, que *l'esprit-de-vin* est gonflé par *l'ébullition* ; l'*eau* ne paroit point encore changer d'état ; elle continuë à se dilater sans bouillir : & lorsqu'elle bout, le *mercure* ne produit pas même encore des *vapeurs*.

Différence entre quelques liquides à cet égard.

L'effet de cette cause doit précéder *l'ébullition*.

417 *e.* *L'ébullition* est donc une dilatation irrégulière des liquides ; & il est probable qu'avant la production de cet effet extrème ; les liquides sont déja affectés de la cause qui le produit. L'expansion des *vapeurs*, est un phénomène très différent, de la simple dilatation d'un liquide ; c'est une toute autre

autre combinaison de ses parties avec le feu. Or cette combinaison nouvelle, commence bien avant l'ébullition dans certains liquides; puisque longtems auparavant, ils produisent des *vapeurs*. Cette cause peut donc rendre croissante la *marche* de leurs dilatations, quoique les augmentations de chaleur qui les produisent soyent égales entr'elles; & concourir ainsi, dans les *liquides aqueux*, à rendre décroissante celle de leurs condensations.

417 *f*. Il est plus sûr de considérer cet effet dans les liquides, qui, au moment de leur *condensation extrême*, ne dévoilent aucune cause qui puisse rendre décroissante la *marche* de leurs condensations; tels que les *huiles* & le *mercure*. Parce que nous pourrons comparer avec plus de sureté les *marches* de ces liquides, avec les circonstances qui accompagnent leur *dilatations extrême*.

Examen de cet effet dans les liquides qui ne montrent pas des causes d'irrégularité dans leur *marche*, lors de leur extrême condensation.

417 *g*. J'ai mis sur le feu de l'*huile d'olive*, & j'y ai plongé un Thermomètre de *mercure*. Dès qu'elle a été un peu échauffée, il s'en est élevé des *vapeurs*. Elle a commencé à *bouillir* à 240, de l'Echelle divisée en 80 parties entre l'eau bouillante & la glace qui fond: mais elle n'avoit pas acquis son plus haut degré de chaleur. Elle a continué à s'échauffer jusqu'à 275, en bouillant toûjours avec plus de force: à ce point elle s'est *enflammée* d'elle-même. Le *mercure* du Thermomètre n'a donné cependant aucun signe d'ébullition.

Expér. sur l'*ébullition* & l'*évaporation* de l'*huile d'olive*.

Je n'ai pas éprouvé la chaleur du *mercure* qui bout; mais on voit déja par cette expérience, qu'elle doit être plus grande que celle de l'*huile d'olive* bouillante: & M. *Braun* assure (*a*) d'après un grand nombre d'expériences, que le mercure ne bout qu'à 414 audessus de *zéro* de l'Echelle de *Delisle*, qui correspondent à $300\frac{4}{5}$ de la nôtre.

Chaleur que le *mercure* peut supporter sans *bouillir*.

417 *h*. A cette prémière différence entre l'*huile d'olive* & le *mercure*; s'en ajoute une autre, tirée de la nature de leurs vapeurs. Celles du *mercure* ont très peu de vertu expansive en comparaison de celles de l'*huile d'olive*; & elles ne sont pas inflammables comme celles-ci.

La chaleur vaporise aussi l'*huil. d'ol.* plus aisément que le *mercure*.

417 *i*. La *chaleur* a donc bien plus de prise sur l'*huile d'olive*, pour la réduire en vapeurs & pour la faire bouillir; qu'el-

Conséquence.

(*a*) *Nov. Comment. Acad. Petroburg.* ann. 1765. pag. 299.

Les *dilatations* de l'*huile d'ol.* doivent aller en *croissant* compar. à celles du *mercure.*

qu'elle n'en a sur le *mercure* aux mêmes égards: & parconséquent, si la *chaleur*, en tendant à produire ces effets extrêmes sur les liquides, fait suivre à leurs dilatations une marche croissante, quoi-qu'elle augmente par degrés égaux; elle doit faire croitre plus rapidement la suite des dilatations de l'*huile d'olive* que celle des dilatations du *mercure.* Et c'est ce que dit l'expérience: les dilatations de l'*huile d'olive* vont en effet en croissant, comparativement à celles du *mercure*: on pourra le voir dans la Table que je donnerai bientôt (418 *m.*). On verra aussi à la suite de cette Table, que l'*huile de lin* est à cet égard dans le même cas que l'*huile d'olive.*

D'accord avec l'expérience.

Les *dilatations* de l'*huile de serpolet* vont en croissant compar. à celles de l'*huile d'olive.*

417 *k.* J'ai parlé ci-devant d'un Thermomètre d'*huile essentielle de serpolet*, que j'ai fait à l'occasion des expériences de M. *Braun.* Ce Thermomètre a servi à confirmer mon idée. Ayant vu que ses dilatations suivoient une marche croissante comparativement à celles de l'*huile d'olive*; je jugeai que la prémière de ces huiles devoit *s'évaporer* & *bouillir*, plutôt que la dernière.

Conjecture d'après l'hypothèse.

Expérience pour la vérifier.

417 *l.* Je ne pus avoir que deux ou trois onces d'*huile de serpolet* pour faire cette épreuve. Je la mis sur le feu, dans un petit vase propre à l'y faire bouillir, & j'y plongeai un Thermomètre de *mercure.* Elle produisit bientôt des vapeurs, & commença de bouillir à 115; & parconséquent 125 degrés plutôt que l'*huile d'olive*: ses *vapeurs* devinrent alors fort épaisses & très adorantes. Elle continua à s'échauffer jusqu'à 218: mais l'évaporation avoit été si grande, qu'à ce point il ne resta plus assez de liqueur pour couvrir la boule du Thermomètre. J'approchai de la vapeur un papier allumé; elle s'enflamma, & le reste de l'*huile* fut consumé en un instant.

Elle est d'accord avec l'hypothèse. L'*huile de serp. s'évapore* & *bout* plutôt que l'*huile d'olive.*

Conséquence. Plus un liquid. résiste à *s'évaporer* & à *bouillir*, plus sa *marche* doit approcher d'être proport. à celle de la chaleur.

417 *m.* Il paroit de là, & de l'expérience précédente; que, toutes choses d'ailleurs égales, plus un liquide *s'évapore* & *bout* aisément; plus la suite de ses dilatations est *croissante*, par les mêmes augmentations de la chaleur: & par cela même ces *accroissemens* de dilatation, sont un défaut rélativement au Thermomètre; puisque c'est une tendance dans le liquide, à passer dans un état, où les proportions de son volume

volume avec la chaleur, changent totalement. C'eſt donc une perfection dans le *mercure* de réſiſter à ce double effet de la chaleur, plus que tous les autres liquides.

Le mercure en approche donc le plus.

417 *n*. Ainſi tout concourt à nous perſuader, que le *mercure* eſt le liquide qui approche le plus de ne recevoir de la chaleur, que de ſimples additions à ſon volume, proportionnelles aux augmentations de la chaleur même: & que parconſéquent, lors que nous l'employons pour le Thermomètre; les *différences* de ſon *volume*, nous donnent les rapports les plus approchans du vrai, entre les *différences* de la *chaleur*.

Conſéquence générale en faveur du mercure.

417 *o*. Je ne dois pas omettre ici, que les changemens qui arrivent dans la capacité de la boule du Thermomètre, contribuent un peu à ſes variations. Mais j'obſerve en même tems, que ſi ces changemens de capacité de la boule ſont proportionnels aux changemens de volume du liquide; ils n'altèrent point la *marche* du Thermomètre: ſes degrés, quoique plus petits qu'ils ne le ſeroient, ſi la capacité de la boule ne changeoit point, reſtent dans les mêmes rapports avec les variations correſpondantes de la chaleur. Et ſi ces changemens ne ſont pas abſolument proportionnels; ceux qu'éprouve la capacité de la boule, ſont ſi petits, en comparaiſon des changemens correſpondans dans le volume du liquide; que les prémiers n'altèrent pas ſenſiblement les rapports des derniers. D'ailleurs tous les liquides dont j'ai comparé les condenſations correſpondantes; étoient ſemblablement renfermés dans des boules de même verre: ainſi leurs *marches* en étoient également affectées; & parconſéquent les inductions que j'en ai tirées reſtent toujours les mêmes.

Changemens de capacité de la boule. Ils n'altèrent pas ſenſiblement la *marche* du liquide.

Moins encore le rapport des marches de divers liquides.

418 *a*. Je vais donner une Table des points correſpondans des divers Thermomètres que j'ai emploiés dans les expériences précédentes; mais auparavant je dois indiquer l'opération par laquelle j'ai trouvé leurs rapports.

Opération pour comparer des Therm. faits de liquides différens.

418 *b*. Les boules de tous ces Thermomètres, excepté celle du Thermomètre de *mercure*, étoient ſenſiblement égales, & d'environ 8 lignes de diamètre: celle de ce dernier avoit 10 lignes; je la fis exprès plus groſſe; parce que le mer-

Groſſeur de leurs boules.

cure se conforme à la température extérieure, plus promptement que tout autre liquide. Ce rapport de 4 à 5, dans le diamètre, qui donne un rapport d'environ 1 à 2 dans la solidité, étoit à la vérité fort éloigné encore de produire une différence, qui pût compenser la différence de *sensibilité* de ces Thermomètres; puisque les *sensibilités* de l'*esprit-de-vin* même & du *mercure*, sont environ comme 1 à 6. Mais vû la lenteur de l'opération, cette différence de *sensibilité* n'a certainement causé aucune erreur essentielle.

Raport des *sensibilités* de l'esprit-de-vin & du mercure, quant à la chaleur.

Formation des Echelles de ces Thermomètres.

418 *c*. Je mis ces Thermomètres dans *la glace pilée* disposée à fondre, & dans *l'eau bouillante*; & je marquai sur leurs tubes, les points où chacun des liquides se tenoit dans ces températures. Je rapportai ces points sur les montures de ces Thermomètres; & j'en divisai semblablement l'intervalle en 80 parties égales.

Fixation des points de comparaison sur le Thermomètre de *mercure*.

Moyen de lui comparer les autres Thermomètres.

418 *d*. Comme le Thermomètre de *mercure* étoit celui auquel je me proposois de comparer les autres; je marquai ses degrés de 5 en 5 sur son tube avec une soye très déliée. J'appliquai aux tubes des autres Thermomètres, de petits *curseurs*, faits de tuyaux de plumes dont les extrémités avoient été coupées sur le tour. Ces tuyaux, fendus dans leur longueur, & originairement plus étroits que les tubes qu'ils embrassoient, restoient fixés par leur ressort, au point où je les conduisois. Chacun de ces *curseurs* étoit destiné à marquer par son extrêmité supérieure, la hauteur du Thermomètre auquel il étoit adapté, au moment où le mercure parvenoit à quelqu'un des degrés marqués par des soyes sur son tube.

Manière de suspendre tous ces Thermomètres dans un grand vase plein d'eau.

418 *e*. Je ne pouvois connoitre avec certitude les points correspondans de tous ces Thermomètres, qu'autant que les changemens de température de l'eau, dans laquelle ils devoient être plongés, seroient très lents. Je pris donc un grand vase pour mon opération: il étoit cylindrique; son diamètre, qui se trouvoit égal à sa hauteur, étoit de 13 pouces. J'y appliquai deux montans à coulisse, diamètralement opposés; ils portoient une petite planche qui montoit & descendoit à volonté audessus du vase, en glissant dans la coulisse. Je liai les Thermomètres sur la petite planche par le haut de leur tube. Ensorte que je pouvois élever ou abaisser chacun

cun d'eux, en le faisant glisser dans ses liens; & tous ensemble, en élevant ou abaissant la planchette. On comprend que ces Thermomètres étoient séparés de leurs *montures*.

418 *f*. Lorsque je voulois opérer, je rangeois d'abord toutes les boules sur une même ligne, dans le milieu du vase; je le remplissois d'eau, que je faisois chauffer jusqu'à ce qu'elle fût prette à bouillir. Je n'osois pas la laisser bouillir entiérement, de peur que les boules venant à se heurter par l'agitation de l'*eau*, ne se rompissent. Mais, je l'ai dit, chaque Thermomètre avoit été mis séparément à l'eau bouillante.

Commencement de l'opér. pour comparer ces Thermom. dans cette *eau* d'abord fort échauffée.

418 *g*. Mon but étoit de laisser l'*eau* se réfroidir lentement; & de marquer sur ces divers Thermomètres les points correspondans à des hauteurs déterminées du Thermomètre de mercure, placé au milieu. Pour cet effet je laissois s'éteindre de lui-même, le feu qui avoit chaufé l'eau: ce qui rendoit le réfroidissement si lent, que quoique les fils qui marquoient les degrés du Thermomètre de *mercure* de 5 en 5, fussent fort minces; je rangeois à mon aise les petits *curseurs* des autres Thermomètres, tandis que l'extrêmité de la colonne de *mercure* parcourroit l'épaisseur de ces fils, qui me la cachoient. Toutes les fois que le Thermomètre de *mercure* approchoit de l'un des points déterminés, j'agitois fortement l'*eau*, pour rendre sa température égale partout.

Contin. de l'opérat. dans l'*eau* qui se réfroidissoit très-lentement.

418 *h*. A chaque observation, je portois avec un compas sur la monture de chaque Thermomètre, la distance qui se trouvoit entre le fil qui marquoit l'*eau* bouillante, & le point où le *curseur* venoit d'être fixé. Quand cette distance étoit devenuë trop grande pour être prise aisément avec le compas; je fixois le *curseur* sur un point; je marquois sur la monture le point qui y correspondoit, & je mettois un autre *curseur* au dessous de celui-là, pour suivre la marche de la liqueur. Ou bien je rapportois les points observés, au fil de la *glace*, dont la liqueur se rapprochoit en descendant.

Manière de déterminer les points correspondans de ces Thermomètres sur leurs Echelles.

418 *i*. C'est ainsi que j'ai marqué sur les Thermomètres dont je vais indiquer la *marche*, & sur plusieurs autres dont je parlerai dans la suite, les points correspondans au Thermomètre de *mercure*, de 5 en 5 degrés; depuis 80, qui est celui de l'*eau bouillante*, jusqu'à 15, qui marquoit alors la température extérieure dans une partie du jour: c'étoit au mois de May.

Ces points déterminés depuis l'*eau bouillante* jusqu'au 15me. degré du Thermomètre de *mercure*.

Les points corresp. au 10me. degrés du Thermom. de *mercure* sur les autres Therm. déterminés dans une cave.

418 *k.* Il m'importoit surtout d'avoir sur mes divers Thermomètres, d'une manière bien exacte, le point correspondant au 10me. degré du Thermomètre de *mercure*; on en verra la raison dans la suite (442 *b.*). Je cherchai donc ce point dans une température naturelle & durable; & je le trouvai sur la fin de Juin dans ma cave; qui conserva cette température durant plusieurs jours sans variation sensible. Prévoyant que ce moment arriveroit, je m'étois préparé à faire l'observation avec exactitude. Tous mes Thermomètres étoient sur des montures, dont la largeur n'excédoit pas d'un quart de ligne, celle des boules: celles-ci étoient isolées, & soutenues seulement par le bas. Quinze Thermomètres n'occupoient ainsi qu'un pied de largeur, & leurs boules étoient placées sur une même ligne horizontale. Ces Thermomètres étoient attachés sur une même planche, dont la partie inférieure se terminoit en une espèce de boëte de 6 pouces de haut & de 2 pouc. $\frac{1}{2}$ de profondeur. Cette boëte étoit destinée à garantir les boules, de la chaleur de mon corps, & de celle d'une petite bougie dont j'avois besoin pour mes observations. Avec ces précautions je marquai très exactement sur tous mes Thermomètres, le point correspondant au 10me. degré du Thermomètre de *mercure*.

Moyen pour s'assurer de l'exactitude de cette détermination.

Fixation des points corresp. au 5me. deg. au dessus de *zéro*; & au 5me. & 10me. deg. au dessous.

418 *l.* J'emploiai de l'eau réfroidie avec de la glace, pour trouver le point qui correspond au 5me. degré. Je pris enfin dans de l'eau salée, réfroidie par de la *glace* mêlée de *sel marin*, les points des Thermomètres *d'esprit-de-vin* & d'*eau salée* qui correspondent sur le Thermomètre de *mercure* au 5me. & au 10me. degré audessous de *zéro*.

Explication de la Table qui renferme les résultats de cette expérience.

418 *m.* La Table suivante montre les résultats de ces observations. Ces résultats sont représentés par deux colonnes pour chaque Thermomètre. Les prémières renferment les hauteurs correspondantes au dessus de *zéro*, exprimées en parties, ou degrés, dont 80 font toûjours la distance du point où *la glace se fond*, à celui où l'*eau bout*. J'ai placé dans les secondes colonnes les différences de ces hauteurs; qui sont les dilatations correspondantes de ces divers Thermomètres. C'est la suite de ces différences qui exprime ce que j'ai appelé la *marche* des liquides.

418 *m*. *TABLE des degrés correspondans, de 5* Thermomètres *faits de différens liquides.* (*a*).

	Mercure.		Huile d'olive.		Huile essent. de Camomille.		Huile essent. de serpolet.		Esprit-de-vin qui brule la poudre.		Eau saturée de sel marin.		Eau commune.	
Eau bouillante.	80		80,0		80,0		80,0		80,0		80,0		80,0	
		5		5,4		5,3		5,7		6,2		5,9		9,0
	75		74,6		74,7		74,3		73,8		74,1		71,0	
		5		5,2		5,2		5,5		6,0		5,7		9,0
	70		69,4		69,5		68,8		67,8		68,4		62,0	
		5		5,0		5,2		5,3		5,9		5,8		8,5
	65		64,4		64,3		63,5		61,9		62,6		53,5	
		5		5,1		5,2		5,2		5,7		5,5		7,7
	60		59,3		59,1		58,3		56,2		57,1		45,8	
		5		5,1		5,2		5,0		5,5		5,4		7,3
	55		54,2		53,9		53,3		50,7		51,7		38,5	
		5		5,0		5,1		5,0		5,4		5,1		6,5
	50		49,2		48,8		48,3		45,3		46,6		32,0	
		5		5,2		5,2		4,9		5,1		5,4		5,9
	45		44,0		43,6		43,4		40,2		41,2		26,1	
		5		4,8		5,0		5,0		5,1		4,9		5,6
	40		39,2		38,6		38,4		35,1		36,3		20,5	
		5		5,0		5,0		4,9		4,8		5,0		4,6
	35		34,2		33,6		33,5		30,3		31,3		15,9	
		5		4,9		4,9		4,9		4,7		4,8		4,7
	30		29,3		28,7		28,6		25,6		26,5		11,2	
		5		5,0		4,9		4,8		4,6		4,6		3,9
	25		24,3		23,8		23,8		21,0		21,9		7,3	
		5		5,0		4,9		4,8		4,5		4,6		3,2
	20		19,3		18,9		19,0		16,5		17,3		4,1	
		5		4,9		4,8		4,8		4,3		4,5		2,5
	15		14,4		14,1		14,2		12,2		12,8		1,6	
		5		4,9		4,8		4,8		4,3		4,4		1,4
	10		9,5		9,3		9,4		7,9		8,4		0,2	
		5		4,8		4,7		4,7		4,0		4,2		0,6
	5		4,7		4,6		4,7		3,9		4,2		-0,4	
		5		4,7		4,6		4,7		3,9		4,2		-0,4
Glace qui fond.	0		0,0		0,0		0,0		0,0		0,0		0,0	
		5								3,9		4,1		
	5								3,9		4,1			
		5								3,8		3,9		
	10								7,7		8,0			
			Au dessous de *zéro* variable suivant la durée du *froid.*											

419 *a*. Les irrégularités qu'on voit dans la *marche* de l'*huile d'olive* m'engagèrent à répéter l'expérience. Cette huile suivit

(*a*) La prémière fois que je considérai dans cette Table, l'expression des dilatations correspondantes de ces différens liquides, j'éprouvai un embarras que je crois devoir épargner à ceux de mes Lecteurs qui le verroient comme je la vis alors.

L'esprit-de-vin, par exemple, qui, me

Difficulté de déterminer la *marche* des *huiles*.

suivit à peu près la même *marche* quand à l'ensemble: seulement les irrégularités furent un peu différentes. Les *huiles* en général se conforment lentement à la température des corps qui les environnent, & s'écoulent difficilement le long des parois du tube quand elles se condensent dans le Thermomètre.

Trois espèces d'*huil.* dont les condens. vont

419 *b.* Ces deux causes rendent assez difficile la détermination exacte de la *marche* des *huiles*: cependant, comme

selon mon systême, doit avoir des dilatations *croissantes*, comparativement à des dilatations du mercure égales entr'elles; se tient cependant toûjours *plus bas* que celui-ci. Tandis qu'il semble au prémier coup d'œil, que ces dilatations *croissantes* de *l'esprit-de-vin*, devroient être exprimées par des hauteurs *croissantes* de plus en plus, comparativement à celles du *mercure*.

Cette illusion est l'effet de la position des deux points communs & semblablement nommés de ces Thermomètres. L'un détermine le commencement des degrés ascendans: & ce point, qui est à la température de *la glace qui fond*, se nomme o sur les deux Thermomètres. L'autre termine les deux Echelles dans le haut; il est pris dans l'*eau bouillante*, & se nomme 80 sur l'une & sur l'autre. Les deux intervalles sont semblablement divisés en 80 parties égales.

Dans cet arrangement, qui au fond est arbitraire, le nombre 80, exprime la somme des dilatations du *mercure* & de *l'esprit-de-vin*. Mais pour le *mercure*, 80 est la somme d'un certain nombre de termes *égaux*; au lieu que pour l'*esprit-de-vin*, c'est la somme d'un même nombre de termes qui *vont en croissant*. Il suit de là nécessairement, que les prémiers termes de l'*esprit-de-vin* doivent être plus petits que ceux du mercure; & que les derniers termes doivent être plus grands. C'est aussi ce qu'on voit dans la Table, en comparant les secondes colonnes de ces deux Thermomètres; lesquelles renferment les différences des *nombres* successifs des prémières colonnes, ou les suites des dilatations correspondantes des deux liquides, dont la somme est également 80.

Quand à *ces nombres* des prémières colonnes, qui expriment les *hauteurs* correspondantes des deux Thermomètres; on voit qu'ils sont toûjours les sommes des *termes* précédens des secondes colonnes; comme 80 en est la somme totale. Par conséquent, tant que les *termes* de l'*esprit-de-vin* restent plus petits que les *termes* correspondans du *mercure*; les sommes de ces *termes*, soit les *hauteurs* de l'*esprit-de-vin*, doivent être plus petites de plus en plus, que les sommes des *termes* correspondans, soit les *hauteurs* du mercure. Mais dès que les *termes* de l'esprit-de-vin deviennent plus grands que ceux du mercure les sommes respectives, soit les *hauteurs* des deux liquides, tendent à se rapprocher, & deviennent enfin égales au point 80. Si l'*esprit-de-vin* pouvoit supporter de plus grandes chaleurs, il résulteroit du même arrangement, que dès le premier terme suivant, le nombre qui exprimeroit sa hauteur seroit plus grand que celui qui exprimeroit la hauteur du *mercure*: & cette différence, contraire à la précédente, augmenteroit très rapidement.

En général, dans tous les intervalles correspondants des deux Thermomètres, dont les *extrémités* auront une même dénomination, parce qu'ils seront semblablement divisés; le Thermomètre d'*esprit-de-vin* paroitra plus bas que celui de *mercure*, mais d'autant moins que l'intervalle sera plus petit: à l'*extrémité* supérieure ils redeviendront d'accord; & au delà de ce point, l'*esprit-de-vin* se tiendra plus haut de plus en plus que le *mercure*.

Je suppose par exemple, qu'on prît pour *point* commun supérieur, *la chaleur naturelle du corps humain*; comme l'avoit fait *Newton* (428 *d.*) & comme M. *Brisson* l'a fait depuis (446 *a.*): je suppose aussi, pour plus de commodité, que ce point soit exactement au 30*me.* degré du Therm. du

me ; dans les réfroidissemens, ces causes tendent à se compenser ; je ne crois pas qu'elles aient altéré essentiellement la *marche* de mes trois Thermomètres d'*huiles* différentes. On peut juger au moins surement, que les condensations de ces trois espèces d'*huiles* suivent une marche décroissante, comparativement aux condensations du *mercure*.

en décroissant compar. à celles du *mercure*.

419 *c*. Il en est de même de l'*huile de lin*, emploiée par *Newton* dans son Thermomètre. M. *Ducrest* a comparé la *marche* de cette liqueur, & celle du *mercure*, avec la *marche* de *l'esprit-de-vin*; & il a exprimé leur correspondance de 10 en 10 degrés de son Thermomètre, dans une Table dont voici l'extrait.

Il en est de même de l'*huile de lin*, par une exp. de M. *Ducrest*.

	Esprit-de-vin.		Mercure.		Huile de lin.
Eau bouillante.	100	-	100	-	100
	50	-	$56\frac{2}{3}$	-	$55\frac{11}{20}$
Temp. des souterrains.	0	-	0	-	0
	50	-	70	-	$66\frac{2}{3}$
	100	-	$153\frac{5}{6}$	-	$144\frac{13}{30}$

de *mercure* (445 *d*). Le point correspondant du Therm. d'*esprit-de-vin* sera donc aussi apellé 30, & l'intervalle de ce point à *zéro* sera divisé en 30 parties égales. Il y aura donc 30 deg. dans le même intervalle du Therm. d'*esprit-de-vin*; là où sur mon Echelle il n'y en a que 25, 6. Et comme toute l'Echelle doit avoir les mêmes degrés; le nombre de *mes* degrés sera toûjours au nombre des degrés *nouveaux* dans les mêmes intervalles, comme 25, 6 à 30, ou comme 256 à 300.

On pourra donc changer uniformément, suivant ce rapport, l'expression des *hauteurs* de l'*esprit-de-vin*, sans qu'on change pour cela le rapport de ses dilatations successives : & alors ;

Aulieu de cette suite,

3,9 . 7,9 . 12,2 . 16,5 . 21,0 . 25,6.

qui correspond dans la Table à la suite du mercure,

5 - 10 - 15 - 20 - 25 - 30

On aura celle-ci,

4,6 . 9,3 . 14,3 . 19,3 . 24,6 . 30

Où l'*esprit-de-vin* paroit encore un peu *plus bas* que le mercure; excepté au point commun 30. Mais au delà de ce point, les nombres qui exprimeront les *hauteurs* de l'*esprit-de-vin*, deviendront plus grands de plus en plus que ceux qui expriment les *hauteurs* correspondantes du *mercure* : car ;

Au lieu de la suite,

25,6 . 30,3 . 35,1 . 40,2 . 45,3 . . 80

Corresp. dans la Table à la suite du mercure,

30 . 35 . 40 . 45 . 50 . . . 80

On aura celle-ci,

30 . 35,5 . 41,1 . 47,1 . 53,1 . . 93,8

où la *hauteur* de l'*esprit-de-vin* paroit augmenter de plus en plus par dessus celle du *mercure*. Je dis *paroit*; car on voit bien qu'en ceci *plus bas* ou *plus haut* n'est qu'*apparence*. Il n'y a de vraiment *fixe*, que les *rapports* des *termes* successifs de l'*esprit-de-vin*, qui expriment ses dilatations correspondantes à des dilatations du mercure égales entr'elles : & ces *termes*, dans ma *Table*, sont les *différences* des *hauteurs* de l'*esprit-de-vin*; lesquelles *différences* conserveront toujours les mêmes *rapports* entr'elles, quelle que soit la grandeur absoluë des degrés égaux qui exprimeront les *hauteurs*.

Remarques sur le Therm. d'*eau*

419 *d.* Le Thermomètre d'eau simple présente une *marche* bien singulière; & d'autant plus intéressante, qu'il s'agit du liquide le plus universellement répandu dans la nature, & dont l'usage est le plus général. N'ayant pû marquer dans la Table précédente, les observations faites sur ce Thermomètre, que de 5 en 5 degrés du Thermomètre de *mercure*; j'ajouterai les remarques suivantes sur ses divers états aux environs de la *congélation.*

Cette *eau* étoit purgée de beaucoup d'air.

419 *e.* Je dois faire observer d'abord, que l'*eau* de mon Thermomètre différoit de l'*eau* commune, en ce qu'elle étoit purgée de beaucoup d'*air*; ce qui est absolument nécessaire pour que ce Thermomètre soutienne le degré de chaleur de l'*eau bouillante.* Mais les autres Thermomètres auquels je l'ai comparé étoient aussi purgés d'*air.* 2°. La Température où l'*eau* est le plus condensée, est à peu près à + 4 du Thermomètre de *mercure*: le Thermomètre d'*eau* est alors à — $\frac{1}{2}$ sur sa propre échelle, dont le *zéro* est la température de la *glace qui fond.* Quand *l'eau* est parvenuë à cette condensation extrême, son volume augmente, soit que la chaleur augmente soit qu'elle diminuë. 3°. L'*eau* a une égale dilatation, dans la température de la *glace qui fond*, & dans celle qui fait monter le Thermomètre de *mercure* à + 8: ainsi le Thermomètre d'*eau* descend, pendant les 4 prémiers degrés d'ascention du Thermomètre de *mercure* depuis *zéro*; de la même quantité dont il remonte, pendant les 4 degrés suivans; c'est-à-dire de $\frac{1}{2}$ degré. 4°. Si donc le Thermomètre d'*eau* est à *zéro* en même tems que le Thermomètre de *mercure* est à + 8, & que la chaleur aille en diminuant; le Thermomètre d'*eau* baisse un peu, puis il remonte: mais s'il est à *zéro* par la même température qui réduit aussi à *zéro* le Thermomètre de *mercure*, & que la chaleur vienne à diminuer; il monte rapidement, d'une manière difficile à déterminer, tant parce qu'elle est variable, que parce que l'*eau*, en se gelant, casse le plus souvent la boule qui la renferme.

Ses différens états aux environs de la congélation.

La privat. d'une partie de son air, ne change pas la nature de la *marche* de l'*eau*; Mais elle la ralentit.

419 *f.* Ainsi malgré la quantité d'*air* qui sort de cette *eau* par les opérations destinées à lui faire supporter la chaleur de l'*eau* bouillante; son volume ne laisse pas d'augmenter avant & durant la congélation: mais cette augmentation n'est pas si

si grande que dans l'*eau* commune. J'avois entrepris des expériences pour déterminer les degrés de dilatation de l'*eau* qui a tout son *air*; lorsqu'elle approche de la congélation: mais je trouvai ces expériences très délicates; & comme par cela même elles demandoient beaucoup de tems & de soins, & qu'elles n'étoient pas absolument utiles à mon objet, je les ai renvoyées à un autre tems.

419 *g*. Enfin, quelle que soit la cause qui produit l'augmentation de volume de l'*eau commune*, à la température qui la fait geler; cette cause est détruite par le *sel marin*; ou du moins cet effet extrême est renvoyé à un degré inconnu de diminution de chaleur: & en même tems, par l'affoiblissement de cette cause, les condensations de l'*eau* vont beaucoup moins en diminuant, à compter dès les prémiers réfroidissemens. C'est ce qu'on voit, en comparant, dans la Table précédente, les *marches* de *l'eau salée* & de *l'eau commune*.

Le *sel* la change essentiellement en même tems qu'il retarde la *congel.* de l'*eau*.

Je me borne à ces remarques particulières; & je reviens à mon sujet principal, en rapellant ici au Lecteur, que la Table qui précéde est principalement destinée, à rendre sensibles les principes que j'ai posés ci-devant; desquels il résulte, que *le mercure est de tous les liquides, celui dont les changemens dans son volume nous donnent les idées les plus vrayes des variations de la chaleur*.

Conséq. de ces exp. destinées à prouver que le *mercure* est le liquide le plus propre au *Thermomèt.*

CONSIDERATIONS sur les solides & sur l'Air, rélativement au Thermomètre.

420 *a*. Dans la recherche de la matière que nous devons préférer pour le Thermomètre, je n'ai traité jusqu'ici que des *liquides*. Il me reste à considérer sous le même point de vuë, *les solides*, & les *fluides* proprement dits.

Examen des *solides* & des *fluides* sous ce point de vuë.

420 *b*. La chaleur produit de si petits changemens dans le volume des *solides*; qu'il suffiroit de cette raison pour montrer qu'ils ne sont pas propres à donner des *Thermomètres*. Nous ne pouvons connoître la dilatation d'un *solide* que par son excès sur celle d'un autre *solide*; & cet excès est toûjours

La *chaleur* produit trop peu d'effet sur les *solides*, pour qu'ils puissent servir de *Thermomètre*.

très petit ; On eſt donc obligé d'emploier des machines compliquées, pour augmenter l'apparence des effets. Or dans cette complication, on eſt expoſé à l'influence de diverſes cauſes étrangères. L'humidité par exemple ; la moleſſe, la ductilité ou l'élaſticité des matières : le balottement des machines ; leurs frottemens ; & en général leurs défauts de tout genre, ſont des cauſes preſqu'inévitables d'erreurs. Je cherche depuis longtems à faire un Thermomètre de métal, pour un uſage particulier ; & je n'ai pû parvenir encore à lui donner une marche régulière : il ſe retrouve rarement aux mêmes points, par les mêmes degrés de chaleur.

Entre les *Fluides*, l'*air* ſeul pourroit y être propre.

Il a des propriétés favorables à cet uſage.

Mais il en a de nuiſibles.

420 *c*. Entre les fluides proprement dits, l'*air* ſeul peut être ſoumis à des expériences de ce genre. Ce fluide mérite bien à la vérité toute l'attention du Phyſicien, rélativement à la meſure de la chaleur : car il eſt doué de deux qualités qui, par tout ce que j'ai dit juſques ici, ſembleroient devoir lui aſſurer la préférence ſur toute autre matière ; c'eſt qu'il ne s'*endurcit* ni ne s'*évapore*. Mais ſon *élaſticité*, & les parties hétérogènes qui s'y mêlent ſans ceſſe, ſont des cauſes d'irrégularité qui me paroiſſent invincibles.

On ne peut apercevoir les chang. de volume de l'*air* ; que par des moyens qui les altèrent.

Therm. d'air d'*Avicenne* & de *Drebbel*.

420 *d*. L'*air* étant *élaſtique*, on ne peut pas apperçevoir les changemens de ſon volume, de la même manière qu'on apperçoit ceux des liquides : il remplit toûjours entièrement les vaſes dans leſquels il eſt renfermé. Les premiers Thermomètre d'*air*, comme celui de *Drebbel*, & celui d'*Avicenne* dont parle *Sanctorius*, furent faits en renfermant une certaine quantité d'*air* dans un vaſe, ou ſimplement dans une petite boule de verre ; & en le ſéparant de l'air libre, par l'entremiſe de quelque liqueur ; dont les mouvemens dans un tube, indiquoient les changemens qu'éprouvoit l'*air* dans ſon volume par les variations de la chaleur.

Ils étoient ſujets à des irrégularités inévitables.

420 *e*. Mais tous ces inſtrumens étoient ſujets à des irrégularités inévitables. Ils agiſſoient preſqu'autant comme Baromètres, que comme Thermomètres : l'*air* qu'ils renfermoient étoit inégalement chargé du poids de la liqueur, qui montoit & deſcendoit dans le tube : il ſe chargeoit plus ou moins des vapeurs qui ſe détachoient de cette liqueur, ſuivant qu'il

faiſoit

faisoit plus ou moins chaud. En un mot, ces instrumens n'avoient rien de régulier ni d'uniforme.

421 *a*. M. *Amontons*, qui s'étoit fort occupé des effets de la *chaleur* sur la *force élastique* de l'*air*, entreprit de perfectionner ce Thermomètre. Il abandonna le moyen tiré des changemens de volume de l'*air*, comme sujet à trop d'irrégularité; & il y substitua les changemens que la *chaleur* produit dans la *force élastique* de ce fluide. Je m'arrêterai à son Thermomètre, le moins défectueux de ce genre qui me soit connu; & je ne l'examinerai ici que quant aux idées qu'il peut nous fournir des effets de la *chaleur* sur l'*air* : me proposant de parler ailleurs plus en détail, des principes de sa construction (429).

M. *Amontons* fit un Therm. par le moyen des chang. que la chal. produit dans la *force élastique* de l'*air*.

421 *b*. Ce Thermomètre consistoit en un long tube de verre, ouvert par un bout, & recourbé par l'autre bout qui se terminoit en une boule. Une certaine quantité d'*air* étoit comprimée dans cette boule, par le poids d'une colonne de *mercure*, & par celui de l'Atmosphère. L'effet de la *chaleur* sur cet *air* renfermé, étoit de lui faire soutenir plus ou moins de poids; & cet effet étoit mesuré par la variation de la colonne de *mercure* dans son tube; corrigée par celle du Baromètre, pour l'influence des changemens du poids de l'*air* extérieur.

Description de ce Therm.

Effet qu'y produisoit la *chaleur*.

Cet instrument étoit bien moins imparfait que ceux auquels M. *Amontons* le substitua. Cependant il avoit encore des défauts très considérables, que je vais détailler.

421 *c*. Sa grandeur d'abord le rendoit impropre à mille expériences où le Thermomètre est nécessaire; il avoit 4 pieds de long, & ne pouvoit guère être réduit. 2°. Cette grandeur étoit nuisible aussi, lorsqu'on vouloit le régler. Car comment le plonger tout entier dans l'eau bouillante? C'étoit du moins une grande incommodité. 3°. Il ne pouvoit supporter le transport: car une légère inclinaison du tube, ou très peu de balancement, pouvoit faire échapper l'*air*. 4°. Le frottement du *mercure* dans le tube, & la compressibilité de l'*air*, devoient rendre les indications de cet instrument très incertaines: c'est-à-dire que, la colonne de

Défauts de ce Therm. qui le rendoient impropre à l'usage ordinaire.

mercure pouvoit être arrêtée par son frottement, dans des points différens de ceux où elle auroit dû se fixer, par l'élasticité de l'*air*.

M. *Amontons* les avoit reconnus.

421 *d*. Voilà quelques uns des défauts de ce Thermomètre; qui déja l'excluoient de l'usage ordinaire. On verra dans la suite (429 *e*.), que M. *Amontons* lui-même l'avoit senti; & qu'il vint à ne considérer ce Thermomètre, que comme un *étalon*, propre à régler des Thermomètres d'*esprit-de-vin*.

Ce Therm. n'a pas l'avantage qu'on pourroit attendre de l'*air*, pour mesurer la *chaleur*.

421 *e*. Mais si nous considérons cet instrument du côté qui nous occupe; nous verrons bientôt, qu'il étoit très éloigné de conserver cette propriété que j'ai supposée dans l'air libre; d'avoir les dilatations les plus proportionnelles aux augmentations de la chaleur.

Il ne montre pas les chang. de *volum*. mais de *force élastique* de l'*air*.

421 *h*. Si ce Thermomètre nous présentoit sûrement les dilatations & condensations de l'*air* libre; il auroit sans doute la proprieté que nous cherchons. Mais d'abord, M. *Amontons* nous a appris lui-même (*a*), que l'*air* n'agit dans son Thermomètre que par sa *force de ressort*: que c'est cette *force* qui éprouve des variations par celles de la *chaleur*: & qu'elle est mesurée, non par les changemens du volume de l'*air*; mais par ceux du poids qu'il soutient, sans changer de volume.

Par la Théorie ces deux chang. doivent être proportionnels.

421 *i*. Il est assez probable que ces deux changemens sont proportionnels. Ils doivent l'être du moins par la Théorie: puisque la *force de ressort* de l'air, n'est que sa faculté de s'étendre; & qu'il paroit bien, que si, dans un certain cas, il devient capable de supporter un poids double; il le seroit alors de s'étendre au double, s'il restoit chargé du même poids. Cependant il est fort ordinaire en Physique, que la Théorie ne soit pas confirmée par l'expérience. Quelque cause imprévuë survient, qui dérange les calculs.

Mais l'exp. n'est pas toujours d'accord avec la Théorie.

Examen de ce Therm. en supposant ces chang. proportionnels.

421 *k*. Mais supposons que les variations de *force élastique* de l'*air*, indiquées par le changement du poids qu'il supporte, soyent exactement proportionnelles aux variations qu'il éprouveroit dans son volume, s'il restoit chargé du même poids: & voyons si ce Thermomètre nous indique bien ces variations de *force élastique*.

Obstacles à la mesure des

421 *l*. Un premier obstacle à ce qu'il nous les indique exactement,

(*a*) *Discours sur quelques proprietés de l'air &c.* Mém. de l'Acad. Royale des Scienc. année 1702.

tement, c'est la dilatabilité de la colonne de *mercure*, à laquelle il faut nécessairement avoir égard: c'est-à-dire qu'il faut corriger la hauteur observée, en conséquence de l'allongement ou raccourcissement que cette colonne elle-même auroit éprouvé, par la variation de la chaleur. Car ces changemens de longueur de la colonne de mercure, augmentent l'apparence des variations qu'éprouve l'*air* dans son ressort.

chang. de *force élastique* de son *air*.

1er. *Obstacle*: La dilatabilité de la colonne de *mercure*.

421 *m.* 2°. L'indication de ce Thermomètre devroit être encore corrigée à un autre égard, à cause de la colonne de *mercure*. La hauteur de cette colonne ne devant être comptée que depuis le niveau du *mercure* à la naissance de la boule; & ce niveau changeant, chaque fois que la colonne s'abbaisse ou s'élève; il faudroit nécessairement soustraire de sa longueur indiquée par l'Echelle, ou lui ajouter, la quantité dont le *mercure* se seroit élevé ou abaissé à l'entrée de la boule.

2d. *Obst.* Les changemens de sa base.

421 *n.* 3°. Ce changement dans la position de l'extrêmité inférieure de la colonne de *mercure*, à la naissance de la boule, obligeroit encore à une troisième correction: parce qu'il en résulteroit un changement dans le volume de l'*air*. Lorsque la *force élastique* de l'*air* est augmentée par la *chaleur*; il repousse le *mercure* dans le tube; & l'espace occupé par l'*air*, devient plus grand. L'*air* augmentant ainsi en volume, perd de sa *force de ressort*; & parconséquent il soulève moins de *mercure*, qu'il n'en auroit soulevé, s'il fût resté sous le même volume: & réciproquement.

3me. *Obst.* Le changement de volume de l'*air*.

M. *Amontons* avoit reconnu cet effet des différences de volume de l'*air*; qu'il ne considéroit cependant, que comme nuisible à l'uniformité des Thermomètres. Il y remédioit à cet égard, en conservant toûjours la même proportion entre les boules & les tubes. Mais cette précaution ne dispensoit pas d'une correction qui pût ramener l'indication immédiate, au changement réel de *force élastique* de l'*air*. Et à supposer que cette correction fût purement géomètrique; elle exigeroit au moins, une forme constante dans le Thermomètre, & des proportions semblables entre la boule & le tube: ce

M. *Amontons* y rémédioit quant à l'uniformité des Thermomèt.

Mais non quant à la mesure de la *force élastiq.* de l'*air*.

ce qui feroit toûjours un grand défaut, dans un inftrument qui doit être fabriqué par gens qui en font commerce.

4me. *Obft.* Les variat. du *poids de l'Atmosphère.*

421 *o.* 4°. L'indication immédiate de ce Thermomètre, doit être auffi corrigée, à caufe de l'effet qu'y produit le poids de l'Atmofphère. Parconféquent il devroit être toûjours accompagné d'un Baromètre; pour favoir de combien le poids de l'*air* extèrieur différeroit de celui fur lequel on auroit compté en faifant fon Echelle. Et cette correction ne feroit pas bien fimple: car on va voir que l'*air* acquiert plus ou moins de *force élaftique*, par la même augmentation de *chaleur*; fuivant qu'il eft plus ou moins chargé.

Les chang. de *forc. élaftiq.* de l'*air* par la *chal.* font prop. au *poids* dont il eft chargé.

421 *p.* 5°. Le changement continuel qui arriveroit dans la *faculté* de l'*air*, d'éprouver des variations dans fa *force élaftique* par les variations de la *chaleur*; obligeroit à une 5me. correction, bien plus difficile que les précédentes. M. *Amontons* a trouvé (*a*), que cette *faculté* de l'*air*, étoit proportionnelle au *poids* dont il étoit chargé: & par exemple; que l'augmentation du *poids* qu'il pouvoit foutenir, en paffant de la température des caves de l'*Obfervatoire de Paris* à celle de l'*eau bouillante*; étoit d'environ $\frac{1}{3}$ du *poids* qu'il foutenoit dans cette prémière température, quel que fût ce poids.

5me. *Obft.* Les chang. de *poids* de la colonne de *mercure.*

421 *q.* Or il eft aifé de voir, que cette proprieté fait changer continuellement l'état de l'*air* dans ce Thermomètre; puifque le *poids* dont il y eft chargé, varie continuellement. Ainfi, par exemple, l'*air* chargé du *poids* d'une colonne de *mercure* de 27 pouces, & du *poids* de l'*air* extérieur, égal à une femblable colonne; dans une certaine température; a la faculté de recevoir un certain accroiffement dans fa *force élaftique*, par un premier *degré* d'augmentation de la chaleur. Mais auffitôt après ce prémier accroiffement, la *faculté* d'en recevoir de nouveaux augmente; parce que le *poids* dont il eft chargé augmente, par l'allongement de la colonne de *mercure*. Parconféquent, fi un premier *degré* d'augmentation de la *chaleur*, a donné à l'*air* renfermé, la force de foutenir une colonne de *mercure* plus grande d'un pouce que n'étoit la précédente; un fecond *degré* égal à l'autre (lors même qu'il augmenteroit

(*a*) Voyez le *Mémoire* déja cité.

menteroit également la *force élastique* d'un air toûjours également chargé) n'augmentera pas d'une même quantité la *force élastique* de l'*air* du Thermomètre. Ce second *degré* fera allonger de plus d'1 pouce la colonne soutenuë. Ainsi les degrés de l'Echelle de ce Thermomètre devroient aller en croissant de bas en haut, pour qu'ils exprimassent des augmentations égales dans la *force élastique* d'un *air* toûjours également *chargé*. Mais comment déterminer la loi de cet accroissement? Comment surtout la combiner avec l'effet des changemens de poids de l'Atmosphère? Je n'oserois décider sans des expériences, si c'est là un problème de pure géomètrie: & ces expériences seroient surement très délicates.

Ces obstacles s'opposent au moins à ce que ce Thermom. puisse servir généralement.

421 *r*. Voilà donc cinq corrections distinctes qu'exigeroit ce Thermomètre; pour qu'on pût y démêler *des augmentations égales de ressort d'un air également chargé*. Il est vrai que plusieurs de ces corrections tendent à se compenser: peut-être même s'en trouveroit-il de proportionnelles aux variations de la *force élastique* de *l'air*: on pourroit encore faciliter quelques-unes de ces corrections, en substituant un cylindre, à la boule de Mr. *Amontons*. Cependant on seroit toûjours obligé de les déterminer chacune à part. Et si cette détermination étoit possible pour un Physicien adroit & patient, il pourroit bien nous donner par là, une idée juste des variations de la *force élastique* de l'*air*; mais il ne nous fourniroit pas un Thermomètre à la portée de la plupart de ceux qui doivent en pourvoir le Public: & c'est cependant ce que nous devons chercher.

6me. *Obst.* La différ. d'effet de la *chal.* sur l'*air* différem. *pur*.

421 *s*. Mais quand enfin on parviendroit à surmonter ces obstacles; il en resteroit encore un autre, que M. l'*Abbé Nollet* a déja indiqué (*a*), & que je crois insurmontable: obstacle par lequel les expériences faites sur un de ces Thermomètres, ne seroient point applicables à tous. On sait que l'*air* ne reçoit les mêmes accroissemens dans sa *force élastique*, par les mêmes augmentations de la *chaleur*, que lorsqu'il est également *pur*; que les *vapeurs* dont il peut être plus ou moins mêlé, se condensent ou se dilatent suivant le degré de la

(*a*) *Leçons de Physiq. exp.* 3me. Edit. Tom. pag.

chaleur ; & que lorſqu'elles ſont dilatées, elles ont une force expanſive très différente de celle de *l'air pur*. Or il ſeroit preſqu'impoſſible d'obtenir cette égale *pureté*, ni un degré de *pureté* permanent, dans l'*air* qu'on renfermeroit pour le ſoumettre à ces expériences.

