

Essais sur la construction et comparaison des thermometres, sur la communication de la chaleur et sur les différens degrés de la chaleur des corps / Traduit de l'anglois [by D. Castet] du Docteur Martine ... par le traducteur.

Contributors

Martine, George, 1702-1741

Castet, D.

Publication/Creation

A Paris : Chez Durand ... Pissot ..., 1751.

Persistent URL

<https://wellcomecollection.org/works/p4nhqfpk>

License and attribution

This work has been identified as being free of known restrictions under copyright law, including all related and neighbouring rights and is being made available under the Creative Commons, Public Domain Mark.

You can copy, modify, distribute and perform the work, even for commercial purposes, without asking permission.



Wellcome Collection
183 Euston Road
London NW1 2BE UK
T +44 (0)20 7611 8722
E library@wellcomecollection.org
<https://wellcomecollection.org>

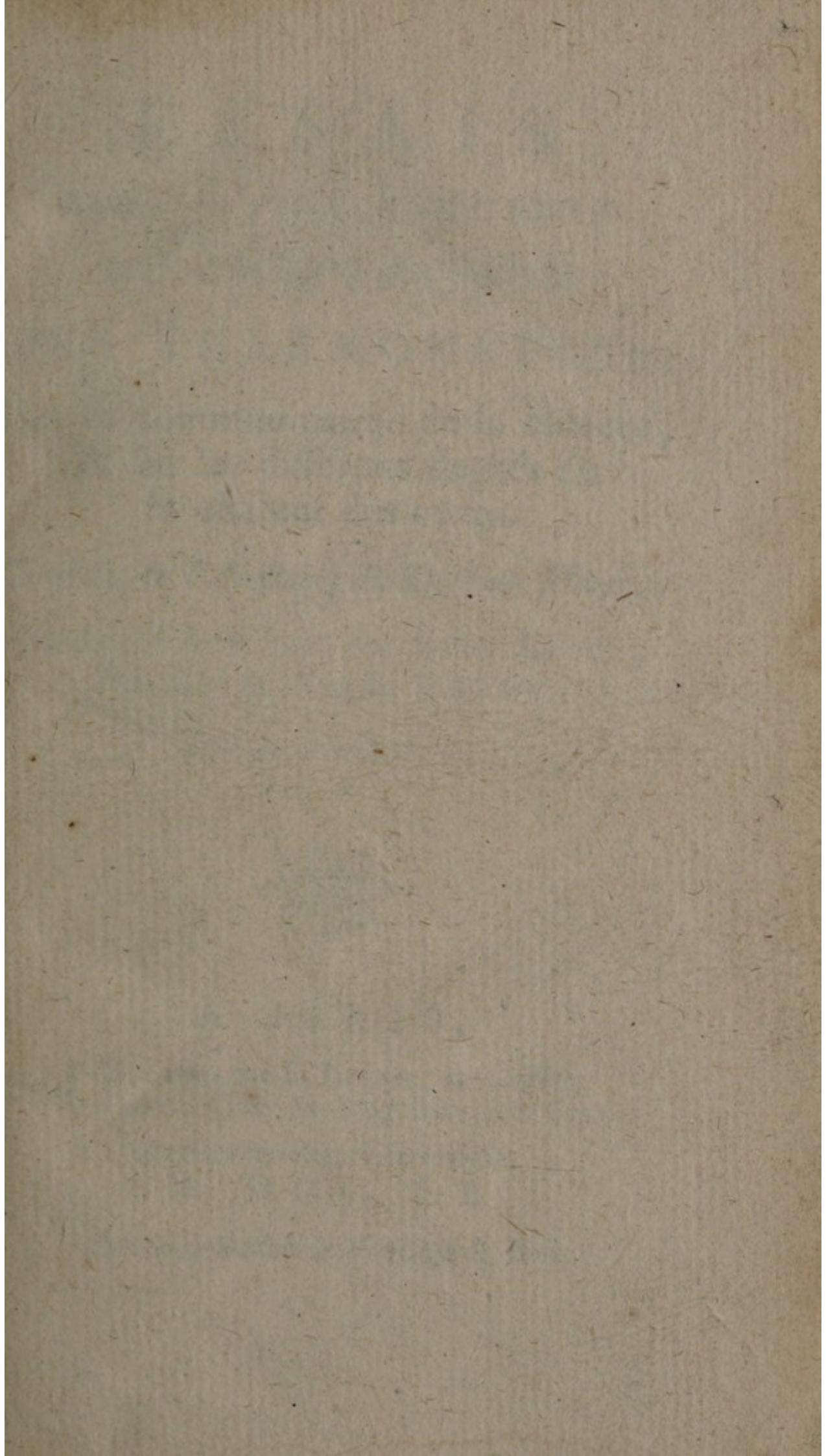


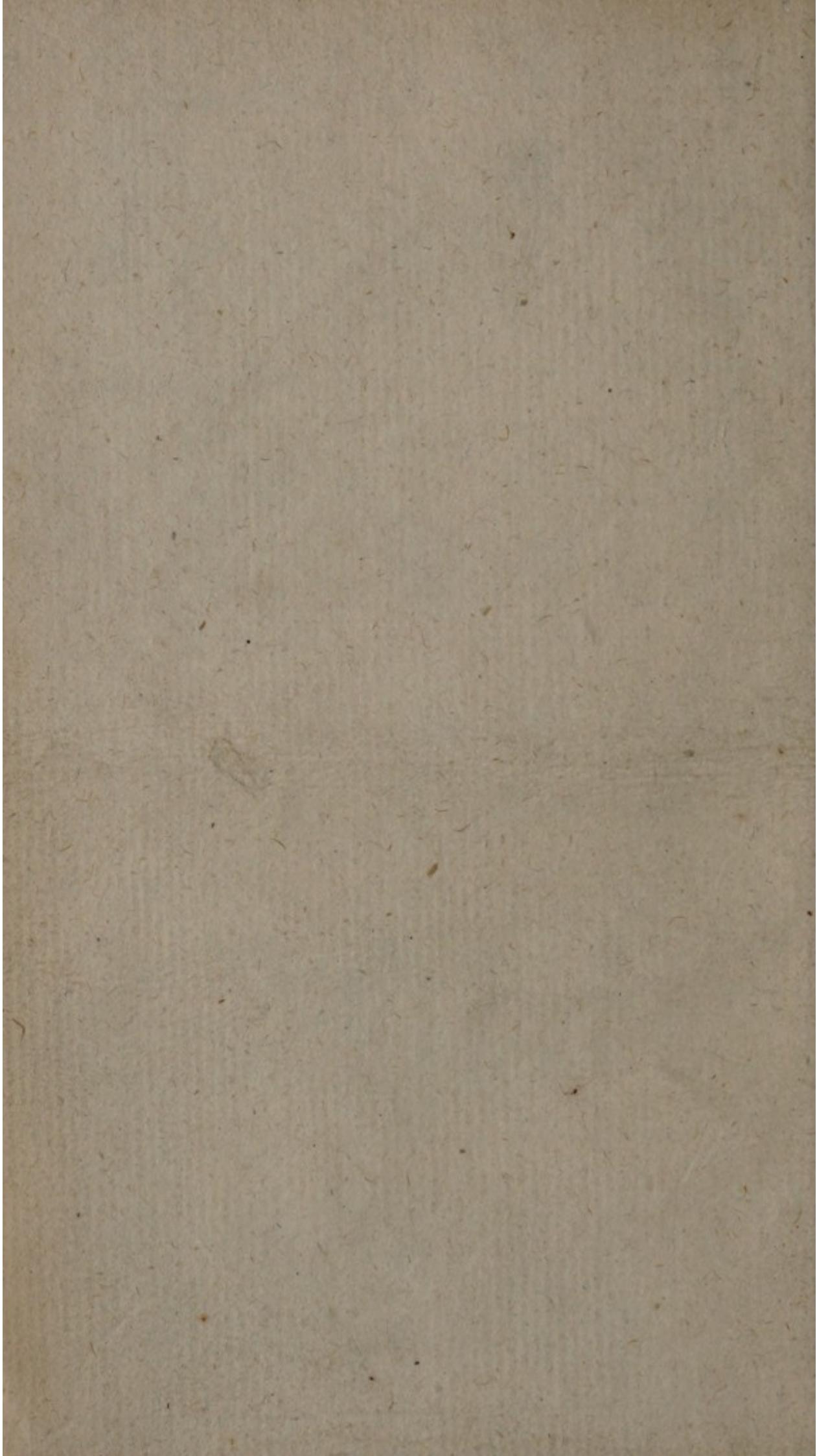




68 35658 1A

MARTINE G.





46529

ESSAIS
SUR LA CONSTRUCTION
ET COMPARAISON
DES THERMOMETRES,

Sur la communication de la chaleur,
& sur les différens degrés de
la chaleur des corps.

Traduit de l'Anglois, du Docteur Martine.

Dédié à l'Académie des belles Lettres,
Sciences & Arts de Bordeaux,

Par le Traducteur.



A PARIS,

Chez { DURAND, rue S. Jacques, au Griffon.
PISSOT, Quay des Augustins, à la Sageſſe.

M. D C C. L I.

Avec Approbation & Privilége du Roi.

ESSAYS
ON THE CONSTITUTION
AND COMPARISON

OF THE MONARCHY,



ESSAYS

ON THE CONSTITUTION

APPROBATION.

J'AI lû par ordre de Monseigneur le Chancelier un Manuscrit, qui a pour titre, *Essais sur la construction & comparaison des Thermometres, &c.* cet Ouvrage m'a paru digne de l'impression.
A Paris le 3 Mars 1751.

FOUCHER.

PRIVILEGE DU ROY.

LOUIS, par la grace de Dieu, Roi de France & de Navarre : A nos Amés & Féaux Conseillers, les Gens tenans nos Cours de Parlement, Maîtres des Requêtes ordinaires de notre Hôtel, Grand Conseil, Prevôt de Paris, Baillifs, Sénéchaux, leurs Lieutenans Civils, & autres nos Justiciers qu'il appartient, Salut. Notre Amé LAURENT DURAND, Libraire à Paris, Nous a fait exposer qu'il désireroit faire imprimer & donner au Public un Ouvrage qui a pour titre *Explication des premières causes de l'action dans la matière, & de la cause de la Gravitation.* S'il nous plaisoit lui accorder nos Lettres de permission pour ce nécessaires. A CES CAUSES, voulant favo-
a ij

stablement traiter l'Exposant, Nous lui avons
permis & permettons, par ces Présentes, de
faire imprimer ledit Ouvrage, en un ou plu-
ieurs volumes, & autant de fois que bon lui
semblera, & de le vendre, faire vendre &
débiter par tout notre Royaume, pendant le
tems de trois années consécutives ; à compter
du jour de la date des Présentes. Faisons dé-
fenses à tous Imprimeurs, Libraires & autres
personnes de quelque qualité & condition
qu'elles soient, d'en introduire d'impression
étrangere, dans aucun lieu de notre obéissan-
ce. A la charge que ces Présentes seront en-
registrées tout au long sur le Registre de la
Communauté des Imprimeurs & Libraires de
Paris, dans trois mois de la date d'icelles ;
que l'impression dudit Ouvrage sera faite dans
notre Royaume & non ailleurs, en sbon pa-
pier & beaux caractères, conformément à la
feuille imprimée, attachée pour modele sous
le contre-Scel des Présentes ; que l'impétrant
se conformera en tout aux Réglemens de la
Librairie, & notamment à celui du 10 Avril
1725 ; qu'avant de l'exposer en vente, le Ma-
nuscrit qui aura servi de copie à l'impression
dudit Ouvrage, sera remis dans le même état,
où l'Approbation y aura été donnée, ès mains
de notre très-cher & Féal Chevalier, Chan-
cellier de France, le sieur de Lamoignon ; & qu'il
en fera ensuite remis deux Exemplaires dans
notre Bibliothèque publique, un dans celle
de notre Château du Louvre, un dans celle
de notre très-cher & féal Chevalier, Chan-

celier de France, le sieur de Lamoignon, &
un dans celle de notre très-cher & fidèle Cheva-
lier, Garde des Sceaux de France, le sieur
de Machault, Commandeur de nos Ordres,
le tout à peine de nullité des Présentes. Du
contenu desquelles vous mandons & enjoi-
gnons de faire jouir ledit Exposant & ses ayans
causes, pleinement & paisiblement, sans souf-
frir qu'il leur soit fait aucun trouble ou em-
pêchement. Voulons qu'à la copie des Pré-
sentes, qui sera imprimée tout au long au
commencement ou à la fin dudit Ouvrage,
soit ajoutée comme à l'original. Com-
mandons au premier notre Huissier ou Ser-
gent sur ce requis, de faire pour l'exécution
d'icelles tous actes requis & nécessaires, sans
demander autre permission, & nonobstant cla-
meur de Haro, Charte Normande & Lettres à
ce contraires; car tel est notre plaisir. DONNE
à Versailles, le treizième jour du mois d'Août,
l'an de grace mil sept cens cinquante-un. Et
de notre Règne le trente-sixième. Par le Roi
en son Conseil.

SAINSON.

Registre sur le Registre XII. de la Chambre
Royale des Libraires & Imprimeurs de Paris,
N°. 62 . fol. 48 . conformément aux anciens
Règlements , confirmés par celui du 23 Février
1723. A Paris , le 14 Décembre 1751.

LE GRAS, Syndic.
a iij

TABLE

Des Essais sur les Thermometres ; contenus dans ce Volume.

ESSAI I. *Observations & réflexions sur la construction & graduation des Thermometres.* Page 1

ESSAI II. *Sur la comparaison des differens Thermometres.* 43

Remarque. *Sur la comparaison des Thermometres.* 58

ESSAI III. *Sur la maniere dont les corps s'echauffent & se refroidissent.* 68

ESSAI IV. *Sur l'Histoire naturelle & expérimentale de la chaleur des corps.* 113

ESSAYS



ESSAYS
SUR LA CONSTRUCTION
ET COMPARAISON
DES THERMOMETRES,

SUR la communication de la chaleur, & sur les différens degrés de la chaleur des corps.

ESSAY I.

Observations & réflexions sur la construction & graduation des Thermometres.

I.



NOTRE les inventions que l'on admire le plus, celle du Thermometre, cet ingénieux instrument qui nous fait juger de la chaleur des corps, ne fau-

A

roit être assez célébrée. Je n'entreprends point ici de décider à qui nous en sommes redevables, si c'est à Sanctarius, à Galilée, au P. Paul Sarpi, à Drebbel ; car je trouve que chacun de ces Auteurs a eu des partisans qui lui en ont fait honneur (a). Le Thermometre fut d'abord,

(a) L'invention en est attribuée à Drebbel par ses Compatriotes Mrs Boerhaave, (*Chem. I.* p. 152, 156.) & Muffchenbroeck, (*Tent. Acad. Cim. add.* p. 8. *Eff. de Phys.* §. 946.) Fulgenzio (*Vie du P. Paul*, p. 156.) prétend qu'elle est de son Maître le P. Paul Sarpi, ce grand oracle de la République de Venise; mais c'étoit alors une manie d'attribuer à ce Savant politique toutes les découvertes de son temps. Vincenzio Viviani (*Vit. de l'Galil.* p. 67. Voyez aussi *Oper. di galil. Pref.* p. 47.) regarde Galilée comme l'inventeur du Thermometre; mais on fait avec quelle passion il adoroit la mémoire de ce grand homme qui avoit été son Maître, (Voy. *l'Hist. de l'Acad. des Scien.* ann. 1703. p. 169. 175. 176. 180.) enfin toutes ces prétentions sont des hommages rendus à la mémoire de ces grands génies, par leurs plus zélés admirateurs; au lieu que Sanctarius se donne lui-même expressément pour l'inventeur du Thermometre, (*Com. in Galen. art. Med.* p. 736. 842. *Com. in avicen. Can. fen. I.* p. 22. 78. 219.) & Borelli (*de mot. animal.* II. prop. 175.) & Mal-

suivant le sort de toutes les inventions, un instrument fort imparfait & très-éloigné de remplir les différents objets auxquels il a été employé depuis : les premiers qui furent construits indiquoient grossièrement les variations de la chaleur par les différentes dilatations de l'air ; on reconnaît bien-tôt l'incertitude & les erreurs d'une pareille mesure, & que la bulle d'air n'étoit pas seulement affectée par la chaleur, mais encore par la pésanteur de l'Athmosphère. (a)

2. Les illustres membres de l'Académie del'Cimento, parmi tant d'autres travaux qu'encourageoit la protection de Ferdinand II. (b) Grand Duc de Toscane, firent de grandes corrections à cet instrument. Ils construisirent des Thermometres avec des liqueurs spiritueuses enfermées dans des tubes de verre scellés

pighi (*Oper. posth.* p. 30.) n'hésitent point à lui attribuer cette invention ; témoignage que l'on ne doit point suspecter de la part de deux Académiciens de Florence, en faveur d'un homme de l'Ecole de Padoue.