Effets généraux de ces obſtacles.

421 *t*. Le Thermomètre de M. *Amontons*, celui d'entre les Thermomètres d'*air* qui étoit ſujet à moins de difficultés, en renfermoit donc encore un trop grand nombre pour qu'il pût devenir le *Thermomètre commun*. Ces difficultés peuvent être rangées ſous trois claſſes. Les unes le rendoient impropre à l'uſage ordinaire : les autres s'oppoſoient à ce qu'il nous montrât la *marche* de l'*air* dans ſes dilatations par la *chaleur* : d'autres enfin ne permettoient pas d'eſpérer, qu'on pût avoir par ce moyen des Thermomètres uniformes.

Recherches ſur la *marche* de l'*air* par la *chaleur*.

421 *u*. Cependant il étoit fort utile, indépendamment du Thermomètre, de connoitre la *marche* de l'*air* par la *chaleur* : & dans ce deſſein, j'ai fait un grand nombre d'expériences pour chercher ſon rapport avec celle du *mercure* (IIIme. Part. Chap. III.). Il réſulte de ces expériences, que les *marches* de ces deux fluides s'écartent peu d'être proportionnelles : mais je n'ai pû découvrir, ni ſi elles le ſont abſolument, ni même ſi les condenſations de l'*air* ſuivent une marche *croiſſante* ou *décroiſſante*, comparativement à celles du *mercure*.

M. *Amontons* la croyoit ſemblable à celle de l'*eſprit-de-vin*.

M. *Amontons* a trouvé, que ſes Thermomètres d'*air* s'accordoient avec ceux *d'eſprit-de-vin* (*a*) ; ce qui ſemble indiquer que les *condenſations* de l'*air*, comme celles de l'*eſprit-de-vin*, ſuivent une marche *décroiſſante*, comparativement à celles du *mercure*. Mais je crois plutôt, que cette obſervation de M. *Amontons*, prouve immédiatement la conſéquence générale que j'ai tirée de l'examen de ſon Thermomètre ; ſavoir, qu'il n'a pû y démêler la vraie *marche* de l'*air*. J'ai montré des cauſes qui doivent faire ſuivre aux *condenſations* de l'*eſprit-de-vin* une marche *décroiſſante*, par des *diminutions* de la *chaleur* qui ſont *égales* entr'elles. J'ai fait voir que l'une de ces cauſes ne ſe trouve pas dans le *mercure* ; il ne ſe dilate pas lorſqu'il ſe gèle (415 *m*.) : & que l'autre

Nouvelle conſidération contre l'exactitude de ſon Thermomètre.

(*a*) *Mém. de l'Acad. Royal. des Scienc.* année 1703.

tre y agit beaucoup moins que dans *l'esprit-de-vin*; il se vaporise & bout plus tard (417 *d* & *e*): j'ai montré en même tems, que les *condensations* de ce dernier liquide suivent une marche *décroissante* comparativement à celles du prémier (418 *m.*). Or l'*air* n'est sujet ni à se geler, ni à se vaporiser & bouillir, & parconséquent, il paroit devoir s'écarter plus de la *marche* de *l'esprit-de-vin*, que le *mercure* même.

La *marche* de l'*air* devroit s'écarter de celle de l'*esprit de v.* plus que celle du *merc.* même.

421 *v.* Je sens bien cependant, que l'*air* étant un *fluide élastique*; on peut se tromper en lui appliquant les résultats des expériences faites sur les *liquides*; & je ne fais point dépendre l'exactitude de ces résultats, de celle de la conséquence que j'en tire rélativement à l'*air*. Car si l'expérience venoit à prouver, que les *condensations* du *mercure* suivent une marche *croissante*, comparativement à celles de l'*air*; comme l'indiqueroit l'expérience de M. *Amontons*; je ne balancerois pas à croire, que ce sont les *condensations* du *mercure* qui approchent le plus d'être proportionnelles aux *diminutions* de la *chaleur*.

Cette conséquence n'est cependant pas rigoureuse.

421 *x.* Plus j'ai étudié cette matière, plus j'ai eu lieu de me persuader; que quoique les *condensations* du *mercure* suivent une marche *croissante*, comparativement à celles de tous les autres *liquides* soumis à ces expériences; elles sont encore *décroissantes*, plutôt que *croissantes*, comparativement à des *diminutions* de la *chaleur* qui sont *égales* entr'elles. J'en vois déja une cause, en ce que le *mercure* peut être *vaporisé* par la *chaleur* (417 *e.*): mais je le conclurois aussi d'une réfléxion générale, par laquelle je vais terminer celles que je me proposois de présenter sur cet objet.

Les *condens.* du *mercure* ne peuvent être *croissant.* compar. aux *dimin.* de la *chaleur.*

421 *y.* De toutes les conjectures qu'on peut former sur la manière dont la *chaleur* change le volume des corps; il n'en est aucune qui nous porte à juger, que leurs *condensations* doivent suivre une marche *croissante*, lorsqu'elles sont produites par des *diminutions* de la *chaleur* qui restent *égales* entr'elles: & au contraire, dans la plupart de ces hypothèses, il semble que les *condensations* devroient suivre une marche *décroissante*. Car: plus les intervalles décroissent entre les parties intégrantes d'un corps; moins il y a lieu à de nouveaux rapprochemens: plus il y a déja de points par lesquels

Les *condens.* des corps ne peuvent suivre une marche *croissante* par des *diminutions égales* de la *chaleur.*

ces parties se touchent; moins il est facile qu'il se forme de nouveaux points de contact: plus il entreroit de particules *salines* ou *frigorifiques* dans un liquide; moins son volume pourroit diminuer: plus les parties intégrantes d'un liquide auroient déja perdu de mouvement; moins leurs pertes successives de mouvement pourroient aller en croissant. Ou enfin, si le rapprochement des particules d'un liquide, procède immédiatement de ce que le *fluide igné* sort de ses interstices; il n'y a point de raison de croire, que les rapprochemens, ou les *condensations*, puissent aller en *augmentant*; lorsqu'elles procédent d'émigrations *égales* du *fluide igné*. Il est donc absolument improbable; que les *condensations* d'un liquide puissent suivre une marche *croissante*, tant que les diminutions de la *chaleur* qui les produisent sont *égales* entr'elles.

Objection tirée de la condensation subite de l'*huile d'olive* quand elle se gèle. Réponse.

421 z. On m'objectera peut-être cette *condensation* extraordinaire qui se fit dans l'*huile d'olive*, lorsque je la mis dans de la glace mêlée de sel (414 *q.*). Mais je ne parle que des *condensations* qui se succèdent régulièrement, par une diminution continuelle de la chaleur; & non de *condensations* qui se firent, tandis même que la chaleur alloit en augmentant; & qui parconséquent ne pouvoient qu'être produites par une cause particulière. J'ai déja dit mon idée sur cette cause; c'est probablement une plus forte attraction des particules de *l'huile d'olive* par certains points, lorsqu'elles commencent à se toucher. Les particules de l'*huile* prennent alors entr'elles un nouvel arrangement, par lequel elles occupent moins d'espace; & dans ce moment, l'*huile* cesse d'être liquide. Par conséquent on ne voit là qu'une exception: & il me paroit toûjours vrai, dans la thèse générale; que les *condensations* d'un corps qui ne change pas d'état; d'un liquide, par exemple, qui demeure liquide; ne peuvent suivre une marche *croissante*, tandis que les *diminutions* correspondantes de la *chaleur* sont *égales* entr'elles.

Conclusion générale sur le choix d'un *liquide* pour mesurer la *chal.*

Concluons donc; que *le liquide dont les condensations suivent une marche croissante, comparativement à celles de tous les autres liquides; est très probablement celui dont les différences de volume, approchent le plus d'être proportionnelles aux différences de*

de la chaleur. Or, jusqu'à présent, ce liquide est le *mercure.* Le mercure doit avoir la préférence.

PREUVE directe que le mercure *est de tous les liquides emploiés jusqu'à présent au Thermomètre, celui qui mesure le plus exactement les* différences *de la* chaleur; *par les* différences *de son* volume.

422 *a.* Mes remarques précédentes sur les différentes *marches* des *liquides* étoient déja sous presse, sans qu'il me fût venu aucun scrupule, sur la proposition par laquelle je les termine. Mais en relisant cette feuille pour la donner à l'imprimeur; j'ai eu quelque crainte qu'on ne trouvât, que je généralisois trop les résultats de quelques expériences particulières: & comme en même tems, cette conclusion générale m'a paru très intéressante; j'ai souhaité vivement de pouvoir la soumettre à quelque espèce de vérification immédiate. Scrupule sur la *conclusion générale* qui précéde. Utilité d'une vérification immédiate.

422 *b.* Je me suis rappellé à cette occasion, du projet d'expériences de M. *Le Sage*, dont j'ai parlé au commencement de ce Chapitre (411 *a. note.*) Ce Physicien aussi ingénieux que profond, a imaginé de diviser le Thermomètre, non en degrés d'égale étenduë sur le tube, comme on l'a fait jusqu'ici; mais en degrés *tels* que les produiroient des *différences* de la chaleur égales entr'elles; obtenuës par certains mélanges d'eau (ou d'autre liquide) de différentes températures. On voit bien que dans un tel Thermomètre, la loi que suivroient les étenduës de ses *degrés*, seroit celle des différences que le liquide dont il seroit fait, éprouveroit dans son volume, par des différences de la chaleur égales entr'elles: & que parconséquent ces expériences se trouvent renfermer en même tems, un moyen de découvrir immédiatement, quel est le liquide dont les différences de volume, approchent le plus d'être proportionnelles aux différences de la chaleur. Projet de M. *le Sage* pour la graduation du Thermomètre. Il renferme le moyen de faire cette vérificat.

422 *c.* Cette recherche n'entroit pas essentiellement dans mon plan, lorsque je songeai à écrire sur le Thermomètre. Je voulois montrer seulement, l'importance de n'y employer qu'un seul liquide, & la convenance de choisir le mercure (410 *c*, 411); & j'avois assez de matériaux pour satisfaire Addition au premier plan de ce Chapit.

à ces deux objets. Je craignois aussi, comme on l'a vû, lorsque j'ai parlé pour la prémière fois du projet de M. *le Sage*, que l'éxécution n"en fût très difficile: & je serois resté dans les limites de mon prémier plan, si je n'avois entrevû un moyen de tirer de ces expériences des preuves pour ou contre mon systême, sans beaucoup d'appareil.

Cette découverte m'a déterminé. Quelque raison que j'eusse de hâter l'impression de mon ouvrage, je l'ai suspenduë pour tenter ces expériences; & j'en ai été dédommagé par le plus heureux succès. J'aurois été content de trouver la vérité, quelle qu'elle fût; & je l'ai trouvée, telle que je l'avois conjecturé.

Projet de *Renaldini* qui semble être le même que celui de *M. le Sage.*

422 *d.* L'idée de M. *le Sage*, dont je viens de parler, ne paroitra pas nouvelle au premier coup d'œil; parce qu'on a déja parlé plus d'une fois, en vuë du Thermomètre, *de mélanges* d'eau à différentes températures. J'ai vû par exemple, que *Renaldini*, Professeur à *Padouë*, avoit proposé autrefois de graduer le Thermomètre d'*esprit-de-vin* par de semblables *mélanges*. Il vouloit, qu'après avoir marqué sur le tube de ce Thermomètre, le point où *l'esprit-de-vin* s'arrêteroit quand il seroit environné de *glace*; on le plongeât successivement dans 12 vases différens, dont le premier contiendroit 11 parties d'eau *froide* (*aqua gelida*) mêlées d'1 partie d'*eau bouillante*; le 2d. 10 parties de la prémière & 2 parties de la seconde; le 3me. 9 parties de la prémière & 3 parties de la seconde; & ainsi de suite, jusqu'au dernier vase qui ne contiendroit que de *l'eau bouillante*; & qu'on marquât sur le tube, les points où l'*esprit-de-vin* s'arrêteroit: ce qui formeroit toute l'Echelle du Thermomètre.

Cité par *Bilfinguer* & par *Wolf.*

422 *e.* Ce fut en 1761 que j'eus la prémière connoissance de ce projet de *Renaldini*: je le vis indiqué dans les *Elemens de physique* de M. *G. B. Bilfinguer*, imprimés à *Leipzig* en 1742. Sur cette indication, je crus que l'idée de *Renaldini* approchoit beaucoup de celle de M. *le Sage*, qui me l'avoit communiquée depuis longtems: il le crut aussi, lorsque je la lui fis voir dans l'ouvrage de M. *Bilfinguer*, qu'il ne connoissoit pas encore: il me l'a montrée lui-même ensuite, dans l'*Aérométrie*

métrie de *Wolff*, qui la rapporte précisément sous le même point de vuë que l'a fait depuis M. *Bilfinguer*.

422 *f*. Cette apparence de conformité, qui m'étoit restée dans l'*esprit*; m'a engagé, lorsque je me suis occupé de ces expériences, à chercher dans les ouvrages mêmes de *Renaldini*, qu'elles avoient été ses vuës: & je les ai trouvées absolument différentes de ce que j'avois imaginé. Il vouloit simplement remèdier par ce moyen, à l'effet de l'air qu'on laissoit alors dans le tube du Thermomètre en le scélant; cet air, résistant de plus en plus à l'ascention de la liqueur à mesure qu'elle se dilatoit; devoit, selon lui, rendre sensiblement décroissans les espaces que parcourroit la liqueur dans son tube, par des augmentations de la chaleur égales entr'elles.

Vuë de *Renaldini*, très différente de celle de M. *le Sage*.

Il vouloit seulement remédier à la résistance de l'air laissé dans le Tube du Thermomètre.

422 *g*. *Renaldini* exprime lui-même ce but unique. Après quoi, considérant le tube du Thermomètre comme vuide d'*air*; il assure qu'alors l'*esprit-de-vin* parcourroit des espaces égaux, par des augmentations de la chaleur égales entr'elles: & qu'ainsi, après avoir marqué sur le tube l'espace qu'auroit parcouru l'*esprit-de-vin* par l'addition d'1 partie d'eau *bouillante* à 11 parties d'eau *froide*; il suffiroit de marquer le long du tube, 11 espaces égaux à ce premier; pour *diviser la chaleur de l'eau bouillante* en 12 parties *égales* (*a*).

Preuve.

422 *h*. C'étoit là une erreur bien grande, non seulement sur la *marche* de l'*esprit-de-vin*, mais encore sur la chaleur elle-même. Cet Auteur prétendoit ainsi, & l'exprimoit positivement, que son Thermomètre devoit servir à comparer entr'elles, des quantités *absoluës* de chaleur: c'est-à-dire, que la chaleur de 2, 3, 4, &c. *degrés* d'un Thermomètre construit de cette manière; seroit *double*, *triple*, *quadruple* &c. de celle du prémier *degré* (*b*). Comme si l'eau qu'il appelle *gelida*,

Erreurs de Renaldini sur ce point.

(*a*) » At si fistula, *dit-il*, omni aere » vacua foret, atque adeo ascendenti spi- » ritui aer nullus resisteret, ad hoc ab- » solvendum opus, satis quidem esset ob- » servare primum ascensum.... hoc enim » observato, signari possint singulæ partes » æquales i si.... tunc enim ascensus sin- » guli forent æquales; prout singulæ fer- » ventis aquæ mensuræ, sunt æquales « CAROLI RENALDINI... *Naturalis philosophia*; folio, Tom. III. *pag.* 276. *Patavii* 1694.)

(*b*) » Hujus Thermometri, *dit-il*, hic » usus erit: si nos simus alicubi, ubi aër » tantum caloris habet, ut vini spiritus in » instrumenti collo ascendat ad secundum » asterismum, alibi vero ad tertium; di- » cimus calorem aeris in secundo loco ad » calorem ejusdem in primo, rationem » habere ut 3 ad 2, & sic de reliquis » (p. 275).

gelida, n'avoit aucune chaleur ; & qu'il eût prouvé, que *l'esprit-de-vin* se dilate proportionnellement à l'augmentation de la chaleur. Mais on ne doit pas être surpris que *Renaldini* tombât, en 1694, dans des erreurs, que bien des Physiciens ont faites dès lors : & c'étoit beaucoup dans ce tems là, que d'avoir imaginé de donner des termes fixes au Thermomètre.

Autres projets différens de ceux de *Renaldini* & de M. *le Sage*.

422 *i*. Depuis *Renaldini*, quelques Physiciens ont exécuté de ces mélanges d'eau de différente température ; mais dans un but très différent, & du sien, & de celui de M. *le Sage*. Ces deux derniers ont en commun ; de tendre à la perfection du Thermomètre, quoique bien différemment : aulieu que les Physiciens dont je parle ; regardant le Thermomètre comme une mesure exacte de la chaleur ; cherchoient seulement, quelle étoit la chaleur qui résultoit de ces mélanges.

Erreur de *Boerhave* sur la chaleur résultante des mélanges d'eaux de différentes températures.

422 *k*. C'est ainsi que *Boerhave* (*a*), par une erreur qui a surpris tous ceux qui l'ont remarquée ; a crû voir dans ses expériences ; que lorsqu'on mêloit parties égales d'*eau* de différentes températures, exprimées en degrés du Thermomètre de *Fahrenkeit* ; la chaleur du *mélange* étoit exprimée en degré de ce même Thermomètre, par la moitié de l'excès de chaleur de l'*eau* la plus chaude sur l'*eau* la moins chaude : que par exemple ; en mêlant parties égales d'*eau* prête à geler, qui est à 32 au dessus de *zéro* dans ce Thermomètre, & d'*eau bouillante*, qui est à 212 ; la chaleur du *mélange* étoit $\frac{212-32}{2}=90$. Tellement que, selon lui, la *chaleur commune* ; c'est-à-dire une quantité de chaleur égale à celle de l'eau la moins chaude, *périssoit* dans le *mélange* : ce qu'il trouvoit *très difficile à concevoir* ; mais qui est une erreur très difficile à excuser.

Expériences de *Krafft* sur de pareils mélanges.

422 *l*. *M. Krafft* ayant fait les mêmes expériences, trouva des résultats plus conformes au vrai. Cependant son Thermomètre s'étant toûjours tenu plus bas qu'il n'auroit dû se tenir, en supposant que toute la chaleur des masses d'*eau* mêlées ensemble se conservoit & se distribuoit également dans la nou-

(*a*) P. I. *Chymie* ; exper. XX. *de igne*.

nouvelle masse ; il se contenta d'imaginer une formule qui satisfît à cette différence ; & ne suspecta point son Thermomètre (*a*). M. *Richmann* (*b*), examinant les expériences de M. *Krafft*, crut voir qu'il avoit fait erreur, en comptant pour rien la chaleur particulière du vase où étoit fait le *mélange*, & même celle du Thermomètre ; & que c'étoit la raison de ce qu'il avoit été obligé de changer la formule, qui suppose une entière conservation & une égale distribution de la chaleur, dans les *mélanges* d'eau à différentes températures. Il répéta donc les mêmes expériences, en y introduisant ces deux conditions ; & son Thermomètre se tint encore un peu trop bas pour répondre au calcul. Cependant il ne suspecta point non plus la marche du Thermomètre ; & il attribua cette différence, au réfroidissement occasionné par le contact de l'*air* extérieur, pendant la durée de l'opération. Il conclut donc de ses expériences ; que la chaleur d'un *mélange* d'eau de différentes températures, fait dans un vase dont on connoissoit la chaleur & le poids ; étoit la somme des produits des chaleurs des composans par leurs masses, divisée par la somme des masses ; & que le Thermomètre l'indiquoit ainsi, en tenant compte de l'effet du contact de l'air.

Semblables expériences de *Richmann*.

422 *m*. Si nous pouvions compter sur l'exactitude des expériences de M. *Richmann*, il ne nous resteroit rien à desirer dans le Thermomètre : car ses degrés exprimeroient réellement des parties égales de la chaleur ; & c'est tout ce que nous pouvons en attendre (411). Supposons par exemple deux masses égales d'*eau* ; dans l'une desquelles le Thermomètre de *Fahrenheit*, qu'emploioit M. *Richmann*, se tiendroit à 40, & dans l'autre à 80. Si chacune de ces masses n'avoit que la chaleur exprimée par 40 ; leur *mélange* n'y changeroit rien ; le Thermomètre s'y tiendroit encore à 40 : mais l'une des masses auroit un surplus de chaleur de 40 degrés ; & par le *mélange*, ce surplus, se distribuant dans une masse double, diminueroit de moitié dans toutes les parties de la nouvelle masse ; dont la chaleur seroit donc sur le Thermomètre

Suivant le résultat de ces expériences les *degrés égaux* du Therm. de *mercure* exprimeroient des *quantités de chaleur égales entr'elles*.

(*a*) Je n'ai vû les expériences de M. *Krafft*, que dans le Mémoire de M. *Richmann* dont je vais parler.

(*b*) *Nov. Comment. Acad. Petropol.* Tom. I. pag. 152 à 173.

$40 + \frac{40}{2} = 60$. Or la formule de M. *Richmann* donne le même résultat ; car $\frac{40 \times 1 + 80 \times 1}{1 + 1} = 60$. Si donc l'indication du Thermomètre répondoit à cette formule, comme le prétend M. *Richmann* ; ses degrés égaux exprimeroient réellement des quantités égales de chaleur, ajoutées à la quantité constante qui correspond au *zéro* de l'Echelle.

Mais M. l'*Abbé Noll.* a trouvé les mêmes résultats avec le Therm. *d'esprit-de-vin*, qui ne suit pas le Therm. de *mercure*.

422 *n*. Mais le Thermomètre qu'emploioit M. *Richmann* étoit de *mercure* : & M. l'Abbé *Nollet* a trouvé le même résultat avec un Thermomètre d'*esprit-de-vin* (*a*). Or les *marches* du *mercure* & de l'*esprit-de-vin* sont très différentes ; & parconséquent si l'une des deux est d'accord avec la chaleur, l'autre doit s'en écarter beaucoup. Je comprends comment ces Messieurs ont pû se tromper. Dans les expériences de M. *Richmann*, les masses d'eau étoient trop petites pour qu'il pût avoir des résultats sûrs : & dans celles de M. l'Abbé *Nollet*, outre cette même cause d'erreur, les différences de températures n'étoient pas assez grandes, pour produire un écart sensible, entre l'indication du Thermomètre & la chaleur réelle : cet écart, dans tous les liquides que j'ai éprouvés, décroissant plus rapidement que la différence des températures (422 *ss note*.).

Esquisse du projet de M. *le Sage* pour *graduer* le *Therm.* par des *mélanges* d'eau de différ. températures.

422 *o*. C'est précisément la disparité des *marches* de l'*esprit-de-vin* & du *mercure*, qui montrant certainement que l'une ou l'autre n'est pas d'accord avec la chaleur, les avoit renduës suspectes l'une & l'autre à M. *le Sage*. S'occupant de cette matière, il imagina son projet de graduation du Thermomètre ; qui est indépendant de la *marche* des liquides. Il consiste, comme je l'ai dit, à faire un certain nombre de *mélanges* d'eau (ou de quelqu'autre liquide) de deux différentes températures ; dans des proportions convenables ; & avec des précautions, propres à conserver au *mélange* toute la chaleur des composans, ainsi qu'à le garantir d'addition. L'*excès* de chaleur de l'une des masses sur l'autre, se distribuë également dans la masse totale : voilà le principe : le reste dépend

(*a*) *Leçons de Phys. expér.* 3me. édit. Tom. IV. p. 512.

pend de calculs très simples. On comprend par exemple, que ces mélanges pourroient être faits en telles proportions; que la chaleur du second, *différeroit* de celle du prémier; d'autant que celle du troisième, *différeroit* de celle du second: & ainsi de suite. Les points où se tiendroit, dans de tels *mélanges* successifs, un Thermomètre de quel liquide qu'il fût fait; détermineroient la grandeur tant absoluë que rélative de ses *degrés*: & quelqu'*inégales* que pussent être les *étenduës* qu'occuperoient ces *degrés* sur le tube; ils exprimeroient toûjours des *différences égales* de chaleur. C'est pourquoi, comme je l'ai dit (411 *note*), M. *le Sage* apelle *équidifférentiel*, le Thermomètre qui seroit gradué de cette manière. Il suffiroit d'en construire un seul: car il serviroit ensuite de modèle, non seulement à ceux qui seroient faits du même liquide, mais encore à tous ceux qu'on feroit d'autres liquides, dont on connoitroit la *marche*, rélativement à celle de ce premier.

Appliqué à découvrir dans quel sens la *marche* du *mercure* s'écarte de celle de la *chaleur*.

422 *p*. M. *le Sage* pourvoit à tout dans son projet. Mais sa santé & ses autres occupations, l'ont empêché de mettre la main à l'œuvre; & les mêmes raisons de ma part, ne m'ont pas permis de suivre un plan si étendu. Je ne me suis donc pas proposé d'abord le même but que M. *le Sage*, dans les expériences que je viens de faire: Je voulois seulement découvrir par leur moien, si les condensations du *mercure* suivoient une marche *croissante* ou *décroissante*, comparativement à la chaleur. Cependant elles m'ont conduit plus loin; comme on le verra dans le détail que je vais en donner.

Différence dans la facilité de l'exécution, résultant de la différence des vuës.

422 *q*. Dans le projet de M. *le Sage*, la principale difficulté consiste à garantir de perte ou d'acquisition de chaleur, le *mélange* fait de certaines quantités d'un même liquide, de différentes températures. Et pour mon but, il suffisoit de savoir certainement, si ce *mélange* avoit perdu, ou acquis, de la chaleur: pouvant d'ailleurs aisément, rendre ces différences fort petites.

Ire. Expér. Par le *mélange* de parties égales d'*eau* à différentes températures.

422 *r*. *Prémière expérience*. J'ai rempli d'*eau*, un vase qui en contenoit environ 15 *livres* poids de marc; & j'ai vuidé cette *eau* dans un autre vase capable d'en contenir une quan-

tité double, ſans être plein. L'*eau*, ainſi que ce dernier vaſe, étoit à la température de la chambre: un Thermomètre de *mercure*, diviſé en 80 parties entre les points correſpondans à *la glace qui fond* & à l'*eau bouillante*, ſe tenoit exactement à *6* dans cette *eau*, & n'a point varié juſqu'au moment de l'expérience.

Chaleur d'une certaine maſſe d'eau, exprimée en degrés du Therm. de *mercure*.

L'eau bouillante ne peut être emploiée à ces *mélanges*.

422 *s*. J'aurois voulu pouvoir mêler de l'*eau bouillante* à cette prémière doſe, pour avoir une plus grande différence de température. Mais l'*eau bouillante* ne peut être meſurée ni peſée. Lorſqu'on la retire de deſſus le feu & qu'elle ceſſe de *bouillir*, elle a déja perdu ſenſiblement de ſa chaleur. C'eſt une attention qu'on ne paroit pas avoir faite dans quelques unes des expériences que j'ai rapportées, & où il eſt parlé d'*eau bouillante*. Il ſeroit difficile même de meſurer de l'eau prête à bouillir & de s'aſſurer en même tems de ſa température: car elle ſe *réfroidit* très rapidement; & l'on ne vuide pas promptement un vaſe exactement plein d'*eau*, ſans riſque d'en répandre. Voici donc comment je m'y ſuis pris pour m'aſſurer de la quantité de mon eau *chaude*.

On a pû ſe tromper en l'emploiant.

Chaleur d'une *maſſe* d'eau égale à la première; mais plus chaude.

422 *t*. J'ai mis ſur le feu une meſure d'eau égale à la prémière, & priſe à la même température: le vaſe qui la contenoit étoit couvert, pour empêcher l'évaporation, le plus qu'il ſeroit poſſible. J'ai fait chauffer cette eau juſqu'à ce qu'elle ait été prête à bouillir: je l'ai retirée alors de deſſus le feu; je l'ai remuée fortement; & j'y ai plongé mon Thermomètre: il eſt monté au deſſus d'un fil qui marquoit ſur ſon tube le 75me. *degré*. A l'inſtant où, en redeſcendant, il a atteint ce fil; j'ai vuidé cette eau dans le vaſe qui contenoit celle de *6 degrés*; j'ai fortement agité le *mélange*; j'y ai plongé mon Thermomètre; & dès qu'il a été fixé, j'ai ramené au point où il ſe tenoit, un fil que j'avois placé d'avance ſur le tube aux environs de ce point.

Mélange fait des deux *maſſes*.

Immerſion du Thermom. de *mercure* dans *ce mélange*.

Détermination de la *chaleur réelle* que devoit avoir le *mélange*, exprimée en degrés de ce Thermomètre.

422 *u*. Conſidérons d'abord quelle devoit être la chaleur *réelle* de ce mélange. Il avoit 1°. une quantité de chaleur commune aux deux *meſures* d'eau mêlées enſemble; inconnuë quant à ſon intenſité; mais déterminée ſur le Thermomètre, dont elle eſt le *zéro*: ſavoir la chaleur de *la glace qui fond*: j'appellerai z cette prémière quantité. 2°. Une autre

tre quantité, commune encore aux deux *mesures* ; savoir l'excès de chaleur de l'eau la moins chaude, sur *la glace qui fond* ; exprimée sur mon Thermomètre par *6 degrés* au dessus de *zéro*. 3°. *La moitié* de l'excès de chaleur de l'eau la plus chaude, sur l'eau la moins chaude ; cet excès s'étant distribué dans une masse *double* : il est exprimé sur le Thermomètre par $75 - 6 = 69$. Ainsi la chaleur *réelle* du *mélange* étoit la somme de ces trois quantités là. On verra bientôt, pourquoi je les ai distinguées.

Formule générale qui exprime la *chal. réelle* de ces *mélanges*.

422 *x*. On peut exprimer par une formule générale la chaleur *réelle* résultante du *mélange* de deux masses d'eau de différentes températures. Soit *a* l'excès de chaleur de l'eau *la moins chaude* sur la quantité z ; *b* l'excès de chaleur de l'eau *la plus chaude* sur la même quantité & z ; $\frac{n}{d}$ le rapport de la *masse* la *plus chaude*, avec la *masse totale*, ou le *mélange* : la chaleur du *mélange* sera $z + a + \frac{\overline{b - a} \times n.}{d.}$

Application de cette *formule* au but de ces expériences.

422 *y*. On voit par cette formule, comment j'allois à mon but par le mélange de mes deux masses égales d'eau de différentes températures. Si ces deux masses avoient eu chacune la température exprimée par *6* sur le Thermomètre ; il se seroit encore tenu à *6* dans leur mélange, quelle que fût la marche du *mercure* comparativement à celle de la chaleur : puisque la *masse totale* auroit eu, comme ses moitiés, les deux prémières *quantités* de chaleur que j'ai distinguées. Mais il n'en est pas de même de la troisième *quantité* ; savoir l'excès de chaleur de l'eau la plus chaude sur l'eau la moins chaude. Il s'agissoit de savoir ; si, de même que cet excès devoit se réduire réellement à la *moitié* dans le *mélange* ; le *mercure* en passant de l'eau la plus chaude dans ce *mélange*, se condenseroit aussi de *la moitié* de la différence de 75 à 6 ; ou *en quel sens* il s'en écarteroit. C'est-à-dire, suivant ma formule, si le Thermomètre se tiendroit dans le mélange à $6 + \frac{\overline{75 - 6} \times 1}{2} = 40,5$ au dessus de *zéro* ; ou s'il se tiendroit plus haut ou plus bas que ce point. Dans mon expérience, il s'est tenu à 39, 2.

Chaleur *réelle* dans la 1re. Expér.

Indication du Thermomètre.

Causes étrangères qui ont influé dans cette expér.

1°. Le Contact de l'air.

422 z. J'ai fait abstraction dans ce calcul, de l'influence des causes étrangères; je vais maintenant les considérer. La prémière de ces causes, est le *contact de l'air* pendant le tems qui s'est emploié à faire le mélange & à observer sa température. Ce tems a été de moins d'1 minute; & il s'en est écoulé ensuite plus de 2, avant que j'aie pû appercevoir l'extrêmité de la colonne de mercure au dessous du fil, très mince, qui marquoit le point où elle s'étoit arrêtée d'abord. Ainsi l'effet de cette prémière cause peut être négligé. Je savois par d'autres expériences, qu'une masse de 30 *livres* d'eau, dont la température ne différe que d'environ 30 *degrés* de celle de l'air extérieur, se réfroidit très lentement.

L'effet de cette cause a été insensible.

2°. L'infusion de l'eau la plus chaude dans celle qui l'étoit le moins.

422 *aa.* Mais voici deux autres causes de *réfroidissement*, qui ne peuvent être négligées. La prémière est *l'infusion* de l'eau la plus chaude dans l'eau la moins chaude; pendant laquelle cette prémière eau, dont la température différoit de celle de l'air, de 69 *degrés*; lui a présenté une très grande surface: ensorte que, quoique l'*infusion* ait été très prompte; elle a pu occasionner une perte de chaleur, sensible sur le Thermomètre. La seconde est la *chaleur du vase* où j'ai fait le mélange: qui étant au même degré que celle de l'eau la moins chaude; se trouvoit moindre d'environ 33 *degrés*, que celle du *mélange*; & qui parconséquent a dû absorber quelque portion de cette dernière.

3°. La chaleur du vase, moindre que celle du mélange.

Projet d'expér. pour évaluer l'effet des deux dern. causes.

422 *bb.* Il m'auroit été bien difficile de déterminer immédiatement la quantité de ces deux *pertes*: mais je pouvois y parvenir avec une exactitude suffisante, en faisant inversement *l'infusion*; c'est-à-dire, en versant l'eau la moins chaude, dans le vase qui contiendroit l'eau la plus chaude. C'étoit d'abord me mettre surement à l'abri de l'une des deux causes d'erreur: car l'eau la moins chaude, étant à la température de l'air, ne pouvoit perdre ni gagner de la chaleur, en le traversant pour passer d'un vase à l'autre: & la seconde cause devoit agir en sens contraire; puisque le vase dans lequel se feroit le mélange, auroit en *excès* de chaleur, ce que le vase de la prémière expérience avoit eu en *défaut*, comparativement au *mélange*.

422 *cc*. *Seconde expérience*. L'eau à la température de l'air de la chambre, tenoit le Thermomètre à 5, 2. J'en ai mis une mesure, semblable aux précédentes, dans un vase de cuivre battu capable d'en contenir un peu plus de deux mesures sans être plein : & j'en ai tenu une autre mesure en reserve. J'ai fait chauffer la prémière *mesure*, en couvrant le vase : je l'ai retirée de dessus le feu quand elle a été assez chaude ; je l'ai agitée ; & à l'instant où le Thermomètre que j'y avois plongé s'est trouvé descendu à 75, j'y ai mêlé la *mesure* d'eau de 5, 2 *degrés* : j'ai d'abord agité le *mélange* ; & j'ai observé le point où le Thermomètre s'y tenoit. Cinq minutes après, on n'appercevoit qu'à peine l'extrèmité de la colonne de mercure au dessous du fil qui marquoit ce point : desorte que le *réfroidissement* peut encore être négligé.

II. Expér. Le *mélange* fait dans le vase qui contenoit l'eau la plus chaude.

422 *dd*. Il ne reste donc dans cette expérience, qu'une seule cause de changement dans la chaleur moyenne des deux *mesures* ; savoir *l'excès* de chaleur du vase sur celle du *mélange* : & par cette cause, le *mélange* devoit avoir un peu *trop* de chaleur : parconséquent il devoit faire tenir le Thermomètre un peu *trop haut*. Pour se conformer à la chaleur *réelle*, il auroit dû se tenir à $5,2 + \frac{75 - 5,2}{2} = 40,1$; avec quelqu'augmentation à cause de l'*excès* de chaleur du vase : & cependant je ne l'ai trouvé qu'à 39, 3.

Cause étrangère dans cette expérience ; contraire à celles de la prém.

422 *ee*. Ainsi le *mercure* s'est certainement tenu *plus bas* sur son échelle, que si les *degrés égaux* de celle-ci, représentoient des *différences égales* de la chaleur : & voici ce qui en resulte rélativement à ma recherche ; en faisant abstraction de cette petite cause d'augmentation de chaleur, que je ne considérerai pour le présent, que comme assurant ma conséquence. La chaleur *réelle* du *mélange*, étoit autant *au dessous* de la chaleur de l'eau *la plus chaude* ; qu'elle étoit *au-dessus* de la chaleur de l'eau *la moins chaude* : c'est-à-dire, que dans le *mélange l'excès de chaleur* de l'eau *la plus chaude*, sur l'eau *la moins chaude* s'étoit réellement réduit à la *moitié*. Mais *l'excès de dilatation* du *mercure*, correspondant à cet *excès de chaleur*, a été réduit à *moins* de la *moitié*. Car cet *excès* étoit $75 - 5,2 = 69,8$; dont la *moitié* 34, 9 : & le *mercure*

Conséquences qui découlent de ces *expériences*.

mercure a baissé de 75 — 39, 3 = 35, 7. & il n'est resté au dessus du point correspondant à la chaleur de l'eau *la moins chaude*, que de 39, 3 — 5, 2 = 34, 1. Ainsi le *mercure* après s'être condensé de 35, 7 pour la *moitié* de *l'excès* de chaleur de l'eau *la plus chaude* sur l'eau *la moins chaude*; n'avoit à se condenser que de 34, 1 pour l'autre *moitié* de cet *excès*.

Les *condens.* du *mercur.* sont *décroissantes*, compar. à d'*égal. dimin.* de la *chaleur*.

Donc *les condensations du MERCURE suivent une marche DECROISSANTE, comparativement à des diminutions de la CHALEUR EGALES entr'elles.*

D'accord avec la conséquence déduite *a priori*.

422 *ff*. Cette expérience prouve ainsi directement, la vérité de la conclusion que j'avois tirée de mes expériences précédentes : savoir, que *le liquide, dont les condensations suivent une marche croissante, comparativement à celles de tous les autres liquides; est en même tems celui, dont les différences de volume approchent le plus d'être proportionnelles aux différences de la chaleur*. Car les condensations du *mercure* (qui jusqu'à présent est ce liquide) sont encore un peu *écroissantes*, comparativement à des diminutions de la chaleur *égales* entr'elles. Et parconséquent, tous les autres *liquides* éprouvés jusqu'à présent, *s'écartent* plus que le *mercure*, de suivre la *marche de la chaleur*.

Remarque sur les recherches qui avoient conduit à cette conséquence.

422 *gg*. J'aurois eu bien du regret, si le scrupule qui m'a fait entreprendre ces expériences, ne m'étoit venu qu'après l'impression de mon ouvrage. Car je n'aurois pû sans elles, donner que comme *probable*, ce qui est maintenant *certain*. Ces dernières expériences, prouvent plus elles seules en faveur de la *marche* du *mercure*; que tout ce qui est déja imprimé de ce Chapitre. Cependant je ne le supprimerai point. Je prie seulement mes Lecteurs de considérer cette partie de mon ouvrage, sous un point de vuë différent de celui qu'elle présente par sa forme. Elle servoit de preuve à une proposition; elle sera maintenant l'explication d'un phénomène. On n'y auroit vû que des raisons très fortes de croire, que le *mercure* mesuroit plus exactement la chaleur que les autres liqui-

liquides ; on y verra aujourd'hui, pourquoi il la mesure plus exactement. Tout ce que j'ai dit dans ce prémier but ; peut être dirigé sans effort au dernier, & me paroit propre à le remplir.

Recherche du rapport des *variat.* de la *chaleur*, avec les *chang. de v.* du *mercure.*

422 *hh.* Cette prémière question, que je regardois comme la plus importante pour le Thermomètre, étant maintenant décidée ; j'ai voulu voir si mes expériences ne pouvoient pas me conduire plus loin : c'est-à-dire, si je ne pourrois point en conclure assez probablement, le *rapport* des *variations de la chaleur*, avec les *changemens de volume du mercure* : & j'en ai conçu l'espérance, en remarquant le peu d'écart qu'avoient produit dans mes deux expériences, les circonstances différentes, ou opposées, dont j'ai parlé ; qui seules pouvoient nuire à leur exactitude.

Examen de la *1re. Expér.* sous ce point de vuë.

422 *ii.* Dans ma prémière expérience, il y a eu deux causes de *diminution* de chaleur, dont les effets étoient sensibles ; savoir le passage de l'eau la plus chaude au travers de l'air, lorsque je l'ai versée dans le vase qui contenoit l'eau la moins chaude, & où s'est fait le mélange ; & la moindre chaleur de ce vase, comparativement à celle du mélange. Dans cette expérience, le Thermomètre s'est tenu *plus bas* de 40, 5 — 39, 2 = 1, 3, qu'il ne se seroit tenu, s'il eût été d'accord avec la chaleur : mais par les causes ci-dessus, cette différence (1, 3.) est *trop grande.*

Examen de la *2de. Expér.* sous le même point de vuë.

422 *kk.* Dans la seconde expérience, il n'y a point eu de cause sensible de *diminution* de chaleur ; au contraire, il y a eu une cause d'*augmentation*, savoir l'*excès* de chaleur du *vase* sur le *mélange.* Le Thermomètre s'est tenu de 40, 1 — 39, 3 = 0, 8, *plus bas*, que s'il eût suivi la marche de la chaleur : mais par la cause d'*augmentation* de chaleur, cette différence (0, 8) est *trop petite.*

Evaluation de l'effet des *causes étrangères* dans ces deux *Expériences.*

422 *ll.* Ainsi tout l'*écart* des deux résultats ; produit par ces trois causes concourentes ; n'est que de 1, 3 — 0, 8 = 0, 5 : & parconséquent je ne puis me tromper essentiellement, en assignant à chacune de ces causes sa portion de ces $\frac{5}{10}$ de *degrés* qui sont *l'écart* total. J'augmenterai donc de $\frac{3}{10}$ de *degrés*, l'indication du Thermomètre dans la prémière expé-

expérience, où il y a eu deux causes de *diminution* de chaleur. Cette indication sera ainsi 39, 5; & elle différera d'1 *degré*, de la chaleur *réelle*. Je diminuerai au contraire de $\frac{1}{10}$ de *degrés*, l'indication du Thermomètre dans la seconde expérience; où le *vase* étant de cuivre, a dû un peu plus *augmenter* la chaleur; que le *vase* de la prémière, qui étoit de bois, ne l'a *diminué*. L'indication du Thermomètre sera donc 39, 1; & elle différera aussi d'1 *degré*, de la chaleur *réelle*.

Combinaison des deux résultats.

422 *mm*. Réunissant ensuite ces deux expériences, pour avoir un résultat moyen; nous aurons $\frac{6+5,2}{2}=5,6$, pour la chaleur de l'eau *la moins chaude*; 75, pour celle de l'eau *la plus chaude*, qui étoit au même degré dans les deux expériences; $\frac{39,5+39,1}{2}=39,3$ pour l'indication du Thermomètre dans le *mélange*; & $\frac{40,5+40,1}{2}=40,3$ pour le point où il se seroit tenu, si ses degrés exprimoient des parties égales de la chaleur. C'est-à-dire qu'en mêlant ces masses égales d'eau, de 5,6 & 75 sur le Thermomètre de *mercure*; ce Thermomètre ne se tient dans le mélange qu'à 39, 3; au lieu qu'il s'y tiendroit à 40, 3 si ses *degrés* exprimoient des parties égales de la chaleur.

Détermination de l'*écart moyen* entre l'*indication du Thermom.* & la *chaleur réelle*.

Difficulté de suivre cette recherche par la même route.

422 *nn*. Si j'avois pu mêler ensemble des masses égales d'eau à des températures correspondantes aux deux extrêmités de l'Echelle fondamentale du Thermomètre; j'aurois eu immédiatement, l'indication du Thermomètre à la *chaleur moyenne* entre ces deux points; & par quelques autres mélanges d'eau à ces deux températures, dans des proportions différentes; j'aurois eu d'autres points correspondans de mon *Thermomètre* & de la *chaleur*, qui m'auroient conduit à la loi que suivent les *condensations du mercure*, par des *diminutions de la chaleur égales entr'elles*. Mais je l'ai dit, l'*eau bouillante* ne peut être mesurée ni pesée (422 *s*.); & l'eau mesurée ou pesée d'avance, ne peut s'échauffer jusqu'à bouillir fortement, sans perdre sensiblement de sa *masse*, par l'évaporation.

poration. D'un autre côté, il étoit bien difficile d'avoir une masse d'eau aussi grande que celle que j'ai emploiée, qui fût exactement à la température de la *glace fondante*. J'ai donc abandonné ce moyen; & j'en ai suivi un autre que je vais exposer.

422 *oo*. On voit par ces dernières expériences, que la *marche* du *mercure* s'écarte très peu de celle de la *chaleur*: & j'ai trouvé par mes expériences précédentes; non-seulement que la *marche* des *huiles* s'écarte aussi très peu de celle du *mercure*; mais encore que ces liquides ont des propriétés semblables, quant aux effets de la *chaleur* sur les différences de leur volume (417 *f*.). Partant de là, j'ai cherché si quelcun de mes Thermomètres d'*huiles* n'auroit point différé d'avec le Thermomètre de *mercure* dans mes dernières expériences, d'autant que celui-ci avoit différé d'avec la *chaleur*: pensant qu'on pourroit prendre alors, sans erreur sensible, la *marche* de ce Thermométre d'*huile*, comparativement au Thermomètre de *mercure*; pour celle de celui-ci, comparativement à la *chaleur*. Et j'ai trouvé que le Thermomètre d'*huile essentielle de camomille* est exactement dans ce cas: en voici la preuve.

Recherche par le rapport de la *marche* des *huiles* avec celle du *merc*.

L'*huile essentielle de camomille* emploiée à cette recherche.

422 *pp*. Quand le Thermomètre de *mercure* est à 75, le Thermomètre *d'huile de camomille* est à 74,7; & si le prémier est à 5,6, le dernier est à peu près à 5,1. Le Thermomètre d'*huile de camomille* se seroit donc tenu à 74,7 & 5,1 dans mes deux masses égales d'eau mêlées ensemble: & en faisant pour celui-ci le même calcul que pour le Thermomètre de *mercure*, il auroit dû se tenir dans le *mélange* à $5,1 + \frac{74,7 - 5,1}{2} = 39,9$, pour exprimer la *chaleur moyenne* entre ces deux températures. Mais il ne s'y seroit tenu réellement qu'à 37,9: car le Thermomètre de *mercure* a indiqué 39,3; & quand celui-ci est à ce point, le Thermomètre d'*huile de camomille* est à 37,9. Ainsi, dans un semblable mélange, l'indication du Thermomètre d'*huile de camomille* différeroit de 2 *degrés*, de ce qu'elle seroit si ses *degrés* exprimoient des *parties égales* de la *chaleur*. Mais cette différence n'a été que d'1 degré pour le Thermomètre de

Elle s'écarte autant du *mercure* par sa *marche*, que celui-ci de la *chaleur*.

mercure: donc, dans la même expérience, le Thermomètre d'*huile de camomille* s'écarteroit autant du Thermomètre de *mercure*; que celui-ci s'écarte de la *chaleur*; c'est-à-dire d'1 *degré*.

On peut prendre la *marche* de *l'huile de camomille* rélativ. au *merc.* pour celle du *merc.* rélativ. à la *chaleur*.

422 *qq*. La quantité de ces *écarts*, reconnus *égaux*, ne paroitra pas bien grande, quand on considérera que les *chaleurs* des masses d'eau mêlées ensemble dans cette expérience, diffèrent peu de celles de l'*eau bouillante* & de la glace qui fond; qui sont les termes extrêmes de l'Echelle fondamentale des deux Thermomètres: & il est à remarquer encore; qu'elles en différent presqu'également en se rapprochant du milieu de cette échelle. Il suit de là, qu'on peut prendre pour la *marche* du Thermomètre de *mercure* comparativement à la *chaleur*; celle du Thermomètre d'*huile de camomille*, comparativement au Thermomètre de *mercure*. Les différences du moins, ne peuvent jamais être bien sensibles.

Exécution de cette idée.

422 *rr*. Pour exécuter cette idée, j'appellerai z, la *chaleur* de la *glace qui fond*; & $z+80$, la *chaleur* de l'*eau bouillante*; & je supposerai divisée en 80 parties égales, la différence de ces deux quantités de *chaleur*. Alors je prendrai pour les points du Thermomètre de *mercure*, correspondans à cette division de l'*excès* de *chaleur* de l'*eau bouillante* sur la *glace qui fond*; les points du Thermomètre d'*huile de camomille*, correspondans à ceux du Thermomètre de *mercure* divisé aussi en 80 parties égales dans l'intervalle des points de l'*eau bouillante* & de la *glace qui fond*. C'est ce que j'ai fait dans la Table suivante.

TABLE

TABLE des points du Thermomètre de mercure *divisé en* 80 *parties égales entre les températures de la glace qui fond & de l'eau bouillante, qui correspondent à la division en* 80 *parties égales de l'excès de chaleur de l'eau bouillante sur la glace qui fond.*

	Chaleurs réelles.	*Points corresp. du Therm. de* mercure.	*Condens. du* merc. *par des diminut. de la* chal. *égales entr'elles, en partant de* l'eau bouil.
Chaleur de l'eau bouillante.	z + 80	80,0	
			5,3
	z + 75	74,7	
			5,3
	z + 79	69,4	
			5,2
	z + 65	64,2	
			5,2
	z + 60	59,0	
			5,2
	z + 55	53,8	
			5,1
	z + 50	48,7	
			5,1
	z + 45	43,6	
			5,0
	z + 40	38,6	
			5,0
	z + 35	33,6	
			4,9
	z + 30	28,7	
			4,9
	z + 25	23,8	
			4,9
	z + 20	18,9	
			4,8
	z + 15	14,1	
			4,8
	z + 10	9,3	
			4,7
	z + 5	4,6	
			4,6
Chal. de la glace qui fond.	z.	0,0	
			80,0

J'ai fait un léger changement à la marche de l'*huile de camomille*, en l'appliquant au Thermomètre de *mercure* dans cette *Table*; parce que j'y ai vû une petite irrégularité, qui ma paru vicieuse.

Vérification de la *Table* par les deux *expériences* précédentes.

422 *ss*. Le premier usage que j'ai fait de cette *Table*, a été de l'appliquer aux deux expériences par lesquelles j'y suis parvenu. Ces expériences lui ont bien servi de fondement: mais d'abord, il s'en falloit d'environ 10 *degrés*, que la différence des chaleurs des deux masses d'eau mêlées ensemble, ne fut égale à celle des chaleurs de l'*eau bouillante* & de *la glace qui fond*. Et de plus, je n'avois déterminé par ces expériences, qu'un seul point de correspondance entre les *marches* du *mercure* & de la *chaleur*. Il a donc fallu; nonseulement évaluer l'effet d'une plus grande différence de chaleur entre les deux masses d'eau (*a*); mais encore fixer tous les autres points correspondans du *Thermomètre de mercure* & de la *chaleur*: c'est ce que j'ai fait par le moyen du Thermométre d'*huile essentielle de camomille*. Il suit de là, que c'est faire une vérification de ma *Table*, que de l'appliquer à ces deux expériences: car si les déterminations ajoutées au prémier résultat, n'étoient pas justes; la *Table* ne se prêteroit pas exactement à ces expériences. On le comprendra par l'application que je vais en faire.

Application à la 1re. *Expér.*

422 *tt*. Dans ma *prémière expérience*, j'ai mêlé parties égales d'eau de 75 *degrés*, & de 6 *degrés*, sur le Thermomètre de *mercure*; dont les *chaleurs réelles*, par la *Table*, étoient $z+75,3$ & $z+6,5$: & la *chaleur réelle* moyenne, suivant ma formu-

(*a*) La différence de température des deux masses d'eau que j'ai mêlées ensemble, étoit d'environ 70 *degrés*; & le Thermomètre de *mercure* s'est *écarté* d'1 *degré* de la chaleur *réelle*. Par l'évaluation que j'ai faite de la quantité dont il s'*écarte* d'avec la chaleur moyenne *réelle* de l'*eau bouillante* & de *la glace qui fond*, dont la différence est 80 *degrés*; j'ai trouvé que cet *écart* doit être d'1 *d*. $\frac{2}{5}$, comme on le voit dans la *Table* au *degré* $z+40$. Ainsi pour $\frac{1}{8}$ d'augmentation dans la *différence* des températures des masses d'eau mêlées ensemble; l'*écart* du Thermomètre de *mercure*, comparativement à la chaleur *réelle*, augmente de $\frac{2}{7}$: & parconséquent cet *écart* croit plus rapidement que la *différence* des températures. C'est ce que j'ai dit ci-devant (422 *n*) en parlant des *expériences* de même espèce, faites sur l'*esprit-de-vin* par M. l'Abbé *Nollet*.

formule (422 *x*), $z + 6,5 + \frac{75,3 - 6,5}{2} = z + 40,9$; qui, par la *Table*, correſpond à 39,5 ſur le Thermomètre de *mercure*. Si donc le *mélange* n'avoit point perdu de ſa chaleur; ce Thermomètre s'y ſeroit tenu à 39,5. Mais j'ai eſtimé (422 *ll.*) qu'il en avoit perdu 0,3: parconſéquent il a dû ne s'y tenir qu'à 39,2; & c'eſt le point où je l'ai trouvé.

422 *uu.* Dans la *ſeconde expérience*, j'ai mêlé parties égales d'eau à 75, & à 5,2, ſur le Thermomètre; dont les *chaleurs réelles*, ſuivant la *Table*, ſont $z + 75,3$ & $z + 5,6$; & leur terme moyen $z + 5,6 + \frac{75,3 - 5,6}{2} = z + 40,5$; qui correſpond à 39,1 ſur le Thermomètre. Mais dans cette expérience, le *mélange* a ſubi une augmentation de chaleur de 0,2 (422 *ll.*): ainſi le Thermomètre a dû s'y tenir à 39,3; & il s'y eſt tenu en effet. Applicaiton à la 2de. Expér.

422 *xx.* Lorſque j'ai entrepris ces nouvelles expériences, il ne m'étoit pas ſeulement venu en idée qu'elles puſſent me conduire à former, avec quelque vraiſemblance, une *Table* des *degrés* du *Thermomètre de mercure*, correſpondans à des *différences égales* de la *chaleur*. Mais l'eſpérance croit avec le ſuccès, & le déſir avec l'eſpérance. Auſſi, quelque preſſé que je ſois, par bien des motifs, de me détacher enfin d'un ouvrage, que j'ai commencé il y a plus de ſeize ans; & que l'empreſſement obligeant de M. *de la Lande* lui a fait annoncer depuis ſept ans dans la *Connoiſſance des mouvemens céleſtes* pour l'année 1765; je n'ai pu réſiſter au déſir de vérifier quelques points de ma *Table* par de nouveaux *mélanges*, faits dans des proportions différentes des prémières. Projet de plus ample vérification.

422 *yy.* *Troiſiéme expérience.* J'ai mêlé 1 *partie* d'eau de 75 *degrés* ſur le Thermomètre, à 2 *parties* de 6,2 *deg.* Le *Thermomètre* eſt toujours de *mercure*: ces *parties* d'eau ſont de 15 *livres*: le *mélange*, dans cette 3me. expérience ainſi que dans la 4me, a été fait dans le vaſe qui contenoit l'eau la plus chaude; comme dans la 2de. expérience; ce vaſe étoit auſſi de cuivre battu. 3me. Expér.

422 *zz.* Suivant les rapports fournis par ma *Table*, la *chaleur* Comparée à la Table.

chaleur réelle de l'eau de 75 *degrés* au *Thermomètre*, est $z + 75,3$; & celle de 6,2 est $z + 6,7$: ainsi la chaleur du *mélange* auroit été $z + 6,7 + \frac{75,3 - 6,7}{3} = z + 29,6$, si dans cette expérience, le vase n'avoit pas été plus chaud que ce *mélange*. On a vû comment j'ai déterminé la quantité de cette augmentation dans la *seconde* expérience, où je l'ai estimée $\frac{1}{10}$ de *degré* sur le *Thermomètre*. Ici la chaleur du vase étoit la même; mais le *mélange* étoit moins chaud; ce qui a dû produire un plus grand écart. Je l'évalue donc à $\frac{3}{10}$; qu'il faut ajouter à 28,3; point auquel correspond dans la *Table*, la *chaleur* $z + 29,6$ Le *Thermomètre* devoit donc se trouver dans le *mélange* à 28,6: & je l'ai trouvé à 28,7.

4me. Expér. 422 *aaa. Quatrième expérience.* Pour vérifier un des points de ma *Table*, audessus du milieu de l'Echelle; j'ai mêlé 2 *parties* d'eau de 75 *degrés* sur le *Thermomètre*, à 1 *partie* de 6,9. Comparée à la *Table*. Ces points correspondent par la *Table*, aux *chaleurs* $z + 75,3$ & $z + 7,4$. Ainsi la *chaleur* du *mélange* auroit été $z + 7,4 + \frac{75,3 - 7,4 \times 2}{3} = z + 52,7$, si le vase n'avoit pas encore été plus chaud que ce *mélange*. Mais ici la différence d'avec la *seconde* expérience, étoit contraire à la différence de la *troisième*: le *mélange* a été plus chaud que dans celle-là. Je n'estime donc qu'$\frac{1}{10}$ de *degré*, l'augmentation de la chaleur du *mélange*; & cette quantité doit être ajoutée à 51,4, qui, par la *Table*, correspondent à la chaleur $z + 52,7$. Le *Thermomètre* devoit donc être à 51,5 dans le *mélange*; & c'est exactement le point où je l'ai trouvé.

Projet d'une *5me.* expérience. 422 *bbb.* Content de ces vérifications j'allois remettre mon ouvrage sous presse; lorsqu'une nouvelle idée est venue me poursuivre encore, malgré la nouvelle suspension qu'elle devoit occasionner. Je voulois vérifier par un mélange de parties égales d'eau à des températures peu différentes de l'*eau bouillante* & de la *glace qui fond*, l'estimation que j'avois faite du point du Thermomètre, qui correspond à la chaleur moyenne entre ces deux températures. Il falloit attendre pour cela que l'air de ma chambre fût assez près de la température de *la glace qui fond*; & je l'ai attendu.

Je

Je voulois aussi répéter ma *prémière* expérience, où j'avois versé l'eau la plus chaude dans le vase qui contenoit l'eau la moins chaude ; pour vérifier mon estimation de l'effet de cette circonstance.

422 *ccc. Cinquième expérience.* Pour satisfaire à ce double but ; j'ai mis dans le vase de bois de la *prémière expérience*, 1 *partie* d'eau, où le *Thermomètre* se tenoit à + 1, comme dans l'air de la chambre ; & j'y ai mêlé 1 *partie* d'eau qui tenoit le *Thermomètre* à + 77. Les *chaleurs réelles* correspondantes à ces deux points du Thermomètre, suivant la *Table*, sont z + 1,1 & z + 77,2. Ainsi la chaleur réelle du mélange devoit être $z + 1,1 + \frac{77,2 - 1,1}{2} = z + 39,15$; & par la *Table*, cette *chaleur* correspond à 37,75 sur le *Thermomètre*. V. *Expér.* Comparée à la *Table*.

422 *ddd.* Mais il y a eu dans cette expérience plusieurs causes de diminution de chaleur. Les principales, sont les mêmes que dans la *prémière*, savoir le passage de l'eau la plus chaude dans l'air ; & la moindre chaleur du vase comparativement au *mélange*. J'ai estimé $\frac{3}{10}$, l'effet de ces deux causes dans la *prémière* expérience : mais ici leur effet a dû être plus grand : car la température de l'air, au travers duquel l'eau la plus chaude a été versée, en différoit de 7 degrés de plus ; elle n'étoit que d'environ 69 dans la prémière, & elle s'est trouvée de 76 dans la dernière. Dans la prémière aussi, la température du vase ne différoit que d'environ 33 *deg.* de celle du *mélange* ; & elle en a différé dans la dernière d'environ 36 *degrés*. Je crois donc, qu'à cause de ces deux augmentations de différence, la perte de chaleur provenant de ces deux causes, peut être estimée $\frac{4}{10}$ de *degré*. Evaluation de l'effet des *causes étrangères*.

422 *eee.* Mais il faut y ajouter l'effet d'une troisième cause, que j'avois négligée jusques à présent, parce que son effet n'avoit pas été sensible ; c'est le *réfroidissement* pendant l'expérience. Il semble que la différence de chaleur du *mélange* & de l'*air*, n'ayant été que de 3 *degrés* plus grande dans cette dernière expérience, que dans la prémière ; le *réfroidissement* n'auroit pas dû être beaucoup plus rapide. Cependant il l'a été : & c'est là un exemple de ces caprices apparens de la nature, qui ne permettent pas de suspendre un mo- *Cause particulière à cette expér.*

moment l'attention quand on l'étudie. L'eau d'environ 37 *degrés* sur le *Thermomètre*, environnée d'air à 1 *degré*; a perdu plus de $\frac{1}{2}$ *degré* de chaleur en 3 minutes: tandis que la même masse d'eau, à 39 *degrés*, environnée, dans le même vase, d'air à 6 *degrés*; n'avoit pas perdu, dans le même tems, une quantité de chaleur dont il valût la peine de tenir compte. J'ignore la cause de cette différence: mais puis qu'elle a eu lieu; on ne peut se dispenser d'y avoir égard. Si le *réfroidissement* a été de $\frac{3}{5}$ de *degré* dans 3 minutes; il a dû être, dans moins d'1 minute qu'a duré l'expérience, environ le quart de cette quantité, soit $\frac{3}{20}$; qui joints à $\frac{4}{10}$ pour l'effet des deux causes précédentes, font en tout $\frac{11}{20}$, soit 0,55, à déduire de 37,75 où le *Thermomètre* auroit dû se tenir dans le *mélange*, suivant le calcul précédent. Il devoit donc se tenir à 37,2: & c'est exactement le point où je l'ai trouvé.

Resultat.

Remarque sur l'exactitude qui se trouve dans ces *expér.*

422 *fff.* Voila bien de la précision dans des expériences, qui par leur nature ne semblent pas la promettre. Aussi, quoiqu'elle s'y trouve réellement, je n'ose l'attribuer à la Règle que j'ai établie. Quand cette règle seroit rigoureusement exacte en elle-même; je ne me flatterois pas que l'expérience s'y conformât toûjours avec autant de précision. J'ai fait les miennes avec beaucoup de soin; en voilà cinq qui se fortifient mutuellement; c'est tout ce que je puis en dire.

Raison de croire qu'elles mettent un peu trop de différence entre la *marche* du *mercure* & celle de la *chaleur*.

422 *ggg.* Je n'assure donc pas que ma Règle soit absolument exacte: je lui soupçonne même un petit défaut; c'est qu'elle met un peu trop de différence entre la *marche* du *mercure* & celle de la *chaleur*: le *réfroidissement* pendant les expériences, dont je n'ai tenu compte que dans la dernière; & l'évaporation qu'ont éprouvé les *mesures* d'eau que j'ai fait chauffer, qui diminuoit un peu leur masse; ont dû diminuer la chaleur des *mélanges*, & parconséquent faire tenir le *mercure* un peu trop bas. Mais cette erreur, par la nature même de ses causes, ne peut être que très petite: & par l'expérience, elle l'est réellement; puisqu'elle ne s'est pas manifestée, malgré la différence des combinaisons. Je crois donc qu'elle peut être négligée, jusqu'à ce qu'on soit parvenu à l'évaluer, par des expériences dont on ait écarté ces causes d'erreur:

d'erreur : & qu'on peut accorder assez de confiance à la *Table* que j'ai formée des *marches correspondantes* de la *chaleur* & du *Thermomètre de mercure.*

422 *hhh.* Un des usages qu'on peut faire de cette *Table*; est de diviser l'Echelle du *Thermomètre de mercure*, de maniére que ses *parties* répréſentent réellement des *différences* égales de la chaleur. Pour cet effet, on supposera divisé en 800 parties, l'intervalle des points de l'*eau bouillante* & de la *glace qui fond* sur le tube du Thermomètre. Alors, les nombres 46, 47, 48, 48, 49, ... 53, qui forment la troisième colonne de la *table*, & dont la somme est 800, marqueront les étenduës successives que le *mercure* parcourra dans ce tube, par des accroissemens ou décroissemens *égaux* de la *chaleur*, dont 16 font la différence des *chaleurs* de *l'eau bouillante* & de la *glace qui fond.* Division du *Therm. de mercure* en *degrés* qui indiqueront des *différences égales* de la chaleur

422 *iii.* Cette division du *Thermomètre*, s'exécutera fort aisément par le moyen d'une *échelle de mille parties*; en employant l'analogie suivante. Comme 800, sera au nombre de *parties* de cette *échelle* contenuës dans l'intervalle des points de la *glace qui fond* & de l'*eau bouillante* sur le tube du Thermomètre; ainsi 46, 47, 48, 48, 49.... 53, seront au nombre de ces mêmes *parties* qu'il faudra prendre & marquer successivement le long du tube, pour exprimer ces *accroissemens égaux* de la *chaleur*, dont 16 font l'excès de chaleur de l'eau bouillante sur la glace qui fond. Chacun de ces espaces sera ensuite divisé en 5 parties égales: car les différences entre les *marches* du *mercure* & de la *chaleur*, ne peuvent être sensibles dans de si petites portions de l'Echelle du Thermomètre: & en partant du point de la *glace qui fond*, qui sera désigné par z, on placera les chiffres 5, 10, 15, 20, 25.... 80 auprès des points qui marqueront ces *parties* de la *chaleur*, de 5 en 5. Exécution.

422 *kkk.* Le *Thermomètre de mercure* étant ainsi divisé; tous ses *degrés* exprimeront des *quantités égales* de *chaleur*: c'est-à-dire, que la *quantité* qui lui feroit parcourrir l'*espace* de z à z + 1; feroit *égale* à celle qui lui feroit parcourrir Usage.

l'*espace* de $z+79$ à $z+80$; quoique ce dernier *espace* soit plus grand que le prémier, dans le rapport 53 à 46.

Formation d'une *Table* des *chaleurs réelles* corresp. à la division du Therm. en *degrés égaux.*

422 *III.* Mais quelque simple que soit en elle-même cette division du Thermomètre, en *degrés* qui expriment des *différences égales* de la *chaleur* ; & quelqu'aisée même qu'en soit l'exécution pour les personnes exercées ; il est plus sûr de conserver, pour les cas ordinaires, la division en *degrés d'égale étenduë.* C'est pourquoi j'ai dressé la *Table* suivante des *quantités réelles de chaleur*, qui correspondent à la suite de ces *degrés.* Je l'ai formée en prenant les *hauteurs* du Thermomètre de 5 en 5 *degrés égaux* ; aulieu que dans la *Table* précédente, les nombres de ces mêmes *degrés* vont en augmentant de bas en haut ; & j'ai changé les termes correspondans dans la colonne des *chaleurs réelles*, comme l'exigeoit ce prémier changement ; c'est-à-dire dans le rapport des *différences* correspondantes. Par exemple.

Quand le Therm. est à 4,6, la *chaleur réelle* est $z+5$
4,7 - - 5 *différ.*
& à 9,3 - - $z+10$

Ainsi quand le *Thermomètre* est à 5, c'est-à-dire de 0,4 *plus haut* que 4,6 ; la chaleur est *plus grande* de $\frac{0,4+5}{4,7}=0,43$. Elle est donc $z+5,43$. Et ainsi de suite pour tous les autres termes. Cette méthode étant facile & aussi exacte qu'il est nécessaire, je n'en ai pas cherché une plus élégante, ni plus régulière.

TABLE

TABLE des quantités réelles de chaleur, *correspondantes aux indications du* Thermomètre de mercure *divisé en* 80 *parties égales entre les points de l'eau bouillante & de la glace qui fond.*

	Thermomètre de mercure.	*Chaleurs réelles.*	*Différences réelles de la* chaleur, *correspond. aux variations du* Therm. de mercure, *de 5 en 5 degr.*
Eau bouillante.	80	z + 80,00	4,72
	75	z + 75,28	4,72
	70	z + 70,56	4,79
	65	z + 65,77	4,81
	60	z + 60,96	4,81
	55	z + 56,15	4,89
	50	z + 51,26	4,89
	45	z + 46,37	4,97
	40	z + 41,40	5,00
	35	z + 36,40	5,08
	30	z + 31,32	5,10
	25	z + 26,22	5,10
	20	z + 21,12	5,18
	15	z + 15,94	5,20
	10	z + 10,74	5,31
	5	z + 5,43	5,43
Glace qui fond.	0	z	80,00

Comparaison de la *marche* du *mercure* à celle des autres *liquides* dont on a fait des *Thermomètres*.

422 *mmm.* Jettons maintenant un coup d'œil sur les autres *liquides* dont j'ai fait des *Thermomètres*; & voyons comment ils expriment la *chaleur*. Je n'ai pas besoin pour cela de les soumettre aux mêmes expériences que le *mercure*: connoissant leur *marche* comparativement à celle de ce liquide, je sçai les points où ils se seroient tenus dans ces expériences. J'indiquerai ceux où ils se tiennent quand le *Thermomètre de mercure* est à 38,6, c'est-à dire par la *chaleur* z+40. C'est à ce point que se trouvent les plus grands écarts des *hauteurs* dans ces différens *Thermomètres*; & c'est en même tems le milieu entre les *chaleurs* de l'eau bouillante & de la glace qui fond. J'indiquerai aussi les rapports de la condensation de chacun de ces liquides, par la diminution de la prémière moitié de l'excès de l'une de ces *chaleurs* sur l'autre; avec sa condensation par l'autre moitié; c'est-à-dire par une diminution égale à la prémière.

TABLE

TABLE des rapports des marches *de divers* liquides, *avec la* chaleur.

	Thermomètres *semblablement divisés en* 80 *parties entre les points de* la glace qui fond *&* de l'eau bouillante.	*Termes correspondans entr'eux & avec la* chaleur z+40.	Raports *des condensations de chacun des* liquides *suivans ; par deux diminutions égales & successives de la chaleur, dont la somme est égale à l'excès de chaleur de l'*eau bouillante *sur la* glace qui fond. *Condensation par la diminution de la prémière moitié de cet* excès.		*Condensation par la* seconde *moitié.*
	Mercure.	38,6	15	à	14,0
Ils s'écartent tous de la *marche* de la *chaleur* plus que le *mercure.*	*Huile d'olive*	37,8	15	à	13,4
	Huile de lin (*a*).	37,8	15	à	13,4
	Huile essentielle de camomille.	37,2	15	à	13,
	Huile essentielle de serpolet.	37,	15	à	12,9
	Eau saturée de sel marin.	34,9	15	à	11,6
	Esprit-de-vin qui brule la poudre.	33,7	15	à	10,9
Conclusion. le *mercure* approche plus que tous les autres liquid. de *mesurer* exactement les *différences de la chaleur.*	*Eau commune.*	19,2	15	à	4,7

422. *nnn.* Ce Tableau des rapports qu'ont avec la chaleur, les *marches* des liquides dont on a fait des Thermomètres ; ne laisse plus aucun doute sur la proposition que je voulois prouver : savoir ; que *de tous ces liquides, le Mercure est celui qui approche le plus de mesurer des différences égales de la chaleur ; par des différences dans son volume, égales entr'elles :* Je puis même ajouter à présent, qu'il en *approche beaucoup.*

422

(*a*) Je tire ce rapport de l'expérience de M. *Ducrest* dont j'ai fait mention ci-devant (419 *c.*)

Remarque sur la nécessité des recherches précédentes.

422 *ooo*. Telle est la prémière raison d'employer le *mercure* pour le Thermomètre : raison directe, tirée du but même qu'on se propose ; celui de *mesurer* la chaleur. Aurions-nous une idée juste des rapports entre les parties du *tems* ; si pour le *mesurer*, nous n'avions que ces montres anciennes, livrées à l'action variablement décroissante d'un prémier ressort ; & qui parconséquent ne pouvoient être d'accord entr'elles, & avec le *tems*, qu'à chaque *vingt-quatre heures* ? On a remédié à ce défaut des prémières montres, par des moyens qui ont produit l'*isochronisme*. Le Thermomètre avoit besoin aussi d'une correction qui produisit l'*isothermisme*, si je puis hazarder ce mot.

Il falloit essentiellement rendre les Thermomètres *uniformes*.

422 *ppp*. Ce but renfermoit deux objets distincts. Le *premier* & le plus essentiel, est l'*uniformité* des Thermomètres : il falloit nécessairement parvenir à les rendre exactement *comparables* ; sans quoi les Physiciens ne se seroient jamais entendus entr'eux, sur les observations de la *chaleur*. C'est à cet objet que j'ai porté le plus d'attention ; on a déja pû voir, & l'on verra mieux encore dans la suite, combien il avoit été négligé.

Condition principale pour y parvenir : L'emploi d'un *seul* liquide. Raison de préférence : Plus d'exactitude à mesurer la chaleur.

422 *qqq*. La principale condition, pour parvenir à cette *uniformité* nécessaire, étant de n'employer au Thermomètre seul qu'un *liquide* ; il s'agissoit de déterminer quel seroit ce *liquide* : & certainement, à qualités d'ailleurs égales, celui-là devoit être préféré, dont la marche approchoit le plus d'être proportionnelle à celle de la chaleur. On pouvoit au moins par là, diminuer l'erreur qu'on fait si naturellement, en regardant comme *égales*, les *quantités de chaleur* qui font parcourir au Thermomètre des *degrés égaux entr'eux*. C'étoit là une des conditions qu'on devoit naturellement remplir, dans la fixation d'un Thermomètre *commun*. Car il faut absolument, que la construction de ce Thermomètre soit aisée ; pour que le moindre Artiste puisse l'exécuter : sans quoi nous serons toûjours inondés de mauvais Thermomètres, reputés bons. Or sa construction ne seroit pas aisée ; s'il falloit abandonner l'Echelle divisée en parties égales, pour se rapprocher de la vraie marche de la chaleur ; j'ai donc cherché, quel étoit le liquide qui remplissoit le mieux cette condition. On a vû les raisons qui m'ont décidé *a priori* en faveur du *mercure*.

Le *Therm. commun* doit être d'une exécution aisée.

Ces deux conditions réunies donnoient au Thermomètre toute la perfection nécessaire dans le plus grand nombre des expé-

expériences. C'étoit la *base* d'une mesure *uniforme* de la chaleur; & l'*uniformité* suffit dans toutes les expériences faites pour être comparées entr'elles. C'étoit encore le plus grand pas vers une mesure exacte; dès qu'il falloit la conserver *commune* & parconséquent aisée.

422 *rrr*. Cependant il étoit fort intéressant, & il pouvoit être utile pour la suite, de satisfaire à un second *objet* que renferme l'idée du *Thermomètre*; savoir, de déterminer le *rapport* de ses *degrés* avec des différences égales de la *chaleur*. C'est sur ce point que la connoissance des vuës de M. *Le Sage* m'est dévenuë fort utile. Je lui dois un prémier pas, sans lequel je n'aurois point tenté de déterminer les *marches* correspondantes du *Thermomètre de mercure* & de la *chaleur*: & parconséquent, j'aurois ignoré à quel point ces *marches* se rapprochent.

But particulier dans la construction du Thermom.

Déterminer le *rapport* de ses *degrés* avec des *différences égales* de la *chaleur*.

422 *sss*. L'événement à cet égard a passé mon attente. J'étois bien assuré par mes prémières expériences; que de tous les liquides emploiés jusqu'à présent au Thermomètre, le *mercure* étoit celui dont la *marche* se rapprochoit le plus de celle de la *chaleur*: mais j'ai appris par les dernières, que la différence de ces *marches* est si petite; que dans la plupart des cas, on peut prendre l'une pour l'autre, sans erreur sensible. On peut donc continuer à diviser l'Echelle de ce Thermomètre en parties égales. Il suffira aux Physiciens, pour qui la connoissance des rapports exacts entre les *différences* de la chaleur pourroit devenir nécessaire, d'avoir la *Table* qui les exprime.

La *marche* du *mercure* peut être prise à l'ordinaire pour celle de la *chaleur*.

Je reviendrai à cet objet, en traitant de l'*échelle* du Thermomètre (453 *m*.); & je passe maintenant à d'autres propriétés du *mercure*, dont l'exposition contribuera encore à lui assurer la préférence pour la *mesure* de la *chaleur*.

422 *ttt*. On emploie déja assez communement le mercure dans les Thermomètres, à cause de sa grande *sensibilité*, & de l'étendue des variations de chaleur qu'il peut soutenir. Mais ces avantages sont contestés, ou estimés pour peu de chose, par quelques Physiciens. C'est pourquoi je les rappellerai, & Contestées cependant.

Le mercure est déja emploié assez commun. pour le Therm. par d'autres raisons:

& les appuierai de nouvelles preuves; en y joignant ceux que l'expérience m'a fait connoitre.

Seconde raison d'emploier le mercure pour le Thermomètre, tirée de ce qu'il est de tous les liquides le plus aisé à purger d'air.

L'*expulsion* de *l'air* est une des grandes difficultés dans la construction du Thermom.

423 *a*. Les plus grandes difficultés qu'on éprouve dans la construction des Thermomètres; proviennent de l'*air* renfermé dans les liquides qu'on y emploie; & dont il faut nécessairement les purger en grande partie. Cette expulsion demande plus ou moins de tems & de peine, suivant la nature des liquides. Si l'on emploie par exemple les huiles végétales faites par expression; leur viscosité rend la sortie de cet *air* très lente: on n'est pas assuré au bout de trois mois, qu'il n'en sortira plus. L'*air* se dégage plus aisément de l'*esprit-de-vin*: mais les opérations par lesquelles on le fait sortir, demandent assez de dextérité.

Elle est très longue dans les Therm. d'huil.

Difficile dans ceux d'*esprit-de-vin*.

Elle est nécessaire dans ces derniers, pour qu'ils supportent l'*eau bouillante*.

423 *b*. C'est principalement quand on veut régler à l'*eau bouillante* les Thermomètres d'*esprit-de-vin*, qu'il est nécessaire de les purger d'*air*. Il faut retarder l'ébullition de cette liqueur; qui, dans son état naturel, bout plus promptement que l'*eau*. On y parvient, en faisant sortir l'*air* qu'elle renferme; dont la dilatation, en écartant les parties de la liqueur, accélère la formation des vapeurs internes, qui produisent le bouillonnement.

Moyen d'y parvenir, trouvé par M. *J. B. Durand*.

423 *c*. M. *Jean Bénédict Durand*, qui depuis longtems s'occupoit des Thermomètres, & dont les lumières m'ont été fort utiles en plusieurs occasions, m'a fait part d'un moyen qu'il avoit trouvé pour faire supporter assez surement à l'*esprit-de-vin* la chaleur de l'eau bouillante: on sera bien aise de connoitre ce moyen (*a*).

Il consiste à décharger l'*esprit-de-vin* du poids de l'Atmosphère.

423 *d*. Il consiste principalement à décharger l'*esprit-de-vin* du poids de l'Athmosphère; afin qu'il se purge d'*air*, comme sous le récipient d'une pompe pneumatique. Pour cet effet, le Thermomètre étant à peu près rempli, il faut l'échauf-

(*a*) La mort m'a enlevé cet ami; & les regrets du Public, ont justifié l'affliction que m'a causé sa perte.

l'échauffer dans de l'eau, autant qu'il peut l'être sans que *l'esprit-de-vin* s'élance; c'est-à-dire de 64 à 65 degrés du Thermomètre de mercure; & le scèler, tandis que le tube est entiérement plein de la liqueur. L'*esprit-de-vin* se réfroidissant, se condense, & laisse vuide d'*air* la partie du tube qu'il abandonne. L'*air* que contient l'*esprit-de-vin*, se trouvant alors déchargé; se dilate & s'échape peu à peu: on le voit monter lentement & successivement en très petites bulles, & sortir de *l'esprit-de-vin* pour gagner l'espace *vuide*. Souvent il s'accumule à la naissance du tube, & soulève la colonne de liqueur. On la fait descendre alors, par la méthode ordinaire; c'est-à-dire, en faisant tourner rapidement le Thermomètre comme une fronde, à l'aide d'une ficelle.

L'air étant moins chargé, se dilate, & sort de l'esprit-de-vin.

423 *e*. Cette émigration de bulles d'*air* dure très diversement: elle cesse ordinairement au bout de quelques jours; d'autres fois elle dure plusieurs semaines. Quand elle a cessé; on ouvre le Thermomètre, & on le met à l'*eau bouillante*, en l'échauffant peu à peu. La chaleur étant plus grande dans cette seconde opération, il sort encore de l'*esprit-de-vin*. On en fait aussi sortir un peu, soit en suçant, soit en secouant le Thermomètre renversé; pour que l'extrêmité de la colonne s'abaisse de 2 ou 3 lignes audessous du sommet: & tandis que le Thermomètre éprouve toute la chaleur de l'*eau bouillante*, on le scèle de nouveau.

La durée de son émigration varie. Quand elle a cessé, le Thermom peut soutenir l'eau bouillante.

423 *f*. Cette méthode est très sure, quand on emploie des tubes d'une ligne de diamètre intérieur. Mais ces tubes exigent de grosses boules; & les Thermomètres sont peu sensibles. Si le diamètre des tubes est moindre; on ne peut s'assurer de réussir du prémier coup: je l'ai éprouvé en faisant les Thermomètres qui ont servi à mes expériences. Il faudroit entrer dans de trop longs détails, pour décrire tous les procédés par lesquels j'ai vaincu les difficultés qui se sont présentées: & même je ne serois point assuré de satisfaire à tous les cas possibles; puisque le dernier Thermomètre que j'ai fait, a exigé de nouveaux expédiens.

Cette méthode est sûre pour les Thermom. dont le tube est un peu large. On éprouve quelques diffic. quand le tube est étroit.

423 *g*. M. *Ducrest*, qui faisoit aussi supporter à ses Thermomètres la chaleur de l'*eau bouillante*, emploioit une autre méthode. Il prévenoit les élancemens de l'*esprit-de-vin*, en

M. Ducrest, pour empêcher les élancem. de l'esp de-vin à l'eau bouillante.

laissoit de l'air dans le haut du tube.

en laissant la partie supérieure du tube pleine d'*air*: & pourque cet *air* n'éprouvât pas une trop grande compression quand on mettoit le Thermomètre à l'*eau bouillante*, il faisoit souffler une petite boule au haut du tube.

Cette méthode met de la diversité dans la *marche* des Thermomèt.

423 *h*. Mais cette méthode exige que l'*air* laissé dans le haut des Thermomètres, soit toujours en même proportion avec la liqueur: afin que celle-ci, éprouve une résistance égale dans tous les Thermomètres, lorsqu'elle se dilate. J'ai déja montré par une expérience, que l'*air* renfermé dans l'*esprit-de-vin* le rend plus compressible (413 *f*.); & j'en trouve une nouvelle preuve dans le Thermomètre même de M. *Ducrest*. Il se tient d'autant plus audessous du mien, que la colonne s'élève davantage dans le tube: je parlerai bientôt de cette différence (425 *m* & *n*.). Or il est presque impossible d'obtenir toujours la même proportion entre l'*air* & la *liqueur*. Car il faut avoir égard, nonseulement à la capacité de la petite boule & du tube; mais à la température de l'*air*, lorsqu'on le renferme, en scèlant la petite boule à la flamme d'une lampe.

Parce que la quantit. de l'*air* comprimant, n'est pas toujours la même.

M. *Ducrest* paroit avoir compris la néces. d'une égale compression. Mais les précautions qu'il indique ne sont pas sûres.

423 *i*. M. *Ducrest* a reconnu sans doute la nécessité d'un même rapport entre l'*air* & l'*esprit-de-vin* dans le Thermomètre: on peut le croire du moins par les précautions qu'il exige pour le scèler (*a*). Mais ces précautions ne sont point sûres; puis qu'une de celles qu'il exige, est de ne pas *trop* chauffer la petite boule: ce qui est très vague. Il me semble donc qu'il vaut mieux purger d'air les Thermomètres d'*esprit-de-vin*; & que parconséquent, la méthode de M. *Durand* est préférable à celle de M. *Ducrest*.

Phén. singul. produits par l'*air* & les *vap*. dans les Thermom. d'*esp. de-vin*.

423 *k*. L'*air*, & les *vapeurs* dont il facilite la formation, produisent dans les Thermomètres d'*esprit-de-vin*, des phénomènes qui mériteroient d'être décrits, s'ils étoient aussi instructifs qu'ils sont singuliers. La plus petite bulle d'*air* qui se forme dans le tube, ou dans la boule, pendant que le Thermomètre est dans l'*eau bouillante*; suffit pour occasionner la formation de *vapeurs*, qui, se précipitant dans ce petit espace occupé par l'*air*, soulèvent brusquement l'*esprit-de-vin*. Si

(*a*) P. 14. de l'ouvrage déja cité.

Si le tube est scèlé ; les *vapeurs* ne produisent qu'une simple séparation de la colonne d'*esprit-de-vin* ; à laquelle on remédie, en faisant tourner le Thermomètre au bout d'une ficelle. Mais si le tube est encore ouvert, & que la petite bulle d'*air* se forme dans la boule ; les *vapeurs* qui s'y accumulent, chassent la liqueur au déhors par un jet très rapide. J'ai vû des Thermomètres, qui, après avoir soutenu plusieurs fois la chaleur de l'*eau bouillante*, ne pouvoient plus la soutenir quelque tems après. Cet inconvénient a lieu dans la méthode de M. *Ducrest* comme dans celle de M. *Durand*. Je l'ai éprouvé de celle-ci : & M. *Ducrest* en convient pour la sienne (*a*).

Ils ne soutiennent pas constamment la chal. de l'*eau bouillante*.

423 *l*. Les phénomènes qu'on observe, en mettant les Thermomètres à l'*eau bouillante* ; varient beaucoup, suivant la *liqueur* dont ils sont faits : l'*esprit-de-vin* altéré par l'évaporation, ou par des mélanges, supporte plus difficilement ce degré de chaleur ; que l'*esprit-de-vin pur*. Plus il est affoibli, de quelque manière que ce soit, plus il contient d'*air* ; l'*eau-de-vie* par exemple, contient plus d'*air* que l'*esprit-de-vin*, mais moins que le *vin* : & par cette raison un Thermomètre de *vin* est très difficile à faire.

Plus *l'esprit-de-vin* est foible, plus il est difficile de le purger d'*air*.

423 *m*. De tous les liquides dont j'ai fait des Thermomètres, celui qui m'a donné le plus de peine pour le purger d'*air*, est l'*eau salée*. L'huile demande beaucoup de tems ; mais avec du tems on en vient aisément à bout. Quant à l'*eau salée*, le tems ne suffit pas ; il faut encore beaucoup de soins & de travail. Les *vapeurs* de cette *eau* me paroissent douées d'une vertu expansive, beaucoup plus grande que celles de toutes les autres liqueurs ; du moins cette eau produit plus aisément des vapeurs que l'eau douce (*b*). Tant que mes Thermomètres d'*eau salée* renfermoient de l'*air* ; le simple contact de l'*eau bouillante*, y produisoit des pétillemens très vifs ; occasionnés par des oscillations très rapides. Cet effet provenoit des vapeurs ; successivement produites

Il est très difficile d'en purger l'*eau salée*.

Ses *vapeurs* ont une très grande force expansive.

(*a*) P. 14.

(*b*) Il me semble, d'après ce que j'ai observé dans mon Thermomètre d'*eau salée*, que cette eau, produiroit dans les *pompes à feu*, des effets plus grands & plus prompts, que ceux de *l'eau douce*.

Il est difficile de régler tout Therm. qui n'est pas de *mercure*.

duites par les lames extérieures de la liqueur, & condensées par les lames intérieures.

423 *n*. Je pourrois rapporter bien d'autres phénomènes singuliers, produits par l'*air* & les *vapeurs* dans les Thermomètres qui ne sont pas de *mercure*: mais je ne dois pas me permettre plus de détails sur cet objet. Il suffit d'avoir montré, les difficultés qu'on éprouve, quand on veut faire supporter à ces Thermomètres la chaleur de l'*eau bouillante*. On verra dans la suite les erreurs qui en sont résultées.

Il est très facile au contraire de régler les Thermomètres de *mercure*.

423 *o*. Le *mercure* au contraire, supporte la chaleur de l'*eau bouillante*, sans la moindre difficulté: & c'est un point bien essentiel. Quand on connoit l'impatience de la plupart des amateurs, & le besoin que les artistes ont de leur tems; on sent que c'est gagner beaucoup pour l'exactitude, que de diminuer les difficultés, & d'abréger le travail.

Nouvelle raison de l'emploier au Therm.

Troisiéme raison d'emploier le mercure pour le Thermomètre. Il est de tous les liquides, le plus propre à mesurer de grandes différences de chaleur.

De tous les liquid. propres au Therm. le *merc.* est celui qui suporte le plus de *chal.*

424 *a*. On a souvent besoin de mesurer des degrés de chaleur, qui excèdent celui de l'eau bouillante. Le Thermomètre d'*esprit-de-vin* devient alors absolument inutile. Les Thermomètres d'huile seroient propres à cet usage, s'ils n'avoient pas les défauts que j'ai indiqués. Le Thermomètre de *mercure*, qui n'a pas ces défauts, peut mesurer les plus hauts degrés de chaleur de la plupart des liquides. Il soutient la chaleur de l'étain fondu, & parconséquent de tous les alliages de plomb, d'étain & des demi-métaux, en fusion. En un mot, quand il est bien purgé d'air, il supporte aisément une chaleur de 275 degrés (de l'Echelle dont je parle toujours, où la température de la *glace qui fond* est à *zéro*, & celle de l'*eau bouillante* à 80). Je n'indique ce point, que parce que je l'ai éprouvé: car ce n'est pas là toute la chaleur que le *mercure* bien purgé d'air peut supporter sans bouillir. On a vû ci-devant (417 *g*.) que suivant M. *Braun*, cette chaleur va jusqu'à 300.

424

424 *b*. D'un autre côté l'expérience prouve, que les Thermomètres de M. *de Réaumur*, ne peuvent pas supporter seulement toute la diminution de chaleur qu'éprouve l'Athmosphère. Ceux que Mrs. les Académiciens François portèrent à *Torneâ*, se gelèrent à — 37 (*a*). Or nous avons des observations de bien plus grands *froids* naturels: M. *Ducrest* en cite une, d'après M. *Gmelin* dans sa *Flora Sibérica*. Ce Professeur raporte; qu'étant à *Jenisci* en *Sibérie*, dans l'année 1735, le Thermomètre de M. *de Lisle* y descendit à 281 degrés, c'est-à-dire à — 60 de notre échelle (432 *f*.). *L'esprit-de-vin ne peut suporter toute la dimin. natur. de la chaleur.*

424 *c*. Mais on peut produire artificiellement des diminutions de chaleur bien plus considérables; & qu'il est utile de mesurer. Le *mercure* nous servira encore à cet usage. J'ai donné ci-devant (415 *z*.) des raisons de croire qu'il se condense, sans *se geler*, jusqu'à 640 du Thermomètre de *de Lisle*; point qui correspond à peu-près à — 261 de notre Thermomètre. *Prodigieuse dimin. de chal. que peut suporter le mercure.*

424 *d*. Voilà donc 300 + 261 = 561 *degrés*, que le Thermomètre de *mercure* peut indiquer; c'est-à-dire environ 7 *fois* la *différence* de la chaleur de la *glace qui fond* à celle de l'*eau bouillante*. Un liquide qui a cette propriété, mériteroit par cela seul, d'obtenir la préférence pour le Thermomètre. *Grande étenduë de variat. de chal. que le merc. peut suporter. C'est encore une propriété pour le Thermomètre.*

Quatriéme raison d'emploier le mercure pour le Thermomètre. Ce liquide se conforme plus promptement que tout autre aux variations de la chaleur.

425 *a*. Un autre avantage considérable du *mercure* sur tous les autres *liquides*, c'est qu'il se conforme le plus promptement, à la température des corps qui l'environnent: ce qui, dans la plupart des observations, épargne beaucoup de tems. Souvent même l'exactitude des observations, dépend de la diligence. *Le merc. se conforme plus promptem. que tout autre liq. aux var. de la chaleur.*

425 *b*. J'ai vû quelques Physiciens assurer, que l'*esprit-de-vin* se *réchaufe* & se *réfroidit* plus promptement que le mercure. Sans doute que n'ayant pas eu occasion de consul- *Erreur de quelq. Physic. à cet égard.*

ter

(*a*) *Figure de la Terre* par M. de *Maupertuis*. pag. 56.

ter l'expérience, ils ont été entrainés par l'ancienne Théorie, qui supposoit que les tems des *échaufemens* & des *réfroidissemens* étoient proportionnels à la *densité* des corps. Mais c'étoit une erreur.

Object. de M. *Ducrest*, tirée de la moindre dilatab. du *merc.* comparativ. à *l'esprit-de-vin.*

425 *c.* M. *Ducrest*, qui emploie l'*esprit-de-vin*, par préférence; ne conteste pas cette propriété du mercure; mais il objecte: « qu'à calibre égal, il faut au Thermomètre *d'esprit-de-vin* une boule huit fois plus petite qu'au Thermomètre de *mercure*; & que parconséquent à tuyau égal, » celui *d'esprit-de-vin* parviendra tout au moins aussi vite à » son point d'équilibre, que celui de *mercure* « (*a*). Il est vrai qu'à tuyau égal, si l'on vouloit encore une étenduë égale de variation, on seroit obligé de faire la boule du Thermomètre de *mercure* huit fois plus grosse, que celle du Thermomètre d'*esprit-de-vin*; & qu'alors il y auroit compensation entre les différences des volumes & celles des *sensibilités* spécifiques. Mais M. *Ducrest* n'a pas fait attention, qu'on supplée à la moindre *dilatabilité* du *mercure*, par des tuyaux étroits: ce qu'on ne peut pas faire, pour suppléer à la moindre *sensibilité* de l'*esprit-de-vin*; parce que plus les tuyaux sont petits, plus l'erreur qui resulte de ce que l'*esprit-de-vin* s'y attache, devient grande. D'ailleurs il seroit impossible de faire supporter la chaleur de l'eau bouillante à des Thermomètres d'*esprit-de-vin* dont les tubes seroient capillaires: l'air ne pourroit en sortir, sans chasser la liqueur contenuë dans le tube.

On peut rémédier à la moindre *dilat.* du merc. mais non à la moindre *sensib.* de *l'esprit-de-vin.*

La moindre *sensib.* de l'*espr. de-vin* a produit de la différ. entre les exp. de M. *Ducrest* & les miennes.

425 *d.* Je crois pouvoir attribuer, en partie, à la moindre *sensibilité* de l'*esprit-de-vin*, comparativement au mercure, la différence qui se trouve, entre la Table de M. *Ducrest* & la mienne, des degrés correspondans des Thermomètres de *mercure* & d'*esprit-de-vin*. J'ai lieu du moins de le penser, en comparant nos expériences: voici celle de M. *Ducrest* (*a*).

Opération de M. *Ducrest*.

425 *e.* Il divisa en 100 parties égales, l'intervalle compris entre la température de l'eau bouillante & celle des caves de l'Observatoire de Paris, sur deux Thermomètres, dont l'un

(*h*) page 39. de l'ouvrage déja cité.

l'un étoit d'*esprit-de-vin* rectifié, & l'autre de *mercure*; & il plongea ces deux Thermomètres, dans un vase plein d'eau, qu'il fit chauffer lentement. L'opération dura cinq heures, depuis le cinquiéme degré jusqu'à l'ébullition de l'eau. Par cette expérience, que M. *Ducrest* réitera, il établit la correspondance suivante entre les *marches* de ces deux Thermomètres.