(a) Boyle, *Exp. on Cold.* abr. I. p. 577, &c.

(b) Viviani, *vit. de l'Galil.* p. 67.

hermétiquement, & ils éviterent ainsi l'évaporation de la liqueur & l'influence du poids de l'Athmosphere. Cette construction fut introduite en Angleterre par M. Boyle (a), & se répandit dans les autres pays où l'on cultivoit les Sciences.

3. Cependant on ne retiroit pas encore des Thermometres tous les avantages qu'on pouvoit en attendre ; la plûpart étoient gradués sans aucune regle ; ceux de Florence étoient eux - mêmes construits sur un terme vague, savoir la chaleur excitée par la plus grande ardeur des rayons du Soleil dans ce pays - là ; enfin chacun en construisoit à sa façon, sans les régler sur aucun degré de chaleur connu & invariable ; ensorte qu'il étoit impossible de comparer avec quelque degré de certitude & de justesse, soit les Thermometres entr'eux, soit les expériences faites par différentes personnes, & dans des lieux différens. Ainsi, nonobstant un grand nombre d'observations qui furent publiées dès ce temps - là, nous ne pouvons rien déterminer sur les chaleurs re-

(a) Exp. on cold. abr. p. 582.

DES THERMOMETRES. 5

latives des différens climats où elles ont été faites, non plus que sur les autres resultats de ces observations.

4. Ces inconvénients ne pouvoient être levés que par une convention faite entre les Physiciens de se servir d'une même graduation, ou par la détermination d'un degré de chaleur invariable auquel les différentes graduations pussent être rapportées.

5. L'illustre M. Boyle (^a) avoit senti l'imperfection des Thermometres, & la nécessité d'une mesure plus exacte, afin de pouvoir communiquer l'idée d'un degré de chaleur. La grande variété des Thermometres faisoit alors regarder comme une chose presqu'impossible, d'établir par cette voie une mesure de la chaleur, semblable à celles que nous avons du temps, de l'espace, de la pesanteur, &c. on n'avoit pas même imaginé de moyen pour comparer des observations faites avec deux Thermometres différens. Comme les corps sont différemment affectés par les différens degrés de chaleur, & qu'ils subif-

(a) Exp. on Cold. abr. I. p. 579.

sent tel & tel changement par l'application de tel & tel degré de chaleur : on voit que pour établir une construction fixe des Thermometres, le premier pas étoit de trouver un de ces changemens qui fût remarquable, & qui fût produit par un degré de chaleur fixe. M. Boyle proposa dans cette vûe l'huile d'anis figée, comme un degré de chaleur propre à régler cette construction & comme un terme de la graduation. Il fit aussi mention du degré de froid qui congelle l'eau distillée comme d'un autre terme fixe, dont on pourroit se servir ; car pour les eaux ordinaires, il étoit persuadé que les unes se congelloient plus facilement que les autres ; mais les objections qu'il appréhenda qu'on ne lui fît sur cette méthode l'empêcherent de porter plus loin ses spéculations. C'est grand dommage qu'un homme de ce génie & de cette dextérité, & qui d'ailleurs avoit de si grandes commodités n'ait pas poussé plus avant des recherches qui étoient si importantes pour l'Histoire & la Philosophie de la nature.

L'ingénieux Halley (a) fut également

(a) Phil. Trans. abr. II. p. 36.

ii A

choqué des défauts du Thermometre , & il souhaita qu'on y fît les corrections nécessaires. Il rejetta , ainsi que M. Boyle , le point de la congellation de l'eau , comme étant compris , selon lui , entre des limites trop étendues , & il recommanda par préférence le degré de température telle qu'est celle des lieux creusés sous terre , où l'on avoit remarqué que la chaleur de l'Été & le froid de l'Hyver ne produisoient aucune sorte d'altération. M. Boyle (a) fit cette observation dans une grotte sur le bord de la mer , enfoncée de 80 pieds , & au fond de laquelle on avoit creusé jusqu'à la profondeur de 130 pieds ; il trouva que le Thermometre y étoit au même point en Été & en Hyver. Mrs de Mariotte de la Hire & Maraldi nous assurent aussi que la température des caves de l'Observatoire de Paris , n'est aucunement altérée , ni par les plus grandes chaleurs , ni par les plus grands froids de ce climat.

Mais , quoiqu'en dise M. Halley , ce degré de température ne me paroît point

(a) Mem. Hist. of the air , abr. III. p. 54.

du tout propre à servir de terme pour la construction universelle des Thermomètres. Tout le monde n'est pas à portée d'aller à la caverne de M. Boyle, ou aux caves de l'Observatoire, & il n'est pas bien sûr que dans les autres lieux ce point de température soit précisément le même, & qu'il n'y ait point des variétés à raison de la différence des climats, & de la différente profondeur des caves.

7. Un autre terme proposé par M. Halley (*a*) pour la graduation universelle des Thermomètres, est le degré de chaleur de l'esprit de vin bouillant ; il faut seulement, dit-il, observer que l'esprit de vin soit parfaitement rectifié, sans quoi il contracte une plus grande ou une moindre chaleur dans l'ébullition, suivant le degré de rectification. De plus, ajoute M. Halley, cette liqueur est très-fusceptible d'évaporation, & elle perd insensiblement sa vertu & une grande partie de son expansibilité. Mais cette dernière objection, quoique plusieurs l'ayent faite encore après M. Halley, & que commu-

(a) Phil. trans. abr. II. p. 35.

nément on y insiste assez, ne me paroît pas bien fondée; l'esprit de vin bien rectifié ne souffre presque point d'altération dans un tube exactement scellé, il ne peut point s'évaporer, & une expérience de plusieurs années n'a fait appercevoir aucun changement dans son expansibilité, comme on le peut voir entr'autres par les observations qui ont été faites sur le Thermometre d'esprit de vin de M. de la Hire, que l'on a gardé à l'Observatoire pendant pls de 60 ans.

8. Mais un terme encore plus convenable, quoique M. Halley n'y insiste pas autant, c'est le degré de chaleur de l'eau bouillante. Cet ingénieux Physicien trouva (*a*) que ce degré étoit fixe, & que la chaleur de l'eau n'étoit point augmentée par une longue ébullition une fois qu'elle étoit parvenue à ce point. Aussi M. Newton & M. Amontons ont-ils choisi ce terme, avec raison, pour la graduation de leurs Thermometres, en quoi ils ont été suivis par tous ceux qui sont venus après eux.

(*a*) Phil. trans. abr. II. p. 34. Voy. aussi les Mem. de l'Ac. des Sc. ann. 1699. p. 156. an. 1702. p. 210.

9. Quoique je n'aye presque pas remarqué de différence sensible dans l'ébullition de plusieurs sortes d'eaux qui différoient de poids , de salure , de transparence , &c. ensorte que l'objection que fait M. Taglini (*a*) à ce sujet , ne me paroît d'aucune force ; cependant le degré de chaleur de l'eau bouillante n'est pas dans tous les temps & dans tous les lieux , aussi invariable qu'on pourroit d'abord le conclure , des observations de M. Halley & de M. Amontons. La fixité ou volatilité de l'eau ne dépend pas seulement de la cohésion mutuelle des parties ; mais encore de la pression de l'Atmosphère ; par exemple , (*b*) dans un récipient dont on a pompé l'air , les particules de l'eau , ou de toute autre liqueur placée dans ce récipient , se trouvant délivrées de la plus grande partie du poids ordinaire qui les presse l'une vers l'autre , il ne faut point pour les faire bouillir une aussi grande chaleur qu'en plein air. C'est conformé-

(*a*) Voyez les Mém. de l'Acad. des Sciences. ann. 1714. p. 714.

(*b*) Voyez Boyle. *Physico Mech. Exp.* abr. II. p. 473. 474. Newton. Opt. p. 318.

DES THERMOMETRES. II

ment à ce principe que Fahrenheit (*a*) a observé que le degré de chaleur de l'eau bouillante , varioit suivant la pésanteur de l'Atmosphère , ou l'élévation du mercure dans le Barometre ; véritablement la différence n'est pas fort grande dans l'étendue des variations ordinaires du Barometre (*b*). D'ailleurs on peut éviter facilement les erreurs qui pourroient naître de ces différences , en prenant le degré de chaleur de l'eau bouillante , ou de toute autre liqueur , dans un lieu au niveau de la mer , & dans le temps de la hauteur moyenne du Barometre , c'est-à-dire , lorsque le mercure est à 30 pouces d'élévation , ou tant soit peu au-dessous.

(*a*) Phil. Trans. abr. VI. 2. p. 18. Boerhaave! Chem. I. p. 171.

(*b*) M. Boerhaave fait cette différence plus grande qu'elle n'est en effet ; il prétend (Chem. I. p 171.) qu'une variation de 3 pouces dans la hauteur du Barometre , occasionne une différence de 8 à 9 degrés dans la chaleur de l'eau bouillante. Je ne trouve point que cela soit aussi considérable , & suivant les expériences que j'ai faites , une variation d'un pouce dans la hauteur du Barometre ne produit pas une différence de 2 degrés.

10. Le Thermometre universel de M. Amontons (*a*) est principalement fondé sur la supposition que le degré de chaleur de l'eau bouillante est invariable. Ce Thermometre est imaginé avec esprit, mais il ne pouvoit jamais être d'un usage universel, ni répondre aux vûes de son Inventeur. Premierement, la construction en est difficile & compliquée, & le volume trop grand pour être transporté commodément. D'ailleurs, comme il est réglé sur la moyenne température de l'air telle qu'elle est à Paris dans le Printemps, & dans l'Automne, on n'auroit sû à quoi s'en tenir dans les autres climats, outre que cette température est en elle-même quelque chose de fort indéterminé. Enfin M. Amontons suppose que la quantité dont l'air est dilaté par la chaleur de l'eau bouillante de plus que par la température moyenne, est le tiers du volume qu'il occupe à cette température. Or, la dilatation de l'air n'est pas toujours aussi régulièrement proportionnelle à sa chaleur, ni la dilatation produite par une chaleur

(*a*) Mem. de l'Acad. des Scienc. ann. 1702.
p. 204. &c.

donnée toujours aussi uniforme qu'il le suppose, & il n'est pas douteux que ces effets varient suivant l'humidité de l'air. Ainsi un air sec (*a*) ne sera pas autant dilaté par une chaleur donnée, que le sera un air imprégné de particules aqueuses, & dont le volume sera augmenté par les vapeurs. Il ne faut donc pas s'étonner qu'une construction sujette à tant d'inconvénients (*b*) n'ait jamais été universellement adoptée.

11. Cependant le degré de chaleur de l'eau bouillante étant une fois reconnu comme fixe, on peut en déduire une méthode générale pour construire tous les Thermomètres de la même maniere ; de sorte qu'ils seront correspondants les uns aux autres dans tous les degrés de chaleur. Pour cela, il n'y a qu'à graduer les Thermomètres de telle sorte que les divisions expriment la quantité de l'expansion du fluide, relativement à l'expansion

(*a*) Voyez l'Hist. de l'Acad. des Scien. ann. 1708. p. 15. Mem. p. 370. Muffchenbr. Tent. exp. Acad. Cim. add. p. 40. Ess. de Phys. §. 1402.

(*b*) Voyez M. de Reaumur, Mem. de l'Acad. des Scien. ann. 1730. p. 654.

produite par la chaleur de l'eau bouillante. Par exemple, supposé que le volume du fluide exposé à la chaleur de l'eau bouillante soit composé de 10000 parties, on marquera sur le tube 1, 2, 3, 4, 5, &c. par cette seule opération, qui peut se faire en tout temps; on aura des Thermometres correspondans, quoique faits par différentes personnes & en divers lieux. C'est-là ce qu'avoit proposé depuis long-temps M. Boyle (a).

12. Cette Méthode paroît d'abord très-plausible, & quelques Physiciens l'ont mise en usage, ainsi que nous aurons occasion de le dire. Cependant dans la pratique, il n'est pas si aisè de déterminer les divisions qui doivent répondre aux expansions du fluide, sans compter un autre inconvenient dont nous parlerons bien-tôt. Il sera donc plus à propos, & d'une pratique plus aisée, de déterminer au moins deux degrés de chaleur fixes à une distance considérable l'un de l'autre, & de diviser en un certain nombre de parties égales, ou degrés, l'espace com-

(a) Exp. on Cold. abr. I. p. 579.

pris entre les deux divisions qui marquent les expansions produites par ces deux degrés de chaleur. Nous avons vu que la chaleur de l'eau bouillante prise dans les circonstances & avec les précautions que nous avons dites, étoit un terme assez fixe ; maintenant si la chaleur de l'eau qui commence à se glacer est aussi invariable, nous aurons un second terme fixe & un moyen très-simple pour parvenir à notre but.

13. J'ai dit que M. Halley (*a*) croyoit que la congéllation n'étoit pas fixée à un point déterminé, & qu'elle avoit une certaine étendue ; d'autres Physiciens ont été persuadés que l'eau se congeloit à différents degrés de chaleur dans les différens climats & dans les différentes saisons. Une observation du Docteur Cyrilli (*b*) semble confirmer cette opinion, il trouva qu'à Naples le point de la congéllation de l'eau pris sur un Thermometre construit en Angleterre, suivant les principes de la Société Royale

(*a*) Phil. Trans. abr. p. 36.

(*b*) Phil. Trans. N. 424. p. 336. N. 430. p. 189.
N. 434. p. 407. 408. N. 435. p. 464.

étoit 10 degrés plus haut qu'il n'étoit marqué à ce Thermometre. Le P. Martini (*a*) après avoir rapporté que dans la Province de Pekin à la Chine , il fait des gelées excessives , eu égard à la latitude de ce climat qui est de 42 degrés , les rivières étant souvent prises quatre mois de suite , ajoute que les Européens , qui se trouvent dans ce pays-là , ne sont point sensibles à ce froid , & qu'ils sont persuadés que le même degré ne fauroit glacer l'eau en Europe. Il semble que l'on puisse conclure de tout cela , avec le Docteur Derham (*b*) , M. Musschenbroek (*c*) & d'autres , que plus on approche du Nord plus le froid doit être grand pour congeler l'eau , & ce qui pourroit encore fortifier cette conjecture , c'est que j'ai trouvé que quelques-uns des Thermometres de mercure , qui se construisent à Amsterdam , & où le point de la congélation est marqué au degré 32 , descendoient ici

(*a*) *Atlas Sinensis.* p. 27. *Voyez aussi Boyle , Exp. on Cold.* abr. I. p. 577. *M. de Reaumur , Mem. de l'Acad. des Scien. ann. 1734.* p. 233.