Corresp. qui en résulte, entre les *marches* du *merc.* & de *l'esprit-de-vin.*

	Esprit de vin. *degrés.*	*différences égales*	*Mercure.* *degrés. min.*	*différences en prog. arith.*
Eau bouillante.	100		100	
		10		7,36
	90		92,24	
		10		8, 8
	80		84,16	
		10		8,40
	70		75,36	
		10		9,12
	60		66,24	
		10		9,44
	50		56,40	
		10		10,16
	40		46,24	
		10		10,48
	30		35,36	
		10		11,20
	20		24,16	
		10		11,52
	10		12,24	
		10		12,24
Tempéré.	0		0	
		10		12,56
	10		12,56	
		10		13,28
	20		26,24	
		10		14,
	30		40,24	
		10		14,32
	40		54,56	
		10		15,4
	50		70,	
		10		15,36
	60		85,36	
		10		16, 8
	70		101,44	
		10		16,40
	80		118,24	
		10		17,12
	90		135,36	
		10		17,44
	100		153,20	

425 *f.* En comparant la quatrième colonne de cette Table, Raport de ces *marches* selon M. *Ducrest.*

ble, avec la seconde; on peut voir que les condensations du *mercure*, vont en augmentant, suivant une progression arithmétique; comparativement à des condensations égales de l'*esprit-de-vin*. Ce n'est pas que M. *Ducrest* ait trouvé cette régularité dans son observation; mais il lui a paru commode de l'admettre.

Reduct. de l'Echel. de M. *Ducrest* à la mienne.

425 *g*. Pour comparer cette Table avec la mienne; il faut d'abord en réduire les termes à ce qu'ils seroient, si les Thermomètres de M. *Ducrest* avoient été divisés, comme les miens, en 80 *degrés* entre les températures de la *glace qui fond* & de l'*eau bouillante*. Il suffit pour cela de savoir; que dans le Thermomètre d'*esprit-de-vin* de M. *Ducrest*, la température de *la glace qui fond* est à $10\frac{2}{5}$ audessous de *zéro*: le reste découle des propriétés des progressions arithmétiques. J'ai trouvé, que suivant l'expérience de M. *Ducrest*, & en changeant l'Echelle comme je viens de le dire, les 5 prémiers degrés du Thermomètre d'*esprit-de-vin*, en parlant du *zéro* de mon Echelle, correspondent à 6,35 du Thermomètre de *mercure*; & que les termes suivans de ce dernier, correspondans aux degrés du prémier pris de 5 en 5, forment une progression arithmétique décroissante, dont la différence est 0,18.

Inversion de sa Table, relative à des condens. égales de l'*espr. de v.*

425 *h*. M. *Ducrest* ayant pris pour terme de comparaison des variations égales du Thermomètre d'*esprit-de-vin*; tandis que j'ai comparé les variations de ce dernier, à des variations égales du Thermomètre de *mercure*; il faut faire à sa Table, un autre changement, qui découle de cette question: *si les dilatations du Thermomètre de mercure, correspondantes à des degrés égaux du Thermomètre d'esprit-de-vin pris de 5 en 5 en montant depuis le terme de la glace; suivent une progression arithmétique décroissante, dont le prémier terme est 6,35 & la différence commune 0,18: quelle Loi suivront entr'elles les dilatations du Thermomètre d'esprit-de-vin, correspondantes aux dilatations du Thermomètre de mercure, de 5 en 5 degrés de celui-ci?* Si l'on nomme z les degrés du Thermomètre de *mercure* audessus de zéro, & v les degrés correspondans du Thermomètre d'*esprit-de-vin* audessus du même point; on aura, par l'expérience de M. *Ducrest*, $v = \frac{5}{2} \times (322 - \sqrt{103684 - 900z})$.

$= 900\,z$). Il faut donc substituer les nombres 5, 10, 15, 20 &c. jusqu'à 80, à la lettre z, pour avoir des valeurs de v; qui seront les degrés du Thermomètre d'*esprit-de-vin*, corres-respondans aux degrés 5, 10, 15, 20 &c. du Thermomètre de *mercure*.

425 *i*. Voici le résultat du calcul, comparé à mon expérience. Compar. des deux expér.

	Mercure.	*Esprit-de-v. par l'exp. de M.* Ducrest.	*Différence.*	*Esprit-de-v. par mon expérience.*
Eau bouillante.	80	80,00	0,00	80,00
	75	73,21	0,59	73,80
	70	66,83	0,97	67,80
	65	60,80	1,10	61,90
	60	55,06	1,14	56,20
	55	49,57	1,13	50,70
	50	44,31	0,99	45,30
	45	39,24	0,96	40,20
	40	34,36	0,74	35,10
	35	29,63	0,67	30,30
	30	25,05	0,55	25,60
	25	20,60	0,40	21,00
	20	16,27	0,20	16,50
	15	12,05	0,15	12,20
	10	7,94	— 0,04	7,90
	5	3,93	— 0,03	3,90
Glace qui fond.	0	0,00	0,00	0,00

425 *k*. En comparant la seconde colonne de cette Table, Le Therm d'esprit-de-vin.

de M. *Ducrest* est partout plus bas que le mien.

ble, avec la dernière; on voit que le Thermomètre d'*esprit-de-vin*, s'est tenu presque toûjours plus bas dans l'expérience de M. *Ducrest*, que dans la mienne: les différences sont indiquées dans la troisiéme colonne. Ce sont ces différences que je crois pouvoir attribuer en partie, à la différence de *sensibilité* du *mercure* & de l'*esprit-de-vin*.

La moindre *sensibil.* de l'esprit-de-vin est une des causes de cette diff. Explication.

J'ai dit que dans l'expérience de M. *Ducrest* la chaleur alloit en augmentant; tandis qu'elle alloit en diminuant dans la mienne. Ainsi le Thermomètre d'*esprit-de-vin* de M. *Ducrest*, devoit rester toujours un peu trop bas, rélativement à son Thermomètre de *mercure*; parce que celui-ci se dilatoit plus promptement. Dans mon expérience, au contraire, où la chaleur alloit en diminuant; mon Thermomètre d'*esprit-de-vin* devoit rester un peu plus haut, que mon Thermomètre de *mercure*; parce le premier de ces liquides, se condensoit plus lentement que le dernier. Mais comme mon expérience dura beaucoup plus que celle de M. *Ducrest*; mon Thermomètre d'*esprit-de-vin* eut toûjours plus de tems pour se conformer à la *marche* de celui de *mercure*: & parconséquent l'erreur résultante de la moindre *sensibilité* du premier, doit être plus petite, & même insensible.

La grande *sensibil.* du *mercure* est donc un avantage.

425 *l.* La comparaison de ces deux expériences fait connoitre les erreurs où l'on peut tomber, en emploiant pour le Thermomètre, un liquide qui tarde à recevoir les impressions de la chaleur: & parconséquent elle montre l'avantage d'y emploier le *mercure*.

Le défaut de *sensib.* de l'*esprit-de-vin* n'est pas la seule cause de la diff. des deux exp.

425 *m.* Je ne crois pas cependant que toute la différence qui se trouve entre l'expérience de M. *Ducrest* & la mienne, provienne du défaut de *sensibilité* de l'*esprit-de-vin*. Si cela étoit, la différence seroit à peu près la même, pour tous les degrés: aulieu qu'on la voit augmenter beaucoup en montant. C'est-à-dire, que le Thermomètre de M. *Ducrest*, reste de plus en plus en arrière rélativement au mien: jusqu'à-ce que par un effet de la construction des Echelles, dont le terme supérieur est indiqué par le même nombre, les différences vont en diminuant dans les derniers degrés.

L'*air* laissé au haut du

425 *n.* Il y a donc une autre cause de différence, & je l'ai indiquée précédemment: c'est *l'air* que M. *Ducrest* laissoit dans

dans le haut de ses Thermomètres; qui, résistant de plus en plus à l'ascension de l'*esprit-de-vin*; le comprimoit aussi de plus en plus; & forçoit même peut-être la boule à s'agrandir, ou par l'extension du verre, ou du moins en prenant une forme plus sphèrique.

Therm. de M. *Ducrest* y contribuë aussi.

Cinquième raison d'emploier le Mercure *pour le Thermomètre. Tout* Mercure *a la même* marche *par les variations de la chaleur.*

426 *a.* La différence que produit dans la *marche* de l'*esprit-de-vin*, son mélange avec l'*eau*; fait assez sentir, que les Thermomètres faits de cette liqueur, ne peuvent s'accorder, qu'autant qu'elle est également *spiritueuse*. Mais j'ai voulu savoir si les différences étoient sensibles.

Les Therm. d'*esprit-de-vin* ne sont d'accord que lorsque la liq. est égalem. *spiritueuse*.

426 *b.* J'ai donc fait une suite de Thermomètres, remplis de *liqueurs* différemment *spiritueuses*. J'ai observé leur *marche* comparativement à celles de l'*eau* & du *mercure*, dans de l'eau qui se réfroidissoit, & avec les mêmes précautions que j'ai détaillées ci-devant. Voici le résultat de cette expérience.

Expér. sur des Therm. de *liqueurs* différemment *spiritueuses*.

TABLE

TABLE des degrés correſpondans, de dix Thermomètres faits de liqueurs différemment ſpiritueuſes & des Thermomètres d'eau & de mercure.

Mercure.	Eſp.d.v. diſtillé au bain de ſable après avoir brulé la poudre.	Eſp.d.v. qui brul.la poud.	Eſp. de v. reſt. de la diſtill. au bain de ſable.	Eſp. de v. de M. *de Réaumur*, 5. p. d'eſ.d. v. & 1 partie d'eau.	3 Part. d'eſp.de v.& 1p. d'eau.	Eau-d. vie.	Eſp.d. v.aff. par l'évapor. tion.	1 part. d'eſ.de v. & 1 partie d'eau.	Vin vieux de Languedoc.	1 part. d'eſprit-d. v. & 3 p. d'eau.	Eau.
80	80,0	80,0	80,0	80,0	80,0	80,0	80,0	80,0	80,0	80,0	80,0
75	73,8	73,8	74,0	73,9	73,7	73,4	73,4	73,2	72,4	71,6	71,0
70	67,6	67,8	67,9	67,8	67,5	67,4	66,9	66,7	64,3	62,9	62,0
65	61,5	61,9	62,1	61,8	61,5	61,4	61,0	60,6	56,6	55,2	53,5
60	55,5	56,2	56,4	56,2	55,8	55,6	55,0	54,8	49,5	47,7	45,8
55	50,3	50,7	50,8	50,5	50,2	49,8	49,3	49,1	42,5	40,6	38,5
50	45,1	45,3	45,5	45,0	44,9	44,4	44,0	43,6	36,2	34,4	32,0
45	40,0	40,2	40,2	39,8	39,7	39,2	38,9	38,4	30,1	28,4	26,1
40	35,0	35,1	35,2	35,0	34,8	34,2	34,0	33,3	24,6	23,0	20,5
35	30,1	30,3	30,0	30,1	29,8	29,4	29,2	28,4	19,9	18,0	15,9
30	25,5	25,6	25,2	25,5	25,2	24,7	24,6	23,9	15,3	13,5	11,2
25	20,9	21,0	20,6	20,8	20,7	20,3	20,2	19,4	11,2	9,4	7,3
20	16,5	16,5	16,3	16,3	16,2	15,9	16,0	15,3	7,7	6,1	4,1
15	12,0	12,2	11,9	11,9	11,8	11,8	11,6	11,1	4,9	3,4	1,6
10	7,9	7,9	7,9	7,9	7,7	7,7	7,6	7,1	2,3	1,4	0,2
5	3,9	3,9	3,9	3,9	3,8	3,8	3,8	3,4	0,9	0,1	— 0,4
0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Remarq. ſur 3 Therm. qui paroiſſent de liq. diff. & qui ſont d'accord.

426 *c.* On voit peu de différence entre les *marches* des trois premiers Thermomètres d'*eſprit-de-vin*; & j'en fus ſurpris moi-même au premier coup d'œil. Mais je reconnus enſuite que les liqueurs dont ils étoient faits, quoique différemment nommées, ne différoient preſque point. J'en fis bruler

bruler des volumes égaux dans un même vase, & je ne trouvai aucune différence sensible dans la quantité de flegme qu'elles laissèrent: ou plutôt, il ne resta de chacune, au fond du vase, qu'un peu d'humidité, dont la quantité ne pouvoit être déterminée.

426 *d.* Il me paroit donc; que lorsque l'*esprit-de-vin* est *déflegmé*, au point de bruler la poudre, il ne se rectifie pas sensiblement davantage, par la simple *distillation*. Le *flegme* monte avec l'*esprit*, par le degré de chaleur qui produit des vapeurs visibles: il faut d'autres moyens pour les séparer; ce sont ceux qu'on emploie pour faire l'*alcohol* & l'*éther*.

La simple *distillation* ne rectifie l'*esprit-de-vin* que jusqu'à un certain point.

426 *e.* Mais si l'*esprit-de-vin* qui monte par la *distillation* d'une masse qui bruloit la poudre, ne diffère pas sensiblement du *résidu*: il n'en est pas de même, de celui qui s'*évapore* naturellement. Dans la simple *évaporation*; l'*esprit* qui est bien plus volatil que le *flegme*, s'échape beaucoup plus aisément. Aussi voit-on que la *marche* du Thermomètre d'*esprit-de-vin évaporé*, diffère sensiblement de celles des précédens: & que ses dilatations vont même plus en augmentant, que celles de l'*eau-de-vie*.

L'*évaporat.* l'affoiblit beaucoup.

426 *f.* Les autres Thermomètres font voir aussi, quelles différences peuvent résulter, de la plus ou moins grande quantité d'*esprit* que contient une liqueur.

Différ. entre les liqueurs différem. spiritueuses.

426. *g.* Il est donc manifeste par ces expériences; que les Thermomètres d'*esprit-de-vin* ne peuvent être exactement d'accord, que lorsque la liqueur dont ils sont faits, est précisément de même nature. Je conviens que les différences sont petites depuis l'*esprit-de-vin* qui est près de bruler la poudre, jusqu'à celui qui est rectifié autant qu'il peut l'être par la simple distillation. Mais un défaut, quoi que petit, n'est pas moins un défaut, & on doit l'éviter lorsqu'on le peut. D'ailleurs un *esprit-de-vin*, qui peut n'être pas originairement assez *pur*, qu'on colore de diverses manières, qu'on garde quelquefois longtems dans une bouteille peu remplie ou mal bouchée; ne peut-il pas s'affoiblir assez, pour avoir une *marche* sensiblement différente de celle d'un *esprit-de-vin* bien *rectifié*?

L'*espr. de-vin* dont on fait les Therm. peut différer beaucoup sans qu'on le sache.

426 *h.* Lors donc qu'on achette un Thermomètre d'*esprit-*

On peut donc être trompé

quand on les achette.

prit-de-vin, sans l'avoir vû construire, & sans avoir éprouvé sa liqueur ; c'est un instrument qui peut être trompeur pour des expériences délicates.

M. *de Réaumur* avoit connu ce défaut.

426 *i.* M. *de Réaumur* a reconnu lui-même (*a*), que la différence de *force* des *esprits-de-vin*, devoit produire de la différence, non seulement dans leur *dilatabilité*, mais encore dans ce que j'ai apellé leur *marche*. Il présumoit que leurs degrés successivement correspondans ne devoient pas être proportionnels ; mais qu'ils devoient être en raison composée des *dilatabilités* du *flegme* & de l'*esprit* dans chaque température. Il se fondoit à cet égard, sur ce qu'il avoit reconnu ; que dans les degrés de chaleur que nous pouvons aisément supporter, la *dilatabilité* de l'*eau* est presque nulle ; tandis, dit-il, *que peut-être s'en trouve-t-il entre les degrés forts, qui dilatent autant, ou presqu'autant l'eau, qu'ils dilatent l'esprit-de-vin.* Partant de ce principe, il croyoit, que dans les observations ordinaires, on ne devoit compter que la *dilatabilité* de l'*esprit*, & non celle du *flegme* ; & il indiquoit un moyen de trouver, d'après cette règle, les points correspondans de Thermomètres faits d'*esprit-de-vin* différemment *dilatables*.

Il croyoit que la *marche* des mélanges étoit en raison composée de celles des liq. mêlées.

Il donnoit une Règle fondée sur ce principe.

Mais par l'expér. le mélange participe plus de la *marche* de la liq. *spirit.*

426 *k.* Mais l'expérience prouve, que la *marche* d'un mélange d'*eau* & d'*esprit-de-vin* ; n'est point, comme le pensoit M. *de Réaumur*, en raison composée de celles de ces deux liqueurs. On peut voir dans la Table précédente, que le Thermomètre composé de parties égales d'*eau* & d'*esprit-de-vin*, participe beaucoup plus de la *marche* de l'*esprit-de-vin*, que de celle de l'*eau* : & l'on voit la même chose dans tous les autres mélanges.

D'ailleurs il est difficile de connoitre la nature des mélanges.

426 *l.* Dailleurs, le moyen indiqué par M. *de Réaumur* suppose que l'on peut connoitre aisément la quantité de *flegme* que contient l'*esprit-de-vin* qu'on employe. Or à cause de la facilité avec laquelle l'*esprit* s'évapore, il est très difficile de connoitre ce qu'il reste d'*esprit*, dans les Thermomètres même que l'on construit avec le plus de soin. Et comment le connoitra-t-on pour ceux qu'on achette ?

426

(*a*) *Mém. de l'Ac. &c.* année 1730 ; in-12, pag. 701.

426 *m.* Il suffit au contraire qu'un Thermomètre soit fait de *mercure*, pour que, toutes choses d'ailleurs égales, on soit assuré que sa *marche* sera entiérement semblable à celle de tout autre Thermomètre de *mercure*. Mais la *marche* de tout *mercure* est la même.

426. *n.* M. *Ducrest*, qui préfère l'*esprit-de-vin* au *mercure* pour le Thermomètre (*a*), reconnoît cependant cette propriété importante du dernier. Il rapporte à ce sujet; » qu'ayant rempli par trois fois le même Thermomètre, de » trois diverses sortes de mercure, dont l'un différoit sensi- » blement des autres en finesse & fluidité, & l'ayant chaque » fois règlé au tempéré au même point, il trouva que l'eau » bouillante s'accordoit aussi au même point « (*b*). Cette expérience n'indique proprement qu'une égale *dilatabilité*; Expér. de M. *Ducrest* qui le prouve.

(*a*) La principale raison qui a déterminé M. *Ducrest* à préférer l'*esprit-de-vin* au *mercure*, est rélative à la mesure même de la chaleur, & par conséquent elle est de même nature que la première de celles que j'ai alléguées en faveur du *mercure*. Je vais rapporter la sienne, qu'on trouve à la page 16 de l'ouvrage déja cité.

C'est, dit-il, *parce que rélativement à nos sens*, l'esprit-de-vin *paroît être plus égal pour comparer le* froid *au* chaud; *& que le* mercure *se comprime à proportion beaucoup plus dans l'excès du* froid, *qu'il ne se dilate dans l'excès du* chaud.

Dans l'hypothèse de M. *Ducrest*, le *tempéré*, ou la température des souterrains profonds, est le point de séparation entre le *chaud* & le *froid*. Comparant ensuite *les deux excès du* chaud *& du* froid *dont nous avons des expériences*, *sçavoir*; *le point du* Sénégal *pour le chaud*, *& celui du voyage de* Kamchatka *pour le* froid, M. *Ducrest* trouve que *le Thermomètre d'*esprit-de-vin *donne pour le* chaud *du* Sénégal 29 *d.* $\frac{1}{4}$, *& pour le froid de* Kamchatka 46 *d.* $\frac{7}{8}$; *dans le tems que le Thermomètre de* mercure *donnera pour le* chaud *du* Sénégal 34 *d.* $\frac{2}{3}$ *& pour le* froid *de* Kamchatka 65 *d.*, *ce qui fait*, dit-il, *un excès de* froid *presque double dans le* mercure, *au lieu qu'il n'est guère plus que de la moitié dans l'*esprit-de-vin.

M. *Ducrest* faisant du *froid* une matière réelle, opposée dans ses effets à celle du *chaud*, regarde la température interne de notre globe, comme un milieu exact, entre les effets de ces deux causes externes; & le plus grand *chaud*, ainsi que le plus grand *froid*, observés à la surface de la terre, comme des extrêmes également distants de ce terme moyen.

Mais il me semble qu'il n'a pas fait attention que dans son hypothèse, & en supposant même une intensité égale dans ces extrêmes opposés, il faudroit prouver encore, qu'il y a égalité de durée dans leur action; que notre globe est également permeable à deux matières si différentes; & qu'il ne renferme pas des causes de chaleur indépendantes de celles qui agissent au dehors. Il y auroit donc trop d'incertitude en tout cela, pour qu'on pût regarder avec fondement la température de notre globe, comme l'effet moyen de deux causes, uniques, extérieures, opposées, égales en puissance; en supposant même que l'existence de celle du *froid*, comme matière distincte, est seulement probable.

Les autres objections que fait M. *Ducrest* contre le Thermomètre de *mercure*, ne sont tirées que de quelques difficultés de construction, que j'espère d'applanir.

(*b*) Page 24 de l'ouvrage déja cité.

mais on peut en inférer, indépendamment des expériences immédiates, que la *marche* de tout *mercure* est uniforme.

Cette propriété découle de l'homogénéité du *mercure*.

426 *o*. Nous avons une certitude de cette propriété, dans la nature même du *mercure*. Ce qui produit de la variété dans les *marches* de liqueurs qui portent le même nom, (comme les différentes espèces d'*huiles* & de *liqueurs spiritueuses*) c'est qu'elles sont toutes *composées*; & que dans chaque espèce, la *composition* varie, sans qu'on puisse l'appercevoir que par des expériences très-délicates. Le *mercure*, au contraire, est un liquide *homogène*: il ne se mêle qu'avec bien peu d'autres liquides; & s'il est amalgamé avec quelque matière hétérogène, on s'en apperçoit bientôt par la diminution de sa liquidité.

Le *mercure* mérite donc à tous égards une préférence *exclusive* pour le Thermom.

426 *p*. Si je voulois entrer dans de plus grands détails, je pourrois alléguer en faveur du *mercure*, bien d'autres raisons, qui, quoique moins essentielles, ne laisseroient pas de mettre un nouveau poids dans la balance. Mais je ne pense pas qu'il en soit besoin; celles que j'ai alléguées suffisent pour assurer à ce liquide une préférence *exclusive* dans la construction du Thermomètre (*a*).

Cette *exclusion* de toute autre matière est absolument nécessaire pour éviter l'erreur.

426 *q*. Il est certain qu'on ne se mettra point à l'abri de l'erreur, tant qu'on ne sera pas parvenu à cette *exclusion*. Jusqu'alors l'*uniformité* des *Thermomètres* dépendra toûjours, d'une connoissance des rapports entre les *marches* des différens *fluides*, d'une attention, d'une patience, d'une dextérité, & même d'une bonne foi, qu'on ne peut attendre de tous les artistes.

427

(*a*) Un amateur de la Physique, à qui je communiquois mes remarques sur les avantages qu'on peut retirer de l'emploi du *mercure* dans la mesure de la chaleur, les sentit si vivement, qu'il s'écria: *certainement la nature nous a donné ce minéral pour faire des Thermomètres!*

Des

Des Termes fixes *du Thermomètre.*

427 *a.* En même tems qu'on déterminera le *fluide* qui devra être employé dans le *Thermomètre commun*, il faudra fixer aussi les *termes* de chaleur qui serviront de base à sa graduation. Aujourd'hui qu'on croit avoir ces *termes*, on fait peu d'attention aux incertitudes dans lesquelles ont flotté à cet égard les hommes les plus célèbres; non plus qu'à l'espèce d'anarchie qui en est résultée, & dont nous ne sommes point encore sortis.

Il faut aussi décider quel seront les *termes fixes* du Therm.

427 *b.* Je n'entreprendrai pas l'histoire détaillée des tentatives qu'on a faites pour avoir une *échelle* fixe à cet instrument. Je me propose seulement d'en rapporter les principales époques. Ce sera l'occasion de faire connoître plus en détail la grande diversité des instrumens qui ont été employés à la *mesure* de la *chaleur*.

HISTOIRE des tentatives pour avoir une *échelle fixe* dans cet instrument.

Des principaux THERMOMETRES qui ont été construits jusqu'à présent.

428 *a.* C'étoit peu d'avoir des instrumens qui indiquassent des différences dans la *chaleur*; tant que ces instrumens n'étoient pas semblables, & que l'expression *degré du Thermomètre* n'avait pas un sens déterminé.

Echelle *arbitraire* des prémiers Therm.

428 *b.* La prémière trace que j'aie trouvée de quelque tentative pour donner au Thermomètre des *termes fixes*, & à ses dégrés un *rapport connu* avec la distance de ces *termes*, c'est le projet de *Renaldini*, dont j'ai fait mention ci-devant (422 *d.*). Il proposoit déja en 1694, de marquer sur le Thermomètre, les points où il se tiendroit dans la *glace* & dans l'*eau bouillante*, & de diviser l'intervalle de ces points en un nombre *fixe* de parties. Il me paroit donc que nous devons à ce Physicien, l'idée de ce qu'on a fait de mieux jusqu'à présent pour perfectionner le Thermomètre; & que si l'on y a ajouté quelque chose dès lors, ce n'est qu'un peu plus d'exactitude dans la définition des mêmes *termes*; encore est-on bientôt retombé dans la confusion.

Renaldini vit le premier la nécessité de la déterminer. En 1694.

428 *c*. *Newton* parvint peu de tems après, mais par une autre route, au but que *Renaldini* s'étoit proposé. Il avoit senti comme lui la nécessité de bannir du Thermomètre les mesures arbitraires.

Thermom. de *Newton*, en 1701.

Il étoit *d'huile d. lin.*

En 1701, il donna, dans les *transactions philosophiques* (*a*), une table de divers degrés de chaleur qu'il apelloit *constans*; & il exprima ces *quantités* de chaleur par les degrés d'un Thermomètre *d'huile de lin*, dont voici la construction.

Ses termes fixes à son *échelle.*

428 *d*. La température de la *neige qui fond*, en étoit la base. *Newton*, supposant que le *volume* de son *huile de lin* étoit divisé en 10000 parties à cette température, chercha quel *volume* occupoit cette liqueur à la *chaleur du corps humain*, & il le trouva de 10256 des mêmes parties. Il appella *zéro*, le volume 10000; & 12, le point où le volume de l'*huile de lin* avoit augmenté de $\frac{256}{10000}$. Tel fut le fondement de son *échelle*.

Déterminat. de *quelques degrés constans* de *chaleur.*

428 *e*. Il employa principalement ce Thermomètre à mesurer certains degrés de chaleur, qu'il regardoit comme *fixes*; & il les exprima par des degrés qui avoient toûjours le même rapport avec les augmentations de *volume* de l'*huile de lin*. Il plongea, par exemple, son Thermomètre dans l'*eau qui bout fortement*: le volume de l'*huile de lin* y augmenta de $\frac{725}{10000}$; & faisant, 256 : 12 : : 725 : 34, il appella 34 la chaleur de l'*eau bouillante*. L'étain fondu qui commence à se réfroidir, augmentoit le volume de la même *huile* de $\frac{1516}{10000}$: or 256 : 12 : : 1516 : 72. Il appella donc 72, le degré de chaleur de *l'étain qui se réfroidissant a acquis la consistance d'un amalgame.*

Prolongation de l'*échelle.*

428 *f*. On voit que les principes de l'*échelle* de *Newton* étoient fort simples. En marquant *zéro* à la température de *la neige*, ou de *la glace qui fond* (438 *h*.); & 12, à celle du *corps humain*. Il suffisoit de diviser cet intervalle en 12 parties égales, pour avoir toute l'*échelle* de ce Thermomètre. Deux suites de mêmes degrés, en montant & en descendant, indéterminées quand à leur étenduë, la finissoient.

Remarques sur cette première tentative.

428 *g*. On verra par la suite que le *premier terme* choisi par *Newton*, est le plus *fixe* qu'on ait trouvé; & qu'en s'en écartant,

(*a*) No. 270.

écartant, on est tombé dans bien des erreurs. Mais on est surpris que ce grand homme n'eût pas vu, qu'il convenoit de choisir un *second terme* plus éloigné du premier, pour obtenir plus de sûreté dans la détermination des degrés de son *échelle*; & qu'il n'eût pas apperçu, que la chaleur de l'*eau bouillante* pouvoit le lui fournir. Il paroît plus surprenant encore, qu'il appellât chaleur *double*, *triple*, &c. celle qui étoit exprimée par des nombres de degrés *doubles*, *triples*, sur son échelle; comme si le *zéro* de son Thermomètre eût été le *zéro* de la chaleur. Mais lorsqu'on se transporte au tems où *Newton* ouvrit cette carrière, la surprise cesse; & il paroit dans ces recherches, tel qu'il a été par tout.

429 *a*. M. *Amontons* reconnut, à peu près dans le même tems, le défaut des prémiers Thermomètres. Il sentit le besoin de choisir un point fixe de température, & de donner aux degrés de l'échelle, une grandeur rélative à quelque chose de déterminé.

M. *Amontons* vit aussi le besoin de rendre *fixe l'échelle* du Thermomètre.

429 *b*. Les expériences qu'il avoit faites sur l'augmentation que reçoit l'*air* dans sa *force élastique*, par l'augmentation de la chaleur, lui fournirent un moyen de perfectionner le Thermomètre. Ce fut en 1702. Le Mémoire qu'il remit sur ce sujet à l'Académie Royale des Sciences de Paris dont il étoit Membre, est plein de choses ingénieuses, quoiqu'écrit assez obscurément.

Il en trouva un moyen dans ses expér. sur l'augmentat. de *force élastique de l'air*, par la *chaleur*. En 1702.

429 *c*. Je ne rapporterai pas les détails de la fabrication de ce Thermomètre; comment, par exemple, M. *Amontons* y condensoit l'air: on les trouvera, s'il est besoin, dans son Mémoire. C'est de son *échelle* seulement qu'il s'agit ici.

Terme fixe unique de son échelle: la chaleur de l'*eau bouillante*.

Le but de M. *Amontons* étoit de *mésurer la chaleur*, par le degré de *force élastique* qu'elle donne à l'*air* (421 *b*.). Pour cet effet il en comprimoit une certaine quantité, par les poids réunis d'une colonne de *mercure* & de l'atmosphère, dans une boule soufflée à l'extrêmité inférieure recourbée d'un long tube. Il choisit pour prémier terme de son *échelle*, le poids que soutenoit l'air renfermé dans son Thermomètre, lorsqu'il étoit échauffé par l'*eau bouillante*. Son Thermomètre y étant plongé; il en ôtoit, ou il y mettoit, du

mercure, jusqu'à ce que, faisant une somme de la hauteur du mercure dans son tube, & de sa hauteur dans le Baromètre au moment de l'observation, cette somme fut égale à 73 pouces. Il falloit une détermination à cet égard, parce que M. *Amontons* avoit trouvé, que l'augmentation de *force élastique* de l'air par une augmentation de chaleur donnée, est proportionnelle au poids dont il est chargé (421 *o.*).

Formation de son *échelle*.

429 *d.* Il marquoit donc 73, au point que la colonne de mercure atteignoit lorsque le Thermomètre étoit plongé dans l'*eau bouillante*. Si dans ce moment-là le Baromètre étoit à 28 pouces; la hauteur de la colonne de mercure du Thermomètre, au dessus de son niveau dans la boule, étoit de 45 pouces; si la hauteur du Baromètre étoit moindre d'une certaine quantité, la colonne du Thermomètre devoit être plus grande de la même quantité, & réciproquement. M. *Amontons* formoit ensuite son *échelle*, en supposant que le poids de l'atmosphère étoit toûjours égal à celui d'une colonne de mercure de 28 pouces. Il divisoit d'abord cette *échelle* en pouces, de haut en bas, en partant de ce prémier point 73; & les nombres successifs étoient 72, 71, 70. Il subdivisoit ensuite les *pouces* en *lignes*. Mais comme le poids de l'atmosphère est variable, il falloit observer le Baromètre en même tems que ce Thermomètre, pour ajouter à l'indication de ce dernier sur son *échelle*, ou en soustraire, ce dont le mercure étoit au dessous ou au dessus de 28 *pouces* dans le Baromètre.

Sa manière d'exprimer les degrés de chaleur.

Les variations de la chaleur étoient donc exprimées sur ce Thermomètre, par les poids différens que l'air renfermé y soutenoit; & ces poids étoient indiqués par les *nombres* de l'*échelle* vis-à-vis desquels la colonne de mercure se fixoit; sauf la correction à faire pour la différence, entre la hauteur observée du Baromètre, & celle de 28 *pouces*. La température des *caves de l'Observatoire de Paris*, par exemple, étoit exprimée par 54 *pouces*; & celle de l'*eau qui se gêle*, par 51 $\frac{1}{2}$.

M. *Amontons* employoit son

429 *e.* M. *Amontons* ayant employé ce Thermomètre à diverses observations, découvrit bientôt combien il étoit incommode

commode pour l'usage ordinaire (421 *d.*); & dès l'année suivante, il pensa d'en transporter les avantages sur le Thermomètre d'*esprit-de-vin*, en réglant celui-ci par comparaison avec l'autre (*a*). Mais je l'ai dit, il divisa aussi en parties égales l'*échelle* du Thermomètre d'*esprit-de-vin*; ce qui me donne peu d'idée de l'exactitude de son Thermomètre d'*air* (421 *u.*).

Therm. d'*air* à graduer des Thermo. d'*esprit-de-vin*.

429 *f.* Ce Thermomètre coûta sûrement bien plus à imaginer que celui de *Newton*; & celui-ci cependant étoit bien préférable. Il avoit même déja un tel degré de perfection; qu'en considérant séparément chacun des Thermomètres, qui dès lors ont fait quelque sensation parmi les Physiciens, je ne vois pas qu'il y en ait aucun qui ait de l'avantage sur celui de *Newton*, pour les principes: la substitution seule du *mercure* à l'*huile de lin*, est un pas de plus vers la perfection. Car quoique *Newton* n'eut pas pris la *chaleur de l'eau bouillante* pour un de ses deux *termes fixes*, comme cependant il avoit marqué ce degré de chaleur sur son Thermomètre (428 *e.*); on pouvoit s'en servir dans la suite à le construire.

Le Therm. de *Newton* étoit préférable.

La substit. seule du *mercure à l'huile de lin* a été dès lors un pas de plus.

430 *a.* Ce fut *Fahrenheit*, à ce qui m'a paru, qui le prémier employa le *mercure* à la mesure de la chaleur. Il fit mention de son Thermomètre, dans un Mémoire qu'il présenta à la *Société Royale* de Londres en 1724, sur les divers degrés de chaleur de quelques liquides bouillans (*b*).

Fahrenheit fit le premier cette substitution. En 1724.

430 *b.* Ce Thermomètre, (qui est encore fort en usage dans les pays du Nord) a pour *termes fixes*, la *congélation forcée par le sel ammoniac* (*c*), & la *chaleur de l'eau bouillante*. L'intervalle de ces deux points est divisé en 212 parties égales. Le *zéro* est au prémier de ces *termes*, & le degré 212 au dernier. Ce nombre de parties étoit déterminé par l'augmentation qu'éprouvoit le mercure dans son volume, en passant de l'une de ces températures à l'autre. Supposant le volume du mercure divisé en 11124 parties, quand le Thermomètre

Termes fixes de son Therm. La *congélation forcée par le sel ammoniac* & *l'eau bouillante*. Formation de son échelle.

(*a*) *Mémoire de l'Académie Royale des Sciences*, année 1703.

(*b*) *Transf. Philos.* No. 381.

(*c*) *Fahrenheit* choisit la *congélation forcée par le sel ammoniac* pour le *zéro* de son Thermomètre, parce qu'il crut que c'étoit le plus grand degré de *froid* qu'on pût produire.

Thermomètre étoit à *zéro*; il devenoit 11124 + 212 = 11336, quand on plongeoit le Thermomètre dans l'*eau bouillante*. C'est ainsi du moins que le disent *Boerhaave* (*a*) & *Musschenbroek* (*b*). Cependant *Boerhaave* lui-même suppose quelquefois une autre division du volume primitif du mercure; en conservant cependant 212 parties de ces différentes divisions, depuis *zéro* à l'*eau bouillante* (*c*): mais ces différences ne font rien à la formation de l'échelle (432 *h.*).

Therm. de M. *de Reaumur.*

431 *a.* Je ne m'étendrai pas ici sur le Thermomètre de M. *de Reaumur*, qui vint après celui de *Fahrenheit*. Ce Thermomètre étant le plus renommé, mérite un examen approfondi; & je le ferai (440 *& suiv.*).

En 1730.

431 *b.* Ce fut en 1730 que son Auteur le fit connoître dans les *Mémoires de l'Académie Royale des Sciences* de Paris. On y voit tous les procédés qu'il employa, tant pour trouver dans la *glace mêlée de sel marin*, & dans l'*eau bouillante*, des *termes fixes* de température; que pour déterminer, de combien de parties le volume de l'*esprit de vin affoibli*, dont il fit son Thermomètre, augmentoit d'une de ces températures, à l'autre.

Il étoit d'*esprit de vin affoibli.*

Ses *termes fixes*: le *froid qui suffit pour gêler l'eau*, & *la chaleur de son esprit de vin prêt à bouillir.*

Formation de son échelle.

431 *c.* M. *de Reaumur*, d'après ces expériences, fit le volume de sa liqueur égal à 1000, lorsqu'elle étoit exposée au *froid qui suffit pour gêler l'eau*. Il plaça à cette température le *zéro* de son échelle. Et comme il avoit trouvé que le volume de sa liqueur, *prête à bouillir*, étoit 1080, il appella 80 le point correspondant à cette augmentation de volume. Il divisa ensuite en 80 parties égales, l'intervalle de ce point à *zéro*. La grandeur des degrés étant ainsi déterminée, il prolongea son échelle au dessous de *zéro*, autant qu'il fut besoin. Voilà une esquisse de ce Thermomètre: elle diffère beaucoup de ce qu'on entend communément aujourd'hui par *Thermomètre de M. de Reaumur*; comme on le verra dans la suite.

432

(*a*) Chem. 1, pag. 174.

(*b*) *Essais de Physique*, §. 948.

(*c*) MARTINE, *Dissertations sur la Chaleur*, &c. *in*-12, pag. 39.

432 *a*. En 1733, M. *de Lisle*, Professeur en Astronomie dans l'Académie des Sciences de *St. Petersbourg*, présenta à cette Académie la description d'un autre Thermomètre, où l'on retrouve à peu près les mêmes principes que dans les précédens; mais différemment appliqués (*a*). Ce Thermomètre étoit de *mercure*, comme celui de *Fahrenheit*, & ses degrés étoient aussi des parties aliquotes du volume de ce liquide. Mais dans celui-ci, l'exactitude du rapport de ces parties avec le tout, étoit d'une nécessité absolue: de ce rapport, & d'un seul *terme fixe*, dépendoit toute sa division.

Thermomèt. de *de Lisle*. En 1733.

Il est de *mercure*.

432. *b*. Ce *terme fixe* étoit la *chaleur de l'eau bouillante*. M. *de Lisle* supposoit divisé en 100000, ou seulement en 10000 parties, le volume du mercure, lorsqu'il y étoit plongé. Il plaçoit à cette température, le *zéro* de son *échelle*, qui par conséquent étoit numérotée en descendant. Les degrés devoient être des parties connues de ce prémier volume: quand il étoit supposé de 100000 parties; les degrés étoient des 100000 mes, & les traits n'étoient tracés que de 10 en 10 degrés: mais lorsqu'il n'étoit supposé que de 10000 parties (cette division a été la plus ordinaire); chaque trait marquoit un degré, soit $\frac{1}{10000}$ du volume du *mercure* échauffé par l'*eau bouillante*.

Il n'a qu'un *terme* fixe: la chaleur de l'*eau bouillante*.

Ses degrés sont des parties aliquotes du volume du mercure.

432 *c*. Pour déterminer l'étenduë des degrés de chaque Thermomètre, M. *de Lisle* pésoit d'abord le verre vuide; puis il le pésoit entiérement plein de *mercure*, dans la température actuelle de l'air. La différence de ces deux poids lui donnoit celui du *mercure*. Il exposoit ensuite ce Thermomètre à la chaleur de l'*eau bouillante*, & il recevoit soigneusement tout le *mercure* que cette augmentation de chaleur en faisoit sortir. C'étoit cette partie du *mercure*, qui devoit fournir la grandeur des degrés de l'*échelle*. Pour cet effet, M. *de Lisle* pésoit exactement ce *mercure sorti*; & déduisant son poids, du poids total, il faisoit le *reste*; c'est-à-dire, ce qui en étoit resté dans le Thermomètre, égal à 10000:

Opération pour les déterminer.

(*a*) *Mémoires pour servir à l'histoire & aux progrès de l'Astronomie & de la Géographie Physique, &c.* par M. DE LISLE. *St. Petersbourg* 1738, *in*-4°. pag. 267.

après quoi il cherchoit par le calcul, combien le mercure *sorti*, faisoit de 10000 mes parties de celui qui étoit *resté*. Quand le *mercure* s'étoit condensé au même point qu'il l'étoit avant d'être plongé dans l'eau bouillante, M. *de Lisle* marquoit sur la monture du Thermomètre, le point où il étoit fixé; & il divisoit l'intervalle compris entre ce point & l'extrêmité supérieure du tube, en autant de parties, que le mercure *sorti* contenoit de 10000 mes. du mercure *resté*. Cette division déterminoit la grandeur des degrés de son *échelle*; qui, partant du sommet du tube, se prolongeoit à volonté en descendant.

Difficulté de bien construire ce Thermom.

432 *d*. On voit assez combien il étoit difficile de bien construire ce Thermomètre; il ne pouvoit même avoir quelque exactitude, qu'en le faisant très-grand, & en le rendant par cela même très-peu *sensible*. Aussi M. *de Lisle* ne construisoit-il par cette méthode, que des *étalons*, dont il se servoit pour régler de plus petits Thermomètres, par comparaison avec ceux-là.

Défaut provenant de la *dilatabilité* du *verre*.

432 *e*. Ce Thermomètre avoit un autre défaut, auquel il étoit impossible de remédier. La dilatation apparente du *mercure* n'étant que l'excès de sa dilatation réelle sur celle du *verre* qui le renferme; ces Thermomètres ne pouvoient être semblables, qu'autant qu'ils étoient tous de même grandeur & figure, & de verres d'une égale *dilatabilité*. Or cette dernière condition surtout, étoit impossible; parce que les *verres* de différentes verreries, n'ont presque jamais un même degré de *dilatabilité*. C'est de-là que procède l'impossibilité qu'il y a quelquefois à les souder ensemble. Ils se réunissent bien, lorsqu'ils sont ramollis par la chaleur; mais quand ils se réfroidissent, l'un des deux se condensant plus que l'autre, il en résulte des tiraillemens qui les séparent, ou dans l'instant même, ou par le plus léger effort.

Les *verres* différens ont rarement une égale *dilatabilité*.

Incertitude occasionnée par ces différences, dans la fixation du terme de la *congélation* sur ce Thermom.

432 *f*. C'est probablement à cause de ces différences de *dilatabilité* des différens *verres*, qu'on n'est pas d'accord sur le point auquel la *congélation* réduit le Thermomètre de M. *de Lisle*. M. *Martine* rapporte (*a*) que sur les *étalons* de l'Auteur

(*a*) *Dissertations sur la Chaleur*, &c. pag. 58.

l'Auteur même, ce point étoit à 150 : c'est-à-dire, que le volume du mercure diminuoit de $\frac{150}{10000}$, en passant de l'*eau bouillante* à la *congélation*. M. *Ducrest*, qui a fait avec beaucoup de soin, des expériences semblables à celles de M. *de Lisle*; a trouvé que ce point de la *congélation*, ou de la *glace fondante*, devoit être au moins à 154 (*a*). Pour qu'il y ait eu cette différence, dans des expériences que je suppose faites avec le même soin, il faut, ou que la boule du Thermomètre qu'emploia M. *Ducrest* fut plus grosse, ou que le verre dont cette boule étoit faite fut moins dilatable, que dans l'expérience de M. *de Lisle* : l'une & l'autre de ces différences contribuant à augmenter la *dilatabilité* apparente du *mercure* (*b*).

Fixations différentes de MM. *de Lisle* & *Ducrest*.

432 *g*. Cet effet de la dilatation du verre, rendroit toûjours incertaine, toute construction du Thermomètre qui seroit fondée sur le rapport de ses degrés avec le volume du liquide; surtout en employant le mercure, dont la dilatabilité est moindre, que celle de tous les autres liquides. Le Thermomètre de M. *de Reaumur* avoit le même défaut; quoiqu'à un moindre degré que le Thermomètre de M. *de Lisle*, à cause de la grande dilatabilité de l'esprit-de-vin.

La dilatabilité du verre s'oppose à toute graduation, qui dépend d'un rapport avec le volume du liquide.

432 *h*. Il est donc toûjours plus sûr, de chercher deux

Par cela même il faut toûjours *deux termes fixes*.

(*a*) *Recueil de pièces sur le Thermomètre, &c.* pag. 25.

(*b*) J'ai vu dans le Mémoire cité de M. *de Lisle*, qu'il avoit pensé de faire servir son Thermomètre à la correction des effets de la chaleur sur le Baromètre, en ramenant toutes les observations de ce dernier, à ce qu'elles seroient, si le mercure qu'il contient, étoit échauffé par le degré de chaleur de l'eau bouillante.

J'aurois fait mention dans ma Ire. PARTIE de ce projet de M. *de Lisle*, comme étant antérieur à mes propres expériences, si cette PARTIE n'eut été imprimée plusieurs années avant que le Mémoire de M. *de Lisle* m'ait été connu. J'ignore s'il a exécuté son projet : & peut-être que s'il l'a entrepris, il a trouvé autant de difficulté, que ceux dont j'ai rapporté ci-devant les tentatives, qui ont été trompés par le Baromètre (105 *& suiv.*).

Il falloit être plus sûr qu'on ne l'étoit, dans la construction de cet instrument; pour parvenir à le corriger par le Thermomètre. Et d'ailleurs, les expériences de M. *de Lisle*, faites sur du mercure contenu dans une boule de verre dilatable, ne pouvoient point être appliquées à la dilatation du mercure dans le Baromètre, où rien ne la modifie que sa suspension dans le *vuide* : modification que les expériences faites dans le Thermomètre n'expriment point. Pour découvrir les effets de la chaleur sur le Baromètre, il falloit les étudier dans le Baromètre même. Aussi le résultat de mes expériences, diffère-t-il beaucoup de la règle que M. *de Lisle* eût suivie, d'après son Thermomètre.

deux *termes fixes* de chaleur ; qui puissent être marqués sur le *Thermomètre* ; c'est-à-dire, sur le composé du *verre* & du *liquide*, dont les dilatations combinées doivent indiquer les autres degrés de chaleur. Et voilà ce que fit *Newton* en ouvrant la carrière. Car s'il eut égard au volume de la liqueur dans sa division, ce fut simplement pour que le nombre de ses degrés ne fut pas absolument arbitraire. *Farenheit* ne considéra non plus le volume du mercure dans son Thermomètre, que par la même raison : il avoit deux *termes fixes*, qui déterminoient immédiatement l'étendue de ses 212 degrés.

Thermomèt. de *Ducrest*. En 1740.

433 *a*. M. *Micheli Ducrest* mon concitoyen, qui fit en 1740 une autre espèce de Thermomètre, employa aussi deux *termes fixes* (*a*). Il auroit été très-capable, par sa patience son adresse & sa sagacité, de porter cet instrument à un très-haut degré de perfection, s'il n'eût été entraîné par quelques préjugés ; surtout à l'égard d'un certain rapport qu'il imaginoit, entre la température intérieure du globe terrestre, & les effets de ce qu'il appelloit les *matières du froid* & du *chaud*, dont il croyoit que cette température étoit *le milieu*. Il conclud de-là singuliérement, que l'*esprit-de-vin* étoit le liquide le plus propre au Thermomètre, & que le *zéro* de son échelle devoit être à la *température du globe terrestre* (426 *n. note*). Il marqua cette température sur ses Thermomètres, dans les *Caves de l'Observatoire Royal de Paris* ; parce que ce fut à Paris qu'il s'occupa principalement de cet objet. Mais il croyoit qu'on devoit la trouver dans tous les souterrains & les puits profonds. Son *zéro* étoit placé à ce point, qu'il appelloit le *tempéré*.

Il est d'*esprit-de-vin*.

L'un de ses *termes fixes* est *la température des lieux profonds*.

L'autre est *la chaleur de l'eau bouillante*.

433 *b*. L'autre *terme fixe* étoit la chaleur de l'*eau bouillante*. Il y plongeoit son Thermomètre ; qui, quoique d'*esprit-de-vin*, supportoit ce degré de chaleur. J'ai dit ci-devant par quel moyen il le lui faisoit supporter, sans que l'*esprit-de-vin* s'élançât (423 *g*.).

Division de son *échelle*.

Il divisoit en 100 parties égales, l'intervalle compris entre ces

(*a*) *Recueil de pièces sur le Thermomètre*, &c. pag. 1 & suiv.

ces deux points. Les degrés dans cette portion de l'échelle étoient numerotés en montant, & il les appelloit *degrés de chaud*. Il prolongeoit ensuite l'échelle au dessous de *zéro*: les degrés de cette portion étoient numerotés en descendant, & il les appelloit *degrés de froid*.

433 *c*. Quoique ce soit-là les principes distinctifs de son Thermomètre; principes auxquels il s'est montré fort attaché; j'ai sçu par des ouvriers qui ont travaillé pour lui, qu'il avoit abandonné le *tempéré*, comme moyen de construction; & qu'ayant trouvé que ses Thermomètres se tenoient à 10 $\frac{2}{5}$ *degrés de froid* dans *la glace qui fond*, il l'employoit pour les régler. Changement fait par M. *Ducrest* dans la fabrication de son Therm.

434 *a*. Outre les Thermomètres que je viens de décrire, on en a fait plusieurs autres, que je me contenterai d'indiquer d'après M. *Martine*; parce que leurs principes sont trop peu fixes, pour que j'eusse puisé plus de lumières aux sources. Autres Thermomèt. moins réguliers que les précédens.

434 *b*. Les *Académiciens de Florence*, dont on parloit beaucoup autrefois, à l'occasion du Thermomètre, en avoient construit deux; le *grand* & le *petit*. Ils étoient tous deux d'*esprit-de-vin*. Ce qu'on sçait de moins incertain sur la graduation de ces Thermomètres; c'est que *la glace* (probablement en état de fusion) réduisoit *le grand* à 20, & *le petit* à 13 $\frac{1}{2}$; & que *la chaleur naturelle d'une vache & d'un cerf*, faisoit monter *le grand* à 80 & *le petit* à 40. Thermom. de *Florence*.

434 *c*. L'*ancien Thermomètre de l'Observatoire de Paris*, fait par M. *de la Hire*, est aussi d'*esprit-de-vin*. On trouve dans les ouvrages de son Auteur, qu'il se tenoit à 48 dans les *Caves de l'Observatoire*; & que son 28me. *degré* correspondoit à 51 *pouc*. 6 *lig*. dans le Thermomètre de M. *Amontons*; & par conséquent à la température où l'*eau commence à se geler*. *Ancien* Ther. de l'*Observat. de Paris*.

434 *d*. Le Marquis de *Poleni*, qui a donné beaucoup d'observations météorologiques, employa à ces observations un Thermomètre d'air, construit à la manière de M. *Amontons*: mais il y mit moins de mercure. Aussi les accroissemens de *force élastique* de l'air étoient moindres dans ce Thermomètre, Thermom. de *Poleni*.

que

que dans celui de M. *Amontons*, quoique par les mêmes augmentations de la chaleur. J'ai rapporté ci-devant la raison de cette différence (421 *p.*). M. *Martine* fait correspondre 47 *pouc.* dans le Thermomètre de *Poleni*, à 51 dans celui d'*Amontons*; & 53 seulement, à 59 ½.

Thermom. *de la Société Royale de Londres.*

434 *e.* On conservoit à la *Société Royale de Londres*, un *étalon de Thermomètre*; comme on conserve au *Châtelet* à Paris, l'*étalon* de la *toise* de l'*aune*, &c.; c'est-à-dire, d'une mesure qui n'est déterminée, qu'autant qu'il y a quelque part, un original consacré. M. *Ducrest* dit, que ce Thermomètre étoit d'*esprit-de-vin* (*a*). Il avoit ses degrés en descendant. Le *zéro* étoit appellé *très-chaud*; le 25me. degré, *chaud*; le 45me. *tempéré*; & le 65me. *congélation.* Pendant longtems, ceux qui faisoient des Thermomètres en *Angleterre*, & qui vouloient leur donner une marche connuë, les graduoient par comparaison avec cet *étalon*, ou avec d'autres Thermomètres qui lui avoient été comparés. M. *Martine* l'ayant observé auprès d'un Thermomètre de *Fahrenheit*, trouva qu'il se tenoit à 34 ½, lorsque celui-ci étoit à 64; & que son *zéro* devoit correspondre à 89 du même Thermomètre. L'établissement de cet *étalon* fut une fort bonne idée, si elle précéda le Thermomètre de *Newton*; c'est-à-dire, s'il fut fait avant le tems où l'on dut voir, que le Thermomètre pouvoit renfermer en lui-même, les principes d'une construction uniforme.

Thermom. *de Fowler.*

434 *f.* On emploie aussi en Angleterre, principalement dans les Orangeries, une autre Thermomètre, dont M. *Martine* fait mention. Il porte communément le nom de M. *Fowler*, parce que cet Artiste en a fabriqué un grand nombre. Il est d'*esprit-de-vin*, suivant M. *Ducrest* (*b*). Sa division, comme celle du précédent, n'est fixe, que par comparaison à un *original.* Son *zéro* est à la température de l'air, *quand il ne fait ni chaud ni froid*; & l'étenduë des degrés de

(*a*) *Recueil de pièces sur les Thermomètres, &c.* pag. 41.
(*b*) *Ibid.* pag. 42.

de l'*original* est arbitraire. M. *Martine* dit de ce Thermomètre; que lorsqu'il est plongé dans *la neige qui se dégêle*, il descend à 34 au dessous de *zéro*; & que quand il est à 16 au dessus de ce point, le Thermomètre de *Fahrenheit* marque environ 64.

434 *g*. Le Docteur *Hales* se fit pour ses expériences sur la végétation, un Thermomètre particulier, dont M. *Martine* parle encore. Il fut d'*esprit-de-vin*, suivant M. *Ducrest* (*a*). Son *zéro* étoit à la *congélation*; & l'intervalle de ce point, à celui où le faisoit monter *la cire fonduë qui commence à se figer*, étoit divisé en 100 parties égales. M. *Martine* a trouvé que ce second point correspond à 142 sur le Thermomètre de *Fahrenheit*. Thermom. de *Hales*.

434 *h*. Enfin M. *Martine* décrit un Thermomètre employé depuis longtems à *Edimbourg* à des observations météorologiques, publiés dans des *Essais de Médecine*. Ce Thermomètre est d'*esprit-de-vin*: son échelle est divisée en *pouces* & 10me. de *pouce*, depuis un point indéterminé. *La neige qui fond* le réduit à 8 $\frac{2}{10}$; & il s'élève à 22 $\frac{2}{10}$, par *la chaleur du corps humain*. Thermom. d'*Edimbourg*.

434 *i*. A ces différens Thermomètres, décrits par M. *Martine*, j'en ajouterai un autre, qu'on emploie aujourd'hui assez communément à *Londres*; & qui, depuis quelque tems, est aussi appellé *Thermomètre de Lyon*, parce que M. *Cristin* l'y a mis en usage. Ce Thermomètre est de *mercure*: son *zéro* est à la *congélation*; & l'intervalle de ce point à la chaleur de l'*eau bouillante*, est divisé en 100 degrés égaux. Thermom. de *Londres* & de *Lyon*.

435 *a*. On voit par l'histoire abrégée que je viens de donner, des tentatives qu'on a faites en divers tems, pour procurer au Thermomètre une expression déterminée; & par les divers procédés qu'ont employé successivement des Physiciens Il n'y a rien encore de déterminé dans le *langage* du Thermomètre; ce qui pourtant est nécessaire.

(*a*) *Ibid.* pag. 41.

ficiens & des Sociétés, dont le nom pouvoit accréditer leurs méthodes; qu'il n'y a point encore de ſtabilité, point d'uſage généralement ſuivi, dans la conſtruction de cet inſtrument. Cependant il doit ſervir de meſure *commune* de la chaleur.

La *congélation* & l'*eau bouillante* paroiſſent, il eſt vrai, des *termes* aſſez généralement conſacrés.

Mais il y a encore à cet égard, de la diverſité & des doutes.

435 *b*. Il ſemble bien que le public s'eſt fait une ſorte de règle, au travers de toutes ces incertitudes: la *congélation*, l'*eau bouillante*, ſont des termes marqués ſur preſque tous les Thermomètres; je ſais même que bien des amateurs & des artiſtes les déterminent convenablement. Cependant, les moyens aſſurés d'y parvenir, ne ſont pas encore aſſez connus, ni peut-être bien appréciés, par pluſieurs de ceux qui les employent. C'eſt ce qui m'engage à traiter cette matière, d'après des expériences qui ſerviront peut-être à l'éclaircir. J'y joindrai quelques réflexions ſur les changemens qu'on a introduit peu à peu dans les procédés; & ſur ceux qui en ſont réſultés dans les Thermomètres.

Du *Terme fixe* inférieur.

Il importe ſurtout de bien déterminer le *terme fixe inférieur*.

436 *a*. La *congélation*, qui paroit conſacrée pour *terme fixe inférieur*, a été différemment entenduë, preſque ſans qu'on s'en ſoit apperçu. Les uns l'ont priſe pour la température où l'*eau ſe gêle*, & d'autres pour celle où *la glace fond*. Il eſt vrai que la différence de ces deux températures, n'eſt pas ordinairement bien grande; mais elle n'eſt pas *fixe*. Et d'ailleurs, une très-petite différence eſt nuiſible à ce point, parce qu'il influë de près ſur la portion de l'*échelle* que le Thermomètre parcourt le plus ordinairement. Je me contenterai d'examiner à cet égard, les Thermomètres de *de Reaumur* & de *Fahrenheit*, comme étant les plus en uſage.

Du *terme fixe inférieur* ou du *zéro* de M. de *Reaumur*.

436 *b*. Dans le vrai Thermomètre de M. *de Reaumur*, celui dont le *terme ſupérieur* étoit au volume 1080 de ſa liqueur, la *température des caves de l'Obſervatoire Royal de Paris* à 1010 $\frac{1}{4}$, & le *zéro* à 1000 (*a*): ce *zéro* étoit déterminé

(*a*) *Mémoire de l'Académ.* &c. année 1730, *in*-12, pag. 717.

terminé par une congélation artificielle, produite par de la glace mêlée de salpêtre, de sel ammoniac ou de sel marin (*a*).

Il étoit déterminé par une *congélation artificielle.*

436 *c.* On n'a pas tardé à sçavoir que les congélations artificielles ne s'arrêtoient pas au degré de *froid* qui suffit pour produire la glace : M. *de Reaumur* donna lui-même, en 1734, un Mémoire *sur les différens degrés de froid qu'on peut produire en mêlant de la glace avec différens sels* .... Son Thermomètre sert de mesure à ces *différens degrés de froid* ; & le *zéro* est le point d'où il les compte. Ce *zéro* est toûjours censé le *terme de la congélation artificielle*, quoiqu'il le définisse en ajoutant ; *c'est-à-dire, le froid qui suffit pour gêler.*

M. *de Réaumur* le définit : *froid qui suffit pour gêler.*

436 *d.* Malgré cette définition, il restoit trop d'incertitude dans ce terme, pour qu'il fût généralement adopté. Il est bien difficile de saisir un point fixe, dans une diminution successive de chaleur, qui peut aller jusqu'à 15 degrés au dessous de *zéro* dans le Thermomètre de M. *de Reaumur.* C'est l'effet du mélange de deux parties de glace & d'une partie de sel marin. C'est cependant par ce mélange que M. *de Reaumur* déterminoit son *zéro*, ou ce *froid qui suffit pour geler.* Je vais rapporter en entier le procédé qu'il indique lui-même.

Le procédé de M. *de Reaumur* ne pouvoit donner ce *froid* d'une manière fixe.

436 *e.* » On sçait assez, dit-il (*b*), comment se fait la » glace artificielle : les procédés usités journellement, sont ceux » même dont on se servira pour geler l'eau qui environne la » boule de notre Thermomètre. Le vase où elle est contenuë, » doit être mis dans un autre vase d'un plus grand diamètre, » & au moins de même hauteur. Le fer blanc est encore une » matière propre à ces sortes de vases. Le vuide qui reste » entre les parois des deux vases, sera rempli de glace qui » aura été bien pilée & mêlée avec une bonne dose, soit de » salpêtre, soit de sel ammoniac, soit de sel marin. Une pré- » caution accélère la congélation, c'est de couvrir le dessus » des vases : l'air extérieur est moins capable d'arrêter l'effet » qu'on veut produire. Les faiseurs de liqueurs glacées se » contentent

Ce procédé décrit par M. *de Reaumur.*

(*a*) *Mémoires de l'Académie, &c.* année 1730, *in*-12, pag. 679.
(*b*) *Ibid.*

» contentent de mettre au dessus des vases, quelques ser-
» viettes ou quelques torchons. On fera encore mieux, si,
» sur le linge étendu sur les bords du vase, on met une
» couche de glace pilée qu'on recouvrira de plusieurs tor-
» chons ou serviettes.

» A mesure que l'eau, qui entoure la boule du Thermo-
» mètre, se réfroidit, la liqueur descend dans le tube. Quand
» la surface de cette eau est gelée, la liqueur est bien près
» du plus bas terme où elle descendra. Lorsqu'on jugera
» qu'elle est à peu près aussi bas qu'elle peut aller, si elle
» est au dessous du terme (où doit être marquée la *congéla-*
» *tion*; c'est-à-dire, au volume de 1000 parties), on fera
» entrer de l'esprit-de-vin peu à peu avec une des petites
» mesures, ou avec un petit entonnoir; & cela jusqu'à ce
» que l'esprit-de-vin s'élève dans le tube à la hauteur du
» fil qui marque le *terme*. On fera ensuite attentif si la li-
» queur ne continue pas à descendre: si elle descend en-
» core, on ajoutera encore ce qu'il faut de liqueur pour la
» faire monter au terme marqué. Lorsqu'elle y reste cons-
» tamment, on peut retirer la boule de la glace. Mais pour
» n'avoir pas la peine de briser la glace, & ne pas faire
» courir risque au Thermomètre, il vaut mieux laisser fon-
» dre la glace, & attendre qu'elle laisse sortir librement la
» boule, ou accélérer la fonte de la glace, en jettant dessus
» de l'eau chaude.

» Nous devons avertir qu'il arrive quelquefois, qu'après
» avoir fait entrer dans le tube la petite quantité d'esprit-
» de-vin, qui sembloit nécessaire pour élever la liqueur jus-
» qu'au fil; qu'après avoir vu sa surface de niveau avec le
» fil, qu'elle vient, dans un quart d'heure, à l'excéder
» d'une ligne ou de davantage. On croiroit que c'est que la
» glace commence à se fondre, cependant l'élévation de l'es-
» prit-de-vin, est quelquefois duë à une autre cause: il a
» fallu du tems pour se rendre à celui qui en descendant a
» rencontré les parois du vase. On a preuve certaine que
» c'est cette cause qui produit la quantité excédente de vo-
» lume de liqueur, lorsqu'on voit que sa surface se soutient
» constamment au même terme: elle s'y soutient pendant

» plus

» plus de huit à dix heures, lorsque les vases sont dans un » endroit frais, & qu'ils ont été bien enveloppés. Il faut » donc retirer ce qu'il y a de liqueur au dessus du fil.... «.

436 *f.* On voit par ce fragment du Mémoire de M. *de Reaumur*, que pour régler son Thermomètre, il attendoit que l'eau douce du petit vase fût entiérement gelée, & que l'esprit-de-vin ne descendit plus. Moment de la fixation du *zéro* de M. *de Reaumur*.

436 *h.* Pour sçavoir si l'on pouvoit obtenir par ce procédé une température réellement fixe au moment où l'eau se gêle; & pour en connoître le degré, je répétai l'opération de M. *de Reaumur*. Répétition de la même expérience.

436 *i.* J'employai à cette expérience un Thermomètre de mercure à petite boule, afin de mieux appercevoir les variations de chaleur que subiroit l'eau douce. Je pris un petit vase de verre, cylindrique, d'un pouce de diamètre, que je remplis d'eau douce à la hauteur de 2 pouces $\frac{1}{4}$: je le mis au milieu d'un autre vase d'environ 7 pouces de diamètre, & de 2 pouces $\frac{1}{2}$ de haut: je remplis de glace mêlée de sel marin, le vuide qui restoit entre les parois des deux vases: je mis mon petit Thermomètre dans l'eau douce, & j'observai. Préparation.

436 *k.* Le mercure du Thermomètre se condensa successivement: il étoit encore un peu au dessus du *fil* de *la glace qui fond*, quand les parois intérieures du petit vase commencèrent à se tapisser de glace. Il descendit ensuite à ce fil, & s'y tint pendant quelques momens. La glace s'étendoit insensiblement de bas en haut, & de la circonférence à l'axe. Dès qu'elle commença à toucher la boule du Thermomètre; ce qui se fit d'abord par dessous, le mercure descendit au dessous du *fil*. Une colonne d'eau fluide s'étendoit encore, de la surface, à la partie supérieure de la boule; & cependant le mercure s'étoit déja abaissé de 3 *d.* $\frac{1}{2}$ au dessous du *fil*. Quand l'eau fut entiérement gelée, le mercure se trouva à — 5 $\frac{1}{2}$; il continua à descendre jusqu'à — 10 $\frac{1}{2}$: puis il remonta; mais il n'atteignit le *fil*, que lorsque la glace commença à fondre dans le petit vase. Expérience.

436 *l.* Je répétai cette expérience avec un Thermomètre à plus grosse boule, & les résultats furent les mêmes, quant au Il n'y a point de température permanen. dans

le réfroidissem. produit par les cong. forcées.

au fond ; c'est-à-dire, que je ne pus découvrir par ce procédé aucune température permanente & déterminée, excepté depuis le moment où la glace du petit vase commençoit à fondre.

M. de Reaumur n'a pu trouver un même terme, que par des circonstances semblables.

436 *m.* Cependant M. *de Reaumur* assure que ses Thermomètres s'arrêtoient toûjours au même point, lorsque la glace étoit formée ; ce qui me fait conjecturer qu'il employoit toûjours les mêmes vases, & le même mélange de sel & de glace ; que ses boules étant d'environ 4 pouces ¹ de diamètre (*a*), tardoient tellement à se réfroidir, que le mélange de sel & de glace avoit le tems de se réchauffer, avant que la liqueur du Thermomètre en eût acquis la température ; & que le point où la liqueur ne se condensoit plus, & se réchauffoit avec toute la masse de l'eau salée, n'étoit le même dans toutes ses épreuves, qu'à cause de la parité des circonstances.

Mais ce n'est pas un terme *fixe.*

Il est un peu *au dessous* du point où la *glace fond.*

436 *n.* Surquoi je ferai remarquer deux choses : la première, qu'une température qui dépend de circonstances arbitraires, & qui ne sont pas même indiquées par M. *de Reaumur*, ne peut servir de base au Thermomètre : la seconde, que puisque l'eau du petit vase *ne commençoit point à fondre*, quand M. *de Reaumur* fixoit le point de la *congélation*, ou le degré 1000 sur ses Thermomètres, ce point étoit nécessairement *au dessous* du terme qu'on a adopté depuis, qui est celui *où la glace fond.* Il est vrai que la différence ne doit pas être bien grande, puisqu'au moyen d'*enveloppes*, & *dans un endroit frais*, le Thermomètre restoit sensiblement au même point, *pendant huit à dix heures.*

Je crois être parvenu à connoître assez sûrement cette température correspondante à 1000 ou à *zéro*, dans le vrai Thermomètre de M. *de Reaumur* ; mais ce n'est pas encore le moment d'en parler.

Terme fixe inférieur de Fahrenheit : la congélation forcée par le sel ammoniac.

437 *a. Fahrenheit* avoit pris pour *terme inférieur* ; une température plus *fixe.* Le *zéro* de son échelle étoit déterminé par une *congélation forcée* avec du sel ammoniac. Ce point fixe avoit

(*a*) *Mémoire de l'Académie*, année 1730, *in*-12, page 660.

avoit sur celui de M. *de Reaumur*, l'avantage d'être le terme extrême d'une congélation forcée; & quoique ce terme puisse varier, suivant les doses & d'autres circonstances, cependant, quand on a trouvé le *maximum*, on peut le reproduire assez sûrement.

Avantage du terme *inférieur* de *Fahrenheit* sur celui de *de Reaumur*.

437 *b*. Mais la difficulté de l'opération, & l'incertitude qui accompagne toûjours les choses compliquées, ont fait abandonner cette méthode: & comme l'Auteur de ce Thermomètre avoit indiqué la *congélation* au 32me. de ses degrés, on est parti de ce point, & l'on a rapporté ce 32me. degré, au *zéro* de M. *de Reaumur*, en employant aussi différens moyens pour le fixer. Il règne donc la même incertitude à cet égard dans l'un & l'autre de ces Thermomètres (*a*).

La diffic. de l'opér. a fait changer ce terme de *Fahren.*

Il est devenu aussi incertain que celui de M. *de Reaumur*.

438 *a*. On voit par tout ce que je viens de dire, que la différence des degrés de chaleur, confondus sous l'expression vague de *congélation*, a dû produire bien des erreurs; & qu'il est essentiel de les prévenir pour la suite.

L'expression de *congélation* étant vague, a produit bien des erreurs.

438 *b*. On y parviendra, en convenant d'une méthode uniforme, & qu'on peut aujourd'hui déterminer sûrement; c'est d'employer pour le *terme fixe inférieur* de tout Thermomètre, *la glace qui fond*, ou l'*eau dans la glace*.

La *glace qui fond*, ou l'*eau dans la glace*, est le terme qu'il convient de choisir.

438 *c*. Ces deux expressions, qui ont été indifféremment employées, n'indiquent en effet qu'une seule & même température. Lorsque la glace disposée à fondre est mêlée d'eau, cette eau produit le même effet sur le Thermomètre, que la *glace qui fond*, pourvu que le vase soit plein de glace, & que l'eau remplisse seulement les interstices. Il faut que la *glace* soit *pilée*, afin qu'elle environne mieux le Thermomètre (*b*). Il convient aussi qu'il y ait au moins un pouce de

Manière de prendre ce terme, dans la *glace pilée* qui fond, mêlée d'eau.

(*a*) M. *Martine*, qui recommande beaucoup le Thermomètre de *Fahrenheit*, & qui traite de sa construction, indique indifféremment, par le degré 32 des températures qui ne sont point semblables, celle de la *glace qui fond*, & celle de l'*eau qui se géle*. (*Dissertations sur la Chaleur*, &c. pages 38, 40, &c.)

(*b*) Les choses les plus simples coûtent quelquefois à trouver. Je l'ai éprouvé, en voulant piler de la glace. Je ne me suis pas avisé d'abord de le faire dans un linge avec un maillet. C'est cependant le moyen le plus commode. Ceux qui l'ignorent seront bien aise de l'apprendre ici.

de *glace* au dessous de la boule : car si la boule pouvoit atteindre le fond du vase, elle seroit bientôt abandonnée par la *glace*, qui s'élève en fondant. La boule ne seroit plus alors que dans de l'eau, à laquelle le fond du vase communique sa chaleur ; & qui par-là se réchauffe peu à peu, à mesure que la *glace* s'en éloigne.

Il est produit par la température de l'eau qui cesse d'être gelée.

438 *d*. Voici pourquoi la *glace qui fond* & l'*eau dans la glace*, produisent absolument le même effet sur le Thermomètre. La *glace qui fond* est toûjours environnée de l'*eau* qui s'en détache ; & c'est cette *eau* qui communique sa température aux corps environnés de *glace en fusion*. Ainsi, quoiqu'il y ait probablement quelque différence entre la température de la *glace disposée à fondre*, & celle de la *glace fonduë*, ou de l'*eau* qui vient de cesser d'être *glace*, cette différence n'influë point sur le Thermomètre. Notre température fixe est proprement celle de l'*eau produite successivement par la glace*, & qui s'accumule dans ses interstices. Voici quelques expériences qui prouvent la fixité de ce degré de chaleur.

Expér. qui prouve la fixité de ce terme.

438 *e*. Dans le froid rigoureux de Février 1755, faisant quelques expériences sur la formation de la glace, je suspendis dans l'eau plusieurs Thermomètres, dont le *terme fixe inférieur* avoit été déterminé comme je viens de le dire. Ce terme étoit marqué par un fil sur les tubes ; & la boule, ainsi que la portion du tube comprise entr'elle & le fil, étoient plongées dans l'eau.

Le commencem. de la *congél.* n'est pas une temp. fixe.

La glace prend la températ. de l'air embiant, tant qu'elle ne fond pas.

438 *f*. Le commencement de la congélation n'étoit pas toûjours indiqué par le même point du Thermomètre ; l'eau restoit fluide quelquefois, quoique le Thermomètre fût descendu de plus d'un degré au dessous du fil. Quand la glace étoit entiérement formée, elle se réfroidissoit de plus en plus, jusqu'à ce qu'elle eût acquis la température extérieure : & les Thermomètres qu'elle environnoit, indiquoient la même température que ceux qui étoient exposés à l'air ; leurs variations étoient seulement plus ou moins lentes, suivant l'épaisseur de la glace.

Mais dès qu'elle fond ; elle a une températ. fixe.

438 *g*. J'approchai du feu plusieurs de ces vases, avec leurs Thermomètres. Dès que la glace se disposoit à fondre autour de la boule, la liqueur remontoit au *fil* ; & elle s'y tenoit

tenoit fixée, tant que la boule restoit environnée d'une croute de glace de quelques lignes d'épaisseur. Mais dès qu'il se faisoit des ouvertures à cette glace, ou que l'eau qui se rassembloit dans le vase pouvoit atteindre la boule par le dessus, cette eau que le feu avoit réchauffée faisoit subitement remonter la liqueur.

La *neige* qui fond a la même tempér. que la glace qui fond.

438 *h.* La *neige* est une glace raréfiée, qui, rélativement à ses diverses températures, suit les mêmes loix que la glace proprement dite. Or j'ai éprouvé très-souvent, tant dans les villes qu'à la campagne, & sur les montagnes, que quand la *neige* fond, elle réduit exactement à *zéro*, les Thermomètres où ce point a été fixé dans de *la glace pilée mêlée avec l'eau qu'elle produit en fondant.*

C'est donc là une temp. bien déterminée qu'il convient d'adopter pour *terme fixe inférieur* du Ther.

438 *i.* Ce *degré de chaleur* est donc *fixe.* C'est encore le plus facile à produire partout : il n'exige qu'une opération à la portée du moindre des artistes ; & il peut être aisément vérifié par tous ceux qui veulent un Thermomètre exact, sans pouvoir le faire eux-mêmes. Ce *terme fixe* est d'ailleurs adopté par le plus grand nombre de ceux qui font des Thermomètres ; on peut donc espérer qu'il le sera enfin de tous.

Du terme fixe supérieur dans le Thermomètre.

L'*eau bouill.* est le *terme supérieur* adopté généralement.

Mais il n'est *fixe* qu'à deux conditions.

439 *a.* Le *terme fixe supérieur* de presque tous les Thermomètres qu'on fait aujourd'hui, est la *chaleur de l'eau bouillante.* Mais ce terme ne peut être regardé comme *fixe*, qu'avec ces deux conditions: un *même degré d'ébullition*, & un *même poids de l'atmosphère.*

La prémière est, qu'elle bouille au plus haut degré possible.

439 *b.* Quand l'eau commence à bouillir, elle n'a pas encore son plus haut degré de chaleur. Il faut pour cela, que toute sa masse soit en mouvement ; c'est-à-dire, que le bouillonnement parte du fond du vase, & qu'il se répande sur toute la surface de l'eau, avec la plus grande impétuosité

qu'il

qu'il puisse acquérir. Depuis le commencement de l'ébullition, jusqu'à son plus haut période, l'eau éprouve une augmentation de chaleur de plus d'un *degré*.

Cette condition est assez souvent négligée par les Artistes.

Mais c'est-là une petite différence, en comparaiſ. de celle qui s'est introduite dans le *terme supérieur* de M. *de Reaumur*.

439 *c*. Les artistes font rarement attention à cette différence. Mais, quoiqu'elle soit essentielle, elle est bien petite, en comparaison de celle qu'on a introduite dans l'un des Thermomètres, dont on fait le plus communément usage aujourd'hui ; je veux dire, celui de M. *de Reaumur*. Les vrais principes de ce Thermomètre se sont presque entiérement effacés. J'ai cherché à les découvrir, & je vais rendre compte du succès de mes recherches.

Du vrai Thermomètre de M. de Reaumur.

M. de *Reaumur* n'appelloit point son degré 80 *la chaleur de l'eau bouillante*.

Mais celle *que son esprit-de-vin pouvoit supporter sans bouillir*.

440 *a*. Lorsque j'ai décrit ci-devant le Thermomètre de M. *de Reaumur*, (431), on a pu comprendre déja que ce Thermomètre ne soutenoit point la *chaleur de l'eau bouillante* : & si l'on remonte aux détails que M. *de Reaumur* a donnés lui-même de ses procédés, on verra bien que ce n'étoit point là son but. Il ne cherchoit qu'un *degré fixe de chaleur*, dont son esprit-de-vin affoibli fût susceptible ; & il crut le trouver dans la température de cette liqueur, lorsqu'elle ne peut plus s'échauffer davantage sans bouillir (*a*). C'est-là le point que M. *de Reaumur* nommoit 1080, ou seulement 80 dans son Thermomètre (*b*).

Cependant on nomme *Th. de M. de Reaumur*, tous ceux dont le degré 80 est *la chaleur de l'eau bouill.*

440. *b*. Je suppose que ce degré de chaleur étoit fixe ; mais certainement il étoit bien différent de celui de l'eau bouillante, auquel cependant on rapporte communément ce point que M. *de Reaumur* appelloit 80 sur son Thermomètre. Et l'on donne sous son nom ces nouveaux Thermomètres, si différens du sien, quoiqu'il y ait encore un grand nombre de ces instrumens répandus dans toutes les parties du monde, tant par M. *de Reaumur* lui-même, que par M. l'*Abbé Nollet*, qui a suivi les mêmes principes.

Ce changement a jetté la

440 *c*. Comment donc peut-on espérer de s'entendre sur les

(*a*) *Mémoires de l'Acad. des Sc. &c.* 1730, *in*-12, pag. 688.

(*b*) *Ibid.* pag. 717 & *passim*.

les obſervations de la chaleur, lorſque ſous la même dénomination, on a des *meſures* ſi différentes? Voici un exemple des erreurs qui peuvent en réſulter. Je le rapporte, parce qu'il a été l'occaſion de mes recherches ſur le Thermomètre de M. *de Reaumur*. la plus grande incertitud. dans les obſervations de la chaleur.

440 *d*. Un de mes amis, perſuadé comme on l'eſt encore communément, que la température des *puits profonds*, ſemblable à celle des *Caves de l'Obſervatoire Royal de Paris*, eſt à $10\frac{1}{4}$ ſur tout Thermomètre dont l'*échelle* eſt de 80 parties; fût fort étonné de voir, au mois d'Août, un de ces Thermomètres marquer environ 9 degrés, dans deux *puits* de ſa maiſon de campagne. Il me fit part de cette obſervation; & l'ayant repétée, je donnai la torture à mon eſprit, pour trouver dans quelque propriété du terrein ou de l'eau, ou dans quelqu'autre circonſtance locale, la cauſe de cette prétenduë ſingularité. Heureuſement je ne trouvai rien d'extraordinaire; ce qui me fit ſoupçonner, que la température des *Caves de l'Obſervatoire de Paris*, étoit mal indiquée ſur les Thermomètres modernes; & je formai le deſſein de m'en éclaircir. Exemple.

441 *a*. Le projet de déterminer exactement la température des *Caves de l'Obſervatoire de Paris*, ſur un Thermomètre qui me fût bien connu, n'étoit pas ſans quelque difficulté. Ne pouvant l'exécuter moi-même, j'avois beſoin de quelqu'un qui pût mériter de ma part une entière confiance, & qui fût diſpoſé à m'obliger. Projet d'exp. dans les *caves de l'Obſerv. de Paris*.

441 *b*. Je m'adreſſai à M. *Varenne de Beoſt* Receveur général des Finances de Bretagne & Correſpondant de l'Académie Royale des Sciences; perſuadé que s'il avoit du tems, il ne me reſteroit rien à déſirer pour l'exécution de mon projet. M. *de Beoſt* voulut bien ſe charger de ces obſervations; & il les fit avec des ſoins & une complaiſance qui ſurpaſsèrent mes déſirs. Non content d'y apporter lui-même toutes les précautions néceſſaires, pour éviter l'erreur; il y intéreſſa M. *Briſſon*, de l'Académie des Sciences, dont les lumières & l'habitude dans les expériences de ce genre, le ſécondèrent efficacément. Exécuté par MM. *Varenne*, *de Beoſt* & *Briſſon*.

Lieu choisi pour la prém. observation.

441 *c.* Pour prévenir les erreurs que pouvoit produire la différence des Thermomètres; j'en envoyai un des miens à M. *de Beost* : il étoit de *mercure*, & très-sensible. M. *de Beost* le plaça, le 23e. Février 1765 à 8 heures du soir, dans une niche des souterrains de l'Observatoire : la même où MM. *de Reaumur* & *Ducrest* ont observé leurs Thermomètres : une petite table, qui en occupe le milieu, peut servir à la distinguer.

Observation du 24 Février 1765.

441 *d.* Le lendemain, à 9 heures ½ du matin, M. *de Beost* se rendit à l'Observatoire. Il entra seul dans la niche, tenant une très-petite bougie d'une main, & de l'autre, une pointe déliée, dont il se servit pour marquer promptement sur la monture du Thermomètre; le point où aboutissoit le mercure : ce point fut à + 9 ½ de l'*échelle* dont j'ai toûjours parlé. La température extérieure étoit à + 4, en plein air & au soleil.

Raison de la répéter.

441 *e.* Les précautions qu'avoit pris M. *de Beost* pour éviter d'échauffer le Thermomètre en l'observant, devoient me satisfaire. Cependant la grande sensibilité de mon petit instrument m'inquiétoit : & comme M. *de Beost* me l'avoit renvoyé, je me déterminai à lui en faire parvenir deux autres, moins sensibles. Je les accompagnai d'un étui ouvert par les deux bouts; dans lequel il pouvoit les suspendre, pour garantir leur boule de la chaleur de la bougie, & de celle de son corps. On verra cependant que M. *de Beost* avoit évité par sa diligence, l'erreur qu'auroit pû occasionner la grande sensibilité de mon prémier Thermomètre.

Doute de M. *de Beost*, sur l'uniformité de température de ces souterrains.

441 *f.* J'envoyois deux Thermomètres à M. *de Beost*, pour qu'il éclaircît un doute que lui avoit laissé la prémière observation. Il avoit cru remarquer, en portant successivement mon premier Thermomètre en divers endroits des caves, que la température de ces souterrains n'étoit pas uniforme. Cependant, comme les observations qui diffèroient de la prémière, indiquoient plus de chaleur; M. *de Beost* soupçonnoit aussi, que le Thermomètre pouvoit avoir conservé une partie de celle qu'il avoit acquise dans le transport.

Projet d'expérience à ce sujet.

441 *g.* Pour éclaircir ce doute; il falloit déposer des Thermomètres, dans les lieux où la température avoit paru

différer le plus. Mais ceux que j'avois destinés à cette expérience, ne purent y être employés : l'un des deux se rompit dans le voyage. J'étois en de bonnes mains pour réparer cette perte. M. *Brisson* remplaça mon Thermomètre rompu, par cinq autres, dont un étoit de *mercure*, & quatre d'*esprit-de-vin*. Je parlerai dans la suite de la graduation de ces Thermomètres (445 *a*).

441 *h*. Le 18e. Avril, à 10 heures du matin, M. *de Beost* les plaça avec le mien dans la niche dont j'ai parlé ci-devant ; & le lendemain à midi, il y retourna pour les observer. Il avoit imaginé cette fois-là, de marquer par un trait, le point où les liqueurs se seroient fixées. Il employa pour faire ces traits, une règle échancrée par son milieu ; afin que les tubes ne l'empêchassent pas de s'appliquer sur les montures. Ces traits passèrent tous à peu près, par le 10me. degré des Thermomètres. Observation du 19 Avril 1765.

441 *i*. Après cette observation, M. *de Beost* porta un des Thermomètres d'*esprit-de-vin*, à l'extrêmité d'un cul-de-sac qui termine du côté du Nord, la gallerie où se trouve la niche : il en laissa un avec le mien dans cette niche : il en plaça un autre auprès d'une petite statuë de la Vierge : & le quatrième, au pied de l'escalier des caves. Enfin le Thermomètre de *mercure* de M. *Brisson* fut porté au Midi des souterrains, dans cette espèce de grotte, où la filtration de l'eau forme des stalactites. Préparatif par une troisième observat.

441 *k*. Le 20me., M. *de Beost* retourna aux souterrains avec M. *Brisson*. Le premier Thermomètre que ces Messieurs observèrent, s'étant trouvé plus bas qu'il n'étoit le 19me. ; ils en conclurent d'abord, que dans l'observation de ce jour-là, les Thermomètres avoient été échauffés, dans l'opération un peu longue, par laquelle les points où ils se trouvoient, avoient été marqués sur leurs montures. Observation du 20 Avril 1765.

441 *l*. L'habitude que M. *de Beost* avoit acquise, fit que cette fois-là il n'eut recours à aucun expédient. Les Thermomètres étoient séparés, & il en estima la hauteur d'un coup d'œil. Il trouva mon Thermomètre dans la niche, à + 9 ½ ; comme dans l'observation du 24me. Février ; & tous les autres se trouvèrent à peu près au même point. La Elle confirma celle du 24 Février.

température extérieure étoit à + 6 $\frac{1}{2}$; il pleuvoit, & le *mercure* se tenoit à 27 *pouces* 8 *lignes* dans le Baromètre.

Observation du 21 Avril.

441 *m*. Tous les Thermomètres furent laissés ce jour-là dans un petit caveau, qui est immédiatement derrière la niche, du côté de l'Orient; & le lendemain, ces Messieurs y retournèrent à 9 heures du matin. Après être entrés dans les souterrains, ils en fermèrent la porte, & ils s'approchèrent avec beaucoup de précaution des Thermomètres. Ceux de M. *Brisson* se trouvèrent à + 9 $\frac{3}{4}$, & le mien à + 9 $\frac{5}{9}$. La température de l'air extérieur étoit à + 8 $\frac{1}{3}$ à l'ombre; le tems étoit beau, & le Baromètre se tenoit à 27 *p*. 10 *l*. $\frac{2}{3}$.

Elle confirma aussi la prémière.

Cinquième observation projettée à cause de la disparité de la seconde.

441 *n*. Cette quatrième observation étoit assez conforme à la prémière & à la troisième, pour qu'on pût en conclure, qu'elles indiquoient exactement la température de ces souterrains. Cependant, comme la seconde observation avoit été un peu différente des trois autres; ces Messieurs jugèrent à propos d'en faire une cinquième. Ils dispersèrent de nouveau les Thermomètres. Un de ceux de M. *Brisson* fut placé dans le cul-de-sac voisin de la niche: un autre fut mis au pied de la petite statuë de la Vierge: un troisième fut porté à la partie la plus occidentale des caves: & le Thermomètre de *mercure* de M. *Brisson*, dans la grotte aux stalactites: le mien resta derrière la niche, avec un Thermomètre d'*esprit-de-vin*.

Observation du 23 Avril.

441 *o*. Le surlendemain, 23e. Avril, ces Messieurs descendirent aux caves. Les trois prémiers Thermomètres furent trouvés à + 9 $\frac{3}{8}$: le Thermomètre de *mercure* de M. *Brisson*, à + 9 $\frac{2}{3}$; & le mien, à + 9 $\frac{3}{9}$: le Thermomètre d'*esprit-de-vin* qui l'accompagnoit, étoit à + 9 $\frac{7}{8}$. La température extérieure, à + 11 $\frac{1}{2}$; le Baromètre à 27 *p*. 8 *l*. par un tems assez beau.

La température des *caves de l'Observatoire* est uniforme.

441 *p*. L'ensemble de ces observations montre d'abord que la température est sensiblement égale dans toute l'étenduë des souterrains de l'Observatoire; & que par conséquent la différence trouvée hors de la niche, dans l'observation du 24e. Février, venoit de la chaleur communiquée au Thermomètre dans le transport. Les trois dernières observations faites sur mon Thermomètre, indiquent aussi, qu'il avoit été un peu échauffé

échauffé dans celle du 19e. Avril : & ce qui le prouve encore, c'est que ce Thermomètre, qui se tint toûjours un peu plus bas que tous les autres dans les observations suivantes, avoit été d'accord avec eux ce jour-là. Ainsi l'observation du 19e. Avril ne doit pas être comptée. La seconde observation étoit défectueuse.

441 *q*. En réunissant les quatre autres observations, qui diffèrent très-peu, & dont les différences peuvent provenir de bien d'autres causes que de la différence de température, on peut en conclure, avec assez de certitude, que depuis le 23e. Février, jusqu'au 23e. Avril 1765, la température des caves de l'Observatoire fut toûjours à + 9 ½ de mon Thermomètre. Prémière détermination de la température de ces *souterrains*.

441 *r*. Pour connoître si cette température étoit variable, M. *de Beost* laissa dans les *caves* un Thermomètre, sur la monture duquel il marqua le point où il étoit fixé. Un Domestique de M. *Maraldi*, qui conduit ordinairement les curieux dans ce dédale, se chargea d'observer le Thermomètre chaque fois qu'il y descendroit. Il le fit jusqu'au 24 Juin, tems auquel M. *Maraldi* l'emmena à la campagne. En Octobre 1766, j'eus occasion d'aller à Paris; & M. *de Beost* ayant eu la complaisance de me conduire dans toutes les places de ces souterrains où il avoit fait des observations; ce Domestique nous assura, que pendant tout le tems qu'il avoit observé le Thermomètre, il n'y avoit apperçu aucune variation. Observations continuées jusqu'au 24 Juin. La températ. de ces *caves* fut constante.

441 *s*. Outre ces diverses observations, j'avois songé à une autre, qui me paroissoit essentielle. Celles qui avoient été faites en Février & Avril 1765, indiquoient la température des *caves de l'Observatoire* au sortir de l'hyver; durant lequel les diminutions de chaleur avoient dû s'y accumuler, pour peu que la température extérieure y influë. Il falloit donc observer aussi à la fin de l'été; pour sçavoir si la chaleur n'avoit point pénétré dans ces souterrains. Raison de l'observ. à la fin de l'été.

441 *t*. Je communiquai mon désir à M. *de Beost*, qui voulut bien encore le satisfaire. Il porta mon Thermomètre dans les caves, le 22e. Octobre de la même année, à 5 heures du soir; & le lendemain, à 8 heures ½ du matin, il y retourna. A l'instant où il fut à portée de mon Thermo- Observation du 23 Octob.

mètre, il planta une aiguille sur la monture, au point où le *mercure* étoit fixé; & ce fut à + 9 $\frac{2}{3}$.

Toutes ces observat. sont sensiblement d'accord.

441 *u.* Voilà une suite d'expériences aussi complette qu'on puisse la désirer; & leurs différences sont si petites, qu'en prenant le milieu entr'elles, il doit indiquer avec une exactitude suffisante, *la température des caves de l'Observatoire de Paris*; & une température qu'on peut regarder comme constante.

Déterm. de la *température des caves de l'Observatoire* sur le Therm. de *mercure*.

441 *x.* Je ne puis donc m'écarter essentiellement du vrai, en fixant la température de ce lieu renommé, *à* + 9 $\frac{6}{10}$ *du Thermomètre de mercure.*

Différ de la *température des caves de l'Obser.* sur ce Therm. & sur celui de M. *de Reaumur.*

442 *a.* Dans le vrai Thermomètre de M. *de Reaumur*, celui qu'il a décrit dans le Mémoire que j'ai déja cité, la température des *caves de l'Observatoire* est à + 10 $\frac{1}{4}$; & dans le Thermomètre de *mercure* dont je parle, elle est à + 9 $\frac{6}{10}$. Voilà donc une prémière différence bien établie entre ces deux Thermomètres, quant à leurs *indications.*

Cette différ. seroit en sens contraire si les deux Therm. étoient semblablement divisés.

442 *b.* Mais par une différence bien prouvée aussi dans leur construction; différence qui provient de ce que les liquides dont ils sont faits ne sont pas semblables; celle qui se trouve entre leurs *indications*, devroit être en sens contraire. On a vu dans la table que j'ai donnée des *marches* de divers Thermomètres semblablement gradués (426 *b.*); que le Thermomètre dont la liqueur est la même que celle de M. *de Reaumur*, se tient à + 7 $\frac{9}{10}$, quand le Thermomètre de *mercure* est à + 10. Il ne peut point y avoir d'erreur dans ce rapport; car ces Thermomètres sont restés plusieurs jours à ces mêmes points dans ma cave.

Déterm. de la *températ. des caves* sur un Therm. *d'esprit de-vin* divisé comme celui de *mercure.*

Cette même *température* sur le Thermom. de M. de *Reaumur.*

442 *c.* Puis donc que mon Thermomètre de *mercure* s'est tenu à + 9, 6, dans les caves de l'Observatoire; celui de M. *de Reaumur* s'y seroit tenu à + 7, 6, si son *échelle* avoit été semblable à la mienne. Mais M. *de Reaumur* a toûjours vu son Thermomètre dans ces *caves*, à + 10 $\frac{1}{4}$: donc son *échelle* est différente de celle de mon Thermomètre, fait de même liqueur que le sien; divisé en un même nombre de degrés; mais dont les *termes fixes* sont, la *glace*

qui

qui fond, & l'*eau bouillante*. (Pour plus de commodité dans l'expression, j'appellerai ce dernier Thermomètre, *mon Thermomètre d'esprit-de-vin.*)

Position du *terme fixe* supérieur de M. *de Reaumur*, sur mon *Therm.* en supposant que les deux *échelles* comm. au même point.

442 *d*. En supposant que l'*échelle* du Thermomètre de M. *de Reaumur* & la mienne, commencent au même point; l'observation faite dans les *caves* donne le rapport entre leurs degrés, de 7, 60 à 10, 25. On voit d'abord par là, que le degré 80 de M. *de Reaumur*, indique une chaleur beaucoup moindre que le degré 80 de mes Thermomètres: & en partant du rapport ci-dessus, on trouve; que le degré 80 du Thermomètre de M. *de Reaumur*, ne devroit correspondre qu'à 59, 3 de mon Thermomètre d'*esprit-de-vin.* (10, 25 : 7, 60 :: 80, 0 ; 59, 3).

Il résulte de cette prémière comparaison, que les deux *échelles* ne doivent pas commencer au même point.

442 *e*. En voyant par ce calcul, combien le rapport tiré immédiatement de l'observation dans les *caves*, abaissoit le degré 80 de M. *de Reaumur*, sur mon *échelle*; je compris que toute la différence des indications de nos Thermomètres dans les *caves*, ne pouvoit provenir de la différence du degré 80 de M. *de Reaumur* avec la chaleur *réelle* de l'*eau bouillante*, qui est mon degré 80: & je fus confirmé par-là dans l'idée, que nos *échelles* ne commençoient pas au même point; c'est-à-dire, que le *zéro* de M. *de Reaumur* étoit au dessous du point où la *glace fond*, qui est mon *zéro*. Je pensai alors à chercher dans la manière dont M. *de Reaumur* déterminoit son degré 80, quelque moyen de connoître à peu près ce terme fixe. Voici son procédé décrit par lui-même.

Procédé de M. de *Reaumur*, pour déterminer son *terme fixe supérieur*.

» 442 *f*. Après avoir choisi, dit-il (*a*), un petit matras » de verre dont le col étoit assez délié, j'ai rempli le ma- » tras jusqu'un peu au dessus de l'origine de son col, avec » de petites mesures: il en est entré 400, jusqu'à l'endroit » désigné. J'ai marqué cet endroit avec un fil lié autour du » col. Alors j'ai mis le matras dans une boëte de fer blanc, » que j'ai posée dans une boëte plus grande, remplie de » glace pilée, & mêlée avec du sel. En un mot, j'ai fait » geler

(*a*) *Mémoires de l'Académ. des Scienc.* &c. 1730, *in*-12, pag. 688.