(*b*) *Phil. Transf. abr. I* p. 577.

(*c*) *Eff. de Phys.* §. 213.

ici (a) d'un ou deux degrés plus bas , en les plongeant dans de la neige , ou dans de la glace pilée , qui commençoient à se fondre.

14. Mais je suis convaincu que ces différences apparentes doivent être uniquement attribuées ou à la négligence des Observateurs , ou aux défauts des instrumens. Le Docteur Cyrilli auroit-il fait ses observations , sans exposer son Thermometre à l'air extérieur , comme il n'est que trop ordinaire à la plûpart de ceux qui construisent des Tables Météorologiques ? Pour me satisfaire sur ce point , & savoir si en effet le point de la congellation varioit dans les différens climats , je construisis ici sous la Latitude de 56 degrés 20 minutes , deux Thermometres de mercure , & je priai un de mes amis d'en construire d'autres à Londres , qui est sous la Latitude de 51 degrés 32 minutes ; nous prîmes l'un & l'autre le point de la congellation , les Thermometres étant entourés de neige , ou de glace fondantes , & après avoir fait

(a) A Edimbourg.

un échange de nos Thermometres , nous prîmes derechef , l'un sur les Thermometres de l'autre , le point de la congellation , pareillement dans de la neige , ou de la glace fondantes , & nous ne trouvâmes aucune différence sensible entre les deux observations (a). S'il devoit y avoir quelques changemens à raison des climats , une différence de Latitude de près de 5 degrés , ne les auroit-elle pas rendus sensibles ? Or , le mercure se tient au même point , toutes les fois qu'on plonge ainsi le Thermometre dans de la neige , ou de la glace fondantes , soit qu'on le fasse en Été , ou en Hiver , dans un temps chaud , ou dans un temps froid , & sous un poids quelconque de l'Atmosphère . D'où je conclus que le point de la congellation est un degré de chaleur constant , & mê-

(a) Depuis ces expériences , j'en ai fait d'autres à Londres , à Paris , sous la Latitude de 48 degrés 50 minutes , & à Dijon sous la Latitude de 47 degrés 20 minutes , & j'ai trouvé que le point de la congellation étoit par tout le même ; ensorte que je puis maintenant assurer avec plus de confiance , que ce terme est absolument fixe.

me plus fixe que le degré de l'eau bouillante, par conséquent très-propre à servir de terme pour la construction de nos Thermometres.

15. La fixité du point de la congellation me paroît suffisamment établie par ces observations, malgré tout ce que M. Taglini peut avoir dit de contraire, & ce que M. de Reaumur a trouvé à propos de lui accorder à ce sujet, & nonobstant les observations rapportées par M. Muffchenbroek, qui tâche de prouver que le point de la congellation varie, suivant que l'air fournit plus ou moins de parties salines à l'eau. On pourroit tout au plus conclure des raisons sur lesquelles ces Auteurs se fondent, qu'il y a quelques lieux & quelques circonstances où l'eau se congelle plus ou moins facilement, quoique dans l'état naturel, & autant que l'on peut en juger, le degré de froid qui produit la congellation, soit toujours le même.

16. La chaleur de l'eau qui commence à se glacer, ou, ce qui est la même chose, la chaleur de la glace qui commence à se fondre, est un terme si conve-

vénable, si remarquable, & en même-
temps si facile à déterminer par la simple
immersion de la bouteille du Thermome-
tre, qu'il est étonnant que si peu de Phy-
siciens en ayant fait usage dans la gra-
duation de leurs Thermomètres, qui au-
roient pu alors facilement être comparés
les uns avec les autres. On ne sait où
prendre ce terme sur le Thermometre de
Florence, non plus que sur les Thermo-
mètres François, même sur celui de M.
de la Hire, dont on s'est servi pendant si
long-temps à l'Observatoire, pour con-
struire des Tables Météorologiques, & avec
lequel on n'a pas laissé, malgré cela, que
de comparer quelquefois d'autres obser-
vations. Enfin, de toutes les observations
qui se trouvent, soit dans les Mémoires
de l'Académie de Paris, soit dans les
Transactions Philosophiques, la plupart
ont été faites avec des Thermomètres si
mal construits, que l'on n'y trouve aucun
degré de chaleur fixe, ou si quelques-uns
marquent le point de la congélation,
comme ce point a été le plus souvent mal
déterminé, & qu'ils ne marquent point
d'autre degré de chaleur invariable, les

observations auxquelles ils ont été employés, n'en sont pas moins incertaines.

17. La détermination des degrés de la chaleur fut regardée par M. Newton, comme un objet digne de son attention; & comme ce grand génie a porté toutes les autres choses qu'il a traitées beaucoup plus loin que ceux qui l'ont précédé, il nous a aussi laissé (*a*) une Méthode pour construire les Thermometres d'une manière beaucoup plus précise que l'on n'a voit fait avant lui. Nous avons déjà (*b*) dit qu'il étoit nécessaire, ou du moins plus commode de déterminer deux points fixes, afin de réduire les différens degrés de chaleur à une échelle intelligible. Nous avons pareillement établi (*c*) que le point de la congellation & celui de l'eau bouillante, étoient les plus convenables pour cet effet: ce sont aussi ces deux points que M. Newton a choisi. Pour ce qui est de la liqueur, il s'est servi de l'huile de lin, ayant reconnu que cette substance étoit assez homogène, qu'elle

(*a*) Phil. Transf. abr. IV. 2. p. 1, &c.

(*b*) §. 12.

(*c*) §. 8, 14.

étoit capable d'une expansion considérable , & qu'elle supportoit un grand froid avant de se glacer , & une grande chaleur avant de bouillir. Il suppose que la bouteille du Thermometre étant plongée dans de la neige fondante , le volume de l'huile est de 10000 parties , il trouve que ce volume est augmenté de $\frac{1}{3}$ par la chaleur du corps humain , & qu'il est alors de 10256 parties , qu'à la chaleur de l'eau bouillante ce même volume est de 10725 parties , & à la chaleur de l'étain fondant de 11516 parties ; il n'a point été au-delà de ce dernier degré. Il regarde le point de la congellation comme le terme entre la chaleur & le froid , & il marque zéro à ce point , au degré de la chaleur humaine il marque 12 , au degré de l'eau bouillante $34 = \frac{725 \times 12}{256}$ & au degré de l'étain fondant 71.

18. Il seroit à souhaiter que l'on eût deslors adopté cette construction , ou quelqu'autre semblable. Mais il y a apparence que l'on y a trouvé quelques inconvénients ; & sans parler de quelques petites erreurs qui sont dans les nombres ,

& de quelques observations , à la vérité , peu importantes , qui ne sont pas des plus exactes , on pourroit objecter (a) que M. Newton s'exprime comme si le point de la congellation de l'eau étoit le moindre degré de chaleur possible , quoique nous éprouvions souvent , ainsi que nous aurons occasion de le faire voir , un froid beaucoup plus considérable. Il seroit donc à propos d'étendre la graduation au-dessous de zéro , ou du point de la congellation , afin que l'on pût observer les plus grands froids sur ce Thermomètre tout comme sur les autres.

Il y a encore un autre inconvenient inseparable de tous les Thermometres d'huile , ou d'autres liqueurs visqueuses , c'est l'adhérence de la liqueur aux parois du tube. Lorsqu'il arrive des changemens prompts , par exemple , un froid subit , tandis qu'une partie de l'huile descend dans le tube , une autre partie demeure attachée aux parois & ne tombe qu'insensiblement , de sorte que le Thermometre indique d'abord un degré de

(a) Voyez M. Amontons. Mem. de l'Acad. des Scien. ann. 1703. p. 233.

froid plus grand qu'il n'est en effet ; & comme l'huile devient plus ou moins visqueuse à des degrés de chaleur différens , il arrive que cette adhérence est tantôt plus grande & tantôt moindre , ce qui empêche l'uniformité & la régularité du mouvement de la liqueur.

19. Les Thermometres de Florence qui étoient faits avec l'esprit de vin , n'étoient point aussi sujets aux erreurs que nous venons de faire observer. L'esprit de vin mouille à la vérité les parois du tube ; mais comme cette liqueur est très-subtile , il est vrai-semblable que l'adhérence est légère & assez uniforme , & qu'elle ne produit d'autre effet , sinon de rendre le tube un peu plus étroit : aussi l'esprit de vin a-t-il été plus souvent employé pour la construction des Thermometres que les autres liqueurs ; d'autant mieux qu'il est d'ailleurs très-mobile , qu'il rend sensibles les moindres impressions de la chaleur & du froid , & que la chaleur n'y excite pas facilement des bulles d'air , comme il arrive dans les liqueurs aqueuses. Mais ces Thermometres , ainsi que nous l'avons dit plus

haut (*a*) , avoient toujours été construits d'une maniere vague. Enfin , M. de Reaumur (*b*) les a réduits à une construction fixe & générale , que l'on peut suivre dans tous les temps & dans tous les lieux , & qui établit une correspondance universelle entre toutes les observations faites avec ces instrumens. Il marque d'abord le point d'une congellation produite par un mélange artificiel , & il mesure ensuite , selon les principes de M. Newton , la quantité dont l'esprit de vin se dilate depuis ce terme jusqu'au point où il est bouillant ; il suppose que le volume de l'esprit de vin , au point de la congellation de l'eau , est de 1000 parties , & il détermine de combien de ces parties la liqueur est dilatée , lorsqu'elle est bouillante , de plus qu'au point de la congellation. La quantité de cette dilatation varie suivant que la liqueur est plus ou moins rectifiée ; dans un esprit de vin ordinaire , elle est de $87\frac{1}{2}$ parties (*c*) ,

(*a*) §. 3. 4. 16.

(*b*) Mem. de l'Acad. des Scien. ann. 1730.

p. 645.

(*c*) *Ibid.* p. 690.

& dans un mélange de parties égales d'esprit de vin & d'eau , qui est à peu près l'état de l'eau-de-vie , cette dilatation est seulement de $62\frac{1}{2}$ parties (a). M. de Reaumur dit , que dans un esprit de vin très - rectifié , il trouva cette dilatation de 90 parties (b); mais le plus convenable , selon lui , est celui dont la dilatation est de 80 parties (c).

20. Cette imitation du Thermomètre de M. Newton , paroît d'abord devoir établir l'uniformité dans la construction de ces instrumens ; il y en a actuellement un pareil à l'Observatoire , construit par M. de Reaumur même , avec lequel on observe les variations de la chaleur , & l'on en a envoyé plusieurs jusques dans les pays les plus éloignés , afin de comparer ensemble la chaleur des différents climats , projet qui avoit été conçû dès le temps du grand Colbert (d) , mais qui n'avoit point été jusqu'à pré-

(a) *Ibid.* p. 692.

(b) *Ibid.* ann. 1734. p. 261.

(c) *Ibid* ann. 1730. p. 695. 698.

(d) Voyez les Mem. de l'Acad. des Sciences , ann. 1702. p. 290.

sent exécuté d'une maniere satisfaisante. On a fait avec ce même Thermometre des observations sous la Zone-torride , & les Académiciens François l'avoient dans le voyage qu'ils ont fait dans le Nord , pour déterminer la figure de la Terre. Cependant il y a lieu de douter que ce Thermometre ait toute l'exactitude que l'on pourroit souhaiter ; premierement , M. de Reaumur (*a*) prend le point de la congellation de l'eau avec une sorte de glace produite artificiellement , & non point avec de la neige ou de la glace ordinaire ; ensuite , comme il se sert d'un tube dont le globe a 3 ou 4 pouces de diametre (*b*) , je croirois qu'avant que la juste température de la glace ait été communiquée à toutes les parties de la liqueur , cette glace vient à la perdre elle-même , & qu'ainsi le point de la congellation est marqué plus haut qu'il ne doit être (*c*) ;

(*a*) *Ib.* ann. 1730. p. 655. 656. 680. 681. 712.

(*b*) *Ibid.* p. 660. 710.

(*c*) En comparant quelques observations , j'ai trouvé que le point de la congellation de M. de Reaumur , au lieu de répondre au degré 32 de Fahrenheit , comme il devoit arriver , ne répondait qu'au degré 34 , ou même un peu au-dessus .

& en effet, M. de Reaumur (*a*) dit lui-même qu'il faut un quart d'heure pour communiquer à l'esprit de vin la température de la glace environnante; mais autant que je puis en juger par mes propres expériences, & j'en ai fait plusieurs à ce sujet, il faudroit des heures entieres pour pénétrer une pareille masse de liqueur, & en réduire toutes les parties à la température requise. C'est pourquoi les Thermometres qui ont la boule fort grande, ne me paroissent point propres aux observations; il est aisé de s'en convaincre en comparant celles qui ont été faites en même temps à l'Observatoire sur le Thermometre de M. de la Hire & sur celui de M. de Reaumur; on verra que souvent elles ne s'accordent pas, ce qu'il faut attribuer à la différente capacité des boules (*b*). Il n'est pas possible qu'une grande masse de liquide soit affectée assez promptement par les variations de

(*a*) *Ibid.* p. 711.

(*b*) La boule du Thermometre de M. de Reaumur étoit de $3\frac{2}{3}$ pouces, & celle du Thermometre de M. de la Hire n'étoit que de $\frac{1}{2}$ pouces.

la chaleur, pour rendre sensibles les changemens qui ne sont que momentanés, ou pour faire observer la véritable quantité de ceux qui sont un peu plus durables. Ainsi les meilleurs Thermometres, quoique M. de Reaumur prétende le contraire (*a*), sont ceux qui ont le tube & la bouteille petite. J'en ai fait dont les tubes étoient capillaires, & qui s'accordent les uns avec les autres dans toute l'exactitude que l'on peut attendre de ces sortes d'instrumens.

21. Si le terme de la congellation n'est point exact dans les Thermometres de M. de Reaumur, celui de l'eau bouillante me le paroît encore moins. En effet, si un Thermometre d'eau qui seroit plongé dans de l'étain fondu ne fauroit acquérir une chaleur au - dessus de celle de l'eau bouillante, quelque grande que parût l'agitation de l'eau, bien loin de parvenir à celle de l'étain fondu ; de même aussi un Thermometre d'esprit de vin plongé dans de l'eau bouillante,

(*a*) Mem. de l'Acad. des Scien. ann. 1730.
p. 650, 656, 659.

ne sauroit atteindre à la chaleur de cette eau , quelque violente que soit son ébullition. Ainsi M. de Reaumur attribue à ses Thermomètres une chaleur dont ils ne sont pas susceptibles ; & la différence n'est pas de peu de conséquence , car j'ai trouvé que la plus grande chaleur d'un esprit de vin bien rectifié , ne passoit pas le 175^{me} degré du Thermometre de Fahrenheit dans lequel le mercure est porté 37 degrés plus haut par la chaleur de l'eau bouillante , & que l'eau-dé-vie ordinaire alloit tout au plus au 190^{me} degré du même Thermometre . Tant s'en faut que toutes sortes de liqueurs spiritueuses plongées dans de l'eau bouillante , acquierent , comme le pense M. de Reaumur , la même chaleur , ou une chaleur égale à celle de l'eau environnante. Ainsi , à supposer que la plus grande chaleur du Thermometre de M. de Reaumur , soit le 180^{me} degré du Thermometre de Fahrénheit l'erreur sera de 32 degrés.

22. Mais quand bien même les Thermometres d'esprit de vin auroient toute la perfection qu'on peut leur donner ,

l'étendue de leur dilatation est trop bornée pour en faire une mesure universelle. De toutes les liqueurs, l'esprit de vin est celle qui parvient le plutôt à l'ébullition, & quoiqu'il reste fluide à un degré de froid assez grand, je crois pouvoir conclure de quelques expériences, que le progrès de sa condensation n'est pas régulier, & l'on fait que pendant le séjour que les Académiciens François firent à Torneao près du cercle polaire, le grand froid fit glacer l'esprit de vin de leurs Thermometres (*a*).