» geler l'eau qui environnoit le matras. L'*esprit-de-vin* est » descendu au dessous du fil. J'ai fait entrer dans le matras » autant de mesures qu'il en a fallu, afin que l'*esprit-de-* » *vin* se trouvât encore à la hauteur du fil. Enfin mon fil m'a » marqué le terme d'un volume de 400 mesures d'*esprit-de-* » *vin*, condensé par la congélation artificielle de l'eau. Ce » que je cherchois, étoit d'avoir en parties de ce même » volume, sa différence avec le volume de la même quan- » tité d'*esprit-de-vin dilaté par la chaleur de l'eau bouil-* » *lante* (*a*). J'ai donc fait chauffer & bouillir de l'eau. A » la vapeur seule de l'*eau bouillante*, j'ai échauffé le matras, » qui contenoit l'*esprit-de-vin*. Quand je l'ai jugé assez » échauffé, pour qu'il n'y eût pas à craindre que la chaleur » de l'*eau bouillante* le fit casser, je l'ai enfoncé peu à peu » dans cette eau; *bientôt l'esprit-de-vin a commencé à bouillir*; » *& aussi-tôt j'ai retiré le matras*. J'avois eu la précaution » d'entourer son col d'un second fil que je pouvois faire » glisser en montant. Avec ce fil, j'ai marqué l'endroit où » l'*esprit-de-vin* étoit resté *après que les bouillonnemens avoient* » *été appaisés*. Aussi-tôt j'ai remis l'*esprit-de-vin* dans l'*eau* » *bouillante*. Il s'est élevé au dessus du fil & bientôt il a » bouilli. J'ai retiré le matras. J'ai élevé le fil jusqu'à l'en- » droit où l'*esprit-de-vin* s'est trouvé *après que les bulles* » *ont eu disparu*. Quand j'ai eu repété ce manège jusqu'à 5 » ou 6 fois au plus, le terme de l'élévation marquée par le » fil *après les bouillonnemens cessés*, s'est trouvé constamment » le même; ainsi je l'ai regardé comme le *terme de la plus* » *grande dilatation que l'eau bouillante puisse donner à cet esprit-* » *de-vin, sans le faire bouillir* (*b*). Dans d'autres expérien- » ces, dont il suffira de rapporter les résultats, *j'ai suivi de* » *pareils procédés*. Pour achever celle que nous avons com- » mencé de détailler, il ne restoit plus qu'à mesurer la ca- » pacité de l'intervalle compris entre les deux fils, en mesures » pareilles

Moment de la déterminat. du degré 80 de M. *de Reaumur*.

(*a*) Voilà une expression équivoque: & l'on en trouve plusieurs autres semblables qui peuvent avoir donné lieu à l'erreur où l'on est tombé sur le degré 80 de M. *de Reaumur*.

(*b*) C'est-là la vraie définition du degré 80 de M. *de Reaumur*, comme on le verra bientôt.

» pareilles à celles dont il y avoit 400 jusqu'au prémier fil, » jusqu'à celui qui marquoit le terme de la congélation arti- » ficielle. J'ai trouvé que cet espace contenoit 35 de ces me- » sures. Ainsi le volume de l'*esprit-de-vin*, qui, condensé par » la glace artificielle, étoit 400, *rarefié par la chaleur de* » *l'eau bouillante* (*a*), étoit 435. Cet *esprit-de-vin* étoit » du meilleur qui se trouve ordinairement chez les Mar- » chands. Brûlé dans la cuillère, il ne laissoit point d'eau; » il allumoit la poudre «.

442 *g*. Après bien des expériences sur les divers degrés de dilatabilité de différens mélanges d'*eau* & d'*esprit-de-vin*; M. *de Reaumur*, par des considérations qu'il indique, se détermina pour celui dont le volume augmente de $\frac{80}{1000}$, dans l'épreuve que je viens de rapporter. Ce mélange doit être d'environ 5 parties d'*esprit-de-vin qui brûle la poudre*, & d'1 partie d'*eau*; on le trouve par la règle que M. *de Reaumur* indique lui-même (*b*).

L'esprit-de-vin de M. *de Reaumur* étoit mêlé d'$\frac{1}{5}$ d'eau.

442 *h*. Si l'on fait attention à ce procédé de M. *de Reaumur*, on verra bien que sa liqueur, quoique plongée dans l'*eau bouillante*, n'en acquéroit pas toute la chaleur; puisqu'il retiroit son matras dès que la liqueur commençoit à bouillir. C'est donc une bien grande erreur, que de nommer le degré 80 de M. *de Reaumur*; le *terme de l'eau bouillante*.

Son *terme fixe supérieur* est bien au dessous de l'*eau bouillante*.

442 *i*. On voit encore que ce degré n'est pas même le terme de son *esprit-de-vin* bouillant; puisqu'il n'observoit le volume de cette liqueur dans le matras, qu'au moment où elle cessoit de bouillir.

Il n'est qu'à *la chaleur de son esprit-de-vin qui cesse de bouillir*.

442 *k*. Mais comment déterminer ce degré? Les prémières diminutions de la chaleur dans un liquide qui bout & qu'on retire de dessus le feu, sont si rapides, qu'un Thermomètre ne peut les suivre. D'ailleurs, leur plus ou moins de rapidité dépend entr'autres du volume du liquide; & M.

Chaleur très-difficile à déterminer.

(*a*) Autre expression équivoque. M *de Reaumur* ne regardoit l'*eau bouillante*, que comme un *moyen*; & on l'a prise sur cette expression, souvent répétée, comme un *terme fixe* dans son Thermomètre.

(*b*) *Mémoires de l'Acad. des Scienc. &c* 1730, *in*-12, pag. 699.

de Reaumur n'a pas indiqué la quantité d'*esprit-de-vin* qu'il employoit. Il est donc bien difficile de déterminer ce degré de chaleur, par des expériences immédiates.

Les deux *termes fixes* de M. de *Reaumur* étant vagues, ne peuvent servir à faire connoître son *échelle*.

442 *l.* Ayant un point de correspondance bien établi, entre mon Thermomètre & celui de M. *de Reaumur*, par l'expérience faite dans les caves de l'Observatoire; il m'auroit suffit de connoître sûrement l'un des *termes fixes* de l'*échelle* de M. *de Reaumur*, pour que tout son Thermomètre m'eût été connu. Mais l'un & l'autre de ces *termes* étant vague; le problème devenoit très-difficile. La route que j'ai suivie pour le résoudre, s'est trouvée fort longue; parce que j'ai été réduit à des tatonnemens. Cependant, comme j'ai lieu de croire que cette route est sûre, je la suivrai aussi dans mon exposition.

La chaleur de son *esprit-de-vin bouillant*, peut donner une idée de son *terme fixe supérieur*.

443 *a.* Ma prémière ressource fut dans une température fixe; celle de la liqueur de M. *de Reaumur* quand elle bout. Cette température étoit assez semblable au *terme fixe supérieur* de M. *de Reaumur*, pour qu'on pût la considérer d'abord comme ce terme même; & assez éloignée du point des *caves*, qui devoit être l'autre terme de comparaison, pour que la différence du *terme* vrai, au supposé, n'influât que très-peu sur la détermination du *terme fixe inférieur*.

Avantage de cette manière de le chercher.

443 *b.* La température de cet *esprit-de-vin bouillant*, pouvoit bien différer autant du degré 80 de M. *de Reaumur*; que la température de la *glace qui fond*, différoit de son *zéro*. Mais la distance du point 80 à celui des *caves*, étant 7 fois plus grande que celle de celui-ci à *zéro*; une erreur sur le point 80 devoit influer 7 fois moins sur le *terme* opposé; que la même erreur sur celui-ci ne devoit influer sur le point 80. (442 *d.*).

Chaleur de cet *esprit-de-vin bouillant*, exprimé en degrés de *mon Thermomètre*.

443 *c.* Je fis donc bouillir, au bain-marie, de l'*esprit-de-vin* affoibli par une cinquiéme partie d'*eau*; & j'y plongeai mon Thermomètre de même liqueur: il monta à $64\frac{3}{10}$. Je supposai donc d'abord que ce point étoit correspondant à 80, sur le Thermomètre de M. *de Reaumur*.

443 *d*. J'avois ainsi deux termes de comparaison entre ces Thermomètres : Rapport entre les degrés des deux Ther. conclud de cette expérience.

80 du Th. de M. *de Reaumur*, correspondoient à . . . . . 64 $\frac{3}{10}$ sur le mien ;

& 10 $\frac{1}{4}$ . . . (dans les *caves*) . . a 7 $\frac{6}{10}$

69 $\frac{3}{4}$ { Intervalle de ces deux points sur le Therm. de M. *de Reaumur*. — 56 $\frac{7}{10}$ { Intervalle de ces deux points sur mon Therm.

Ces intervalles étant censés correspondans ; il en résultoit ; que le nombre des degrés de M. *de Reaumur*, dans un certain intervalle, étoit au nombre des miens dans le même intervalle, comme 69, 75 à 56, 70.

443 *e*. En partant de ce nouveau rapport, la température des *caves* étant sur mon Thermomètre à 7, 6 ; si le *zéro* des deux Thermomètres étoit au même point, cette température seroit sur le Thermomètre de M. *de Reaumur* à 9, 35 (5670 : 6975 : : 7, 6 : 9, 35). Mais M. *de Reaumur* l'a observée à 10, 25 ; donc son *zéro* seroit plus bas que le mien de 10, 25 — 9, 35 = 0, 90. Position du *zéro* de M *de Reaumur*, sur mon Therm. d'après cette fixation.

443 *f*. C'étoit approcher sûrement du vrai, que de trouver le *zéro* de M. *de Reaumur* plus bas que le mien. Car certainement la *glace qui se forme*, qui est son *zéro* ; a moins de chaleur que la *glace qui fond*, qui est le mien. Quant à la fixation de cette différence, qui résultoit du dernier rapport, je sçavois qu'elle étoit affectée de l'erreur laissée dans l'un des termes de comparaison, provenant de ce que le degré 80 de M. *de Reaumur*, étoit la température de sa liqueur *cessant de bouillir*, & non *bouillante*. Erreur connuë dans cette fixation.

443 *g*. Cette erreur, en plaçant le degré 80 de M. *de Reaumur* un peu trop haut sur mon Thermomètre, augmentoit vicieusement le nombre de mes degrés correspondant à 69 $\frac{3}{4}$ de M. *de Reaumur*. Ainsi le rapport de ses degrés aux miens, devoit être celui de 69, 75 à 56, 70, *moins la différence de température de la liqueur bouillante à celle qui cesse de bouillir*. Par conséquent 7, 6 de mon Thermomètre (observation dans les *caves*), devoient faire un peu plus de 9, 35 de Le *zéro* de M *de Reaumur* devoit être un peu moins au dessous du mien.

M. *de Reaumur*. Et comme c'étoit de la différence de 9, 35 à 10, 25, que je concluois la place du *zéro* de M. *de Reaumur* sur mon Thermomètre; cette différence devant être un peu moindre; le *zéro* de M. *de Reaumur* devoit être aussi un peu moins au dessous du mien, qu'il ne se trouvoit par le calcul précédent.

On pouvoit déterminer la place, par quelque observat. corresp. dans une temp. fixe au dessous de *zéro*.

443 *h*. Pour parvenir plus sûrement à déterminer cette différence, je m'arrêtai à chercher quelque point correspondant des deux Thermomètres dans une température inférieure à *zéro*. Parce que dans le calcul d'une telle observation, l'erreur du rapport établi, devoit influer en sens contraire: elle devoit placer le *zéro* de M. *de Reaumur* au dessus du vrai point; par la même raison, qu'en partant de l'observation faite dans les *caves*, elle le place au dessous. Et en prenant une moyenne proportionnelle entre les deux positions trouvées du *zéro* de M. *de Reaumur*, proportionnellement affectées de l'erreur; je pouvois avoir, & le vrai lieu de ce *zéro*, & le vrai rapport entre les degrés des deux Thermomètres, & le point correspondant sur le mien au degré 80 de M. *de Reaumur*; en un mot tout ce que je cherchois.

Avantage de ce moyen.

443 *i*. J'avois un avantage particulier dans ce moyen; c'est qu'il devoit me faire connoître, si l'erreur que je supposois dans le rapport des degrés étoit réelle, & dans le sens que je l'imaginois. Car si, contre mon opinion, ce rapport étoit juste; le calcul de la nouvelle observation, devoit placer le *zéro* de M. *de Reaumur* au même point, que par l'observation faite dans les *caves*. Et si l'erreur du rapport étoit en sens contraire; je devois trouver ce *zéro* plus bas encore, que par cette observation.

La tempér. du mélange de 2 part. de *glace* & d'1 partie de *sel marin*, choisie pour cette observat. corresp.

443 *k*. Je n'avois donc besoin que de ce point correspondant des deux Thermomètres au dessous de *zéro*; & je le trouvai dans la *congélation artificielle*, produite par le mélange de deux parties de *glace disposée à fondre*, & d'une partie de *sel marin*, dont M. *de Reaumur* a constamment trouvé la température, à 15 degrés au dessous de son *zéro*.

Expér. dans ce mélange avec *mon Th.*

443 *l*. Je pris une livre de *sel marin* & deux livres de *glace pilée*; je les étendis par couches alternatives, suivant que

que le prescrit M. *de Reaumur*, & j'y ensévelis mon Thermomètre d'*esprit-de-vin*. Il descendit à — 12, 7; & il demeura demi-heure à ce point, sans que l'addition d'une demi-dose de *glace* & de *sel*, changeât rien à la température du prémier mélange.

443 *m*. Je répétai cette expérience avec double dose de *glace* & de *sel*; pour sçavoir si la quantité absoluë de ces matières, produisoit quelque différence dans la température qui en résultoit. Mon Thermomètre s'arrêta précisément au même point. Repétition de cette expérien. avec des doses doubles.

443 *n*. Ainsi — 12, 7, de mon Thermomètre d'*esprit-de vin*, correspondent à — 15 du Thermomètre de M. *de Reaumur*. Expression de cette *temp.* sur les deux Ther.

443 *o*. En réduisant — 12, 7, de mon Thermomètre, en degrés de M. *de Reaumur*, suivant le rapport de 5670 à 6975; on aura — 15, 65 de M. *de Reaumur*; au lieu de — 15 qu'il a trouvé par l'observation. Ces $\frac{65}{100}$ de différence, sont la quantité dont le *zéro* de M. *de Reaumur* est indiqué plus bas que le mien, par cette observation. Nouvelle position du *zéro* de M *de Reaumur* sur *mon Thermomètre*.

443 *p*. Voilà donc les deux positions que je cherchois du *zéro* de M. *de Reaumur*, déduites d'un même rapport entre les degrés des deux Thermomètres. L'une, par l'observation dans les *caves*, est — 0, 90; & nous avons vu que ce point devoit être trop bas (443 *g*.): l'autre, par la *congélation forcée*, est — 0, 65; qui par la même raison se trouve trop haut (443 *h*.). Et il suit de la nature de ces erreurs; que dans le rapport de 5670 à 6975, le nombre 5670 est trop grand, comme je le présumois (443 *g*.). L'erreur de cette position est en sens contraire de celle de la précédente.

443 *q*. Le vrai *zéro* de M. *de Reaumur*, qui doit se trouver entre ces deux termes, est distant de chacun d'eux, en sens contraire, portionnellement à la distance à mon *zéro* des points indiqués sur mon Thermomètre dans chacune des observations. Car l'erreur produite par le vice du rapport, exprimée en parties de degré, est d'autant plus grande, que le nombre des degrés calculés par ce rapport est plus grand. La vraie position est entre ces deux-là, & peut être déterminée.

443 *r*. Par conséquent :

Déterminat. du *zéro* de M. *de Reaumur* sur mon *Thermom.*

Comme la somme des *degrés* dans les deux observations (7, 6 + 12, 7) 20, 3
est à la somme des deux *erreurs* au dessus & au dessous du *zéro* de M. *de Reaumur* ; qui est la différence des deux positions trouvées . . . . . (0, 90 — 0, 65) 0, 25

Ainsi le nombre des *degrés* dans l'observation au dessous de *zéro* 12, 7
est à l'erreur dont le résultat de cette observation est affectée ; soit à la quantité dont le vrai *zéro* de M. *de Reaumur* est *au dessous* de la position (— 0, 65) résultante du calcul de cette observation 0, 15

Ainsi encore le nombre des degrés dans l'observation faite au dessus de *zéro* 7, 6
est à la quantité dont le vrai *zéro* de M. *de Reaumur* est *au dessus* de la position (— 0, 90) résultante du calcul de cette observation 0, 10

Par l'un & l'autre de ces résultats, le *zéro* de M. *de Reaumur* se trouve placé *au dessous* de mon *zéro* d'une même quantité, qui est 0, 8 ; ou $\frac{4}{5}$ de degré de sa propre *échelle* : 0, 65 + 0, 15 = 0, 80, & 0, 90 — 0, 10 = 0, 80.

Expérience qui confirme cette détermination.

443 *s*. On se rappelle que M. *de Reaumur* définissoit son *zéro*, le *froid qui suffit pour geler* (436 *c*.). Or $\frac{4}{5}$ de degré au dessous de mon *zéro*, sont à peu près le milieu entre les résultats de plusieurs expériences que j'ai faites, pour connoître à quelle température est l'*eau*, quand elle commence à se convertir en glace. Par conséquent les expériences immédiates concourent à fortifier cette fixation du *zéro* de M. *de Reaumur*.

Détermination du *rapport des degrés* des deux Ther.

443 *t*. Les mêmes observations qui me servoient à fixer ce point ; me fournissoient en même tems un nouveau rapport entre les degrés des deux Thermomètres. Car l'intervalle de + 10 $\frac{1}{4}$ à - 15, sçavoir 25 $\frac{1}{4}$ sur le Thermomètre de M. *de Reaumur* ; qui est la somme des degrés des observations dans les *caves* & dans la glace mêlée de sel ; est semblable

semblable à l'intervalle correspondant de + 79, 6 à — 12, 7; sçavoir 20, 3, sur mon Thermomètre. Ainsi 25 $\frac{1}{4}$ degrés de M. *de Reaumur*, correspondent à 20 $\frac{3}{10}$ de mes degrés. Et généralement, *le nombre des degrés de M.* de Reaumur, *dans un certain intervalle, est au nombre de mes degrés dans le même intervalle*; *comme* 2525 *à* 2030, *ou* sensiblement, *comme* 66 *à* 53. C'est-là le rapport auquel je me suis arrêté. Il est semblable à celui de 6975 à 5601 & non 5670, nombre que j'avois admis d'abord, présumant cependant qu'il étoit trop grand (443 *g.*).

443 *u*. En calculant par ce rapport les 80 degrés de l'*échelle* de M. *de Reaumur* au dessus de son *zéro*, moins $\frac{8}{10}$ dont ce *zéro* est au dessous du mien, on trouvera que le point 80 de M. *de Reaumur* correspond à 63 $\frac{7}{10}$ sur mon Thermomètre (66 : 53 : : 80 — 0, 8 : 63, 7.). *Détermination du degré 80 de M. de Reaumur sur mon Thermom.*

443 *x*. Ce point de mon *échelle* différe de $\frac{6}{10}$ de degré, de 64 $\frac{3}{10}$ où, comme je l'ai dit (443 *c.*), la liqueur de M. *de Reaumur* porte mon Thermomètre quand elle bout; c'est-à-dire, qu'à l'instant où elle cesse de bouillir, elle a perdu $\frac{6}{10}$ de *degré* de sa plus grande chaleur. L'eau en perd environ 1 *degré* en passant de l'un à l'autre de ces états; mais l'eau est moins *sensible* à la chaleur que l'*esprit-de-vin*. J'ai dit ci-devant (442 *k.*), qu'il est difficile de déterminer exactement ces *pertes*; cependant on peut juger assez sûrement, que celle de $\frac{6}{10}$ de *degré* dans la liqueur de M. *de Reaumur*, concluë du calcul ci-dessus, ne doit pas s'écarter de la vérité. Ainsi ce résultat est une nouvelle preuve de l'exactitude des déterminations précédentes. *Expérience qui confirme cette détermination.*

443 *y*. En combinant le rapport fixé entre les degrés des deux Thermomètres; avec la différence trouvée entre le *zéro* de M. *de Reaumur* & le mien, qui est une quantité constante à ajouter ou à soustraire, suivant les cas; on a deux formules, par lesquelles on peut réduire les observations faites sur l'un des deux Thermomètres, en degrés de l'autre. Si l'observation est faite sur celui de M. *de Reaumur*, en nommant *a*, le nombre des degrés observés; on aura le point corresp. sur le mien, par cette formule; $\frac{53}{66} \times a \mp 0,8$; *Formules pour trouver tous les points réciproquem. correspondans des deux Therm.*

le

le signe —, servant pour les degrés de M. *de Reaumur* au dessus de son *zéro*; & le signe +, pour ceux qui sont au dessous. Et si l'observation est faite sur mon Thermomètre; on aura le point correspondant du Thermomètre de M. *de Reaumur*, par cette autre formule $\frac{66\,a}{53} \pm 0,8$; le signe +, servant pour les degrés de mon Thermomètre qui sont au dessus de mon *zéro*; & le signe —, pour ceux qui sont au dessous: la lettre *a*, tenant la place du nombre des degrés *observés* sur mon Thermomètre.

Grande diff. du vrai point de l'*eau bouill.* sur le Therm. de M. *de Reau.* avec celui où l'on le place communément.

443 *z*. Maintenant si l'on cherche par cette dernière formule, à quel degré la chaleur *réelle* de l'*eau bouillante*, qui est 80 sur mon Thermomètre, porteroit le Thermomètre de M. *de Reaumur*; on trouvera $\frac{66 \times 80}{53} + 0,8 = 100,4$. On voit par-là d'un coup d'œil, quel écart on fait en supposant que la *chaleur de l'eau bouillante* est au degré 80 de M. *de Reaumur*.

Cette différ. avoit déja été remarquée.

444 *a*. Je puis ajouter aux preuves que j'ai données jusqu'ici, des erreurs où l'on est tombé sur le Thermomètre de M. *de Reaumur*, les remarques de deux Observateurs qui m'ont précédé dans cette recherche.

Conjecture de M. *Martine* à ce sujet.

444 *b*. M. *Martine* (*a*) avoit présumé que le degré 80 de M. *de Reaumur* n'indiquoit que la chaleur de son *esprit-de-vin bouillant*; & par cette raison, il le faisoit correspondre au degré 180 de *Fahrenheit*; c'est-à-dire, à $\frac{180 - 32 \times 80}{212 - 32}$ $= 65\frac{7}{9}$ du Thermomètre de mercure divisé en 80 parties entre la *glace qui fond* & l'*eau bouillante* (430 *c*.); qui répondent à 62, 6, de mon Thermomètre d'*esprit-de-vin* (426 *b*.). Le peu d'attention qu'on a fait à ce prémier doute, sur la température exprimée par le degré 80 de M. *de Reaumur*, provient certainement de ce qu'on n'a pu croire qu'il différât tellement de la chaleur de l'*eau bouillante*: il falloit des expériences directes pour le persuader.

On n'y a pas fait attention: & pourquoi?

444

(*a*) *Dissertations sur la Chaleur*, *&c. in*-12, Paris 1751, pag. 34.

444 *c.* M. *Martine* n'a pas autant approché du vrai sur le *terme fixe inférieur* de M. *de Reaumur*. Il ne paroît pas qu'il connût la différence de *marche* des Thermomètres de *mercure* & d'*esprit-de-vin* : c'est pourquoi il calcule leurs degrés, comme s'ils ne différoient qu'en nombre dans la même étenduë. Partant de sa conjecture sur le degré 80 de M. *de Reaumur*, il estime que ses degrés sont à ceux de *Fahrenheit*, à peu près comme 80 à 180 — 32 ; & il emploie ce rapport pour chercher à quel degré de ce dernier Thermomètre doit correspondre le *zéro* du prémier. C'est du moins ce qui résulte des expressions suivantes. » Comme le degré » 10 $\frac{1}{4}$ de M. *de Reaumur* est, dit-il, la chaleur constante » des caves de l'Observatoire, ou notre degré 53, je con- » clus de-là que son point de la *congélation*, au lieu de » répondre précisément à notre degré 32, est un peu au dessus du » degré 34 «. Voici comment M. *Martine* a dû faire son calcul pour trouver ce résultat : $53 - \frac{180 - 32 \times 10\frac{1}{4}}{80} = 34\frac{1}{8}$; ce qui fait 2 $\frac{1}{8}$ degrés au dessus du point que l'on nomme *congélation* dans le Thermomètre de *Fahrenheit*.

M. *Martine* n'a pas bien connu le *zéro* de M. *de Reaumur*.

Sa fixation de ce point sur le Therm. de *Fahrenheit*.

444 *d.* M. *Martine* plaçoit le *zéro* de M. *de Reaumur* au dessus de la *congélation*, parce qu'il croyoit que les grosses boules de ses Thermomètres, n'avoient pas le tems de se conformer à la température de la glace formée autour d'elles, avant la fonte de cette glace (*a*). J'ai dit ci-devant, que la lenteur des Thermomètres de M. *de Reaumur*, à se conformer à la température embiante, avoit pu lui faire trouver accidentellement un terme fixe dans la formation de la glace (436 *m.*) ; ce qui a quelque rapport avec la remarque de M. *Martine*. Mais ce terme est certainement au dessous de celui où la glace fond, & non pas au dessus.

Raison qu'il donne de le placer au dessus de la *congélation*.

444 *e.* M. *Ducrest* avoit remarqué, comme M. *Martine*, mais par une autre route, que le degré 80 de M. *de Reaumur* étoit bien inférieur *à l'eau bouillante*. Ayant comparé ses Thermomètres avec plusieurs de ceux que M. *de Reaumur*

M. *Ducrest* a trouvé l'*eau bouillante* diversement plus haut que 80 sur des Ther. faits par M. *de Reaumur*.

(*a*) *Dissertations sur la Chaleur*, déja citées, pag. 30.

mur avoit construits lui-même ; il trouva que l'un devoit marquer la chaleur de l'*eau bouillante* par 105 $\frac{1}{2}$, un autre par 110 $\frac{1}{4}$ (c'est le gros Thermomètre de l'Observatoire) ; & un troisiéme par 115 $\frac{1}{2}$ (*a*).

Ces différ. proviennent du peu de *sensibilité* des gros Th. de M. *de Reaumur*.

444 *f*. Quoique les *termes fixes* de M. *de Reaumur* soyent très-vagues dans leurs principes ; je ne doute point qu'ils ne fussent accidentellement déterminés pour lui : & par conséquent je ne puis croire que les différences observées par M. *Ducrest*, entre ces trois Thermomètres, soient duës à la différence de leur construction. Je pense plutôt qu'elles proviennent de la difficulté de comparer ces Thermomètres (très-peu *sensibles* à cause de leurs grosses boules), avec des Thermomètres à petites boules, tels que ceux de M. *Ducrest*.

Expér. faite par M. *Brisson* qui le prouve.

444 *g*. M. *Brisson* a éprouvé cette difficulté, lorsqu'à ma prière, il a observé mon Thermomètre de *mercure* auprès d'un de ces gros Thermomètres de M. *de Reaumur*, qui lui appartient. Les hauteurs rélatives de ces Thermomètres, placés l'un auprès de l'autre, changeoient tellement du matin au soir, qu'à des températures à peu près semblables, il s'est trouvé quelquefois, dans leurs rapports, près d'un degré de différence. Et comme ces changemens de rapport se faisoient dans les parties inférieures de leurs *échelles* ; si l'on avoit voulu conclure de chacune de ces observations faites sur le même Thermomètre, le point où l'auroit porté l'*eau bouillante* ; il en seroit résulté des écarts aussi considérables que ceux que M. *Ducrest* a trouvés entre des Thermomètres différens.

Autre preuve tirée des observations même de M. *Ducrest*.

444 *h*. Une circonstance des observations de M. *Ducrest*, concourt à prouver que les différences qu'il a observées entre ces Thermomètres faits par M. *de Reaumur*, proviennent de leur peu de sensibilité ; c'est que M. *Ducrest* a supposé le degré de l'*eau bouillante* plus bas, & par conséquent plus rapproché du vrai, sur celui de ces Thermomètres qu'il a comparé le plus longtems avec un des siens. C'est aussi celui qu'il a pris pour règle, en déterminant la correspondance de son

(*a*) *Recueil de diverses pièces sur le Thermomètre*. Basle 1757, pag. 34 & 35.

son *échelle* avec celle de M. *de Reaumur*. J'ai du moins un Thermomètre fait avec le plus grand soin par M. *Ducrest* lui-même, & garni de diverses *échelles*, où la chaleur de l'*eau bouillante* est marquée à 105 $\frac{1}{3}$ sur l'*échelle* qui porte le nom de M. *de Reaumur*.

Erreur de M. *Ducrest* sur le *zéro* de M. *de Reaumur*.

444 *i*. J'ai vu aussi par ce même Thermomètre fait en 1741, que M. *Ducrest* plaçoit dès ce tems-là, le *zéro* de M. *de Reaumur*, à la température de *la glace qui fond*. Ainsi, bien près de son origine, le Thermomètre de M. *de Reaumur* fut déja altéré.

Vérifications des *déterminations* précédentes.

444 *k*. Lorsque je remarquai ces disparités des observations de MM. *Martine* & *Ducrest*, entr'elles & avec les miennes, elles ne me donnèrent point de défiance sur le rapport que j'avois trouvé entre le Thermomètre de M. *de Reaumur* & le mien. J'avois été conduit pas à pas dans la recherche de ce rapport, par des expériences qui n'avoient pû m'égarer. Cependant je désirois de le vérifier par quelqu'autre terme de comparaison; mais il est difficile de trouver des températures fixes, & qu'on puisse sûrement reproduire.

M. *Brisson* a déterminé la *chaleur humaine* sur le Ther. de M. *de Reaumur*; & l'a prise pour *terme fixe*.

445 *a*. Je dois à M. *Brisson* les seules épreuves de ce genre que j'aie pû faire jusqu'à présent. Cet Académicien ayant trouvé des difficultés dans la manière dont M. *de Reaumur* construisoit son Thermomètre, l'a changée fort utilement, en employant pour *terme fixe supérieur*, la *chaleur de l'homme en santé*; température qu'il a trouvée, en toute saison, à 32 $\frac{1}{2}$, sur des Thermomètres construits par M. *de Reaumur* lui-même, en les tenant sous son aisselle au moins une heure.

M. *de Reaumur* [illegible] diquée [illegible] plus [illegible] son [illegible] *éclore les oiseaux*.

445 *b*. M. *de Reaumur*, parlant de la vérification de son Thermomètre, dans l'*Art de faire éclore les oiseaux domestiques* (*a*), place la *chaleur humaine* à 32 seulement. » On » fera passer, dit-il, la boule sous sa chemise, on l'appli- » quera immédiatement sur la peau du ventre; & pour le » mieux encore, on la conduira jusques sous l'aisselle; on l'y

 » laissera

(*a*) In-12, Paris 1749, Tom. I, pag. 136.

» laissera pendant environ *un quart d'heure* : dans l'instant qu'on » l'aura retiré d'un lieu où un œuf seroit couvé avec succès ; » on examinera si la surface de la liqueur est au dessus ou » au dessous du fil qui marque le 32me. degré : dans l'un & » l'autre cas, le Thermomètre est mal gradué «.

Raison de cette différence.

445 *c.* M. *de Reaumur*, craignant les effets de l'ennui ou du découragement, chez ceux qui ne prennent aux arts qu'un intérêt de mode, n'exigeoit qu'*un quart d'heure* pour cette vérification de son Thermomètre. Voilà sans doute pourquoi il fixoit la *chaleur humaine* à 32. Mais un quart d'heure ne suffit pas, pour qu'un Thermomètre soit échauffé autant qu'il peut l'être par la chaleur du corps ; c'est-à-dire, pour que l'aisselle elle-même participe entiérement à la chaleur interne : il faut pour cela au moins une heure ; pendant laquelle encore, il faut presser fortement le bras contre le corps, & le tenir bien couvert. Dans le premier quart d'heure, on voit le Thermomètre monter jusqu'au 32me. degré de M. *de Reaumur* ; mais il faut souvent encore plus de trois quart d'heure, pour que la liqueur parcoure ce $\frac{1}{2}$ degré que M. *Brisson* a trouvé au delà de ce que M. *de Reaumur* exige. Lorsque le Thermomètre est parvenu à ce point ; il reste fixe, quand même on le laisse sous l'aisselle durant plusieurs heures.

La *chaleur humaine* détermine sur *mon Thermomètre*.

445 *d.* Voilà donc un nouveau terme de comparaison dans nos Thermomètres. Pour l'employer à la vérification de mes formules ; je mis sous mon aisselle, en été, mon Thermomètre d'*esprit-de-vin*. L'ayant vu fixe au bout d'une heure, j'arrêtai le fil qui devoit marquer ce point : il répondit à 25,3, sur mon *échelle*. J'ai réitéré plusieurs fois cette expérience, en diverses saisons ; & je n'ai trouvé qu'$\frac{1}{10}$ de différence, quelquefois en plus, d'autres fois en moins.

Application de la *formule* précédente, qui sert de vérification.

445 *e.* Si l'on applique à cette observation, la formule donnée ci-devant ; on aura pour le point correspondant du Thermomètre de M. *de Reaumur*, $\frac{66 \times 25,3}{53} + 0,8 = 32,3$; ce qui différe bien peu de 32,5, trouvés par M. *Brisson*, sur les Thermomètres faits par M. *de Reaumur* lui-même. On ne pouvoit attendre plus d'exactitude dans une vérification de ce genre.

446

446 *a*. Cette méthode employée par M. *Brisson* pour construire le Thermomètre de M. *de Reaumur*, l'a préservé non seulement de l'erreur prodigieuse qu'on fait toûjours, en prenant dans l'*eau bouillante* le *terme fixe supérieur* de ce Thermomètre; mais encore de celle où l'on est tombé, en y employant indifféremment le *mercure*, ou des *esprits-de-vin* de divers degrés de force.

M. *Brisson* a évité par sa méthode l'erreur qu'on fait sur l'étenduë de l'Echelle de M. *de Reaum.*

446 *b*. Comme par cette méthode on diminuë la distance des deux *termes fixes*; on diminuë aussi pour les degrés inférieurs de l'*échelle*, l'erreur produite par la différence des *marches* des différens *liquides*; par exemple: lorsqu'on prend l'*eau bouillante* pour *terme fixe supérieur*; la *chaleur humaine*, qui est à 25, 3, sur mon Thermomètre d'*esprit-de-vin*, est à 29, 9, sur le Thermomètre de *mercure*, & seulement à 24, 5, sur celui d'*eau-de-vie*. C'est ce qu'on peut voir aisément par la table que j'ai donnée de la correspondance de ces Thermomètres. Mais si l'on prend la *chaleur humaine* pour terme fixe, & que par conséquent on l'exprime semblablement sur ces trois Thermomètres; l'erreur par cela même cesse à ce point; & elle diminuë considérablement dans les degrés intermédiaires jusqu'à *zéro*, qui est aussi un point commun (418 *m. note.*). Il est vrai qu'elle est transportée dans la partie supérieure de l'*échelle* (*ibid.*); mais cette partie nous est indifférente pour les observations ordinaires.

Et celle qui résulte de la différence de *marche* de différens *liquides*.

446 *c*. L'effet de ce changement, sur la partie inférieure de l'*échelle*, est tel, qu'on pourroit employer de l'*eau-de-vie*, au lieu d'*esprit-de-vin*, sans erreur sensible; & que la plus grande différence qu'on trouveroit, en substituant le *mercure* à l'*esprit-de-vin*, ne seroit que d'environ $\frac{1}{3}$ de degré (418 *m. note.*). Il est donc très-utile de connoître cette ressource: elle peut servir à construire des Thermomètres pour les observations ordinaires, lorsqu'on ne pourroit pas se procurer le liquide, qu'on seroit généralement convenu d'y employer.

Effet de la méthode de M. *Brisson* à cet égard, sur la partie la plus utile de l'Echelle.

Cette méthode peut donc être utile en certains cas.

446 *d*. Mais on sent bien que cette méthode ne peut être fondamentale. Le Thermomètre est destiné à mesurer des degrés de chaleur bien plus grands que celui du corps humain; & j'ai

Mais elle ne peut être fondamentale.

déja fait remarquer, qu'on ne se délivre dans la partie inférieure de l'*échelle*, des disparités qui résultent de la différence des liquides, qu'en augmentant beaucoup ces disparités dans la partie supérieure. D'ailleurs la chaleur du *corps humain* n'est ni assez facile à saisir, ni assez semblable dans tous les corps, ni assez fixe dans le même corps, pour servir de règle dans un instrument qu'on employe souvent à des expériences très-délicates.

Le *terme de l'eau bouillante* est préférable à celui de la *chaleur humaine*.

446 *e*. Cette indétermination, quoique resserrée dans des limites étroites, est un défaut essentiel à ce point; parce qu'étant à une petite distance de l'autre *terme fixe*, la moindre erreur dans sa fixation s'apperçoit dans toutes les parties de l'*échelle*. Au lieu qu'en prenant un point fort éloigné, tel que celui de l'*eau bouillante*; les erreurs qui peuvent s'y glisser, se divisent dans un plus grand espace, & cessent par conséquent d'être sensibles à quelque distance de leur origine.

Différence du *terme infér* de M. *Brisson* avec celui du vrai Therm. de M. *de Reaumur*.

446 *f*. Il faut encore remarquer sur la méthode de M. *Brisson*; que quoique le point connu sur le Thermomètre de M. *de Reaumur*, puisse servir à construire ce Thermomètre (et du moins que son auteur l'avoit annoncé dans tous ses ouvrages), sans qu'on y introduise encore la fixation de son *zéro* à $\frac{8}{10}$ de degré au dessous de la température de *la glace qui fond*.

Il paroit que M. *de Reaum.* étoit venu lui-même à négliger cette différence.

446 *g*. Il paroît que M. *de Reaumur*, après avoir décrit son Thermomètre, & publié les prémières observations qu'il avoit faites avec cet instrument, n'avoit pas cru que la différence de son prémier *zéro* avec la température de *la glace qui fond*, valût la peine d'être considérée; & qu'il vint à la négliger dans la pratique. Il y fut vraisemblablement déterminé par l'appareil qu'exigeoit sa prémière méthode: peut-être aussi qu'il apperçut, que le commencement de la *congélation* n'étoit pas une température bien fixe, ni bien aisée à saisir. Ce qu'il y a de certain, c'est qu'il a employé la *glace* pilée & *disposée à fondre*, pour fixer le *zéro* de plusieurs de ses Thermomètres; & que M. *Brisson*, qui l'a vu opérer, a adopté cette méthode.

Nouvelle vérification de la détermina-

447 *a*. Ce changement fait par M. *de Reaumur* dans la manière de fixer son *zéro*, adopté par M. *Brisson*, me fournit une

une nouvelle vérification des points que j'ai déterminés sur le *vrai* Thermomètre de M. *de Reaumur*; c'est-à-dire, toûjours celui qu'il a décrit lui-même. Car nous avons l'observation de ce Thermomètre dans les *caves de l'Observatoire*, faite aussi par lui-même; & celle des quatre Thermomètres d'*esprit-de-vin* de M. *Brisson*, qui ont toûjours été d'accord dans ce même lieu; & qui ne différent du *vrai* Thermomètre de M. *de Reaumur*, que par la manière de fixer le *zéro*.

tion de son *vrai* Therm. tirée de cette différence.

447 *b*. Le 21 Avril 1765, ces Thermomètres se trouvèrent à 9 $\frac{3}{4}$ dans les *caves*. Je prends l'observation de ce jour-là pour terme de comparaison, parce qu'elle fut faite avec beaucoup d'exactitude, & qu'elle tient le milieu entre celles du 20 & du 23, dont elle différe très-peu. J'écarte l'observation du 19, où visiblement les Thermomètres furent échauffés par la manière dont M. *de Beost* les observa (441 *p*.).

Observation du Therm. de M. *Brisson* dans les *caves de l'Observatoire*.

447 *c*. Nous avons donc à comparer le vrai Thermomètre de M. *de Reaumur*, qui se tenoit à 10 $\frac{1}{4}$ dans les *caves*; avec le Thermomètre de M. *Brisson* (où la chaleur du corps humain est, comme dans le Thermomètre de M. *de Reaumur*, à 32 $\frac{1}{2}$; mais dont le *zéro* est *la glace qui fond*), lequel se tient à 9 $\frac{3}{4}$ dans les *caves*.

Différ. de cette observat. avec celle de M. *de Reaum.* sur son *vrai* Thermomètre.

447 *d*. Il faut d'abord remarquer; que le point 32 $\frac{1}{2}$, étant déterminé par des expériences immédiates faites par M. *Brisson* sur les deux Thermomètres, est bien un point commun; mais que la grandeur de l'intervalle à diviser par 32 $\frac{1}{2}$, & par conséquent la grandeur des degrés respectifs, dépend du point d'où on les compte; c'est-à-dire, du point où le *zéro* est placé.

Raison de différ. dans les degrés de ces deux Therm.

447 *e*. Je suppose que j'ai bien déterminé la différence de ce point sur les deux Thermomètres, en la fixant à $\frac{8}{10}$ de degré, dont le *zéro* de M. *de Reaumur* est plus bas que celui de M. *Brisson*, qui est semblable au mien. L'intervalle de *zéro* à + 32 $\frac{1}{2}$, est donc plus petit de $\frac{8}{10}$ de degré, sur le Thermomètre de M. *Brisson*, que sur celui de M. *de Reaumur*; & par conséquent, les degrés du prémier, sont à ceux du dernier, comme 32,5 à 32,5 + 0,8 = 33,3. Et comme le nombre des degrés dans le même intervalle, est en raison inverse de leur grandeur; on aura le nombre des degrés de M. *de Reaumur*, correspondant

Réduct. de l'observ. dans les *caves* sur le Therm. de M. *Brisson*, en *vrais* degrés de M. *de Reaumur*.

correspondant à + 9 $\frac{3}{4}$ de l'autre Thermomètre, par cette proportion ; 33, 3 : 32, 5 :: 9 $\frac{3}{4}$: 9, 5. Ainsi l'intervalle compris entre le *zéro* du Thermomètre de M. *Brisson*, & le point observé dans les *caves*, quoique de 9 $\frac{1}{4}$ *degrés*, sur l'*échelle* de ce Thermomètre ; ne contenoit réellement que 9 $\frac{5}{10}$ des *vrais degrés* de M. *de Reaumur*.

Par la détermination faite ci-devant du vrai *zéro* de M. *de Reaum.* les deux obser. sont d'accord.

447 *f.* Si l'on ajoute maintenant à 9 $\frac{5}{10}$, les $\frac{8}{10}$ dont j'ai trouvé que le vrai *zéro* de M. *de Reaumur* devoit être plus bas que celui de M. *Brisson* ; on aura 10 $\frac{3}{10}$, qui différe d'$\frac{1}{20}$ seulement, de 10 $\frac{1}{4}$ qu'avoit observé M. *de Reaumur* ; & cette différence, qui se trouve par le calcul, n'est pas saisissable dans l'observation.

Avantage de cette vérification.

447 *g.* Cette dernière vérification, qui indique encore plus d'exactitude que la précédente dans ma fixation de ce point fondamental du Thermomètre de M. *de Reaumur* ; est en même tems la plus sûre. Car elle résulte de la comparaison des deux Thermomètres, sous l'aisselle d'un même individu ; ce qui donne plus sûrement un point commun. Et peut-être que la petite différence que j'ai trouvée dans la vérification précédente, ne procède que d'une différence semblable entre *la chaleur naturelle* de M. *Brisson*, & la mienne, que nous n'avons pû comparer. M. *Brisson* tenta bien d'en faire l'épreuve sur mon Thermomètre ; mais il trouva quelque difficulté à le séparer de sa monture ; & il y renonça, de peur de le rompre.

Elle confirme les déterminations précédentes de toutes les parties du Therm. de M. *de Reaumur.*

447 *h.* J'ai déterminé le *zéro* de M. *de Reaumur*, par une route qui a produit en même tems la fixation de toutes les autres parties de ce Thermomètre ; & par une route absolument différente, je suis arrivé au même résultat sur ce point particulier. C'est donc une nouvelle preuve, en faveur du tout ensemble des rapports que j'ai établis, entre le Thermomètre de *M. de Reaumur* & *mon Thermomètre d'esprit-de-vin.*

Déterm. des rapports entre le *Thermomètre* de M. *de Reaumur*

448 *a.* Mon but principal dans les expériences que je viens de détailler, étoit de connoître le rapport du *vrai Thermomètre* de M. *de Reaumur*, avec le *Thermomètre de mercure divisé*

divisé en 80 parties, entre la glace qui fond & l'eau bouillante. Mon Thermomètre d'*esprit-de-vin*, semblable à celui de M. *de Reaumur* par sa liqueur, & à ce Thermomètre de *mercure* par son *échelle* (418 *c.*); peut nous servir maintenant de terme de comparaison. J'ai donné (426 *b.*) les *marches* correspondantes de *mon Thermomètre* d'*esprit-de-vin* & de celui de *mercure* : je viens de montrer le rapport du premier avec celui de M. *de Reaumur*; on peut donc trouver tous les points correspondans de ces trois Thermomètres.

mur, & le Th. de *mercure divisé en 80 parties.*

448 *b.* Voici une Table qui indique cette correspondance de 5 en 5 degrés du Thermomètre de *mercure* : les degrés intermédiaires s'estimeront aisément.

De degrés correſp. entre le vrai *Therm. de M.* de Reaumur ; *& les Therm. de* même liqueur que le ſien *& de* mercure, *diviſés en* 80 *part. entre* la glace qui fond *& l'*eau bouill.

	Thermomètre de mercure.	*Therm. de la liqueur de M.* de Reaumur: *même* échelle *que celui de* mercure.	*Vrai Thermomètre de M.* de Reaumur.
Eau bouillante	80	80, 0	100, 4
	75	73, 9	92, 8
	70	67, 8	85, 2
Terme fixe ſupérieur du Therm. de M. *de Reaumur.*	66, 6	63, 7	80, 0
	65	61, 8	77, 8
	60	56, 2	70, 8
	55	50, 5	63, 7
	50	45, 0	56, 8
	45	39, 8	50, 4
	40	35, 0	44, 2
	35	30, 1	38, 3
Température du *corps humain*, par des obſervations immédiates ſur les trois Therm.	30	25, 5	32, 6
	29, 9	25, 3	32, 5
	25	20, 8	26, 7
	20	16, 3	21, 1
	15	11, 9	15, 6
Tempér. des *caves de l'Obſervatoire de Paris*, par obſervation immédiate ſur le Th. de *mercure* & ſur celui de M. *de Reaumur.*	10	7, 9	10, 6
	9, 6	7, 6	10, 25
	5	3, 9	5, 7
Glace qui fond. . . .	0	0, 0	0, 8
Terme fixe inférieur de M. *de Reaumur*, ou ſon *zéro.*	0, 8	0, 7	0, 0
	5	3, 8	3, 9
	10	7, 5	8, 5
Température du mélange de 2 parties de *glace qui fond*, & d'1 partie de *ſel marin*, par obſervation immédiate ſur les trois Thermomètres.	15	11, 2	13, 1
	17,	12, 7	15, 0

448 *c*. Maintenant que l'on voit les grandes différences qui se trouvent réellement, entre des Thermomètres qui sont si généralement confondus sous la même dénomination; on ne sera plus surpris des contradictions qu'on remarquoit quelquefois dans les observations de la chaleur.

Grande différ. dans les Ther. qu'on a confondus sous le nom de M. *de Reaumur*.