23. Quel sera donc le fluide propre à la construction que nous voudrions établir ? Nous avons déjà rejetté l'air, l'huile, les liqueurs spiritueuses, & à plus forte raison l'eau ; il ne reste plus que le vif-argent. Ce fluide est d'une très-grande mobilité, il s'échauffe & se réfroidit plus promptement qu'aucune liqueur connue ; (je puis l'affurer à l'égard de l'eau, de l'huile & même de l'esprit vin) il ne se congèle point au froid le

(*a*) Voyez M. de Maupertuis, Figure de la Terre. p. 58.

plus violent qui ait été observé jusqu'à présent, il supporte une très-grande chaleur avant de parvenir à l'ébullition, & lorsqu'il est bien purifié, il ne s'attache aucunement au verre. M. Halley (*a*) ne connoissant que quelques - unes de ces propriétés, avoit pensé que le vif-argent feroit très - propre à la construction des Thermometres, s'il étoit d'une plus grande expansibilité ; mais cette difficulté, que l'on pourroit faire encore, peut facilement se lever, en donnant à la boule un peu plus de capacité par rapport au tube. C'est donc avec raison qu'on se sert à présent des Thermometres de mercure, & qu'on les regarde comme les plus exacts. Olaus Roemer (*b*) passe pour être le premier qui ait travaillé à les perfectionner, & depuis, M. Fahrenheit & d'autres Artistes, en ont fait plusieurs, qui, par leur forme, peuvent aisément se transporter & servir à plusieurs usages ; on les envoie de la Hollande dans toute sorte de pays. Ils
ont

(*a*) Phil. Trans. abr. II. p. 34.

(*b*) Voyez Boerhaave. Chem. I. p. 720.

ont été imités en plusieurs autres endroits, & actuellement il ne s'en fait pas de plus parfaits & de plus exacts que ceux de M. Wilson à Londres.

24. Comme la graduation de Roemer ou de Fahrenheit, est assez commode, il seroit à souhaiter qu'elle fût universellement adoptée, afin d'établir l'uniformité dans les observations. De cette façon, tous les Physiciens qui rapporteroient des expériences sur la chaleur parleroient la même langue, & seroient généralement entendus.

Le vif-argent contenu dans la boule de ce Thermomètre est conçû, divisé en 11124 parties, ainsi que nous l'apprennent M^s Boerhaave (*a*) & Musschenbroeck (*b*), & le degré le plus bas marqué o est le point où descend le mercure dans un froid très-violent, produit artificiellement par un mélange (*c*), de sel ammoniac, ou de sel marin, & de neige

(*a*) Chem. I. p. 174.

(*b*) Eff. de Phys. §. 948.

(*c*) Fahrenh. Transl. Phil. abr. VI. 2. p. 52.
Musschenbr. Diff. Phys. p. 680. Eff. Phys.
§. 948.

ou de glace pilée, dont on entoure la boule.

La même boule étant plongée dans de la neige, ou de la glace fondante, la quantité dont le mercure se dilate est de 32 des parties¹, dont la boule en contient 11124, & l'on divise l'espace compris entre le point où s'arrête le mercure & entre le degré 0 en 32 parties égales ou degrés (*a*).

Le Thermomètre étant ensuite plongé dans de l'eau bouillante, & le poids de l'athmosphère étant au point requis (*b*), la dilatation du mercure est de 212 des mêmes parties, & l'on divise l'espace compris entre le point où il est arrêté & le degré 32, en 180 parties égales ou degrés (*c*). Si le tube est assez long, on continue la graduation, suivant cette proportion, jusqu'au degré 600, qui est le point de dilatation auquel le mercure commence à bouillir.

25. M. Boerhaave n'est point d'ac-

(a) Fahrenh. Phil. Transf. abr. VI. 2. p. 52.

(b) S. 9.

(c) Fahrenh. Phil. Transf. abr. VI. 2. p. 18.

cord avec lui-même , sur le nombre des parties dans lesquelles on suppose que le mercure de la boule est divisé ; il dit dans un autre endroit (a) , que celui qui a été déjà cité , que le nombre de ces parties est seulement de 10782 , & ensuite (b) il le met , & je crois que c'est avec plus de fondement , à 11520 ; quoique dans toutes ces supputations il suppose un même degré de chaleur donné , produisant une dilatation d'un même nombre de parties . Je n'ai point vérifié laquelle de ces suppositions est la plus exacte , il n'est pas même nécessaire de s'en embarrasser ; & sans tout cet appareil , il suffit de remplir de mercure la boule & une petite portion du tube jusqu'à une hauteur telle que , la boule étant plongée dans de la neige ou de la glace fondante , il reste au - dessous du point où se tient le mercure , & que l'on marquera 32 , assez d'espace pour remplir les divisions jusqu'à 0. Ensuite on plongera la boule dans l'eau bouillante ,

(a) Chem. I. p. 165.

(b) Ibid. Explic. de la Fig. 3^{me} de la Planche V.

on marquera 212 au point où le mercure s'arrêtera , on divisera l'espace compris entre les divisions 212 & 32 en 180 parties ou degrés , & l'on continuera la graduation dans cette proportion. Ce moyen me paroît le plus aisé & le plus sûr , & c'est celui dont je me suis toujours servi dans la pratique , fondé sur ce que nous avons déjà établi , que les deux points fixes & invariables , pour la construction des Thermometres , sont le terme de la glace & celui de l'eau bouillante.

26. Nous avons supposé jusqu'ici que le tube du Thermometre étoit parfaitement cylindrique , ce qui est presqu'impossible , ces sortes d'instrumens ayant toujours quelques inégalités ; mais on peut aisément remédier aux erreurs qui pourroient en naître ; il n'y a qu'à introduire dans le tube un petit cylindre de mercure , lui faire parcourir successivement toute l'étendue du tube , & marquer en même-tems les limites qui le comprennent. On aura , par ce moyen , des divisions égales , & l'on pourra réduire la graduation à toute l'exactitude possible.

27. Cette façon de concevoir le volume du mercure contenu dans la boule jusqu'à la premiere division , comme composé d'un certain nombre de parties , savoir de 10782 , ou de 11124 , ou de 11520 , ou même de 11790 , autant que je puis le conjecturer , & de prendre 212 de ces parties pour exprimer la quantité de la dilatation du mercure , depuis ce premier terme jusqu'à celui de l'eau bouillante , étoit originai-
rement tout-à-fait arbitraire ; & il faut avouer que l'on auroit pû faire d'abord une supposition plus convenable , ou que l'on pourroit l'établir aujourd'hui , si cette construction n'étoit pas aussi uni-
versellement reçue & adoptée par la plû-
part des Savans de l'Europe. M. Delisle publia à Petersbourg une graduation plus simple. Il suppose (*a*) que le volume du mercure , le Thermometre étant plongé dans l'eau bouillante , est de 10 mille ou de 100 mille parties , & il marque en de telles parties au-dessus & au-dessous de ce point fixe , tous les degrés de cha-

(a) Phil. Trans. N. 441. p. 222.

leur correspondans à tous les degrés possibles de dilatation & de condensation.

« Comme le mercure purifié , dit M. Delisle , est partout de la même nature , & qu'il n'est susceptible d'aucune altération dans les tubes scellés , il est probable qu'étant pris au même degré de pureté , il sera dilaté dans tous les pays de la même quantité , par le même degré de chaleur . » D'où il conclut que ces Thermometres sont très-propres à comparer les températures des différens climats . J'avoue que cette construction pourroit servir à établir la graduation uniforme des Thermometres , elle est sujette à beaucoup moins d'inconvénients que celle de M. de Reaumur , dont nous avons déjà rendu compte (*a*) . Mais je ne puis m'empêcher d'observer , que M. Delisle auroit peut-être mieux fait de considérer le mercure au point de la congillation de l'eau , plutôt qu'à celui de l'eau bouillante , & d'y poser le point fixe de sa graduation . De cette sorte , les variations de la chaleur auroient été ex-

(*a*) §. 19. 20. 21.

primées en nombres croissans ou décroissans , relativement à l'accroissement ou au décroissement de la chaleur , ce qui paroît beaucoup plus naturel. Et comme il y a très-peu d'observations à faire au-dessous du terme de la glace , il n'y aurait pas eu un grand inconvenient à exprimer ces degrés par des nombres négatifs placés au-dessous de 0 ou de 100000.

28. Mais quelqu'élegant que paroisse cette construction dans la spéulation , il n'est pas si aisément , comme nous l'avons déjà dit (*a*) , de déterminer exactement dans la pratique , les divisions correspondantes aux dilatations du fluide. D'ailleurs le verre est lui-même dilaté par la chaleur , à la vérité , beaucoup moins à proportion que le vif-argent , ensorte que c'est seulement l'excès de la dilatation du fluide sur la dilatation du verre qui peut être observé. S'il arrive que les différens verres soient différemment affectés par un degré de chaleur donné , il pourra en résulter une différence apparente dans les dilatations du mercure ,

(a) §. 12.

fur les Thermometres de M. Newton ,
de M. de Reaumur & de M. Delisle. Or ,
M. Boerhaave assure () , d'après les ob-
servations de Fahrenheit , que les diffé-
rentes sortes de verre sont différemment
affectées par la chaleur ; & M. Muischen-
broek a trouvé , par le moyen de son py-
rometre , que les différens tubes de verre
sont affectés , les uns plus , les autres
moins , par le même degré de chaleur .
Ainsi , dans les Thermometres dont les
tubes seroient de différentes sortes de ver-
re , le même degré de chaleur produiroit
en apparence des dilatations différentes
dans le même fluide . Cela est confirmé
par les observations de M. Campbell ,
membre illustre de la Société Royale ,
lequel a trouvé par des expériences fai-
tes avec toute l'exactitude possible , que
différens Thermometres de M. Delisle ,
étant entourés de neige fondante , mar-
quoient différens degrés , les uns 154 ,
les autres 156 , & un d'entr'eux 158 .
Et après les avoir vuidés & remplis de
nouveau , suivant la même construction

quelquefois avec de nouveau mercure , il a toujours trouvé les mêmes résultats après des expériences répétées. Enfin , il a poussé si loin l'exactitude , que les mêmes tubes donnoient toujours les mêmes degrés , aussi ponctuellement qu'on peut le désirer dans des expériences aussi délicates. J'ai fait moi-même de semblables expériences avec beaucoup de soin : un des propres Thermometres de M. Delisle , m'a toujours donné 150 degrés , un autre où j'avois mis sur l'un des côtés la graduation de Fahrenheit , marquoit $148\frac{1}{2}$ sur l'échelle de M. Delisle , lorsqu'il marquoit 32 sur celle de M. Fahrenheit ; & sur un troisième construit à Paris par M. le Monnier , j'ai vû le terme de la congellation placé au degré 148. Il résulte même , des propres paroles de M. Delisle , que ses Thermomètres doivent mal s'accorder , tant cette construction paroît incertaine & précaire. Ainsi je conclus qu'il faut absolument la rejeter , se fixer sur deux points de chaleur pris à une distance considérable l'un de l'autre , & diviser l'espace intermédiaire en un nombre convenable

de parties égales, ainsi que nous l'avons proposé (*a*) dans notre construction imitée de celle de Roemer & de Fahrenheit.

29. Afin d'étendre davantage nos recherches sur la chaleur, & d'être à portée de comparer les autres Thermomètres avec le nôtre, que nous croyons devoir être dorénavant seul employé, il ne sera pas hors de propos de rapporter à ce Thermometre les observations les plus importantes qui ont été faites avec les autres, de déterminer quels points de notre graduation répondent à ceux des autres, d'y marquer les différens degrés de la chaleur naturelle, ceux de la chaleur animale, les degrés de chaleur nécessaires pour réduire les différens corps solides à l'état de fluidité, & pour exciter l'ébullition dans ceux qui sont fluides; mais la comparaison des différens Thermomètres entr'eux, & la détermination des différens degrés de chaleur des corps, sont des sujets assez fertiles & assez curieux pour être considérés chacun en particulier.

[a] §. 24. 25. 26.

ESSAY III.

Sur la comparaison des différens Thermometres.

1. **Q**UOIQUE nous ayons fait remarquer que la construction vague des Thermometres avoit jetté la plus grande incertitude sur les observations , il ne sera pas inutile d'examiner de près , autant que nos lumières le comporteront , les principes sur lesquels les anciens Thermometres avoient été construits ; & s'il nous est possible de découvrir ces principes , & de comparer ces Thermometres avec celui dont nous connoissons déjà la construction & la régularité , nous recouvrerons les observations de nos prédecesseurs , qui étoient perdues pour nous , faute d'une connoissance exacte de la graduation de leurs Thermometres ; & celles qui ont été faites en différens temps & en divers lieux , avec des instrumens d'une construction connue , ne seront plus regardées comme inutiles , nous

pourrons les comparer , soit entr'elles ; soit avec nos propres observations & les degrés de chaleur que nous connoissons.

2. Comme Sanctorius paroît être le premier qui ait imaginé de mesurer les différens degrés de la chaleur par la dilatation des corps , on pourroit désirer de savoir comment il graduoit ses Thermomètres ; mais , à dire vrai , ce seroit un objet de pure curiosité , & dont on ne pourroit retirer aucun fruit , attendu que ces Thermomètres étoient affectés par le poids de l'athmosphère aussi-bien que par la chaleur . L'Académie del'Cimento remédia à cet inconvénient , en construisant ses Thermomètres avec de l'esprit de vin renfermé dans des tubes scellés ; & l'on fit sur ces tubes , ou bien sur les Planches auxquelles ils étoient fixés des divisions qui faisoient juger des différentes dilatations de la liqueur produites par les différens degrés de la chaleur .

Je suis étonné que M. Musschenbroek (a) , qui a donné une Traduction Latine des Ouvrages de cette Académie avec

(a) Ess. de Phys. §. 947.

d'excellentes additions , parle de ces Thermometres comme s'ils avoient été construits fans aucune regle , & d'une maniere incertaine & arbitraire , reproche que l'on pouvoit faire à plus juste titre à ceux qui furent faits dans la suite . Il est vrai que cette illustre Société en construisit de plusieurs sortes les uns plus parfaits que les autres ; mais dans la construction de ceux qu'elle employoit par préférence (a) , il est marqué expressément à quel degré l'esprit de vin se soutenoit à la température ordinaire des temps de neige ou de glace ; & comme ces expériences ont été faites en Italie , je suppose que ce terme est celui de la neige fondante , & que par conséquent il répond au 32^{me} degré de notre Thermometre (b). Ainsi sur le premier Thermometre de Florence , le terme de la glace tombe au degré 20 (c) & sur le second au degré 13½ (d).

Nous avons donc un point fixe de cha-

(a) Tent. Exp. Acad. Cim.

(b) I. Eff. §. 24.

(c) Tent. Exp. Acad. Cim. p. 2. 7.

(d) Ibid. II. p. 129.

leur dans la construction de ces Thermomètres, ce qui nous manque dans la plûpart des autres; mais avec ce point seul il n'est pas possible de juger du reste de la graduation, & il faut convenir que les autres degrés ne sont point déterminés comme on souhaiteroit qu'ils fussent. Les Académiciens, dont nous parlons, disent que dans leur premier ou grand Thermomètre, la liqueur étant exposée à la plus grande force des rayons du Soleil dans leur pays, est portée au degré 80 (a), & dans le second au degré 40 (b), il est constant que cette maniere de grader est fort incertaine, & que le degré de chaleur qu'ils nous assignent peut varier suivant le jour, l'année, le climat, &c. mais par un heureux hazard, ils nous ont laissé un moyen de le déterminer & de le rapporter à peu près au Thermo-mètre de Fahrenheit, ce qui paroissoit d'abord si peu praticable, que l'on auroit regardé avec raison cette prétention comme désespérée, si deux grands Ob-

(a) *Ibid.* p. 2. 4.

(b) *Ibid.* p. 4.

servateurs de la nature , Borelli & Malpighi n'avoient mis dans leurs Ouvrages que la chaleur des entrailles de quelques animaux , tels que les vaches & les bêtes fauves , élève la liqueur du petit Thermometre de Florence au degré 40 , qui est justement celui de la plus grande force des rayons du Soleil , & qui répond à peu près au 102^{me} de notre Thermometre.

Des deux points fixes que nous venons de découvrir dans la construction des Thermometres de Florence , il est aisé de déduire le moyen de faire une estime assez juste des observations faites avec ces instrumens , comme on peut le voir en jettant les yeux sur la Table , N°. I. II. III.

3. Les Thermometres qui furent ensuite en usage , furent tous des imitations de ceux de Florence , avec cette différence qu'ils ne furent point construits sur les mêmes principes , & que l'on ne suivoit même aucune règle dans leur construction. M. Hubin fut employé en France , pour en construire à l'usage de l'Académie des Sciences. Mais il y a apparence qu'il ne les construisit point

48 ESSAYS
tous de la même maniere ; nous trouvons dans les Ecrits des Missionnaires des Indes (*a*), des observations faites avec ceux de ces Thermometres qui étoient , disent-ils , gradués fort bas. Quoiqu'il en soit , nous pouvons en déterminer la construction , à la faveur d'un Mémoire de M. Amontons , où il désigne cet instrument sous le nom d'ancien Thermometre (*b*). Le degré 25 y répond au terme de la glace , & le degré 50 à la température des caves de l'Observatoire , qui est le 53^{me} degré du Thermometre de Fahrenheit. Ainsi , la comparaison entière du Thermometre est fort aisée. Voy. la Table , N°. I. IV.

4. Je ne fache pas qu'il y ait grand nombre d'observations faites avec ce Thermometre ; & il nous importe beaucoup plus de déterminer la construction de celui de M. de la Hire , qui a été conservé à l'Observatoire pendant plus de 60 ans , & qui a servi pendant tout ce temps

(a) Mem. de l'Acad. des Scienc. ann. 1666.
— 1698. VII. p. 835.

(b) Mem. de l'Acad. des Sc. ann. 1703. p. 53.

temps à la construction des Tables Météorologiques. Mais il est à regretter, que ni M. de la Hire, ni ceux qui continuerent après lui ses observations, n'ayent jamais déterminé avec exactitude de deux points fixes sur ce Thermomètre, afin de nous mettre à portée d'en construire de semblables. Malgré cela, j'espere que nous en déterminerons la construction, sans nous écarter beaucoup de la vérité. Nous savons avec certitude qu'à la température des caves de l'Observatoire, qui est le degré 53 du Thermomètre de Fahrenheit, celui de M. de la Hire étoit constamment au degré 48 (a), & que dans des temps de gelée ce Thermomètre étant au sommet des tours de l'Observatoire, la liqueur se tenoit depuis le degré 30 jusqu'au degré 32 (b), c'est-à-dire, un peu au-dessus du

(a) Mem. de l'Acad. des Scien. ann. 1700.
p. 8. 1701. p. 10, 1702. p. 5, 1703. p. 3, 1704.
p. 2, 1705. p. 4, 1706. p. 3, 1707. p. 2, 1708.
p. 61, 1709. p. 3, 1710. p. 141.

(b) Ibid. ann. 1702. p. 5, 1704. p. 4, 1705.
p. 4, 1706. p. 3, 1707. p. 2, 1708. p. 62, 1709.
p. 3, 1710. p. 141, 1711. p. 2.

50 ESSAYS

véritable terme de la glace , que quelques autres circonstances nous portent à placer au degré 28 de ce Thermometre , lequel répond ainsi au degré 32 du nôtre. *Voy.* la Table , N°. I. V. Nous avons une observation de M. de la Hire même , de laquelle il résulte que le degré 28 de son Thermometre répond au degré 51. 6 lig. de celui de M. Amontons (*a*) .

5. M. Amontons avoit fait un grand pas pour l'établissement d'un Thermometre universel , mais celui qu'il proposa n'a pas eu lieu , à cause de quelques inconvénients dont nous avons eu occasion de parler (*b*). Le degré 51. 6 lign. y répondait au terme de la glace , & le degré 73 au terme de l'eau bouillante , & ces deux points répondent sur les Thermometre de Fahrenheit aux degrés 32 & 212. *Voy.* la Table , N°. I. VI.

6. Le Marquis Poleni (*c*) nous a laissé le résultat d'un très-grand nombre d'excellentes observations Météorologiques , faites avec un Thermometre construit

(*a*) *Ibid.* ann. 1710. p. 142.

(*b*) *Eff.* I. §. 10.

(*c*) *Phil. Trans.* 421. p. 205.

sur les principes de M. Amontons , mais dont les nombres sont différens : j'ai crû qu'il ne seroit pas inutile de donner aussi la comparaison de ce Thermometre. Voy. la Table , N°. I. VII.

7. M. de Reaumur sentant les inconveniens de la construction de M. Amon-
tons , en proposa une nouvelle qu'il ju-
geoit meilleure. Sa graduation commen-
ce au terme de la glace , & le degré 80
marque le terme de l'eau bouillante ;
nous avons déjà dit (a) les raisons qui
nous portent à croire qu'il y a de l'erreur
dans la détermination de ces deux points.
Cependant , comme l'on a fait avec ce
Thermometre un grand nombre d'ob-
servations , il est nécessaire d'en donner
une Table de comparaison avec celui de
Fahrenheit. Le degré qui marque le ter-
me de l'eau bouillante dans ce Thermo-
metre , ne répond véritablement qu'au
terme de l'esprit de vin bouillant , c'est-
à-dire , au degré 180 du Thermometre
de Fahrenheit ; & comme le degré 10 $\frac{1}{4}$
répond constamment à la température des

(a) Eff. I. §. 20. 21.

caves de l'Observatoire (*a*), ou au degré 53 de Fahrenheit, je trouve que le degré qui marque la glace, tombe un peu au-dessus du degré 34 de Fahrenheit, au lieu du degré 32, qui est le véritable terme de la glace. *Voy.* la Table N°. I.

VIII.

8. Le Thermometre de M. Delisle est construit sur des principes à peu près semblables à ceux de M. de Reaumur, avec cette différence que la graduation commence au terme de l'eau bouillante, & que les divisions comprises au-dessous de ce point répondant aux condensations du mercure, & sont exprimées contre l'ordre ordinaire par des nombres qui croissent à proportion que la chaleur décroît. Nous avons observé (*b*) les irrégularités que les différentes sortes de verre pourraient introduire dans cette construction ; au reste le degré 150 de ce Thermometre répond au terme de la glace, & au degré 32 du Thermometre de Fahrenheit, ainsi l'on peut facilement en faire la comparaison. *Voy.* la Table, N°. I. IX.

(*a*) Mém. de l'Acad. des Sc. ann. 1714. p. 503.

(*b*) Eff. I.

9. Nous avons des observations de Météorologie faites par M. Crucquius, en Hollande (*a*), avec un Thermometre d'air, dont la bulle occupoit un volume de 1070 parties au terme de la congellation, & de 1510 parties au terme de l'eau bouillante. *Voy.* la comparaison de ce Thermometre à la Table, N°. I. X.

10. Les Thermometres les plus communs en Angleterre, sont ceux qui sont construits sur le modele de celui qui est à la Société Royale, & le plus souvent ils sont faits avec assez peu de soin. On en a envoyé plusieurs dans les pays étrangers pour établir une correspondance d'observations. Ainsi il est intéressant pour nous de découvrir les principes de leur construction, afin de les comparer avec les autres. Le commencement de la graduation où le degré 0 est au haut du tube, & les nombres croissent à proportion que la chaleur décroît. Je ne saurois donner la raison de cette construction. Il est marqué (*b*) au degré 0 *très-chaud*, au degré 25 *chaud*, au degré 45 *tem-*

(*a*) Phil. Trans. N. 381. p. 4.

(*b*) Phil. Trans. N. 429. p. 103. N. 434. p. 407.

péré, & au degré 65 point de la congelation. Mais par des expériences faites sur plusieurs de ces Thermometres, j'ai trouvé qu'au terme de la neige fondante la liqueur se tenoit au degré 78 ou 79, près de 14 degrés plus bas que l'on n'avoit crû jusqu'à présent ; ce qui augmente encore le merveilleux de l'observation du Docteur Cyrilli (*a*), qui trouva que le terme de la glace étoit au degré 55 à Naples.

Pour établir la comparaison de ce Thermometre, il faudroit pouvoir y déterminer un autre degré de chaleur, & l'on voit que les termes de *chaud*, *tempéré*, &c. qui répondent à d'autres degrés, sont fort équivoques. Ainsi, pour ôter toute sorte de doute, j'ai pris le parti de faire moi-même l'expérience, & j'ai trouvé que le degré $34\frac{1}{2}$ répondait au degré 64 du Thermometre de Fahrenheit. D'où l'on déduit aisément le reste de la comparaison. Voy. la Table, N°. I. XI.

II. M. Newton (*b*) s'étant apperçu

(*a*) Phil. Trans. N. 424 p. 336. N. 434. p. 407.

(*b*) Phil. Trans. N. 270. p. 824.

de l'incertitude qui régnoit dans la construction des Thermometres , en imagina un dont je suis bien étonné qu'on ait fait si peu d'usage , tant il est simple & facile à construire. La graduation commence au terme de la glace , & l'on divise l'espace , compris entre ce point & celui de l'eau bouillante , en 34 parties égales que l'on peut sous-diviser à volonté. *Voy.* la comparaison de ce Thermometre avec celui de Fahrenheit à la Table , N°. I. XII.

12. On fait assez communément usage en Angleterre d'un Thermometre , où la moyenne température de l'air est regardée comme un milieu entre le froid & le chaud , & est désignée par le degré 0 , au - dessus & au - dessous duquel on établit une division qui exprime les degrés de chaud & de froid de l'air environnant. C'est de ce Thermometre que l'on se sert dans les étuves & dans les serres , pour entretenir le degré de chaleur propre à maintenir la végétation des plantes étrangères. Je ne crois pas que ces sortes de Thermometres soient construits sur des principes fixes ; ils

marquent ordinairement le terme de la congellation au degré 30 au-dessous de 0 ; mais M. Fowler , chez qui on prend la plûpart de ces instrumens , a trouvé , après l'expérience que je l'avois prié d'en faire , qu'au terme de la neige fon- dante la liqueur se tenoit au degré 34 au-dessous de 0 , & par quelques expé- riences que j'ai fait moi-même , j'ai trou- vé que le degré 15 au-dessous de 0 répon- doit au degré 64 du Thermometre de Farenheit. *Voy.* le reste de la comparaï- son à la Table , N°. I. XIII.

13. Le Docteur Hales (*a*) trouva à propos d'employer une nouvelle con- struction pour faire ses ingénieuses expé- riences. Il commença la graduation au terme de la glace , & l'étendit jusqu'au degré 100 , qu'il plaça au point où fut élevée la liqueur par la chaleur d'une eau qui commençoit à faire fondre de la cire. J'ai trouvé que ce degré de chaleur por-妥it le Thermometre de Farenheit au degré 142 , & celui du Docteur Hales fort au-dessous du degré 100 qu'il nous a assigné. *Voy.* la comparaïson des deux

(a) Veget. Stat. p. 37,

Thermometres à la Table , N°. I. XIV.
Le Docteur Hales nous dit que son Thermometre étoit au degré 13 un jour de Printemps , tandis que le nôtre étoit au degré 48.

14. La Société d'Edimbourg a commencé depuis plusieurs années des observations exactes sur la chaleur , dont elle a déjà publié une partie parmi ses Essays de Medecine. Il nous est fort aisè de déduire de ses propres paroles , la comparaison de son Thermometre. Elle nous dit (*a*) que la boule étant plongée dans de la neige fondante , la liqueur est élevée de 8 , 2 pouces au-dessus du premier point de la graduation , que la même boule étant entourée de la peau du corps humain , la liqueur est élevée de 22 , 2 pouces , & que l'espace intermédiaire est divisé en pouces & en diximes de pouces. Enfin j'ai trouvé que la chaleur de la personne qui a construit ce Thermometre répondait au degré 97 du Thermometre de Fahrenheit. D'où l'on peut déduire le reste de la comparaison .
Voy. la Table , N°. I. XV.

(a) Edinb. Med. Eff. I. p. 8.

15. Il y a plusieurs autres Thermomètres avec lesquels on a fait des observations, mais ils ont été ou si mal construits, ou si mal décrits, que nous ne pouvons en tirer aucun fruit; & de quelqu'usage qu'ils ayent été à leurs Auteurs, ils sont pour nous comme s'ils n'avoient jamais existé.

R E M A R Q U E

Sur la comparaison des Thermometres.

La Méthode que l'on vient de proposer pour la comparaison des Thermometres ne paroît pas assez développée, pour concevoir d'abord les principes sur lesquels elle est fondée, & prévenir les objections qui se présentent à la première vûe. Dans chaque Thermometre que M. Martine veut comparer à celui de Fahrenheit, il tâche seulement de connoître deux points de la graduation correspondans à deux chaleurs connues; il prend sur le Thermometre de Fahrenheit les degrés qui répondent à ces deux chaleurs; & les tubes des deux Thermometres étant supposés paralleles, il mene par les deux points déterminés sur le Thermometre de

Fahrenheit deux droites perpendiculaires au tube , & prolongées jusqu'à la rencontre de l'autre tube ; il marque aux deux points de rencontre les degrés qui répondent , suivant la construction , aux deux chaleurs connues , il achieve la graduation du tube , & il détermine le reste de la comparaison en menant de semblables lignes par les différens points de la graduation de Fahrenheit. De sorte que M. Martine suppose que les portions des deux tubes comprises entre deux parallèles quelconques , contiennent les accroissemens de la dilatation des fluides produits par un accroissement de chaleur donné ; & comme il ne fait point mention d'autre chose , on ne voit point d'abord si la détermination de ces deux points est suffisante pour la comparaison des Thermometres , sans s'embarrasser ni de la différence des liqueurs , ni de la différence des diamètres des tubes & des boules ; ou s'il ne faut point avoir égard à ces choses ; puisque dans les Thermometres , construits avec le même fluide les hauteurs des cylindres fluides élevés dans les tubes par des accroissemens de chaleur donnés ,

peuvent varier suivant les proportions des tubes & des boules , & que dans les Thermometres construits avec des fluides différens , ces hauteurs peuvent varier encore non - seulement à raison des différens degrés d'expansibilité des fluides , c'est-à-dire , des différentes quantités , dont ils sont dilatés par un accroissement de chaleur donné ; mais encore à raison du plus ou du moins d'uniformité qu'ils observent dans leurs accroissemens de dilatation . Ainsi j'ai crû qu'il ne seroit pas inutile d'examiner avec quelque détail , les conditions qui sont supposées dans cette Méthode , & de rechercher jusqu'à quel point elles se rencontrent dans chaque cas particulier .