448 *d*. C'est principalement à l'invitation de M. *de la Lande*, que j'ai écrit sur le Thermomètre. Les travaux astronomiques de ce célèbre Académicien, ne lui ayant pas permis de s'occuper d'un Mémoire qui lui avoit été remis, sur ces contradictions que renferme souvent le langage des Physiciens, dans l'expression des degrés de chaleur; il m'envoya ce Mémoire, & j'y trouvai entr'autres ce qui suit. » On voit des observations de » chaleur, faites *sur le Thermomètre de M. de Reaumur*, qui paroissent absolument impossibles; par exemple: la chaleur de » *Syrie* à 50 degrés, du *Sénégal* à 39 degrés. . . . D'un autre » côté, il est fait mention dans le *Magasin universel* de Venise » (3e. nombre, pag. 478.), d'une chaleur extraordinaire de » *Berlin*, qui étoit à 22 degrés sur le Thermomètre de M. *de* » *Reaumur*; ce qui ne fait au contraire qu'une chaleur très-» médiocre «.

Exemple des contradictions qui en sont résultées dans les observations.

448 *e*. Les observations précédentes expliquent ces contradictions. Il est très-probable que le Thermomètre de *Berlin* étoit fait d'*esprit-de-vin*; qu'on l'avoit rendu capable de supporter l'*eau bouillante*; & que son degré 80 exprimoit cette température. Dans cette supposition, 22 degrés de ce Thermomètre, en faisoient 28 du *vrai* Thermomètre de M. *de Reaumur*; & c'est la plus grande chaleur que M. *de Reaumur* lui-même ait observée à Paris, pendant le tems qu'il faisoit ces observations, qu'il donnoit annuellement dans les Mémoires de l'Académie. L'observation du *Sénégal* fut faite sur le *vrai* Thermomètre de M. *de Reaumur*; je l'ai rapportée dans la première Partie de cet ouvrage; ainsi 39 *degrés* ne font qu'environ 30 *d*. $\frac{1}{2}$ du Thermomètre *de Berlin*, ou même 29 $\frac{1}{4}$, si le Thermomètre *du Sénégal*, quoique fait par M. *de Reaumur*, avoit son *zéro* à *la glace qui fond*, comme cela est possible (446 *g*.). Cette chaleur à la vérité est encore bien grande; mais il est des circonstances particulières qui peuvent l'avoir produite. Quant à l'observation de *Syrie*, je suis convaincu qu'elle est très-défectueuse.

Explication de ces contradictions.

fectueuſe. Il eſt impoſſible que les hommes vivent dans une température qui excède de plus de 17 degrés de M. *de Reaumur*, la chaleur ordinaire de leur *ſang*. Il étoit ſi difficile de bien conſtruire ce Thermomètre, qu'on ne doit point être étonné de telles erreurs.

Il ne convient point de conſerver deux eſpèc. de Ther.

448 *f*. Le nombre & la nature des expériences qui m'ont fourni les rapports que je viens de donner, entre le *vrai* Thermomètre de M. *de Reaumur* (celui qu'il a décrit lui-même), & le Thermomètre de *mercure* diviſé en 80 parties entre *la glace qui fond* & l'*eau bouillante*; me perſuadent que ces rapports peuvent être employés avec confiance, pour réduire en degrés de l'un de ces Thermomètres, les obſervations faites ſur l'autre. Il ſembleroit donc qu'on pourroit employer indifféremment ces deux Thermomètres : mais l'expérience nous apprend ; que ſi les principes des inſtrumens ne ſont pas ſimples, & les procédés faciles, les Ouvriers & les Amateurs mêmes, s'en écartent bien aiſément. On voit à quel point le degré 80 de M. *de Reaumur* a été changé, ſans qu'on s'en ſoit apperçu ; on voit même quelle incertitude il y eut dès l'origine dans la fixation de ſon *zéro* ; & l'on peut aiſément comprendre, combien d'obſervations nous ſont enlevées par ces changemens ; combien même ſont devenues trompeuſes : en un mot, on voit que nous ſommes preſqu'à recommencer ſur toutes les obſervations de la *chaleur*.

Ni de changer légèrement celui qui ſera conſacré.

448 *g*. Il ne faut donc plus changer légèrement dans le Thermomètre, ni les *procédés*, ni les *termes fixes* qui ſeront une fois conſacrés. Et puiſqu'on en eſt encore à convenir généralement d'un *terme fixe ſupérieur*, je crois qu'on doit s'arrêter à la température de l'*eau qui bout fortement*, en y joignant la condition dont je vais parler.

D.

*De l'influence du poids de l'air, sur la chaleur de l'*eau bouillante.

449 *a.* L'*eau qui bout fortement*, n'a un même degré de chaleur, que lorsqu'elle est également comprimée, ou chargée d'un même poids. C'est ce que prouvent clairement deux expériences connuës.

L'eau bouillante n'a un même degré de chaleur, qu'étant chargée d'un même poids.

449 *b.* L'*eau* qui a cessé de *bouillir* dans l'air libre; reprend son *bouillonnement* sous le récipient de la machine du vuide, dès qu'on en pompe l'air: elle *bout* donc par une moindre chaleur, lorsqu'elle est moins chargée. La *marmite de Papin* nous montre d'un autre côté, quelle chaleur l'eau peut acquérir, lorsque ses *bouillonnemens* sont reprimés par quelque obstacle qui résiste fortement.

Exp. dans la *pompe pneumat.*

Dans la *marmite de Papin.*

449. *c.* Or l'*eau bouillante*, dans laquelle on plonge les Thermomètres, est chargée du *poids de l'atmosphère*; poids variable suivant les tems & les lieux. Ainsi, pour avoir un *terme fixe* de chaleur sur le Thermomètre, par le moyen de l'*eau bouillante*; il faut nécessairement; ou marquer toûjours ce point par la même *hauteur du Baromètre*; ou trouver une équation qui ramène les résultats de toutes les expériences de ce genre, à ce qu'ils seroient par une *hauteur* déterminée.

L'eau qui bout dans l'air libre est chargée du poids *variable* de l'Atmosphère.

Il faut donc une *équation* pour rendre *fixe* ce *terme.*

449 *d.* *Fahrenheit* découvrit cette influence du *poids de l'air* sur la *chaleur* de l'*eau bouillante*, dès l'année 1724 (*a*), & peu de tems après qu'il eut imaginé son Thermomètre. Il dût cette découverte à l'exactitude avec laquelle on peut déterminer ce degré de chaleur sur les Thermomètres de *mercure*; il étoit trop vague sur les Thermomètres d'*esprit-de-vin* ou d'*air*, pour qu'on pût y demêler les effets des changemens de *poids de l'atmosphère.*

Fahrenheit découvrit cette *variation* en 1724.

449 *e.* La plus considérable des expériences que j'aie trouvées sur cet objet, a été faite sur le *Canigou*, qui est la plus haute

Expér. de M. *Le Monnier* sur le *Canigou.*

(*a*) Phil. Transf. No. 385.

haute ſommité des *Pyrenées* (*a*). Le 6e. Octobre 1739, M. *le Monnier* (le Médecin) porta ſur cette montagne, un Thermomètre de *mercure*, qui avoit été gradué à *Perpignan*, le Baromètre étant à 28 *p.* 2 *l.* Arrivé au ſommet, où le *mercure* s'abaiſſa dans le Baromètre à 20 *p.* 2 *l.* $\frac{1}{2}$, M. *le Monnier* plongea ſon Thermomètre dans l'*eau bouillante*, & il la trouva moins chaude qu'à Perpignan de 15 degrés de la diviſion de M. *de Liſle*, qui font environ 7 $\frac{4}{5}$ de mon Thermomètre de *mercure* (*b*).

Différence dans la chaleur de l'*eau bouill.* ſur le *Canigou* & à *Perpignan*.

Nouvelles expériences.

450 *a*. J'ai fait pluſieurs obſervations du même genre en 1762. Je paſſai cette année-là par le *Mont-Cenis*, au mois de May, allant à *Turin* & à *Gènes*; & j'y repaſſai à mon retour au mois d'Août ſuivant. La neige qui couvroit encore toutes les ſommités des Alpes au mois de May, m'empêcha d'obſerver la chaleur de l'*eau bouillante* ſur quelqu'un des pics qui dominent cette gorge. Au mois d'Août je ne fus pas plus heureux, le vent & la pluye ne me permirent pas d'aller au delà du hameau le plus élevé de cette montagne, qu'on nomme *Tovet-deſſus*.

Chaleur de l'*eau bouill.* obſervée à diverſes hauteurs ſur la route de *Genève à Gènes*.

Thermomèt. employé à ces expériences.

450 *b*. Dans le voyage de *Genève* à *Gènes*, j'obſervai la chaleur de l'*eau bouillante* en dix ſtations différemment élevées; & au retour je fis la même expérience en ſeize ſtations, dont dix étoient les mêmes où j'avois obſervé précédemment. Le Thermomètre que j'employai à ces expériences étoit de *mercure*; il n'avoit que 6 à 7 pouces de long. Je le plongeois nud dans l'*eau bouillante*, & je marquois le point où ſe fixoit le *mercure*, en y amenant celui de pluſieurs fils, placés au haut du tube, qui s'en trouvoit le plus près. Je prenois enſuite, avec un compas, la diſtance de ce fil au ſommet du tube; & je l'exprimois en *parties* d'une certaine *échelle*, avec laquelle j'avois meſuré la diſtance de ce ſommet au point de *la glace qui fond*. Je

(*a*) *Mémoire de l'Acad. des Sc. &c.* année 1740, *in*-12, pag. 131.

(*b*) L'intervalle entre la température de *la glace qui fond*, & celle de l'*eau bouillante* ſur le Thermomètre de M. *de Liſle*, renferme, ſuivant M. *Martine*, 150 degrés; & par les expériences de M. *Ducreſt*, 154 (432) C'eſt d'après cette dernière eſtimation que j'ai dit dans le texte que 15 degrés de M. *de Liſle* en font 7 $\frac{4}{5}$ de mon Thermomètre de *mercure*.

Je soustrayois ensuite la distance trouvée depuis le fil de l'*eau bouillante* au sommet, de la distance totale du point de *la glace qui fond* à ce sommet: le reste étoit la distance des points de *la glace qui fond* & de l'*eau bouillante*. Je ne rapporterai pas le détail de ces expériences; les résultats suffiront pour le but que je me propose.

450 *c*. Le Baromètre étant à Gènes à 28 *p*. 5 *l*., je mesurai sur le tube de mon Thermomètre, l'intervalle compris entre le point de *la glace qui fond*, & celui où le porta l'*eau bouillante*; & je trouvai cet intervalle de 829 *parties* de l'*échelle* dont je viens de parler. A *Tovet-dessus*, le *mercure* descendit à 21 *p*. 11 *l*. $\frac{1}{4}$, & je trouvai sur le même Thermomètre, l'intervalle entre le même point de *la glace qui fond*, & celui où le fit monter l'*eau bouillante*, de 773 des mêmes *parties*. La différence des *hauteurs du Baromètre* fut donc de 6 *pouces* 5 *lig*. $\frac{3}{4}$; & celle de *la chaleur de l'eau bouillante* sur le Thermomètre, de 56 *parties*.

Chaleur de l'*eau bouill.* & hauteur du Bar. à *Gènes*.

A *Tovet-dessus* dans le *Mont-Cenis*.

Différences.

450 *d*. Voulant connoître le rapport de ce résultat tiré de la comparaison des extrêmes, avec ceux des observations intermédiaires, comparées successivement deux à deux; je rangeai séparément celles du mois de May, & celles du mois d'Août, dans l'ordre des *hauteurs du Baromètre*. La table qui les renfermoit étoit divisée en quatre colonnes: la prémière contenoit les *hauteurs du Baromètre*: dans la seconde étoient les *intervalles* trouvés sur le Thermomètre entre la *glace qui fond* & l'*eau bouillante*: je plaçai dans la troisième les *différences* successives des *hauteurs du Baromètre*; & dans la quatrième les *différences* correspondantes des *intervalles* trouvés sur le Thermomètre.

Table de différens degrés de chaleur de l'*eau bouillante* à différentes *hauteurs du Baromètre*.

450 *e*. En comparant les *différences* du Baromètre avec celles du Thermomètre, je ne les trouvai pas par-tout dans le même rapport; je crus même remarquer que celles du Thermomètre devenoient plus grandes comparativement aux prémières, à mesure que la hauteur absoluë du Baromètre diminuoit: c'est-à-dire, que les diminutions de chaleur de l'*eau bouillante* alloient en croissant, comparativement à des abaissemens du Baromètre égaux entr'eux. J'aurois cherché la loi que suivoient ces accroissemens, s'ils avoient été plus réguliers;

Différences entre les rapports.

liers ; mais mon Thermomètre n'avoit pû me fournir des déterminations assez exactes. Je me contentai donc d'employer les extrèmes des deux suites d'observations, & d'en prendre le terme moyen ; jusqu'à ce que par de nouvelles expériences, faites avec un instrument plus exact, j'eusse pû reconnoître si en effet les *différences* du Thermomètre suivent une autre loi que celles du Baromètre.

Rapport des extrèmes.

450 *f*. Les deux extrèmes de mes observations du mois de May furent à *Turin* & à la *Grand-Croix*, sur le *Mont-Cenis*.

Le Barom. étant à *Turin* à	328 *l.* $\frac{3}{4}$; l'*interv.* sur le Thermomètre fut	822
à la *Grand-Croix*	273 $\frac{1}{4}$;	782
Différences . . . . *lignes*	55 $\frac{1}{2}$; . . . *parties*	40

Les extrèmes de mes observations du mois d'Août furent à *Genes* & à *Tovet-dessus*.

Le Barom. étant à *Genes* à	341 *l.* ; l'*interv.* du Thermomètre fut	829
à *Tovet-dessus*	263 $\frac{1}{4}$;	773
Différences . . . . . *lignes*	77 $\frac{3}{4}$; . . . *parties*	56

Comparaison de ces rapports.

450 *g*. Ces deux résultats donnent sensiblement le même rapport, entre les *différences* du Baromètre & celles du Thermomètre ; car $55\frac{1}{2} : 40 :: 77\frac{3}{4} : 56\frac{4}{111}$. Ce qui pourtant ne détruit pas mon soupçon que les diminutions de chaleur de l'*eau bouillante* vont en croissant, comparativement à des abaissemens égaux du Baromètre ; parce que dans les observations comparées de *Gènes* & de *Tovet-dessus*, sont renfermées les différences de *Gènes* à *Turin*, & de *Tovet-dessus* à la *Grand-Croix*, dont les prémières, dans ma supposition, tendroient à diminuer le rapport entre la diminution de chaleur de l'*eau bouillante* & l'abaissement du Baromètre ; & les secondes tendroient à l'augmenter. Il y auroit donc compensation ; & en effet elle se trouve dans les observations mêmes. Mais, je le répéte, je n'ai pas eu assez de confiance dans l'exactitude

tude des déterminations de la chaleur de l'*eau bouillante* par mon Thermomètre à chaque obſervation, pour en conclure encore la loi que ſuivent les différences de cette chaleur, comparativement à celles du Baromètre.

450 *h*. Dans ce qui me reſte à dire ſur ce ſujet, je me contenterai donc de joindre les deux réſultats ci-deſſus; ce qui donnera le rapport de 133 $\frac{1}{4}$ à 96, entre la *différence* de *hauteur du Baromètre* exprimée en *lignes*, & la *différence* correſpondante des *intervalles* des deux *points* du Thermomètre exprimée en *parties* de mon *échelle*. (55 $\frac{1}{2}$ + 77 $\frac{3}{4}$ = 133 $\frac{1}{4}$; 40 + 56 = 96). Rapport entre les différ. de *hauteur du Bar.* & celles de la *chaleur* de l'*eau bouillante*.

450 *i*. Pour comparer mes expériences avec celle de M. *le Monnier*, il faut réduire en *degrés*, ces 96 *parties*; & pour cet effet, il faut ſe rappeller que les 829 *parties* trouvées à *Genes*, entre le point de la *glace qui fond* & celui de l'*eau bouillante* (le Baromètre étant à 28 p. 5 lig.), repréſentent les 80 degrés d'un Thermomètre de *mercure* fait à Genes. Ainſi 96 *parties* font 9 degrés $\frac{1}{4}$ (829 : 80 :: 96 : 9 $\frac{1}{4}$); & cette différence ſur le Thermomètre, correſpond, comme je l'ai dit, à 133 $\frac{1}{4}$ lig. d'abaiſſement du mercure dans le Baromètre. Comparaiſon de ce rapport avec celui que trouva M. *le Monnier* ſur le *Canigou*.

450 *k*. L'abaiſſement du mercure dans l'obſervation de M. *le Monnier*, n'ayant été que de 8 pouces ou 96 lignes, pour qu'elle fût d'accord avec la mienne; il faudroit que la différence de la chaleur de l'*eau bouillante* n'eût été que de 6 degrés $\frac{2}{3}$ (133 $\frac{1}{4}$: 9 $\frac{1}{4}$ :: 96 : 6 $\frac{2}{3}$ ou environ); & l'on a vu ci-devant qu'elle fut de 7 degrés $\frac{4}{5}$. Différence qui ſe trouve entr'eux.

Cette différence paroit être une nouvelle preuve de ce que j'ai dit ci-deſſus; que les diminutions de chaleur de l'*eau bouillante* pourroient bien aller en croiſſant, comparativement à des abaiſſemens toûjours égaux du Baromètre. Raiſon probable de cette différence.

451 *a*. Pour trouver par le réſultat moyen de mes obſervations, l'équation qui doit ſervir à corriger ſur le Thermomètre, l'effet des *différences* du *poids de l'air* ſur la *chaleur* de l'*eau bouillante*; il faut d'abord choiſir une *hauteur du Baromètre*, à laquelle on doive ramener toutes les obſervations. Je crois que la *hauteur* de 27 *pouces* eſt la plus convenable; Détermination de la *hauteur du Bar.* à laquelle on ramènera la *chaleur obſervée* de l'*eau bouill.*

parce qu'il eſt peu de Villes où l'on ne l'obſerve quelquefois: ce qui diminuera par conſéquent le nombre des cas où cette correction ſera néceſſaire. J'ajouterai pour raiſon de mon choix, que toutes les obſervations que j'ai faites du Thermomètre, tant pour lui-même qu'à l'occaſion de celles du Baromètre; & conſéquemment toutes les formules qui en découlent, ſont rélatives à cette fixation.

Intervalle des deux *points fixes* du Therm. à cette *hauteur* déterminée *du Baromètre.*

451 *b.* Dans l'obſervation que je fis à *Genes*, le Baromètre étant à 28 *p.* 5 *l.* ou 341 *lignes*; l'*intervalle* du point de l'*eau bouillante* à celui de la *glace qui fond*, fut, comme je l'ai dit, de 829 *parties.* En ſuivant le rapport de 133 $\frac{1}{4}$ (*lig.*), à 96 (*part.*), entre l'*abaiſſement* du mercure dans le Baromètre & la *diminution* de l'*intervalle* du Thermomètre; on trouvera qu'à la hauteur de 27 p. ou 324 lignes, cet *intervalle* doit être de

816, 8 des mêmes *parties* $\left(829 - \frac{96 \times \overline{341 - 324}}{133\frac{1}{4}} = 816,8\right)$

Les *différ. de chaleur de l'eau bouill.* ſuppoſée proport. aux *diff. de hauteur du Baromètre.*

451 *c.* Je penſe que pour l'objet particulier de la correction du Thermomètre, on ne peut ſe tromper eſſentiellement, en ſuppoſant que les *différences* de *chaleur de l'eau bouillante* ſont proportionnelles aux *différences* de *hauteur du Baromètre.* Car lors même qu'elles ne le ſeroient pas; ces dernières *différences* ne ſeront que bien rarement aſſez grandes pour *exiger plus d'exactitude.* Je ſuppoſerai donc que ces *différences* ſont proportionnelles, c'eſt-à-dire, que quand les abaiſſemens du mercure dans le Baromètre ſont égaux entr'eux, les diminutions correſpondantes de hauteur du Thermomètre dans l'*eau bouillante*, ſont auſſi égales entr'elles, quelles que ſoyent les hauteurs abſoluës du Baromètre; & par conſéquent quels que ſoyent les intervalles obſervés entre les deux *points* du Thermomètre.

Rapport de la variat. d'1 *lig.* dans le Bar. avec l'*interv. fondamental* du Thermomètre.

451 *d.* La hauteur de 27 pouces dans le Baromètre, étant celle que je propoſe pour y ramener la fixation du *terme* de l'*eau bouillante* ſur le Thermomètre; j'appellerai *fondamental*, l'*intervalle* des deux *termes fixes* du Thermomètre à cette hauteur du Baromètre. J'ai dit que cet *intervalle* étoit de 816, 8 *parties* d'une certaine *échelle*, ſur le Thermomètre que j'ai employé à ces expériences. J'ai dit auſſi que 133 $\frac{1}{4}$ *lig.* de différence dans le Baromètre, ont produit dans l'intervalle des deux

deux *points* du Thermomètre une différence de 96 des mêmes *parties*. Ainsi 133 $\frac{1}{4}$ *lig.* de différence dans le Baromètre, correspondent à $\frac{96}{816,8}$ ou un peu moins de $\frac{133,25}{1134}$ de l'*intervalle fondamental*; & par conséquent 1 *lig.* de différence dans le Baromètre, correspond à $\frac{1}{1134}$ de l'*intervalle fondamental* du Thermomètre.

Division de l'intervalle fondamental d'après ce rapport.

451 *e*. Nous pouvons donc considérer cet *intervalle fondamental*, comme divisé en 1134 parties, & poser pour base de l'équation cherchée, que l'*intervalle observé* des deux *points* du Thermomètre, différe de l'*intervalle fondamental*, d'autant de 1134$^{mes.}$ de celui-ci, qu'il y a de *lignes* de différence entre la *hauteur observée* du Baromètre, & la *hauteur fixe*, qui sera 324 lignes ou 27 pouces.

Formules pour corriger la chaleur observée de l'eau bouill.

451 *f*. D'après cette détermination, les corrections à faire aux *intervalles observés* sur le Thermomètre, pour avoir l'*intervalle fondamental*; sont exprimées par les formules suivantes.

Nommant *a* le nombre de *lignes* dont la hauteur du Baromètre différe de 324 lignes, au moment où l'on met le Thermomètre à l'*eau bouillante*; si la différence est en *plus*, il faudra rabaisser le *point* observé de l'*eau bouillante* de la partie $\frac{a}{1134 + a}$ de l'*intervalle* qu'on aura *observé* entre ce point & celui de la *glace qui fond*. Et si la différence du Baromètre est en *moins*; il faudra élever le *point* observé de l'*eau bouillante*, de la partie $\frac{a}{1134 - a}$ de l'*intervalle observé*.

Remarque sur ces formules.

451 *g*. Ces formules découlent de ce que j'ai supposé d'entrée, que les corrections à faire sur le Thermomètre doivent être uniquement proportionnelles à la différence de hauteur du Baromètre, sans égard à sa *hauteur absoluë*: & je le repéte, je crois qu'à ne considérer que le Thermomètre, une plus grande exactitude seroit superfluë: & c'est du Thermomètre qu'il s'agit ici. Mais il est d'autres faces sous lesquelles on peut envisager le même phénomène, qui demandent des déterminations plus exactes. J'ai des vues à ce sujet, pour les-

quelles j'attends des occasions, ou du loisir (*a*).

Manière de les employer à la correction du *point* de l'*eau bouill.* sur le Therm.

451 *h.* Les corrections qu'exigent les formules que je viens d'indiquer, s'exécuteront fort aisément par le moyen d'une *échelle de mille parties.* On mesurera l'*intervalle observé* en parties de cette *échelle*; & en y appliquant ces formules, on aura, en mêmes *parties*, la quantité dont on devra élever ou abaisser le *point observé* de l'*eau bouillante.*

Importance de cette *correction.*

451 *i.* Quoique cette correction du Thermomètre soit principalement nécessaire pour les observations de chaleur qui approchent ou surpassent celle de l'*eau bouillante*, & pour les Thermomètres construits en des lieux fort élevés; elle n'est cependant pas inutile dans les cas ordinaires. Le Baromètre est souvent à 28 *p.* 5 *l.* au bord de la mer, & à 26 *p.* 6 *l.* dans l'intérieur des terres, sans parler des montagnes; & dès nos climats, en tirant au Nord, on peut voir la même différence de hauteur du mercure dans un même lieu. Or cette *différence* dans le *poids de l'air*, produit plus d'$\frac{1}{50}$ de *différence* dans l'*intervalle* de nos *termes fixes*, ou 2 degrés du Thermomètre de M. *de Reaumur.* Ainsi deux Thermomètres, bien construits

(*a*) J'ai espéré pendant quelque tems, que les observations rélatives à cet objet seroient faites avant l'impression de cet ouvrage, qui a été fort retardée. J'avois construit avec beaucoup de soin & de travail un Thermomètre dont je pouvois attendre la plus grande exactitude; & au mois d'Août de l'année 1765, je partis avec mon frère, pour aller observer la chaleur de l'*eau bouillante* sur une montagne qui domine l'Abbaye de *St. Sixt*, en *Fossigny*. On voit de Geneve cette montagne, qui en est distante de 11 lieues: la glace qui couvre son sommet durant toute l'année, indiquant sa grande hauteur, nous l'avoit fait choisir pour nos expériences. Nous montâmes depuis l'*Abbaye* pendant six heures, & en grande partie par des chemins si roides, qu'ils ne sont frequentés que par les chamois. Mais avant d'atteindre la plus haute sommité, qui surpasse le *Canigou*, où M. *le Monnier* a fait la même expérience, le Thermomètre se rompit. Il ne falloit pas moins que la magnificence du spectacle & la pureté de l'air, pour nous faire supporter patiemment une telle catastrophe. Je n'entreprendrai point de peindre l'aspect des montagnes & des vallées qui nous environnoient; je n'en donnerois qu'une foible idée. Comment exprimerois-je sur-tout l'effet que produit dans cette étonnante varieté d'objets, le *Mont-Blanc*, cette masse énorme, hérissée de glaces éternelles, depuis son sommet, qui paroissoit atteindre les dernières régions de l'atmosphère, jusqu'à son vaste pied, qui étoit à 800 toises au dessous de nous! L'observation du Baromètre nous apprit que nous étions élevés de 1133 toises au dessus du Lac de Geneve; & transportant, avec un niveau, cette hauteur sur le *Mont-Blanc*, dont nous étions éloignés d'environ 4 lieues; il nous parut qu'elle n'en faisoit pas plus de la moitié. Le spectacle de cette montagne est sans comparaison plus beau à cette distance, qu'il ne l'est de son pied, dans la vallée de *Chamouni*, où les curieux vont d'ordinaire pour la voir.

construits d'ailleurs, faits à cette différence de hauteurs du Baromêtre; différeroient de $\frac{1}{2}$ degré, au 25 me. de ceux de M. *de Reaumur*; chaleur fort ordinaire dans nos climats, en été: or, cette différence mérite d'être considérée, lorsqu'il s'agit d'observations délicates.

AVERTISSEMENT.

Au moment où cette feuille va sous presse, le Thermomètre dont j'ai parlé dans la note du §. 451 *g*, est réparé; & j'ai commencé de nouvelles observations, qui me paroissent intéressantes. Mais il me manque du loisir pour les achever; & je ne puis plus arrêter l'impression de mon ouvrage, comme je l'ai fait tant de fois en pareil cas. Je laisse donc subsister cet article tel qu'il est. Je continuerai cependant mes expériences autant qu'il me sera possible; & si je les ai finies à tems, on en trouvera les résultats à la fin de cet ouvrage. Si non, elles pourront faire l'objet d'un Mémoire particulier, qu'en ce cas, je prendrois la liberté d'envoyer à l'Académie Royale des Sciences de Paris.

Fixité des termes de la glace qui fond & de l'eau bouillante.

452 *a*. Les diverses expériences que j'ai rapportées, tant sur l'*ébullition de l'eau*, que sur la *fonte de la glace*, contribueront à augmenter la confiance qu'on avoit déja dans la fixité des températures de l'eau réduite à ces deux états. J'ajouterai encore une réflexion qui concourra au même but.

Elle est l'effet de l'homogénéité de l'eau.

452 *b*. L'*eau pure* est une matière homogène & semblable en tout lieu. Il est donc naturel que dans les mêmes températures, elle produise les mêmes phénomènes. C'est à cette qualité de l'*eau* que nous devons l'avantage de pouvoir comparer les observations de la chaleur; & c'est elle aussi qui doit nous donner de la confiance.

Si l'on craint l'effet de la différence des eaux, il faut employer l'eau de pluye.

452 *c*. Il est vrai que l'*eau* qui coule, ou qui séjourne à la surface de la terre, n'est pas également *pure*; mais les mélanges qui peuvent altérer essentiellement son homogénéité sont aisément apperçus. Toute *eau* qui ne les manifestera pas au goût, sera propre à déterminer les points fixes du Thermomètre. Et s'il reste le moindre doute à cet égard; nous pouvons prendre l'*eau* dans une source pure & commune, en employant à cet usage celle que la pluye & la neige fournissent par-tout.

On a donc

452 *d*. Nous voilà donc assurés d'avoir deux *termes* très-

deux termes très-fixes dans le Thermom.

fixes dans le Thermomètre. Il ne s'agit plus que de considérer, quelle doit être la division de l'intervalle compris entre ces deux *termes*.

De l'échelle du Thermomètre.

De la grandeur absoluë des degrés du Thermomètre.

453 *a*. Un objet dont on s'est fort occupé, & qui me paroit aujourd'hui de bien petite importance, c'est la *division* de l'*échelle* du Thermomètre, ou la grandeur absoluë de ses degrés.

Elle est indiff. en elle-même.

453 *b*. Il est absolument nécessaire que tous ceux qui veulent retirer quelque utilité de cet instrument, s'accordent à n'y employer jamais qu'un même liquide, & à déterminer toûjours de la même manière les deux termes fondamentaux. Mais pourvu qu'on soit d'accord sur ces points, il importe peu, que l'intervalle des deux *termes fixes* soit divisé en un nombre plus ou moins grand de parties égales. Ce sont les différences physiques qu'il faut éviter soigneusement; mais il n'y a rien à craindre des différences numériques. Tout est déterminé dans celles-ci, dès qu'elles sont connuës; presque tout est vague ou difficile, lorsqu'il s'agit d'évaluer les effets des autres.

Il convient de conserver celle à laquelle le Public est habitué.

453 *c*. Je ne proposerai donc point d'avoir une *échelle* fixe pour le Thermomètre. Je dirai seulement, que les *échelles* de *Fahrenheit* & de *de Reaumur* étant admises aujourd'hui pour les observations ordinaires, je crois qu'il convient de les conserver. Le Public demeure trop de tems à comprendre le langage des Physiciens, & à s'y conformer, pour entreprendre de changer son habitude.

Les degrés de *Fahrenheit* peuvent être conservés pour les *Pays du Nord*.

453 *d*. On peut donc diviser en 180, ou en 80 parties, l'*intervalle fondamental* du Thermomètre. Par la prémière de ces divisions, on aura le *Thermomètre de Fahrenheit*, en marquant 212 au point de l'*eau bouillante*, & 32 à celui de *la glace qui fond*; & en plaçant le *zéro* à 32 de ces degrés au dessous de ce dernier point. Ce Thermomètre est assez généralement adopté dans les Pays du Nord: mais comme je l'ai dit ci-devant (437 *b*.) on a abandonné les principes de son auteur, & il est encore besoin que l'on convienne d'une manière de le construire.

453 *e*. Le Thermomètre dont on divisera l'*intervalle fondamental* en 80 parties, servira pour les Pays où celui de M. *de Reaumur* est adopté. Il différera sans doute beaucoup du prémier Thermomètre de ce nom. Mais cette différence & bien d'autres, sont déja introduites: & tandis qu'elles trompent aujourd'hui, parce qu'on les ignore; elles cesseront de nuire, dès que les Physiciens cesseront de comparer les observations faites sur de nouveaux Thermomètres bien connus, avec celles où les précédens ont été employés.

Le Therm. de mercure *divisé en* 80 *parties*, servira dans les Pays où celui de M. *de Reaum.* est adopté.

453 *f*. Je ferai remarquer encore, & on peut le voir par la table que j'ai donnée ci-devant; que le Thermomètre de *mercure*, dont le degré 80 est à la température de l'*eau bouillante*, s'accorde bien mieux avec le vrai Thermomètre de M. *de Reaumur*, dans les observations ordinaires; que le Thermomètre d'*esprit-de-vin*, dont le 80me. degré est aussi la température de l'*eau bouillante*. Et si l'on considère même, l'effet qu'a produit sur le Thermomètre de M. *de Reaumur*, le changement qu'on y a introduit presque dès son origine, en plaçant son *zéro* à la température de *la glace qui fond*; on verra que la différence de ce Thermomètre, avec celui de *mercure* dont je parle, ne sera d'aucune importance pour le Public, qui ne s'occupe que des variations de température de l'air; & à qui les différentes expositions du Thermomètre, font de bien plus grandes illusions, que la différence réelle de ces deux instrumens.

Les degrés du prémier différent *très-peu* de ceux du dernier, dans les observations ordinaires.

453 *g*. Mais si l'habitude déja formée pour les divisions de *de Reaumur* & de *Fahrenheit*, exige qu'on les conserve dans les observations ordinaires; il n'en est pas de même pour les expériences où ces divisions deviennent incommodes. Il me paroit qu'alors on peut utilement changer la division, & même le *zéro* de l'*échelle*, suivant que le cas particulier l'exige.

Mais on ne doit point se gêner à conserver ces *degrés* dans les expériences particulières.

453 *h*. C'est ainsi que je me suis déterminé à employer une nouvelle *échelle* pour le Thermomètre qui doit accompagner le Baromètre (365). Il étoit bien plus simple & plus sûr, de diviser l'*intervalle fondamental* en parties correspondantes à l'*échelle* du Baromètre, & de placer le *zéro* à la chaleur moyenne; que de se soumettre à la nécessité de faire un calcul à chaque observation.

Exemple de l'utilité qu'il peut y avoir à changer & les degrés & même la position de l'*échelle*.

Autre Exemple.

453 *i.* J'ai changé encore l'*échelle* du Thermomètre pour la seconde fonction qu'il remplit dans les observations du Baromètre, rélatives à la connoissance de la densité de l'air. On verra mieux encore par cet exemple, combien il est commode de ne pas s'asservir à une certaine échelle (610).

Remarque générale à ce sujet.

453 *k.* En général, quand on employera le Thermomètre à des observations particulières, & assez fréquentes pour qu'on gagne beaucoup de tems & de facilité en changeant son *échelle*; je crois qu'il faut la changer. On ne doit craindre aucune erreur, pourvu qu'on ait soin d'indiquer, en quel nombre de parties on divise l'*intervalle fondamental*, & le point où l'on place le *zéro*. Par ces indications seules, ceux qui voudront répéter ou continuer les mêmes observations, pourront aisément, ou construire de semblables Thermomètres; ou placer l'*échelle* particulière qui leur convient, à l'un des côtés d'un Thermomètre ordinaire; ou même encore, suppléer par le calcul à la différence des *échelles*.

Il convient que l'*échelle* soit divisée en *parties égales*.

453 *l.* Je n'ai parlé jusqu'ici que de *divisions en parties égales*; parce que c'est ainsi qu'il conviendra presque toûjours de diviser l'*échelle* du Thermomètre. La condition la plus généralement essentielle; est qu'on puisse toûjours, & à coup sûr, construire des Thermomètres semblables à ceux qui auront servi dans certaines expériences: & la *division en parties égales* étant la plus aisée; sera aussi la mieux imitée. Que si, dans quelques expériences, les changemens correspondans à ces degrés égaux, ne leur étoient pas proportionnels; on exprimeroit plus aisément & plus sûrement leurs rapports, par des suites de nombres, ou par des *Tables*; que par des divisions actuelles.

Remarque sur le rapport des *degrés* de l'*échelle* avec les *variations réelles* de la *chaleur*.

453 *m.* C'est par cette raison que je ne propose point de diviser le Thermomètre en *degrés* tels, qu'ils expriment des *différences de chaleur* égales entr'elles; quoique cela fût possible d'après mes expériences. Il suffit que l'on connoisse les rapports de ses *degrés égaux*, avec les variations *réelles* de la chaleur. C'est à quoi est destinée la *Table* que j'ai donnée ci-devant (422 *lll.*). Cependant si le Thermomètre devoit être employé à des expériences fréquentes, où la connoissance des variations *réelles* de la chaleur fût nécessaire; on pourroit alors l'accom-

l'accompagner d'une *échelle* qui les exprimeroit immédiatement. J'ai décrit ci-devant la manière de la construire (422 *hhh* & *s.*).

De la construction du Thermomètre.

454 *a.* Si mes recherches sur le Thermomètre s'étoient bornées à sa fabrication ; je n'aurois peut-être parlé de cet instrument, que pour indiquer les usages auxquels je l'ai employé dans mes expériences. Mais j'ai vu les erreurs qu'on fait depuis longtems dans la comparaison des degrés de chaleur ; & j'ai cru nécessaire de les montrer, en indiquant les moyens de les prévenir dans la suite. L'usage général du Thermomètre à *mercure*, est un de ces moyens : ce qui m'oblige à quelques détails sur la manière de le bien construire. De la construction du Th. de mercure.

Du choix des Tubes pour le Thermomètre.

455 *a.* Quoiqu'il soit possible de connoître les inégalités de diamètre d'un *tube*, & d'y avoir égard dans la division de son *échelle* ; il convient mieux d'employer des *tubes* exactement cylindriques. Pour *calibrer* ces *tubes*, on y introduit un peu de *mercure*, qu'on fait couler successivement d'un bout à l'autre, en mesurant avec un compas l'espace qu'il occupe. Quand un *tube* est bien *cylindrique*, la petite colonne de *mercure* conserve toûjours la même longueur. C'est un procédé sûr & facile, indiqué par M. l'*Abbé Nollet* (*a*). Il faut employer des tubes dont le diamètre soit égal dans toute leur longueur. Moyen de les *calibrer*.

455 *b.* Les *tubes capillaires* sont préférables aux autres, parce qu'ils exigent de moins grosses boules. Par-là les Thermomètres sont moins fragiles, & plus *sensibles*. La grosseur du *tube* la plus convenable pour les expériences ordinaires, est d'environ un quart de ligne de diamètre intérieur. Il convient d'employer des tubes *capillaires*.

455 *c.* On a dit que l'effet des tuyaux capillaires sur la hauteur des fluides qu'ils contiennent, peut nuire à la régularité des Thermomètres. Mais cet effet n'a lieu que lorsque ces tuyaux communiquent avec un réservoir, où le fluide est en Objection. Réponse.

(*a*) *Leçons de Phys. exp.* Tom. IV, p. 376.

en liberté ; & il ne l'eſt pas dans la boule du Thermomètre.

Les *tubes* dont le verre eſt mince ſont préférables.

455 *a.* Quand on a beſoin d'une grande préciſion ; il faut préférer les *tubes* minces, à ceux dont le verre eſt épais : la colonne de *mercure* ſe trouvant plus près de l'*échelle* dans les *tubes* minces ; l'œil détermine plus sûrement le point où elle y correſpond.

De la *longueur* des *tubes*.

455 *e.* La longueur des *tubes* eſt aſſez arbitraire ; pourvu que la boule lui ſoit proportionnée : cependant il y a quelques limites dans la pratique. Un *tube* trop court, produit des degrés trop petits. Un *tube* trop long eſt inutile & embarraſſant, ſi l'*échelle* ne l'occupe pas en entier ; & ſi elle l'occupe, il exige une trop groſſe boule. Une longueur de 9 pouces eſt plus que ſuffiſante dans la plûpart des cas : elle contiendra les 80 degrés de l'*intervalle fondamental*, 20 degrés au deſſous, & 4 à 5 au deſſus ; & ces degrés ſeront d'environ une *ligne* : ce qui ſuffit pour obſerver avec toute l'exactitude & la commodité néceſſaire. Quant aux Thermomètres qu'on deſtinera à des expériences particulières ; on proportionnera la grandeur de leurs degrés, ou celle de leurs *tubes*, à l'uſage auquel ils ſeront deſtinés.

De la Boule du Thermomètre.

Avantage d'un moyen de déterminer la groſſeur de la *boule* pour un *tube* donné.

456 *a.* Les dimenſions que doit avoir un Thermomètre, ſont ſouvent déterminées par l'uſage qu'on veut en faire ; & quand on a trouvé un *tube* tel qu'il le faut, on n'eſt pas toûjours certain de pouvoir le remplacer ſi l'on vient à le perdre. Ceux qui ont éprouvé cette difficulté, connoîtront l'avantage d'une méthode aſſurée de déterminer le diamètre de la *boule* : ils ſçavent qu'à force de vuider & de remplir un Thermomètre, lorſqu'on eſt obligé d'y ſouffler de nouvelles *boules*, le *tube* ſe ſalit au point d'être hors d'uſage ; & qu'il peut devenir trop court.

Méthode particulière.

456 *b.* Je n'ai eu juſqu'à préſent d'autre méthode pour proportionner les *boules* aux *tubes* ; que de comparer les nouveaux tubes, à des Thermomètres bien proportionnés. La pratique me rendoit cette méthode aſſez sûre. Mais tous les amateurs ne peuvent l'acquérir.

456

456 c. On sera donc bien aise de connoître une formule qu'employoit M. *Durand*, pour trouver le rapport que les *boules* devoient avoir avec leurs tubes. Voici la route qu'il avoit suivie pour y parvenir. Méthode générale de M. *Durand*.

PROBLEME.

Trouver le diamètre d'une boule de Thermomètre, pour un tube d'une grandeur & d'un diamètre donné, & pour tel nombre de degrés qu'on voudra dans l'étenduë de son échelle.

On suppose qu'on laisse un pouce & demi, ou deux pouces, sur la longueur du tube; tant pour souffler la *boule*, que pour *tirer en pointe* l'autre extrêmité du tube, & pour ce qu'il faut laisser d'espace au dessus de l'*eau bouillante* dans les Thermomètres ordinaires.

Soit la *longueur du tube* (non compris cet excédent, qui peut varier), mesurée en diamètres du tube . . . . . = a

Soit la *capacité totale de la boule & du tube*, exprimée par tel nombre que l'on voudra . . . . . = c

Soit la *partie* de cette *capacité* comprise entre les deux points de la *glace qui fond* & de l'*eau bouillante* (ou la *capacité* de l'*intervalle fondamental*), exprimée en mêmes parties que la capacité totale . . . . . = d

Soit le *nombre des degrés* de l'*intervalle fondamental*. . . . . = m

Soit le *nombre des degrés* qu'on veut dans l'*échelle* outre ceux de l'*intervalle fondamental*, tant au dessus qu'au dessous de cet *intervalle*. . . . . = n

Soit enfin le *diamètre de la boule*, mesuré en diamètres du tube. . . . . = b

C'est ce *diamètre* qu'il faut trouver.

SOLUTION.

La capacité totale du tube, sans y comprendre celle de la *boule*, sera . . . . . $\frac{dm + dn}{m}$

Demonst. La capacité d de l'*intervalle fondamental*, est à la capacité du reste du tube, comme m est à n; parce que ce sont deux cylindres qui ont des bases égales, & qui par conséquent sont entr'eux comme leurs hauteurs. On a donc $m : n :: d : \frac{dn}{m}$. Donc $\frac{dn}{m}$ est la capacité de la partie du tube qui excédera l'*intervalle fondamental*; à laquelle ajoutant la capacité d de cet *intervalle*, on a $\frac{dn}{m} + d$, ou $\frac{dn + dm}{m}$

Si l'on soustrait cette capacité du tube, de la capacité totale c de la boule & du tube, restera la capacité de la boule $c - \frac{dn + dm}{m}$, ou . . . . . $\frac{cm - dm - dn}{m}$

Si l'on divise cette capacité de la boule, par la capacité du tube; le quotient exprimera combien de fois la prémière capacité contient la dernière. Ce quotient est . . . . . $\frac{cm - dm - dn}{am + dn}$

Par conséquent la boule est égale à $\frac{cm - dm - dn}{dm + dn}$ cylindres, de a diamètres du tube de hauteur, sur 1 diamètre de base. Donc sa solidité cylindrique, exprimée en solidités cylindriques du tube, sera. . . . . $a \times \frac{cm - dm - dn}{dm + dn}$

Mais le diamètre de cette boule est égal à celui de la base du cylindre dans lequel elle seroit inscrite, & la solidité de ce cylindre est égale à $\frac{3}{2}$ solidités de la sphère,

Donc

Donc la solidité de ce cylindre seroit . . . . . $\frac{2}{3} a \times \frac{cm - dm - dn}{am + dn}$

Donc le diamètre de sa base, égal au diamètre de la boule, sera . . . . . $\sqrt[3]{\frac{3}{2} a \times \frac{cm - dm - dn}{dm + dn}}$ ou . . $\sqrt[3]{\frac{3}{2} a \times \left(\frac{cm}{d(m+n) - 1}\right)}$

Formule pour trouver la grosseur de la *boule*.

C'est cette dernière formule qui fournit la solution du problème dans tous les cas.

APPLICATION.

Application.

On suppose que le volume du mercure dans l'*eau bouillante*, est à son volume dans la *glace qui fond*, comme . . . . . 65 à 64.

Que la capacité totale de la boule & du tube, renferme le mercure dilaté par l'*eau bouillante*; donc . . . . . $c = 65$

L'*intervalle fondamental* exprime la diminution du volume du mercure dans la glace qui fond; donc . . . . . $d = 1$

Que dans le Thermomètre ordinaire, l'*intervalle fondamental* soit divisé en 80 degrés, & qu'on ajoute 20 degrés, soit au dessous, soit partie au dessous & partie au dessus; ces portions du tube seront entr'elles comme 80 à 20, ou comme 4 à 1. Donc . . . . . $\left\{ \begin{array}{l} m = 4 \\ n = 1 \end{array} \right.$

(Ces nombres seront donc toûjours substitués dans la formule, lorsqu'il s'agira d'un Thermomètre ordinaire. Et lorsque le rapport de l'*intervalle fondamental* à l'excédent que devra avoir l'*échelle*, sera différent; on substituera à 4 & 1, pour la valeur de m & n, les nombres qui exprimeront ce rapport.)

Supposé que le tube donné, ait 428 $\frac{1}{3}$

de ses diamètres, en longueur : on fera . . . . . $a = 428\frac{1}{3}$

Et substituant tous ces nombres dans la formule, on aura . . . . . .

$$b = \sqrt[3]{\frac{5}{2} \times 428\frac{1}{3} \times \frac{65 \times 4}{1\,(4+1)}} - 1. = \sqrt[3]{32767\frac{1}{2}} = 32.$$

Donc, dans le cas donné, le diamètre de la *boule* doit être de 32 diamètres du tube.

Il faut pour cela mesurer exactement le diamètre du tube.

456 *d*. Il ne s'agit plus pour la pratique, que de mesurer exactement le diamètre des tubes, & de souffler une *boule* d'une grosseur donnée. Voici les moyens que j'emploie.

Manière de le mesurer.

456 *e*. Pour mesurer le diamètre du tube, je présente à son ouverture, sur l'un des bouts coupé bien net, une *échelle* tracée au bord d'une pièce de métal fort mince, & dont les parties sont des quarts de ligne. Un œil exercé estime fort bien $\frac{1}{32}$ de ligne, & cela suffit (*a*).

Calibres pour souffler les *boules* de juste grosseur.

456 *f*. Je fais ensuite sur le bord d'une carte à jouer, plusieurs *entrailles* à angles droits, dont la largeur est égale au diamètre que doit avoir la *boule*; & les habiles ouvriers s'y conforment aisément. Il faut plusieurs *entrailles*, parce que la *boule* est rarement de juste grosseur du prémier coup; & que la carte se brûle, lorsqu'on y présente une *boule* trop grosse.

Il faut faire les *boules* un peu plus grandes que la formule ne l'indique.

456 *g*. Il faut toûjours faire le diamètre des *boules* un peu plus grand que le calcul ne l'indique; tant à cause de l'épaisseur du verre, qui fait environ $\frac{1}{4}$ de ligne; que parce que la *boule* diminuë un peu en se réfroidissant; & encore, parce que les *boules* sont le plus souvent des sphéroïdes applatis par leurs *poles*, & qu'on ne peut guère les mesurer que par leur *équateur*, à cause du tube. Cette différence entre les diamètres de la boule; vient de ce qu'en fondant le verre pour la souffler, les parties qui doivent former son *équateur*, se présentent plus naturellement à la flamme du chalumeau; & comme elles sont ainsi plus échauffées, & par conséquent plus ramolies, elles s'étendent plus aisément.