Le Thermometre de M. Delisle étant construit avec le même fluide que le Thermometre de Fahrenheit , les accroissemens de la dilatation produits dans l'un & dans l'autre , par un accroissement de chaleur donné , feront entr'eux comme les volumes du fluide , par conséquent les cylindres fluides qui s'élèvent dans les deux tubes , à l'occasion d'un accroissement de chaleur quelconque , feront en-

tr'eux comme les solidités des boules, & si l'on suppose les deux cylindres de la même hauteur, leurs bases seront entr'elles comme les solidités des boules ; ainsi dans la comparaison du Thermometre de M. Delisle avec celui de Fahrenheit, la Méthode suppose que les bases des tubes sont entr'elles comme les solidités des boules.

Le Thermometre de M. Newton est dans un autre cas, l'huile de lin avec laquelle il est construit, est plus dilatée par le même accroissement de chaleur que ne l'est le mercure ; ainsi l'on ne peut point établir dans la comparaison exacte de ce Thermometre avec celui de Fahrenheit, que les accroissemens de dilatation produits dans les deux fluides, par le même accroissement de chaleur, sont proportionnels aux volumes des fluides.

Supposons deux Thermometres égaux, l'un construit avec du mercure, suivant les principes de Fahrenheit, & désigné par A, & l'autre construit avec de l'huile de lin, suivant les principes de Newton, & désigné par B, de telle sorte que les volumes sous lesquels les deux fluides

sont compris au terme de la glace soient égaux entr'eux.

Le volume que le mercure du Thermomètre A occupe au terme de la glace, est au volume qu'il occupe au terme de l'eau bouillante, comme 11124 + 32 est à 11124 + 212 (a) comme 11156 est à 11336 comme 10000 est à 10161 +.

Le volume que l'huile de lin du Thermomètre B occupe au terme de la glace, est au volume qu'elle occupe au degré de l'eau bouillante, comme 10000 est à 10725 (b).

Ainsi l'accroissement de chaleur compris depuis le terme de la glace jusqu'à l'eau bouillante, élève dans les tubes des Thermomètres A & B des cylindres fluides, qui sont entr'eux comme 161 est à 725.

Soit un troisième Thermomètre désigné par C, construit avec de l'huile de lin, suivant les principes de M. Newton, & tel que le cylindre fluide, élevé

(a) Eff. I. §. 24.

(b) Eff. I. §. 17.

dans le tube par l'accroissement de chaleur compris entre le terme de la glace & l'eau bouillante , soit de la même hauteur que le cylindre élevé dans le tube du Thermometre A par le même accroissement de chaleur.

Comme les Thermometres B & C sont construits avec la même liqueur , les accroissemens de dilatation produits dans l'un & dans l'autre par le même accroissement de chaleur , font entre eux comme les volumes du fluide ; par conséquent le cylindre fluide élevé dans le tube du Thermometre B , par l'accroissement de chaleur compris entre le terme de la glace & celui de l'eau bouillante , est au cylindre fluide élevé dans le tube du Thermometre C par le même accroissement de chaleur , comme la boule du Thermometre B est à la boule du Thermometre C , comme la boule du Thermometre A est à la boule du Thermometre C , les boules des Thermometres A & B étant supposées égales.

Donc le cylindre fluide élevé dans le Thermometre A , est au cylindre fluide élevé dans le Thermometre C , en pro-

portion composée de la proportion de 161 à 725, & de la proportion de la boule du Thermometre A à la boule du Thermometre C; & comme ces cylindres sont de la même hauteur, leurs bases sont dans cette même proportion.

Maintenant les accroissemens de dilatation de l'huile de lin, correspondans aux accroissemens de chaleur compris entre le terme de la glace & l'eau bouillante & entre le terme de la glace & la chaleur humaine, sont entr'eux comme 725 est à 250 (*a*), comme 10000 est à 3531+, & les accroissemens de dilatation du mercure correspondans aux mêmes accroissemens de chaleur, sont entr'eux comme 180 est à 64 (*b*), comme 10000 est à 3556 —, proportion fort approchante de la précédente; ensorte que, sans s'éloigner beaucoup de la vérité, l'on peut considérer les accroissemens de dilatation de l'huile de lin, comme proportionnels aux accroissemens de dilatation du mercure. Par conséquent les cylindres fluides élevés dans les Thermometres A

&

(*a*) Eff. I. §. 17.

(*b*) Eff. I. §. 24. & Eff. IV. §. 43.

& C par un accroissement de chaleur quelconque, feront de la même hauteur.

Ainsi la comparaison entiere du Thermometre de M. Newton avec le Thermometre de Fahrenheit, peut se faire suivant la Méthode proposée, en supposant que les bases des tubes sont entr'elles en proportion composée, de la proportion des degrés d'expansibilité des deux fluides, & de la proportion des solidités des boules.

Les Thermometres d'esprit de vin font un troisième cas différent des deux premiers. Non-seulement l'esprit de vin est plus dilaté par le même accroissement de chaleur que n'est le mercure. Mais encore la proportion entre les accroissemens de dilatation de l'esprit de vin, est sensiblement différente de la proportion entre les accroissemens de dilatation du mercure. Ainsi quand bien même les tubes & les boules auroient les conditions supposées dans le cas précédent, les cylindres fluides élevés dans les tubes ne seroient pas de la même hauteur dans tous les accroissemens de chaleur.

Supposons un Thermometre d'esprit

de vin construit suivant les principes de M. de Reaumur, & tel que le cylindre élève dans le tube par l'accroissement de chaleur, compris entre le terme de la glace & la plus grande chaleur de l'esprit de vin soit de la même hauteur que le cylindre élevé dans le Thermometre de Fahrenheit, par le même accroissement de chaleur, ce qui arrivera, comme nous l'avons dit pour le Thermometre de M. Newton, si les bases des tubes sont entr'elles en proportion, composée de la proportion des degrés d'expansibilité de l'esprit de vin & du mercure, & de la proportion des boules, c'est-à-dire, en proportion composée de la proportion de 800 à 133 (*a*) & de la proportion des boules.

Or, les accroissemens de dilatation de l'esprit de vin, produits par les accroissemens de chaleur compris entre le terme de la glace, & la plus grande chaleur de l'esprit de vin, & entre le terme de la glace & la température des caves de l'Observatoire, sont entr'eux comme 80 est à $10\frac{1}{4}$ (*b*) comme 10000 est à 1281,

(*a*) Eff. I. §. 19. & 24.

(*b*) Eff. I. §. 19. & Eff. II. §. 7.

& les accroissemens de dilatation du mercure correspondans aux mêmes accroissemens de chaleur, sont entr'eux comme 180 — 32 est à 53 — 32 (a) comme 148 est à 21 comme 10000 est à 1419.

Donc la hauteur du cylindre d'esprit de vin élevé par l'accroissement de chaleur, compris entre le terme de la glace & la température des caves de l'Observatoire, est à la hauteur du cylindre de mercure élevé par le même accroissement de chaleur, comme 1281 est à 1419, différence assez sensible.

Il n'est donc pas possible, suivant la Méthode de M. Martine de comparer exactement les Thermomètres d'esprit de vin avec le Thermometre de Fahrenheit. Cependant si les proportions entre les accroissemens de dilatation de l'esprit de vin, quoique différentes des proportions entre les accroissemens de dilatation du mercure suivent un ordre constant, on pourroit rectifier la comparaison faite suivant cet-

(a) Eff. I. §. 24. & Eff. II. §. 7.

te Méthode , en déterminant la différence entre les proportions dans un cas comme nous venons de faire , & en l'appliquant aux autres cas. C'est ce que je laisse à voir aux Physiciens qui ont la commodité des instrumens , & qui sont exercés à ces sortes d'opérations.

Ainsi la Méthode proposée donne la comparaison exacte du Thermometre de M. Delisle , la comparaison très-approchée du Thermometre de M. Newton , & une comparaison imparfaite des Thermometres d'esprit de vin.

ESSAY III.

Sur la maniere dont les corps s'échauffent & se réfroidissent.

I. **L**a nature du feu & de la chaleur est telle que tous les corps qui font contigus , quelle que soit leur chaleur en particulier , se mettent à la même température , aussi-tôt qu'ils sont abandonnés à eux-mêmes , & supposé qu'ils

DES THERMOMÈTRES. 69

n'ayent aucun principe intrinseque de chaleur , les uns diminuant & les autres augmentant de chaleur jusqu'à ce qu'ils soient parvenus à l'équilibre. Ainsi tous les corps inanimés étant placés dans l'athmosphère , échauffent l'air où en sont échauffés , jusqu'à ce qu'ils ayent acquis la même température. *Voyez* Boerhaave , *Chem. I.* p. 187. 188^z 200. 281. Muffchenbroek , *Ess. de Phys. §. 961.* Mais le temps employé pour acquérir la température du milieu environnant , varie suivant le volume , la densité , la figure , & la nature particulière des corps.

2. Le progrès suivant lequel un corps plus chaud placé dans un milieu plus froid , tend insensiblement à la température de ce milieu , est plus rapide dans les premiers instans & devient plus lent par degrés , ainsi qu'on le conçoit naturellement , & qu'il est prouvé par les expériences de M. Muffchenbroek (*a*). Mais nous ne savons point dans quelle loi se fait cette progression , ou même si

(*a*) *Tent. Exp. Acad. Cim. Add. II.* p. 47 — 57.
E iij

elle en observe quelqu'une. M. Muff-
chenbroek nous dit (*a*) seulement en gé-
néral, que dans les premiers instans, la di-
minution d'une quantité de chaleur don-
née, se fait très-promptement, & ensuite
plus lentement jusqu'au degré de cha-
leur du milieu environnant.

3. Le sentiment de M. Newton (*b*)
sur cette matière, est très-satisfaisant,
quoiqu'il n'ait pas été bien pris par M.
Amontons (*c*). M. Newton, après avoir
observé avec toutes les précautions né-
cessaires, les temps correspondans au
progrès de la diminution de chaleur d'u-
ne masse de fer rougie au feu, & placée
ensuite au milieu de l'air, suppose, & ce
n'est pas sans apparence de raison, que
la quantité de chaleur perdue à chaque
instant, durant le temps du réfroidisse-
ment, est proportionnelle à l'excès de la
chaleur du corps dans cet instant, sur la
chaleur de l'air environnant; ainsi, en di-
visant le temps en instans égaux depuis
le commencement du réfroidissement,

(*a*) *Ibid.* p. 52.

(*b*) *Phil. Trans. abr.* IV. 2. p. 3.

(*c*) *Mem. de l'Ac. des Sc.* ann. 1703. p. 2384

jusqu'à ce que le corps soit parvenu à la température de l'air environnant, les quantités de chaleur perdues durant ces instans, & les quantités de chaleur suffisantes, c'est-à-dire, les excès de la chaleur du corps sur la chaleur de l'air environnant, correspondans à ces instans, formeront deux progressions Géométriques. Car, si l'on suppose une suite de quantités proportionnelles à leurs différences, les quantités & les différences formeront deux progressions Géométriques (*a*). Ainsi, dans cette supposition, la diminution de la chaleur suivra la même loi que la diminution du mouvement d'un projectile, qui se meut avec une vitesse qui lui a été imprimée dans un milieu qui lui résiste dans la proportion de sa vitesse, & l'on pourra y appliquer tout ce qui est démontré sur les milieux résistans suivant cette loi (*b*).

4. Cette Méthode ingénieuse peut servir à déterminer les degrés de chaleur excessifs, que les Thermometres ordinai-

(*a*) Newt. Princip. II. Lemm. I. p. 230.

(*b*) Voyez Newt. *Ibid.* Prop. 2. Varignon, Mem. de l'Acad. des Sc. ann. 1707. p. 504.

res ne fauroient supporter ; mais il faut bien se garder de l'admettre sans restriction. L'hypothese, qui en est le fondement, est plus dans l'ordre Mathématique que dans l'ordre Physique , & le chemin qui paroît le plus régulier n'est pas toujours celui que suit la nature. En effet, la chaleur ne décroît point exactement dans la proportion supposée ; si cela étoit, le temps du refroidissement seroit infini (a), au lieu que nous voyons qu'il n'a qu'une certaine durée plus ou moins grande, suivant la quantité de la chaleur, la masse, la densité, & les autres circonstances du corps échauffé, & du milieu environnant.

5. Pendant le temps du réfroidissement, le corps échauffé est d'abord affecté par la partie du milieu qui l'environne immédiatement, & qui devient plus chaude que le reste du milieu, quoique plus froide que le corps échauffé. Cette atmosphère, qui se forme autour du corps, empêche la régularité du réfroidissement ; car comme elle est beau-

(a) Voy. Varign. *Ibid.* p. 507, 509.

coup plus chaude vers les commencement du réfroidissement que sur la fin , elle influe sur le corps beaucoup plus à proportion sur la fin que vers le commencement. Ainsi , quoique les diminutions de la chaleur suivent une progression décroissante , elles feront sur la fin en plus grande proportion que les quantités de chaleur subsistantes.

6. Comment faudra-t-il donc déterminer la loi de cette progression , & en quoi cette loi s'éloigne de celle qui a été supposée par M. Newton , & qui paroît la plus simple ? Nous pouvons regarder toutes les spéculations comme insuffisantes pour nous y conduire , & l'expérience seule doit ici nous servir de guide. Une application judicieuse des observations les plus exactes , pourra nous découvrir la vérité , ou du moins nous en fera approcher de très près. Or , de plusieurs expériences qui ont été faites à ce sujet , je crois pouvoir conclure que les diminutions de la chaleur pendant le réfroidissement , forment une progression composée de deux séries , dont l'une est uniforme , & l'autre suit la proportion des

quantités subsistantes , ou des excès de la chaleur du corps sur la chaleur de l'air environnant. Ainsi le temps entier du réfroidissement étant divisé en instans égaux , la progression que forment les quantités de chaleur perdues durant ces instans , se résout en deux différentes séries , dont l'une suit la proportion des quantités subsistantes , & par conséquent forme une progression Géométrique , conformément à la théorie générale , & l'autre est uniforme , c'est-à-dire , que les décroissemens correspondans à des temps égaux y sont égaux , & par conséquent elle suit la loi selon laquelle est retardé le mouvement d'un corps pesant , qui monte perpendiculairement dans un milieu non résistant.

7. Pour établir la vérité de ces deux loix , je vais rapporter les expériences de M. Musschenbroek. Je les choisis comme étant très-exactes & moins susceptibles du reproche que l'on pourroit faire aux miennes propres , d'avoir été faites dans la vûe d'appuyer ma théorie , quoique je pusse assurer qu'elle a été déduite des observations.

Expérience faite sur une petite barre de fer. Muffchenbr. Tent. Acad. Cim.

Add. II. p. 48.

Temps du réfroidissement.	Degrés de chal. perdus suivant l'observation.	Prem. série suiv. la théorie.	Seconde série suiv. la théorie.	Degrés de chal. perdus suiv. la théorie.	Differences entre l'observation & la théorie.
1	62,5	59,4	1,2	60,6	- 1,9
2	106	99	2,4	101,4	- 4,6
3	128,6	125,7	3,6	129,3	+ 0,7
4	148,8	143,6	4,8	148,4	- 0,4
5	161,8	155,6	6	161,6	- 0,2
6	170,4	163,6	7,2	170,8	+ 0,4
7	176,5	169	8,4	177,4	+ 0,9
7 $\frac{1}{2}$	180	171	9	180	0

N. B. Les nombres correspondans à chaque temps , expriment les degrés de chaleur perdus , depuis le commencement du réfroidissement jusqu'à la fin de chaque temps.

*Expérience faite sur une petite barre
d'acier. Ibid. p. 49.*

Temps du ré- froidis- sement.	Degrés de chal. perdus suivant l'obser- vation.	Prem. série suiv. la théorie.	Secon- de série suiv. la théorie.	Degrés de chal. perdus suiv. la théorie.	Différen- ces entre l'obser- vation & la théorie
1	61,4	56,1	0,5	56,6	- 4,8
2	94	95,2	1	96,2	+ 2,2
3	120	122,4	1,5	123,9	+ 3,9
4	141,5	141,4	2	143,4	+ 1,9
5	158,4	154,6	2,5	157,1	- 1,3
6	167,7	163,8	3	166,8	- 0,9
7	174,7	170,2	3,5	173,7	- 1
8	179	174,7	4	178,7	- 0,3
9	182,6	177,8	4,5	182,3	- 0,3
10	185	180	5	185	0

*Expérience faite sur une petite barre
de cuivre. Ibid. p. 50.*

1	76	71,4	0,8	72,2	- 3,8
2	124,5	115,8	1,6	117,4	- 7,1
3	141,2	142,2	2,4	144,6	+ 3,4
4	160,5	158,7	3,2	161,9	+ 1,4
5	171,6	168,8	4	172,8	+ 1,2
6	179,2	175,1	4,8	179,9	+ 0,7
7	184,4	178,9	5,6	184,5	+ 0,1
7 ² ₁₅	185	179,3	5,7	185	0

*Expérience faite sur une petite barre
de laiton. Ibid. p. 51.*

Temps du réfrigérisement.	Degrés de chaleur perdus suivant l'observation.	Prem. série suiv. la théorie.	Seconde série suiv. la théorie.	Degrés de chaleur perdus suivant la théorie.	Differences entre l'observation & la théorie.
1	120	114,1	1,5	115,6	- 4,4
2	187	185	3	188	+ 1
3	232,6	228,7	4,5	233,2	+ 0,6
4	260,8	255,8	6	261,8	+ 1
5	280,2	272,6	7,5	280,1	- 0,1
6	291	283	9	292	+ 1
7	300	289,5	10,5	300	0

*Expérience faite sur une petite barre
de plomb. Ibid. p. 51.*

1	125	114	0,1	114,1	- 9,9
2	177	174,6	0,2	174,8	- 2,2
3	208	207	0,4	207,4	- 0,6
4	225	224,3	0,5	224,8	- 0,2
5	234	233,5	0,6	234,1	+ 0,1
6	239,1	238,4	0,7	239,1	0
7	241,7	241	0,8	241,8	+ 0,1
8	243,2	242,4	0,9	243,3	+ 0,1
8 $\frac{3}{4}$	244	243	1	244	0

Expérience faite sur une petite barre d'étain. Ibid. p. 52.

Temps du réfrigérement.	Degrés de chal. perdus suivant l'observation.	Prem. série suiv. la théorie.	Seconde série suiv. la théorie.	Degrés de chal. perdus suivant la théorie.	Differences entre l'observation & la théorie.
1	61,4	61	0,5	61,5	+ 0,1
2	96,6	96,2	1	97,2	+ 0,6
3	120	116,5	1,5	118	- 2
4	132,7	128,1	2	130,1	- 2,6
5	139,1	134,8	2,5	137,3	- 1,8
6	142,4	138,7	3	141,7	- 0,7
6 $\frac{1}{2}$	144	140,6	3,4	144	0

Exp. que j'ai faite moi-même sur un petit Thermometre de mercure échauffé jusqu'au degré 108, & ensuite exposé à l'air.

0 $\frac{1}{2}$	13	13,6	0,4	14	+ 1
1	25	24,1	0,8	24,9	- 0,1
1 $\frac{1}{2}$	34	32	1,2	33,2	- 0,8
2	40	38,1	1,6	39,7	- 0,3
2 $\frac{1}{2}$	45,5	42,8	2	44,8	- 0,7
3	49,5	46,4	2,4	48,8	- 0,7
3 $\frac{1}{2}$	52,5	49,1	2,8	51,9	- 0,6
4	55	51,2	3,2	54,4	- 0,6
4 $\frac{1}{2}$	56,5	52,8	3,6	56,4	- 0,1
5	58	54	4	58	0

8. Les parties décimales ont été calculées suivant la maniere ordinaire de réduire les nombres. Ce n'est pas que je veuille prétendre à une exactitude imaginaire , soit pour mes expériences , soit pour celles de M. Muffchenbroek. Les calculs de ce genre ne peuvent jamais être que des approximations. Toutes nos machines sont imparfaites ; & le pyrometre de M. Muffchenbroek étant composé de roues , de pignons , &c. il n'est pas possible , ainsi qu'il le confesse lui-même (*a*) , que le mouvement en soit aussi régulier qu'on le désireroit. D'ailleurs les corps que nous considérons dans ces expériences , sont-ils absolument homogenes (*b*) ? Et ne peuvent-ils pas avoir des irrégularités qui dérangent la loi du réfroidissement ? Ainsi il n'est pas étonnant qu'il y ait dans ces observations quelques écarts & des variations , qui sont inévitables dans les machines composées & dans les corps imparfaits. On est donc obligé de prendre un milieu ,

(*a*) Tent. Exp. Acad. Cim. add. II. p. 29.

(*b*) Ibid. p. 30. 31. 32.

& de regarder comme suffisantes les observations qui s'accordent en gros avec la théorie, quoiqu'il y ait dans le fond quelques différences.

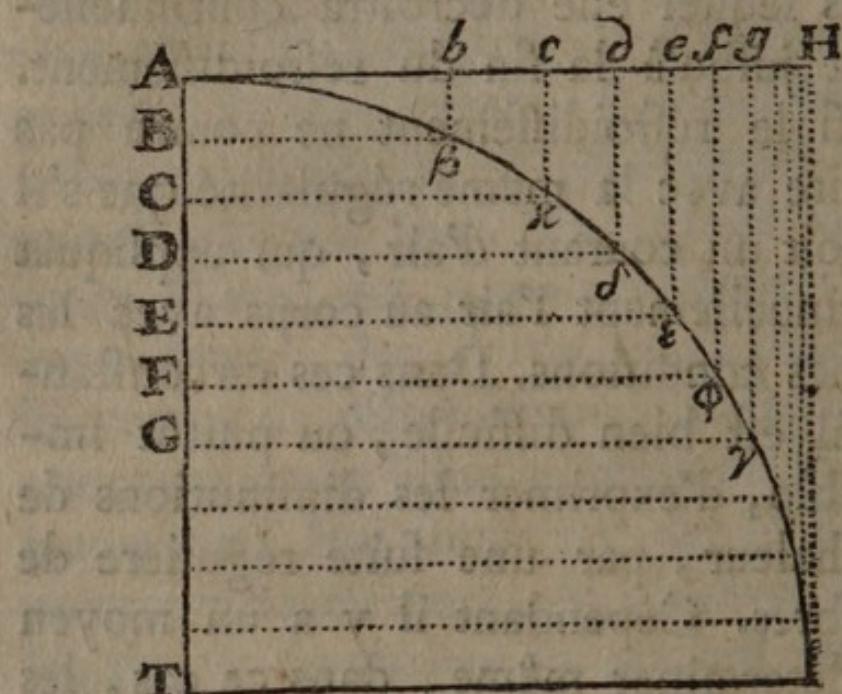
9. Au moyen de la loi que nous venons de découvrir dans le réfroidissement des corps, nous pouvons déterminer avec assez de justesse l'intensité des degrés de chaleur excessifs, que les Thermomètres ordinaires ne peuvent pas supporter, tels que ceux des métaux rougis ou en fusion, des pierres embrasées, du verre fondu, &c. il n'y a qu'à observer les temps du réfroidissement, depuis le commencement jusqu'au point où la chaleur pourra être supportée par le Thermomètre de mercure, & observer alors les degrés de chaleur sur cet instrument. On aura, par l'observation des temps, le nombre des termes de la progression, & par l'observation sur le Thermomètre le loix qui régneront dans les deux séries & les derniers termes ; ainsi l'on pourra déterminer le degré de chaleur correspondant à un instant quelconque du réfroidissement.

10. J'observerai cependant qu'il y a des

des circonstances où cette méthode n'est pas exacte , par exemple , si le corps échauffé a un grand volume , & que l'air environnant soit en repos , il y aura autour de ce corps une atmosphère d'air qui s'échauffera , & dont la chaleur croîtra pendant un certain temps , après lequel elle décroîtra continuellement jusqu'à la fin du réfroidissement. Ainsi le réfroidissement ne pourra pas se faire avec la même régularité que s'il y avoit un courant d'air , qui appliquât continuellement l'air au corps avec les mêmes conditions. Dans ces circonstances il est bien difficile , ou plutôt impossible , d'exprimer les diminutions de la chaleur , par une suite réguliere de nombres. Cependant il y a un moyen de déterminer même , dans ce cas , les degrés de chaleur correspondans aux instans du réfroidissement , & de les exprimer aussi - bien , & même mieux qu'en nombres. C'est en suivant la voie Géométrique.

II. Par exemple , supposez que le temps entier du réfroidissement est représenté par la droite A T , & l'excès

de la chaleur du corps échauffé sur la chaleur de l'air environnant par la droite A H, perpendiculaire à la droite A T. Divisez la droite A T en plusieurs parties égales A B, B C, C D, D E, E F, F G, &c. les droites A B, A C,



A D, A E, &c. représenteront la progression Arithmétique des instans du réfroidissement. Supposez que les parties $A b$, $b c$, $c d$, $d e$, &c. de la droite A H représentent les diminutions de la chaleur correspondantes aux temps A B, B C, C D, D E, &c. les droites A b,

$A_c, A_d, A_e, \&c.$ représenteront les quantités de chaleur perdues depuis le commencement du réfroidissement, & correspondantes aux temps $A B, A C, A D, A E, \&c.$ & les droites $H A, H b, H c, H d, H e, \&c.$ représenteront les quantités de chaleur subsistantes, ou les excès de la chaleur du corps sur la chaleur de l'air environnant, correspondans aux mêmes temps $AB, AC, AD, AE, \&c.$

Des points $B, C, D, E, \&c.$ élevés des perpendiculaires $B\beta, C\nu, D\delta, E\epsilon, \&c.$ à la droite $A T$, & paralleles à la droite $A H$, & des points $b, c, d, e, \&c.$ élevés d'autres perpendiculaires $b\beta, c\nu, d\delta, e\epsilon, \&c.$ à la droite $A H$ & paralleles à la droite $A T$ & par les points $\beta, \nu, \delta, \epsilon, \&c.$ où ces perpendiculaires se rencontrent, menez la courbe $A\beta\nu\delta\epsilon, \&c.$ concave vers la droite $A T$ & convexe vers la droite $A H$. Cette ligne, que je trouve être une espèce d'hyperbole, sera la courbe des diminutions de chaleur, la droite $A T$ sera considérée comme l'axe, les droites $AB, AC, AD, \&c.$ comme les

abscisses, & les droites $B\beta$, $C\alpha$, $D\delta$, &c. ou leurs égales $A\beta$, $A\alpha$, $A\delta$, &c. comme les demi-ordonnées.

Or, si l'on a quelques suites d'observations sur le décroissement de la chaleur d'un corps, on pourra prolonger sur le papier cette courbe hyperbolique, ou déterminer de quelqu'autre manière, assez de points pour en trouver le centre, les diamètres, les asymptotes, &c. & la prolonger à volonté; & l'on y déterminera la chaleur des corps à une distance donnée du temps où la chaleur est supportable par le Thermometre. Ainsi par la simple observation du temps employé pour le réfroidissement, & des diminutions de la chaleur dans le temps où elle est supportable par le Thermometre, on pourra déterminer le degré de chaleur d'un morceau de fer rougi, ou de tel autre corps excessivement échauffé. Cette Méthode, ainsi que nous l'avons dit, devra être employée lorsque le volume du corps échauffé sera considérable, & que l'air environnant sera en repos, & l'on se servira de la première (α) dans les

(α) §. 9.

cas où le corps sera d'un petit volume & exposé à un courant d'air.

12. Nous avons vu que dans le progrès du réfroidissement, les quantités de chaleur perdues durant des temps donnés, diminuent de plus en plus, & d'une maniere assez réguliere, jusqu'à ce que le corps parvienne à la température du milieu environnant. Il n'en est pas de même du progrès de la chaleur. M. Muschenbroek nous a aussi donné (*a*) sur ce sujet quelques expériences fort ingénieuses, d'où il infère que les accroissemens de la chaleur ne se font point d'une maniere uniforme, mais qu'ils sont moins dans les premiers instans, comme si le feu avoit d'abord de la peine à pénétrer les corps, qu'ils augmentent insensiblement, & parviennent enfin à leur plus haut point, d'où ils vont en diminuant, jusqu'à ce que le corps ait acquis la température du milieu environnant (*b*). J'ai trouvé tout cela conforme à la vérité, par les expériences que j'ai fait

(*a*) Tent. Exp. Acad. Cim. add. II. p. 24—23.

34—43.

(*b*) *Ibid.* p. 29 — 32. 39.

moi-même, & dont je ferai bien-tôt mention.

13. On conçoit sans peine que les corps doivent s'échauffer & se réfroidir plus ou moins facilement, suivant leur volume, leur densité, leur figure, &c. & qu'une quantité de matière donnée est plus ou moins facilement échauffée & réfroidie, selon qu'elle a une surface plus ou moins grande. Ainsi, comme la figure sphérique comprend la plus grande quantité de matière sous la moindre surface, les corps de cette figure, toutes choses d'ailleurs égales, seront les plus lents à s'échauffer & à se réfroidir.

14. Pour ce qui est de la différente grandeur, personne ne doute que la température des corps qui ont plus de masse, ne soit plus difficilement altérée que celle des corps qui en ont moins. « Moins un corps a de masse, dit le Chancelier Bacon (a), plutôt il s'échauffe à l'approche d'un corps chaud ». Mais il n'est pas aussi aisément déterminer dans quelle proportion. Voici ce que dit M. New-

ton (a) à ce sujet. « Un globe plus grand conserveroit la chaleur plus long-temps dans la proportion du diamètre. Car c'est dans cette proportion que sa surface, à raison de laquelle il est réfroidi par le contact de l'air environnant, est moindre, eu égard à la quantité de matière qu'elle renferme. — Je soupçonne cependant qu'il y a des causes cachées, qui font que la durée de la chaleur est augmentée dans une moindre proportion que celle du diamètre : & je souhaiterois que l'on déterminât cette proportion par les expériences ».

15. Afin de me conformer au désir de ce grand homme, j'avois fait quelques expériences, que je me proposois de pousser plus loin, si mes occupations me l'avoient permis. Mais je crois pouvoir déjà raisonnabillement conclure de celles que j'ai faites, que l'opinion de M. Newton est conforme à la vérité, & que les corps semblables conservent en effet la chaleur dans la proportion de leurs diamètres. Quant au doute qu'il forme, si dans

(a) Princ. Math. p. 509.

les grands corps cette proportion n'est pas moindre que celle des diamètres , je ne le crois pas suffisamment fondé.

16. Je pris deux vases de porcelaine à peu près de la même forme , mais dont l'un désigné par A , étoit le double plus haut & plus large que l'autre désigné par B , & par conséquent contenoit huit fois autant de liqueur. Je les remplis d'eau & je les échauffai également , jusqu'à ce que les Thermometres que j'avois plongés dans l'un & dans l'autre , marquerent le degré 112 ; alors je les exposai dans un endroit où il y avoit un petit courant d'air à la température d'environ 48 ou 49 degrés , & pendant le réfroidissement je fis les observations suivantes.

Degrés de chaleur.	Temps employés par B.		
	Temps em- ployés par A.	suivant l'ob- servation.	suivant la théorie.
112	0'	0'	0'
104	10 $\frac{1}{2}$	5 $\frac{1}{2}$	5 $\frac{1}{4}$
96	21 $\frac{1}{4}$	11	10 $\frac{5}{8}$
80	54 $\frac{1}{2}$	28	27 $\frac{1}{4}$
72	81	42	40 $\frac{1}{2}$
64	118	61	59
56	194	99	97

Le même jour je répétais l'expérience, & j'observai le réfrigissement dans un endroit où il n'y avoit d'autre agitation d'ans l'air, que celle qui pouvoit être occasionnée par le mouvement qu'il falloit faire pour observer. En voici le résultat.