De

(*a*) Ceux qui pourroient se procurer une *échelle* d'une *ligne*, divisée en 20 parties par l'excellente machine de Monsieur le *Duc de Chaulnes*; pourroient, à l'aide d'une loupe, prendre avec une très-grande facilité & beaucoup de justesse, des 40mes. de *ligne*.

De la manière de remplir le Thermomètre.

457 *a*. Une des attentions qu'on doit avoir dans la fabrication des Thermomètres ; c'eſt d'y employer autant qu'il eſt poſſible, des tubes bien nets & bien ſecs : autrement le mercure dans ſes mouvemens abandonne çà & là de petites bulles ; ce qui diminuë la longueur de ſa colonne. J'indiquerai cependant un moyen d'y remédier, lorſqu'on n'aura pas l'avantage du choix. Il faut que les *tubes* ſoient très nets & très ſecs.

457 *b*. La même raiſon qui exige des tubes bien nets, oblige plus néceſſairement encore à employer du mercure bien pur. La Chymie fournit pour cela des moyens aſſurés ; on peut le revivifier du cinabre ; ou même le diſtiller ſimplement. Mais ces moyens ne ſont pas à la portée de tout le monde ; & d'ailleurs on trouve aiſément du mercure aſſez pur chez les Droguiſtes. Il ſuffit donc de pouvoir le diſtinguer ; & en voici un moyen facile. Et le *mercure* très pur.

457 *c*. Il faut prendre un vaſe de porcelaine ou de fayance ; y verſer environ demi once du mercure qu'on veut connoître, & le faire circuler dans le vaſe avec divers degrés de vîteſſe. Si le mercure ne ſalit point le vaſe, & qu'il ſe meuve avec vivacité ; il eſt certainement pur. Mais s'il eſt pareſſeux à ſe prêter aux mouvemens qu'on lui imprime, & qu'il laiſſe après lui des trainées, ou des traces noirâtres ; c'eſt une preuve qu'il eſt altéré, & qu'il produiroit dans les tubes le même effet qu'on lui voit produire dans le vaſe. Moyen de le connoître.

457 *d*. Quand on a du mercure qui peut ſoutenir l'épreuve dont je viens de parler ; il ſuffit pour l'employer, de nettoyer ſa ſurface, des ſaletés, ou de la pellicule qu'elle contracte à l'air. Le moyen le plus ſimple, & en même tems le meilleur ; eſt de le paſſer dans un *cornet* de papier, fin & net, au fond duquel on laiſſe un trou auſſi petit qu'il peut l'être ſans arrêter le mercure. Ce trou ſe forme mieux, lorſqu'on coupe avec des ciſeaux le bord du papier. Et de le conſerver net.

457 *e*. Il n'eſt pas auſſi aiſé de bien remplir un Thermomètre de *mercure*, qu'un Thermomètre d'*eſprit-de-vin*. Mais auſſi, c'eſt peu d'avoir rempli celui-ci ; il s'agit enſuite de le règler : & c'eſt-là que les difficultés ſe préſentent. Au lieu Manière de remplir le Th. de mercure.

que

que pour le Thermomètre de mercure, il n'y a de difficulté qu'à le bien remplir. Je vais décrire la méthode que j'employe pour le faire à coup sûr.

Réservoir qu'on doit mettre à l'extrêmité du tube.

457 *f.* On soude ordinairement au haut du tube un réservoir proportionné à la grosseur de la boule; & c'est le moyen le plus commode pour y introduire le mercure. Cependant on peut employer une autre espèce de réservoir, qu'on fait en roulant sur le tuyau même, une bande de papier fin, de deux ou trois pouces de largeur. Il en résulte un tuyau, qu'on lie fortement par un bout à l'extrêmité du tube; & la partie qui dépasse celui-ci, sert de réservoir. On peut ôter & remettre ce tuyau de papier, suivant le besoin: on l'ôte par exemple dans le commencement de la prémière opération dont je vais parler; & on le remet, quand il s'agit d'introduire le mercure. Je me contente d'indiquer cette ressource; on pourra l'employer au défaut du réservoir de verre, que je supposerai dans la suite.

Manière de nettoyer le *tube* & d'en chasser l'air.

457 *g.* Comme il est difficile de connoître si un tube capillaire est parfaitement net & sec; il faut toûjours opérer comme s'il ne l'étoit pas. D'ailleurs l'air qui tapisse tous les corps, s'oppose à la liberté des mouvemens du mercure dans les tuyaux étroits; le moindre obstacle rompt sa colonne dans la descente. On doit encore éviter de laisser de l'air dans le tube, au moins en certaine quantité; parce qu'il décompose le mercure: il en réduit la surface en une poudre noirâtre, qui peu à peu salit le tube, au point de lui ôter sa transparence. Or le moyen de chasser l'air, est le même qui sert à nettoyer les tubes.

C'est en chauffant d'abord le *tube* seul.

457 *h.* Il faut étendre sur une plaque de fer, ou dans une *cassolette* assez longue, ou sur des briques; un petit feu mêlé de cendres, de la longueur du tube; qu'on y fera chauffer dans toute son étendue en même tems; jusqu'à ce que sa chaleur soit insupportable à la main. Ce qui suppose qu'on employera un gant ou une pincette pour le manier sans se brûler. Dans cette première opération, il faut éviter d'échauffer la boule; on en verra bientôt la raison.

Et la *boule* ensuite.

457 *i.* L'effet de la chaleur communiquée au tube, est de dilater l'air qu'il renferme; de faire évaporer l'humidité qu'on

y

y introduit le plus souvent en soufflant la boule ; & de consumer de petites saletés imperceptibles qui peuvent s'y trouver. Pendant que l'air est ainsi raréfié, & que les particules nuisibles aux mouvemens du mercure, flottent en vapeurs dans le canal ; il faut chauffer brusquement la boule, en redressant le tube. L'air qu'elle renferme se dilatant aussi-tôt, chasse devant lui toutes ces impuretés, & laisse le tube aussi net & aussi vuide d'air qu'il est besoin.

Ce qui en chasse aussi l'air.

457 *k*. Quand la boule est fortement échauffée, il faut verser du mercure dans le petit réservoir soudé au haut du tube. J'employe pour l'y introduire, le petit cornet de papier, qui sert en même tems à nettoyer le mercure. On peut, pour plus de commodité, arrêter sa révolution extérieure avec de la cire à cacheter.

Manière d'introduire le mercure dans le réservoir.

457 *l*. Quand le réservoir est à-peu-près plein ; on retire la boule de dessus le feu. L'air s'y condense alors ; & l'espace qu'il abandonne, est bientôt occupé par le mercure. On sait comment, en échauffant & réfroidissant alternativement la boule, on parvient à la remplir presque totalement : ainsi je ne m'étendrai pas sur cette opération. Je dirai seulement ; qu'il faut, en remettant du mercure dans le réservoir, s'il en est besoin, éviter qu'il ne se vuide entiérement : parce que si tout le mercure entre dans le Thermomètre ; la pellicule & les autres saletés dont il se couvre toûjours lorsqu'il est exposé à l'air, se rassemblant sur le dernier globule, sont entraînées dans le tube, & le salissent.

Et dans la boule.

457 *m*. Quand la boule est à peu près remplie ; il faut faire bouillir le mercure qu'elle contient, en la mettant sur des charbons ardens. L'air renfermé dans le mercure, & celui qui tapisse intérieurement la boule, se dilate & se rassemble entre le mercure & le verre, en une multitude de petites bulles, que les prémiers bouillonnemens chassent hors du tube. Le mercure bout ensuite assez fortement, & s'élance dans le réservoir. Quand il en est sorti à peu près la sixième partie, on ôte la boule de dessus le feu. A l'instant le mercure se précipite dans la boule avec fracas.

Manière de purger d'air le mercure qui est resté dans la boule.

C'est par cette opération qu'on acheve ordinairement de

remplir le Thermomètre : mais j'y ai trouvé un inconvénient, que voici.

Inconvénient de la méthode ordinaire, qui laisse un peu d'*air* dans la *boule*.

457 *n*. Le feu ne chasse l'air qu'en le dilatant : il ne peut donc entiérement l'exclurre ; & il reste toûjours au dessus du mercure qui bout dans la boule, de l'air dilaté, qui se condense lorsqu'on ôte le Thermomètre de dessus le feu. Cet air se rassemble & forme une petite bulle, qui s'arrête presque toûjours à la naissance du tube. Quand elle n'en occupe pas tout le diamètre, le mercure dans ses mouvemens glisse à côté d'elle sans la déplacer : en ce cas l'inconvénient est petit. Mais dans les tuyaux capillaires, elle occupe le plus souvent toute la largeur du tube ; ce qui fait qu'elle se meut avec le mercure, dont elle tient la colonne divisée. Et lorsqu'on a scellé le tube, cette bulle n'étant plus chargée du poids de l'air extérieur, se dilate & soulève le mercure. Elle se divise aussi quelquefois quand on transporte le Thermomètre, & sépare ainsi la colonne de mercure en plusieurs parties.

Le Therm. doit être rempli par deux opérations.

457 *o*. Pour éviter ces inconvéniens, il ne faut pas achever de remplir le Thermomètre par l'opération dont je viens de parler ; il faut au contraire, ôter le mercure qui reste dans le *réservoir*, un instant après qu'on a retiré le Thermomètre de dessus le feu. Le *réservoir* ne fournissant plus de mercure ; toute la colonne descend dans la boule par la condensation de celui qu'elle contient ; & le tube restant absolument libre, la petite bulle d'air s'échappe.

Seconde opération.

457 *p*. Je chauffe alors une seconde fois le tube dans toute sa longueur ; mais successivement, en commençant depuis le bas, & en entretenant la chaleur de la boule, pour que le mercure l'occupe toûjours toute entière, & que l'air n'y rentre plus. Il faut avoir du feu dans deux *cassolettes* de même hauteur. L'une sert à y faire passer le tube : le feu doit y être à l'un des bouts, soutenu par des cendres. L'autre est destinée à échauffer la boule, & presque uniquement par des cendres chaudes. Quand le tube est bien chaud auprès de la boule ; j'échauffe un peu plus celle-ci. Le mercure en se dilatant, remonte dans le tube, & chasse, avec l'air qu'il renfermoit, l'humidité qui pouvoit s'y être introduite,

&

& que le feu a réduite en vapeur. J'écarte peu à peu la *cassolette* qui soutient la boule, pour que le tube passe successivement sur le feu de l'autre *cassolette*, & que la partie du tube qui se remplit de mercure, cesse de s'échauffer. Sans cette dernière précaution, le mercure pourroit bouillir dans le tube; ce qui romp sa colonne. (Quand cela arrive; il faut en ôtant la boule de dessus le feu, y faire rentrer le mercure, pour qu'il se réunisse.) Pendant cette opération, je prends du mercure bien net dans mon entonnoir de papier, dont je tiens le bout pincé entre mes doigts; & dès que le mercure monté du Thermomètre, commence à paroître dans le réservoir, je lache celui du cornet, & j'en laisse couler plus qu'il n'en faut pour remplir le Thermomètre, que j'ôte aussi-tôt de dessus le feu. Le mercure qui est remonté du tube, & celui qui est tombé du cornet, se réunissent & rentrent ensemble dans le Thermomètre, qui se remplit totalement. On peut le laisser dans cet état aussi longtems qu'on le veut, sans crainte que l'air ni l'humidité y pénètrent.

457 *q*. Il ne reste plus alors qu'à faire sortir du Thermomètre, le superflu du mercure; & à le scèler. Pour cet effet, j'échauffe d'abord la boule dans ma main, en tenant le Thermomètre renversé: & quand la chaleur en a fait sortir une goute de mercure, je lui laisse reprendre la température de l'air. Par ce moyen, il reste au haut du tube un petit espace vuide. Alors, avec un chalumeau & à la flamme d'une chandelle, je réduis l'extrêmité du tube en une pointe déliée, & assez longue pour pouvoir au besoin la rompre & la scèler plus d'une fois. Préparation pour *scèler* le Thermom.

457 *r*. Je mets ensuite le Thermomètre dans de l'eau bouillante, en l'y plongeant peu-à-peu, pour que le superflu du mercure en sorte lentement. Quand il n'en sort plus, j'ôte le Thermomètre de l'eau bouillante; & l'essuyant promptement, je mets aussi-tôt sa boule sur un petit feu, couvert de cendres, & préparé d'avance. La promptitude est nécessaire, pour que le mercure n'ait pas le tems de se condenser, & l'air de rentrer dans le tube. Je laisse échauffer le Thermomètre, jusqu'à ce qu'il en soit sorti quelques goutes de mercure, qui fassent la valeur des 4 à 5 degrés dont j'ai sup- Opération pour faire sortir du Thermom. le superflu du mercure, & pour le *scèler*.

posé que la longueur du tube excédoit celle de l'échelle qu'on doit y appliquer: je scèle alors le Thermomètre, en fondant seulement l'extrêmité de sa pointe, tandis que le mercure en est très-près; & je l'ôte au même instant de dessus le feu.

Manière de connoître si l'on n'a point fait sortir trop de mercure.

457 *s*. Il faut savoir ensuite si l'on n'a point fait sortir trop de mercure. On le connoît, en mettant le Thermomètre dans la *glace*, dont le point doit être un peu au dessous de la 5 me. partie de la longueur du tube, si l'on veut 20 degrés au dessous de *zéro*: on le connoit aussi en mettant le Thermomètre à l'eau bouillante, dont le point ne doit être que peu abaissé au dessous du sommet, si l'on n'a pas de la longueur de reste. Cette vérification doit être faite avant d'accourcir la pointe, dont la longeur sert à ouvrir & scèler aisément le tube. Si la quantité du mercure est suffisante, il faut couper la pointe, en la fondant au chalumeau, pour que le Thermomètre soit scèlé solidement.

Lorsqu'on est obligé d'en remettre, il faut éviter de laisser rentrer l'air dans le tube.

457 *t*. Si l'on a fait sortir trop de mercure; ce qui peut arriver à ceux qui ne sont pas exercés; il faut en remettre: mais toûjours en évitant que l'air ne rentre. C'est le cas alors d'employer le réservoir de papier dont j'ai parlé ci-devant (457 *f*.), en place du réservoir de verre qu'on a ôté en *tirant* le bout du tube *en pointe*.

Manière d'y procéder.

457 *u*. Quand le tuyau de papier sera préparé, avec sa ligature pour le contenir; on échauffera la boule, jusqu'à ce que le mercure remonte vers le sommet du tube. Dès qu'il s'en approchera; on rompra l'extrêmité de la pointe, & l'on mettra le tuyau de papier au bout du tube, pour qu'il y serve de *réservoir*. La pointe étant ouverte, & le Thermomètre placé auprès du feu, de manière qu'il conserve le même degré de dilatation; il faut prendre du mercure bien net dans le cornet de papier, & communiquer un peu plus de chaleur à la boule. Le mercure s'élèvera & formera une petite goute à l'extrêmité de la pointe: dans le même instant, on lâchera le mercure du cornet dans le réservoir de papier, en ôtant la boule de dessus le feu. Un instant suffit pour remplacer la petite quantité de mercure qui manquoit. Il faut donc aussi-tôt, ôter ce qu'il en reste dans le réservoir de papier, enlever ce réservoir, remettre la boule sur le feu, scèler

ſcèler la pointe à l'inſtant où le mercure s'y préſente, & retirer le Thermomètre de deſſus le feu. Cette opération demande un peu d'habitude: les amateurs s'en feront un amuſement; les artiſtes en auront rarement beſoin.

Avantage de la maniére de remplir le Thermomètre qui vient d'être décrite.

457 *x*. Lorſqu'on remplit un Thermomètre de la manière que je viens de décrire; le mercure eſt dans le *vuide*: il coule librement le long du tuyau, à l'extrêmité duquel il frappe comme au ſommet du Baromètre; & ſa colonne n'eſt point ſujette à ſe diviſer par les ſecouſſes les plus vives. Il faut avoir ſoin de rendre le verre aſſez épais au bout du tube, quand on le ſcèle: ſans quoi la colonne de mercure peut le rompre en le frappant, lorſqu'on renverſe bruſquement le Thermomètre. Cet accident m'eſt arrivé plus d'une fois, lorſque je n'avois pas pris cette précaution.

Précautions néceſſaires pour les Thermomètres deſtinés à meſurer de grandes chaleurs.

457 *y*. Les Thermomètres deſtinés à meſurer de grandes chaleurs, exigent des précautions particulières. Il faut ſur-tout empêcher qu'il n'y ait aucune bulle d'air. La plus petite *bulle* ſuffiroit pour favoriſer la formation des *vapeurs*, que le mercure tend à produire lorſqu'il eſt extrêmement échauffé: & dès qu'il ſe forme des *vapeurs* dans la boule ou dans le tube du Thermomètre, la colonne du mercure eſt irréguliérement ſoulevée. J'ai déja parlé de cet effet, à l'occaſion des Thermomètres d'eſprit-de-vin (423 *k*.).

Il ne faut pas laiſſer dans le mercure la plus petite bulle d'air.

457 *z*. La prémière précaution qu'on doit prendre pour prévenir cet inconvénient; c'eſt de faire bouillir pluſieurs fois le mercure dans la boule; c'eſt-à-dire, juſqu'à ce qu'après s'y être précipité lorſqu'on le retire de deſſus le feu (457 *m*.), on n'y apperçoive aucune *bulle*; excepté celle qui reſte toûjours engagée à la naiſſance du tube, & qu'on fait ſortir comme je l'ai enſeigné (457 *n*. *& ſuiv*.). Quelque petite que fût une *bulle* qui reſteroit engagée entre le mercure & le verre; elle donneroit lieu à la formation des *vapeurs* mercurielles, lorſque le Thermomètre ſeroit expoſé à la chaleur de l'huile bouillante; & la colonne de mercure ſeroit tout-à-coup ſoulevée.

Il ne faut jamais renverſer ces Thermom.

457 *aa*. La ſeconde précaution néceſſaire, eſt de ne jamais renverſer ces Thermomètres quand ils ſont ſcèlés: *ja-*

mais absolument. Car en laissant couler le mercure dans le tube, une-seule fois, il laisse un espace vuide dans la boule, où l'air qui est resté engagé entre les particules du mercure, se jette aussi-tôt; & il s'y forme une petite *bulle*; qu'on ne peut en chasser à cause de sa petitesse même; & qui suffit cependant pour accélérer la production des *vapeurs*.

Il faut laisser n peu d'air ans leur tube.

457 *bb*. Une troisième précaution convenable pour ces Thermomètres; est de laisser un peu d'air dans le haut de leur tube, pour qu'il retienne le mercure, s'il tendoit à s'élancer. Pour cet effet, on peut les scèler dans l'huile d'olive échauffée au point de s'enflammer: & en donnant au tube, une ou deux lignes de longueur au-delà du point où parvient alors le mercure; il faut laisser cette partie pleine d'air. Quand le mercure sera condensé; cet air sera tellement dilaté, qu'il ne nuira point au Thermomètre; il ne s'insinuera point dans le mercure. Mais lorsque le mercure se dilatera de nouveau, jusqu'à s'approcher du sommet du tube; ce peu d'air se condensant, résistera à celui que renferme toûjours le mercure, & l'empêchera de se rassembler pour former quelque *bulle*, capable de favoriser les *vapeurs*.

Quand on oit marquer s *termes fixes* r le tube.

457 *cc*. Ce n'est qu'après avoir scèlé le tube, qu'on doit y marquer les deux *termes fixes*. On les indique par des fils déliés, qu'on rend stables avec du vernis, ou simplement avec de l'eau gommée. Le premier point qu'on doit fixer est celui de *l'eau bouillante*; parce que dans cette opération, le fil qui marqueroit la température de la *glace qui fond* pourroit se déranger.

En les 'rapportant sur la onture, il faut *rriger* celui *l'eau bouill.*

457 *dd*. On rapporte ensuite ces deux points sur la monture, pour y tracer l'échelle: & c'est alors, que, si le Baromètre a été sensiblement au dessous ou au dessus de 27 pouces pendant qu'on a pris le point de l'*eau bouillante*, on doit élever ou abaisser ce point sur la monture, suivant la règle que j'ai indiquée (451 *f*, *& suiv.*).

De

De la Monture du Thermomètre.

458 *a.* Je vais finir ce qui regarde le Thermomètre, par quelques remarques sur sa *monture.*

Qualités que doit avoir la *monture* du Thermomètre.

Il convient, que la matière dont elle sera faite, soit toujours la même; pour que l'effet de sa dilatabilité par la chaleur soit égal sur tous les Thermomètres : que cette matière soit le moins dilatable qu'il est possible; pour qu'elle ne diminuë pas l'effet de la dilatabilité du mercure : que l'humidité ne l'affecte pas d'une manière sensible; pour qu'il n'y ait point d'altération dans le mouvement du Thermomètre : & qu'elle soit peu dense; pour qu'elle ne conserve pas longtems la température d'un lieu, en passant dans un autre.

La matière la plus convenable est le *sapin.*

458 *b.* Le *sapin*, pris dans le sens de sa longueur, remplit toutes ces conditions. C'est pourquoi je l'ai toûjours employé, tant pour le Baromètre, que pour le Thermomètre. Il peut servir de fond à la monture, lors même qu'on se propose de l'orner.

Il faut quelq. moyen de s'assurer qu'on rapporte bien la hauteur du mercure sur l'Echelle.

458 *c.* Il est nécessaire de prendre quelques précautions, pour que dans les observations qui demandent de l'exactitude, on soit assuré de bien rapporter sur l'échelle l'extrêmité de la colonne de mercure. C'est pour cela qu'on loge quelquefois le tube dans une rainure, où il est enfoncé jusqu'à niveau de son axe. Par ce moyen, on évite la parallaxe que produit la différence d'éloignement de la colonne de mercure & de l'échelle, rélativement à l'œil; différence, qui fait rapporter trop haut l'extrêmité de la colonne, quand l'œil est trop bas; & réciproquement. Mais j'employe un moyen plus commode; & par lequel encore, la colonne de mercure est plus distincte que dans une rainure.

Moyen ordinaire.

Autre moyen plus commode.

458 *d.* Ce moyen consiste simplement; à prolonger derrière le tube, sur la monture toute plate, les traits qui marquent les degrés. Ces prolongemens, qu'on voit au travers du tube, sont courbés par la réfraction, les uns vers le haut, les autres vers le bas; un seul reste droit, c'est celui qui est vis-à-vis de l'œil. Or en élevant ou abaissant l'œil, jusqu'à ce que le trait qui est auprès de l'extrêmité de la colonne, soit celui qui ne souffre point de réfraction; on est sûr de bien observer.

Manière de l'exécuter pour une seule échel. Pour deux.

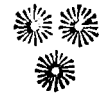
458 *e*. Si l'on ne met qu'une seule échelle au Thermomètre; on peut mener les traits d'un côté à l'autre, sans interruption: ce qui rend l'échelle plus aisée à faire. Mais si l'on y veut deux échelles; il ne faut prolonger que les traits de la principale, & seulement un peu au-delà de l'axe du tube: un quart de ligne d'excédent, suffit, quand le tube n'a qu'un quart de ligne de diamètre intérieur. Ces excédens des traits étant réfléchis par le tube; produisent le même effet, que si les traits passoient tout au travers; & par conséquent ils servent de même à diriger l'œil. Pour que cet effet ne soit point troublé; il faut que les traits de l'autre échelle s'arrêtent à une ligne tracée sur la monture, à la place où l'œil rapporte le côté voisin du tube, lorsqu'on se tient vis-à-vis. Par ce moyen, les deux échelles paroissent se toucher de ce côté là, & l'on peut les comparer très exactement.

Position ordinaire de la boule sur la monture.

458 *f*. La manière de placer la boule du Thermomètre dans la *monture*, dépend des usages auquel il est destiné. Dans la plûpart des cas, il convient qu'elle soit isolée autant qu'elle peut l'être; afin qu'elle participe par une plus grande surface, à la température du lieu où le Thermomètre est placé, & par une plus petite à celle de la *monture*. Il se conforme ainsi plus promptement aux changemens de température, soit dans un même lieu, soit lorsqu'on le transporte d'un lieu dans un autre. Il faut donc que l'enfoncement qui reçoit la boule soit très grand; & qu'elle repose seulement sur son fond, mais solidement, pour que la position du tube sur l'échelle ne puisse pas changer.

Exceptions.

458 *g*. Il est des cas où la boule doit être plus isolée encore, & d'autres où elle doit l'être moins. Les circonstances dirigeront dans ces cas particuliers; on en trouvera des exemples dans les divers usages que j'ai fait de cet instrument (490, 537.).



Conclusion

CHAPITRE III.

Du Thermomètre d'Esprit-de-vin, *accordé avec le* Thermomètre de Mercure, *pour l'usage du Public.*

458. *h* JUsqu'ici j'ai parlé du Thermomètre, comme d'un Instrument à l'usage des Physiciens. C'est en l'envisageant sous ce point de vuë, que je me suis attaché à le construire sur des principes sûrs, & analogues à sa destination. Il falloit que les Physiciens pussent mesurer la *chaleur*, comme les Astronomes mesurent le *tems*; ou comme les Géomètres mesureroient l'*étenduë*, si, accomplissant un beau vœu consacré sur le Monument de *Quito* (a), ils joignoient aux rapports qu'ils savent découvrir entre les parties de l'*étenduë*, une prémière mesure, commune, & indépendante de l'imitation.

Remarque sur Thermomètre considérécomme un Instrument de Physique.

Occupé de ce point de vuë, uniquement Physique, j'avois un peu négligé le Public. Mais prêt à publier cet Ouvrage, j'ai eu regret de n'avoir pas fait quelques efforts pour remédier à cette confusion qu'on remarque presque toûjours dans le langage des particuliers qui s'entretiennent de la chaleur; dont il résulte des desavantages réels. On apperçoit sur-tout cette confusion depuis que les bains domestiques sont devenus d'un si grand usage en médecine. Les Médecins sont souvent très embarassés d'indiquer aux Malades le degré de chaleur qu'ils doivent donner à leur bain. D'ailleurs la Physique est privée de bien des observations utiles, qui pourroient être faites dans des lieux ou dans des momens particuliers, si les Thermomètres qui sont répandus dans le Public avoient un certain degré d'exactitude.

Utilité de rapprocher les Thermomètres du Public, de ceux des Physiciens.

Ces considérations m'ont fait examiner si l'on ne pourroit pas obtenir du commun des Artistes, ce degré de régularité désirable; sans exiger d'eux plus de soin qu'ils ne peuvent en donner. J'ai cru voir que cela n'étoit pas impossible, quoique je sache

Raison d'espérer qu'on pourra obtenir des Ouvriers qu'ils se conforment à quelque Règle.

(*a*) Entre plusieurs déterminations intéressantes que Mr. *De la Condamine* consacra sur un Marbre à *Quito*, se trouve la longueur du *pendule à secondes* dans ce Lieu; tracée sur une règle de bronze, au dessous de laquelle on lit ces mots pleins de sens, & qui devroient avoir opéré une révolution dans les Mesures: *Mensuræ NATURALIS exemplar, UTINAM & UNIVERSALIS!*

ſache bien, que le moindre aſſerviſſement leur déplait. Mais s'ils s'y ſont ſouſtraits juſques à préſent, parce qu'ils trouvoient à débiter des Thermomètres faits au hazard; il n'en ſera pas de même, lorſque le Public ſera informé, qu'il y a dans la conſtruction de ces inſtrumens des Règles auſſi néceſſaires que faciles à ſuivre.

Il faut conſentir à conſerver les Thermomètres *d'eſprit de-vin* au Public.

458 *i*. La prémière condition à laquelle je crois qu'il faut conſentir, pour procurer au Public des Thermomètres paſſables; c'eſt d'y conſerver l'*eſprit-de-vin*. Car quoiqu'il ſoit plus difficile de faire un Thermomètre d'*eſprit-de-vin* qu'un Thermomètre de *mercure*, lorſqu'on veut le règler par lui-même (423 *a* & ſ.); il eſt vrai cependant, que pour l'opération ſimple d'introduire le liquide dans ſon tube, l'*eſprit-de-vin* exige moins de tems & de ſoin. Il eſt d'ailleurs moins couteux: & par cette raiſon, comme par la prémière, j'ai ſenti qu'on ne parviendroit jamais à le proſcrire entiérement des Thermomètres. C'eſt un motif de plus pour chercher à l'y rendre utile.

Parce qu'ils ſont plus faciles à remplir, que ceux de *mercure*; & moins couteux.

& parce que l'*eſprit-de-vin* eſt plus viſible.

Les Thermomètres d'*eſprit-de-vin* ont d'ailleurs un avantage qui eſt de quelque importance pour l'uſage ordinaire: c'eſt qu'on les obſerve plus aiſément. Quand on eſt parvenu à l'âge où la vuë s'affoiblit; ou lorſque le Thermomètre eſt placé dans un lieu qui ne reçoit que peu de lumière; ou encore lorſqu'on le met hors d'une fenêtre, pour l'obſerver au travers de la vitre ſans l'ouvrir; l'*eſprit-de-vin* coloré eſt plus commode que le *mercure*.

Choix de l'*eſprit-de-vin*.

458 *k*. En accordant aux Artiſtes de continuer à faire des Thermomètres d'*eſprit-de-vin* pour le Public, on peut bien exiger d'eux une condition, qui ne ſera ni difficile ni bien couteuſe; c'eſt de n'employer que de bon *eſprit-de-vin* dans ceux qu'ils voudront conſtruire ſuivant la Règle dont je vais parler. Cependant, comme je donnerai à ces Thermomètres des *termes fixes* moins diſtans qu'aux Thermomètres de *mercure*; de petites différences dans la qualité de l'*eſprit-de-vin*, ſeront peu ſenſibles (446 *a* & ſ.).

Et des *tubes*.

458 *l*. Une attention plus indiſpenſable, que je demanderois des Artiſtes, ſeroit de calibrer tous leurs Tubes, & de mettre à part ceux qui ſeront de diamètre bien égal; pour n'employer que ceux-là aux Thermomètres dont je parle. Les autres Tubes leur ſer-

ſerviront à mille uſages pour leſquels l'égalité du diamètre eſt inutile, & même pour des Thermomètres qu'ils continueroient de vendre à ceux qui ne regardent qu'au bon marché.

458 *m.* Ce ne ſeroit pas en exigeant des Artiſtes qu'ils fiſſent ſupporter aux Thermomètres d'*eſprit-de-vin* la chaleur de l'*eau bouillante*, qu'on pourroit attendre d'eux de la régularité. Cette opération eſt trop longue, & quelquefois trop difficile, pour des ouvriers qui doivent vivre de l'emploi de leur tems, & dont l'ouvrage ne porte pas aſſez viſiblement des indices du tems emploié. Il falloit donc chercher quelque point commun plus facile à ſaiſir; & nous le trouverons dans la comparaiſon avec le Thermomètre de *mercure*.

Les Thermomètres d'*eſprit-de-vin* ne devront pas être réglés à l'*eau bouillante*.

Mais par comparaiſon avec le Thermomètre de *mercure*.

458 *n.* On remplira d'abord ces Thermomètres à la manière ordinaire; & après avoir tiré le bout du tube en pointe, on mettra la boule dans de l'eau, dont la chaleur ſoit à peu près à 60 *degrés* du Thermomètre de *mercure*. Il faut que l'*eſprit-de-vin*, dilaté par ce degré de chaleur, rempliſſe le tube juſqu'à ſon ſommet, qu'on ſcélera alors. On tiendra enſuite ces Thermomètres ſuſpendus pendant vingt-quatre heures, pour laiſſer à l'air renfermé dans l'*eſprit-de-vin* le tems de s'en dégager en montant au haut du tube. S'il formoit des bulles le long de la colonne, on les feroit ſortir comme à l'ordinaire, en faiſant tourner le Thermomètre au bout d'une ficelle.

Remarques ſur la manière de remplir ces Thermomètres d'*eſprit-de-vin*.

458 *o.* L'opération ſuivante demande un Thermomètre de *mercure* bien exact. Chaque Artiſte devra en avoir un, qui ſervira d'*Etalon* à tous ſes Thermomètres d'*eſprit-de-vin*. Je ne parlerai pas de la manière de le conſtruire; je l'ai détaillée ci-devant. Je ſuppoſe donc ce Thermomètre; & je dirai ſeulement, qu'il faut que ſa boule aît au moins 9 à 10 *lignes* de diamètre, pour qu'il ne ſoit pas trop *ſenſible*.

Etalon pour les Thermomètres d'*eſprit-de-vin*.

458 *p.* On marquera ſur ſon Tube le 40ᵉ. *degré*, avec une ſoie très mince & fortement liée; & l'on attachera ce Thermomètre ſur une eſpèce de *chaſſis* de bois, couvert d'un vernis qui réſiſte à l'eau tiède, & de la forme de celui qui eſt repréſenté dans la *Figure* 1ᵉ. de la *Planche* ſuivante. Ce *chaſſis* ſera auſſi deſtiné à recevoir les Thermomètres d'*eſprit-de-vin*, qu'on y retiendra par des fils, comme on le voit dans la même *Figure*.

Le 40ᵉ. *degré* du Therm. de *mercure*, choiſi pour terme de comparaiſon avec les Therm. d'*eſprit-de-vin*.

Monture de l'*Etalon*.

J'y ai représenté par un simple contour ponctué, un de ces Thermomètres à comparer à l'*Etalon*.

Opération pour déterminer le 40e. degré sur le Therm. d'*esprit de-vin*.

458 *q*. Le Thermomètre d'*esprit-de-vin* étant posé sur le *chassis*, on prendra un vase qui aît au moins 8 à 10 *pouces* tant de diamètre que de hauteur: plus il sera grand, plus l'opération sera sûre. On remplira ce vase d'eau assez chaude pour faire monter le mercure dans l'*Etalon* au dessus du *fil* qui marquera le 40e. *degré*. On placera un autre *fil* sur le tube du Thermomètre d'*esprit-de-vin*, vers le point où l'on jugera que cette liqueur pourra s'abaisser quand le *mercure* parviendra au *fil* de l'autre Thermomètre. On agitera l'eau de tems en tems, pour que sa température soit égale autour des deux boules; & l'on abaissera le *fil* du Thermomètre d'*esprit-de-vin*, de manière qu'il marque enfin exactement le point où se trouvera l'extrêmité supérieure de sa colonne, au moment où celle de la colonne de *mercure* arrivera au *fil* du 40e. *degré*. Il faudra alors arrêter le *fil* du Thermomètre d'*esprit-de-vin* avec un peu d'eau gommée, pour qu'il ne se dérange pas.

Fixation du point *zéro*, dans la *glace fondante*.

458 *r*. Le 40e. *degré* étant marqué sur le Thermomètre d'*esprit-de-vin*, on le mettra dans de la *glace* pilée & disposée à fondre (438 *c*.), en l'y enfonçant jusqu'au point où l'*esprit-de-vin* s'arrêtera. On marquera aussi ce point par un *fil*, qu'on rendra fixe avec un peu d'eau gommée.

Rapports des *marches* des Therm. d'*esprit de-vin* & de *mercure*.

458 *s*. Il s'agira ensuite de diviser l'intervalle des deux *fils* en 40 parties, correspondantes aux 40 *degrés* du Thermomètre de *mercure*. C'est ce qu'on fera aisément par le moyen de l'*Echelle* représentée dans la *Figure* 2. de la *Planche* suivante. Mais pour l'intelligence de cette *Echelle*, il faut que je rappelle d'abord, que par une expérience dont j'ai parlé ci-devant (418), j'ai déterminé les rapports des *marches* des Thermomètres de *mercure* & d'*esprit-de-vin*, dont j'ai donné une *Table* (415 *oo*.). Je préfére cependant à cette *Table*, celle que j'ai formée d'après la *Loi* à laquelle j'ai réduit la marche de l'*esprit-de-vin* (415 *ss*.); parce que, comme je l'ai dit (415 *tt*.), je crois que les différences qui sont entr'elles, sont des défauts dans l'observation.

Formation de l'*Echelle* du

458 *t*. Dans ces deux *Tables*, le 40e. *degré* du Thermomètre

tre de *mercure*, correſpond également à 35, 1 ſur le Thermomètre d'*eſprit-de-vin*; & dans la dernière, que je préfére, les *intervalles* du Thermomètre d'*eſprit-de-vin*, correſpondans à ceux du Thermomètre de *mercure* de 5 en 5 *degrés*, ſont 3.9, 4.0, 4.2, 4.3, 4.5, 4.6, 4.7, 4.9, dont la ſomme eſt 35. 1. Ainſi, faiſant égal à 351 l'intervalle des deux *fils*, ſur tout Thermomètre d'*eſprit-de-vin*; & diviſant cet intervalle en 8 parties inégales ſelon les nombres 39, 40, 42, 43, 45, 46, 47, 49, en commençant par le fil inférieur; on aura les points du Thermomètre d'*eſprit-de-vin*, qui correſpondent aux points 0, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, du Thermomètre de *mercure*. Et diviſant chacun de ces nouveaux intervalles en 5 parties égales (parce que les différences peuvent être négligées dans un ſi petit eſpace), on aura l'*Echelle* du Thermomètre d'*eſprit-de-vin*, juſqu'au 40°. *degré* au-deſſus de 0. En ſuivant la même *Loi* pour la prolongation de l'*Echelle* au deſſous de ce point; c. a. d. en poſant de ſuite, avec un compas, 38, 37, 36, 34 *parties* de la même *Echelle*, on aura ſur le Thermomètre d'*eſprit-de-vin*, les points correſpondans à — 5, — 10, — 15, — 20, du Thermomètre de *mercure*.

Therm. d'*eſprit-de-vin*.

Mais cette opération eſt longue, & peut-être trop délicate pour la plûpart des ouvriers en verre; & c'eſt à la rendre plus courte & plus aiſée, que j'ai deſtiné l'*Echelle* dont je vais parler à préſent.

458 *u*. Aux extrêmités de la ligne 0, 0 (*Figure* 2.) j'ai élevé les perpendiculaires inégales 0, 1 & 0, 100; l'une de 351 *parties* d'une certaine Echelle, l'autre d'un même nombre de *parties* d'un autre Echelle. J'ai ſuppoſé que la longueur de la ligne 0, 1 étoit la plus petite diſtance des *fils* ſur un Thermomètre d'*eſprit-de-vin* (& en effet il ne conviendroit pas qu'elle fût moindre, parce que les *degrés* du Thermomètre deviendroient trop petits); & que la longueur de la ligne 0, 100 étoit la plus grande diſtance entre ces *fils* (ils ſeroit ſuperflu qu'elle le fût davantage). J'ai diviſé ces deux lignes, & leurs prolongemens au deſſous de la ligne 0, 0, comme je viens de l'expliquer pour l'*Echelle* même des Thermomètres d'*eſprit-de-vin*.

Formation d'une *Echelle* qui donnera immédiatement celles des Therm d'*eſprit de-vin*.

de-vin. J'ai tiré ensuite des lignes droites, de chacun des points de la prémière de ces *Echelles*, aux points correspondans de l'autre *Echelle*; & j'ai tracé enfin toutes les *parallèles* numérotées 2, 3, 4, 5 &c. qui se terminent à la plus élevée & à la plus abaissée des lignes *obliques*.

Je n'ai pas besoin de prouver, que toutes ces *parallèles*, perpendiculaires à la ligne 0, 0, se trouvent ainsi divisées par les lignes *obliques*, dans les mêmes proportions que la prémière & la dernière dont j'ai parlé; & que parconséquent chacune de ces lignes *parallèles*, peut être l'*Echelle* d'un *Thermomètre d'esprit-de-vin.*

Usage de cette *Echelle.*

458 *x.* Je suppose à présent que l'on aît marqué par des *fils* sur un Thermomètre de cette espèce, les points correspondans à 0 & à 40 sur le Thermomètre de *mercure.* On prendra la distance de ces *fils* avec un compas; & faisant parcourir à l'une de ses pointes la ligne 0,0, on cherchera celle des lignes perpendiculaires à celle là, qui s'élévera au dessus d'elle de l'ouverture du compas, soit de la quantité dont les *fils* du *Thermomètre* se seront trouvés distans; & cette ligne sera l'*Echelle* cherchée. Je ne détaillerai pas la manière de tracer cette *Echelle* sur la *monture* du *Thermomètre*: & je me contenterai de dire, qu'il conviendra d'y marquer d'abord les points correspondans aux *fils*, & de placer ensuite les points intermédiaires, pris de suite sur les intersections de la ligne choisie avec les lignes *obliques*, de 5 en 5; mais il faudra le faire d'abord légérement, afin qu'on puisse s'assurer, que les huit intervalles inégaux de 5 en 5 *degrés*, occuperont exactement l'intervalle total de 40 *degrés.* On prendra la même précaution pour la division en 5 parties égales de chacun de ces prémiers intervalles.

Il arrivera sans doute très souvent, qu'aucune de ces lignes perpendiculaires à la ligne 0,0, ne se trouvera exactement de la grandeur cherchée. Mais on y suppléera aisément, en traçant sur la même *Figure* 2, au crayon ou avec une pointe, une nouvelle ligne, placée convenablement entre les deux plus appro-

approchantes, dont l'une se sera trouvée trop longue, & l'autre trop courte.

On voit donc qu'avec un *Etalon* bien fait, & un *Echelle* semblable à la *Figure* 2, ou cette *Figure* elle-même, on pourra très aisément construire des Thermomètres d'*esprit-de-vin*, suffisamment d'accord avec le *Thermomètre* de *mercure*, pour que tous ceux qui les employeront s'entendent entr'eux, & que leurs observations puissent quelquefois être utiles aux Physiciens.

458 *y*. Il est vrai que la plûpart des Ouvriers en verre, occupés de travaux fatiguans, & dont les mains sont presque toûjours sales d'huile ou de noir de fumée, ne sont guère en état de faire eux-mêmes des Echelles exactes & propres. C'est ce qui leur fait employer le plus souvent ces Echelles imprimées, ou ces montures dont l'Echelle, tracée au hazard, est couverte de vernis. Or quelle exactitude peut-on attendre d'une pareille pratique! Je leur en conseillerois une, qui leur seroit presqu'aussi commode, en même tems qu'elle conviendroit bien mieux au Public.

Conseil aux ouvriers en verre, pour leur procurer de bonnes *Echelles* à leurs Thermom.

Les jeunes gens qui prennent du gout pour la Physique expérimentale, commencent presque toûjours par s'occuper de Baromètres & de Thermomètres. A cet age on est ordinairement borné dans ses moyens de dépense, & je suis convaincu qu'il s'en trouveroit toûjours, qui, très capables de faire des *Echelles*, échangeroient volontiers ce travail, contre des verres soufflés suivant leurs besoins. Je conseille donc aux Artistes qui voudront s'acquérir la réputation de bien faire les Thermomètres, de ne point négliger ce moyen, s'ils ne sont pas en état d'y suppléer par eux-mêmes. Ou plutôt, je conseille aux Jeunes gens à qui cette petite ressource seroit utile, d'en faire comprendre l'avantage aux Ouvriers dont ils auront besoin.

458 *z*. Ce dernier conseil me donne lieu à une nouvelle réflexion. En écrivant sur la construction du Baromètre & du Thermomètre, dans l'intention que ces Instrumens, qui peuvent être si utiles à la Physique, le deviennent en effet; je n'ai pas espéré d'être lû par la plûpart de ceux qui les fabriquent; &

Nécessité du concours du Public & des soins des Physiciens, pour la réforme des *Thermomètres*.

& j'ai moins attendu encore de leur voir ſuivre mes conſeils par leurs propre mouvement. Cette fabrication eſt pour eux un métier; chaque métier a ſes habitudes; & l'on a plus de gain a les ſuivre, qu'à chercher la perfection. Ce n'eſt donc que par le déſir du Public, & par les ſoins des Phyſiciens, que ces Ouvriers pourront changer leurs habitudes.

Fin de la ſeconde Partie.

Fig. 2.

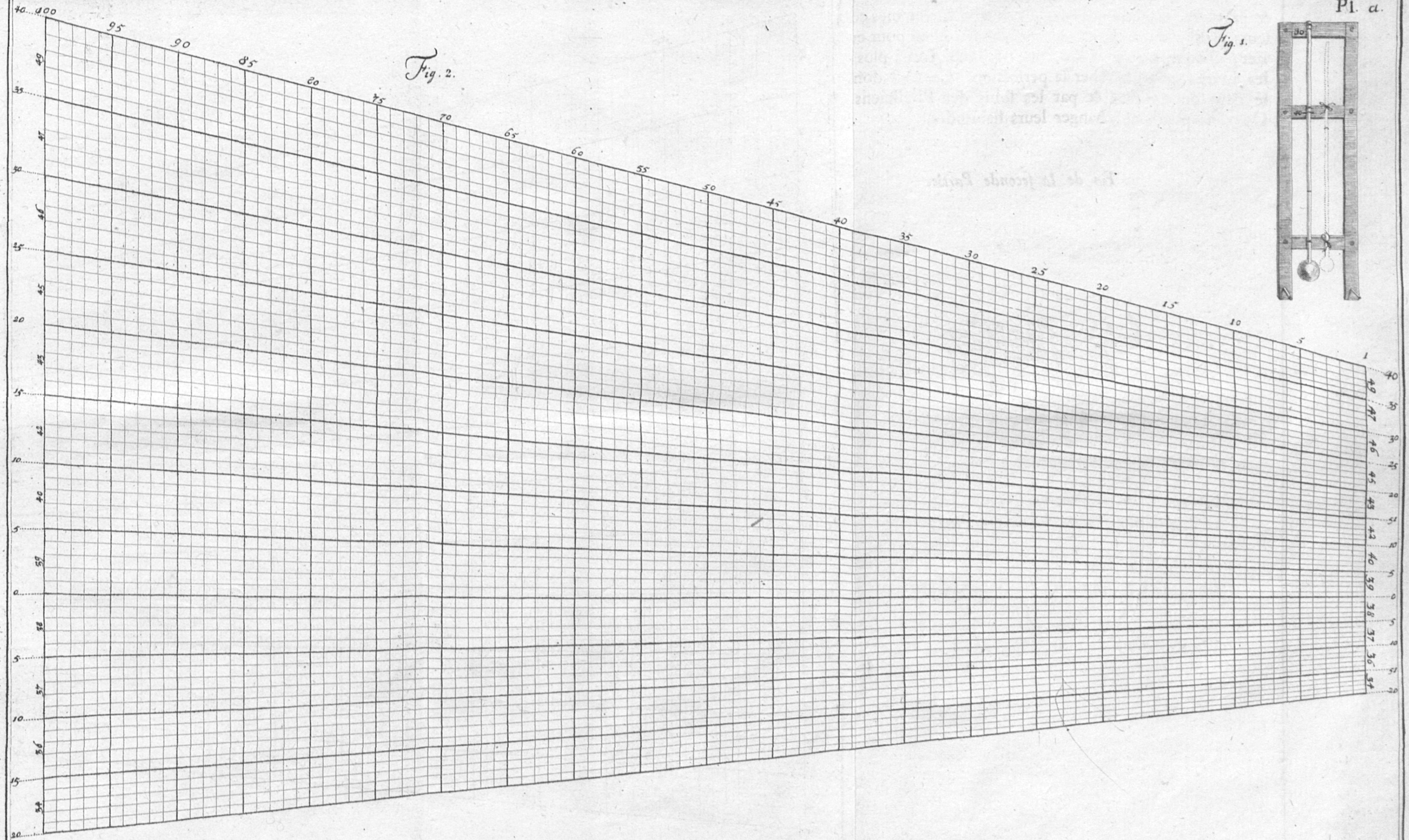


Fig. 1.

Desseine par l'Auteur.

Gravée par L.G. Geissler.

Leaves washed & deacidified with magnesium bicarbonate & mended as needed with heat sensitive tissue & japanese paper & paste. Book re-sewed & bound in full cloth with aced free end signatures & unbleached linen hinges. Folding cloth box constructed to house & protect book & original boards.

Sky Meadow Bindery, Inc.
December 1992