Degrés de chaleur.	Temps employés par B.		
	Temps employés par A.	suivant l'observation.	suivant la théorie.
112	0'	0'	0'
104	10	6	5
100	16	9	8
96	23	12 $\frac{1}{2}$	11 $\frac{1}{2}$
92	31	16	15 $\frac{1}{2}$
88	40	21	20

Le Thermometre plongé dans le petit vase étoit au commencement de l'observation un peu au-dessus du degré 112, & c'est à quoi il faut attribuer la différence d'une minute qui se trouve dans la dernière expérience entre les temps de l'observation & ceux de la théorie. Il y avoit aussi dans la première expérience quelque différence entre les premiers degrés de chaleur, mais moins sensible. Ainsi, en faisant une compensation, nous trou-

verons entre l'observation & la théorie, un rapport exact & d'autant plus surprenant, qu'on ne s'attend pas à une pareille justesse dans des expériences, où l'imperfection des instrumens est un obstacle à l'exactitude Mathématique. En effet, la plus petite erreur dans la construction des Thermometres, une légère méprise dans l'observation, ne fût-elle que d'un quart de degré, produiroient une différence sensible entre les temps de l'observation & ceux de la théorie.

Je fis ensuite l'expérience sur des volumes, dont la différence étoit plus grande. Je remplis d'eau deux autres vases, dont l'un contenoit 27 fois autant que l'autre. Ainsi leurs diamètres étoient comme 3 à 1. Le réfroidissement se fit dans l'ordre suivant.

Degrés de chaleur.	Temps employés par B.		
	Temps employés par A.	suivant l'observation.	suivant la théorie.
108	0' : 00"	0' : 00"	0 : 00"
104	5 : 20	1 : 30	1 : 46
100	10 : 00	3 : 20	3 : 20
96	15 : 45	5 : 05	5 : 15
92	22 : 10	7 : 10	7 : 23
88	30 : 00	9 : 00	10 : 00
84	39 : 00	11 : 15	12 : 20
80	48 : 20	14 : 00	16 : 07
76	57 : 00	17 : 30	19 : 00
64	101 : 00	33 : 10	33 : 40

De toutes les expériences que l'on pourroit faire, soit sur d'autres corps tant solides que fluides, soit dans différens milieux, soit en variant d'une façon quelconque la proportion des masses, je ne doute point qu'il n'en résultât la même conformité avec la règle déterminée par M. Newton.

19. Examinons maintenant si la théorie, qui établit que les corps sont échauffés & réfroidis plutôt ou plus tard, suivant leur moindre ou plus grande densité, est aussi exactement d'accord avec la nature & la vérité. Il est en effet très-

plausible , & l'on pourroit conclure de la force d'inertie de la matiere , que les corps plus rares sont plus facilement altérés que les corps plus densés par le chaud & le froid du milieu environnant.

« (a) Je soupçonne , dit le Chancelier Bacon , que la nature du *rare* & du *dense* peut s'accorder avec la disposition plus ou moins grande , à recevoir & à perdre la chaleur & le froid.

« Que l'on fasse donc l'expérience si un corps plus rare ne reçoit & ne perd pas plus facilement la chaleur & le froid qu'un corps plus dense. Plus les corps sont densés , dit M. Boerhaave (b) , tant les fluides que les solides , plus il faut de temps pour que le même feu les échauffe également ». Et au sujet du réfroidissement , « les corps , dit-il (c) , conservent d'autant plus long-temps la chaleur , qu'ils sont plus densés & plus pésans , & qu'ils ont plus de masse — (d) , plus les corps sont densés

(a) Bacon , Hist. Dens.

(b) Chem. I. p. 279. Voyez aussi la p. 266.

(c) Ibid. p. 264.

(d) Ibid. p. 160.

plus long-temps ils retiennent la chaleur reçue — (a) plus il leur faut de temps pour se remettre à la première température.

Cette loi suivant laquelle les temps employés par les corps pour s'échauffer & se réfroidir sont proportionnels à leurs densités, est une spéculation très-plausible, & à laquelle on est d'abord porté à donner son consentement. On nous assure même qu'elle est confirmée par l'expérience. Voici ce qu'en dit M. Boerhaave (b), « comme je méditois sur ce sujet, j'eus occasion d'observer qu'un corps étoit échauffé par le même feu, d'autant plutôt qu'il étoit plus rare, & qu'étant une fois échauffé, il se réfroidissoit d'autant plus lentement qu'il étoit plus dense. — Si l'on expose à la même chaleur deux vases, dont l'un soit rempli d'air, & l'autre d'eau, l'air ainsi échauffé sera, je suppose, mille fois plus rare que l'eau échauffée de même; & autant que l'eau aura été plus lente que l'air à recevoir la cha-

(a) *Ibid.* p. 267.

(b) *Ibid.* p. 200.

« leur , autant sera-t-elle plus lente à la
« perdre ; en sorte que l'air sera mille fois
« plus prompt à se réfroidir. — (a) Soit
« un vase parallelepipede rempli d'eau ,
« & dans lequel soient plongés d'autres
« vases de verre cylindriques , égaux , &
« remplis jusqu'à la même hauteur de flu-
« des de différentes pesanteurs. Que l'on
« applique ensuite le feu au vase , de sorte
« que l'eau soit échauffée également , on
« verra à l'œil même , que le fluide le plus
« léger , & par conséquent le plus rare ,
« se dilate le plus promptement , & le
« fluide le plus dense , le plus lentement
« de tous. On trouvera la même chose
« en se servant du Thermometre. L'air
« s'échauffe le plus promptement , en-
« suite l'esprit de vin , puis l'huile de
« pétrole bien liquide , l'huile de tére-
« bentine , l'eau pure , l'eau salée , les
« fortes lessives , les métaux , le vif-ar-
« gent , l'or ». Et pour ce qui est du ré-
froidissement , il rapporte une expérience
semblable avec un résultat pareil. « (b) Si
« l'on échauffe dans l'eau bouillante , di-

(a) *Ibid.* p. 279.

(b) *Ibid.* p. 264.

vers corps de différentes pésanteurs, » ils acquierent tous la même chaleur, » celui qui est le plus pésant se réfroidit » le plus lentement, & celui qui est le » plus léger le plus promptement de tous. » Et autant que l'on peut en juger par » les expériences faites jusqu'à présent : » voici la règle presque générale à éta- » blir. Le vuide de Torricelli perd dans » un instant la chaleur que l'on y excite, » l'air renfermé dans un vase perd très- » rapidement celle qui lui a été commu- » niquée, l'esprit de vin la perd plus len- » tement, l'eau plus lentement que l'es- » prit de vin, & le vif-argent encore » plus lentement. Et entre les solides, le » bois, les pierres, les métaux, retien- » nent la chaleur suivant la même gra- » dation ».

M. Muffchenbroek (*a*) appuye aussi cette théorie de plusieurs considérations, & il établit l'ordre suivant (*b*). L'air, l'esprit de vin, l'huile de pétrole, l'huile de térébentine, l'huile de navette, le vinaigre distillé, l'eau, l'eau salée, l'eau

(*a*) Ess. de Phys. §. 969.

(*b*) Ibid. §. 94.

forte , l'huile de vitriol , l'esprit de nitre , le vif-argent .

18. L'assurance de ces Auteurs fournit une grande preuve de la foiblesse , ou , si j'ose le dire , de la présomption de l'esprit humain , qui , par une précipitation dangereuse , assujettit la nature à des loix qui n'existent que dans son imagination . Cette prétendue règle ; suivant laquelle les corps employent à s'échauffer & à se réfroidir des temps réciproquement proportionnels à leurs densités , quelque plausible qu'elle paroisse dans la théorie , n'est point du tout conforme à l'expérience . L'air , à la vérité , s'échauffe & se réfroidit plus promptement quaucun autre fluide que je connoisse , mais il s'en faut bien que ce soit dans une aussi grande proportion que l'exigeroit son extrême rareté , eu égard à la densité des autres fluides . L'eau est aussi plus lente à s'échauffer & à se réfroidir que l'esprit de vin & l'huile , mais le mercure , suivant l'expérience que j'en ai faite , & contre ce qui est établi par la théorie , est après l'air le fluide le plus sensible au chaud & au froid , quoiqu'il soit ,
après

après l'or , le corps le plus dense de la nature.

Je mis dans un verre 15 onces de mercure , & dans un autre verre de la même forme & grandeur , je mis une quantité d'eau qui pesoit 14 fois moins que le mercure , ensorte que les volumes des deux fluides étoient à peu près égaux ; après avoir mis un Thermometre dans chaque verre , je les laissai pendant quelque temps à l'air , afin de réduire les deux fluides exactement à la même température ; & les deux Thermometres étant précisément au degré 46 , je mis les verres en même-temps & côte à côte devant un grand feu , de telle sorte que la chaleur pût agir également sur l'un & sur l'autre . Après quoi les deux Thermometres qui étoient également sensibles , indiquerent les progrès de la chaleur dans l'ordre suivant .

Temps.	Degrés de chaleur de l'eau.	Degrés de chaleur du mercure.
0'	46	46
3	51	56
6	57	66
9	62	73
12	66	78
15	70	82
18	73	84
21	76	86
24	77 $\frac{1}{2}$	86 $\frac{1}{2}$
27	79	87
30	80	87
33	80 $\frac{1}{2}$	87
36	81	87
Le feu ayant été remué.	82	88
	84	90
	85	92
	87	93 —
	87 $\frac{1}{2}$	93 +
	88	93 +
	88 $\frac{1}{2}$	93 +
	89	93

Je mis ensuite les deux fluides au même point de chaleur, savoir au degré 89, je plaçai les verres sur une fenêtre où la température de l'air étoit au degré 52, & les Thermometres indiquerent les progrès du réfroidissement dans cet ordre.

Temps.	Degrés de chaleur de l'eau.	Degrés de chaleur du mercure.
0'	89	89
3	85 $\frac{1}{2}$	81 $\frac{1}{2}$
6	82	76
9	79	72
12	76	68
15	73 $\frac{1}{2}$	65
Après un coup de vent.	70 $\frac{1}{2}$	61 $\frac{1}{2}$
21	68	59 $\frac{1}{2}$
24	66	58
27	64 $\frac{1}{2}$	57
30	63	56
33	62	55 $\frac{1}{2}$

Nous voyons dans cette expérience, que l'eau au lieu d'acquérir & de perdre une chaleur donnée 13 ou 14 fois plus promptement que le mercure, est au contraire environ deux fois plus lente à s'échauffer & à se réfroidir, à l'exception de quelques instans où elle paroît perdre autant & plus de degrés que le mercure, ce qui vient peut-être de ce que les verres n'étoient pas assez minces. Il y a aussi dans la première observation quelques irrégularités qui doivent être attribuées à l'inégalité de l'action du feu.

Comme cette expérience se trouvoit peu conforme à la théorie , soit dans le présent cas , soit dans les applications que j'en fis aux autres corps , je la répétais sur de plus grands volumes avec les mêmes précautions. Je pris environ 48 onces de mercure , & $3\frac{1}{2}$ onces d'eau , ce qui faisait la proportion environ de $13\frac{1}{2}$ à 1 , & des volumes à peu près égaux. Voici quel fut le résultat de la première observation.

Temps.	Degrés de chaleur de l'eau.	Degrés de chaleur du mercure.
0'	48	48
4	52	58
8	$57\frac{1}{2}$	69
12	63	78
16	68	$84\frac{1}{2}$
20	$72\frac{1}{2}$	$89\frac{1}{2}$
24	77	$92\frac{1}{2}$
28	80	95
32	83	$96\frac{1}{2}$
36	85	97
40	87	98
44	89	99
48	91	100
52	$92\frac{1}{2}$	100
56	$93\frac{1}{2}$	100
60	94	$99\frac{1}{2}$

DES THERMOMÈTRES. 101

Je mis ensuite les deux fluides au degré 92, je les exposai à l'air, dont la température étoit au degré 51, & le réfroidissement se fit dans l'ordre suivant. Remarquez que l'eau s'évaporoit tant soit peu, & que la vapeur formoit de petites gouttes aux parois du verre.

Temps.	Degrés de chaleur de l'eau.	Degrés de chaleur du mercure.
0'	92	92
4	88	85 $\frac{1}{2}$
8	85	80 $\frac{1}{2}$
12	82	76
16	79 $\frac{1}{2}$	72 $\frac{1}{2}$
20	77	69 $\frac{1}{2}$
24	75	67
28	73	64 $\frac{1}{2}$
32	71 $\frac{1}{4}$	62 $\frac{1}{2}$
36	69 $\frac{1}{2}$	61
40	68	59 $\frac{1}{2}$
44	66 $\frac{3}{4}$	58 $\frac{1}{4}$
48	65 $\frac{1}{2}$	57
52	64 $\frac{1}{2}$	56 $\frac{1}{4}$
56	63 $\frac{3}{4}$	55 $\frac{1}{4}$
60	62 $\frac{3}{4}$	54 $\frac{1}{2}$
64	61 $\frac{3}{4}$	54
68	61	53 $\frac{1}{2}$

19. Comme les parties de l'huile on
G ij

plus de tenacité que celles de l'eau ; on seroit porté à croire qu'elles admettent & laissent échapper plus difficilement les particules de feu. « Tous les Philosophes , dit M. Boerhaave (*a*) , croiroient que le feu empêché par la ténacité de l'huile , seroit retenu plus long-temps dans ce fluide ». D'un autre côté , si l'on considere que l'huile est principalement composée de parties sulphureuses , & si on se rappelle les observations de M. Newton sur la lumiere & la chaleur , on diroit que l'huile est plus propre à attirer & à retenir la chaleur qui lui a été communiquée. Mais combien ne se glisse-t-il pas d'erreurs dans nos foibles spéculations sur la nature des choses. M. Boerhaave établit contre cette théorie , que l'eau est plus lente à s'échauffer & à se réfroidir que l'huile , & que ces deux liqueurs suivent exactement la proportion de leurs densités respectives. « Je pris , dit-il , deux vases égaux , & je remplis l'un d'eau , & l'autre d'huile d'olive , & je les mis l'un & l'autre dans un troi-

(*a*) Chem. I. p. 263.

sième vase rempli d'eau bouillante, & je les y tins, jusqu'à ce que je fus assuré que les deux liqueurs avoient également acquis le degré de chaleur de l'eau bouillante ; alors je les retirai de l'eau, & je les plaçai à l'air dans le même endroit, afin d'observer les temps employés par les deux liqueurs pour se mettre à la même température, & je les trouvai proportionnels aux pésanteurs des liqueurs. Mais cette expérience même n'est pas exacte, car l'huile s'échauffe & se réfroidit, non-seulement avec plus de rapidité, mais encore en plus grande proportion que l'inverse des pésanteurs spécifiques, qui est seulement comme 10 à 9. Et il faut remarquer qu'il n'y a pas autant d'uniformité que dans la comparaison de l'eau & du mercure. Dans le commencement la différence est peu considérable, & alors le temps employé par l'eau pour acquérir, ou pour perdre une quantité de chaleur donnée, est d'environ un quart plus grand que celui qui est employé par l'huile, mais la différence augmente de plus en plus, & sur la fin, le temps employé par l'eau

104 ESSAYS
devient double du temps employé par l'huile, comme on le voit dans les expériences suivantes.

Temps.	Degrés de chaleur de l'eau.	Degrés de chaleur de l'huile.
0	50	50
8	54	54
16	63	66
24	71	78
28	75	83
32	79	88
36	82	93
40	85 $\frac{1}{2}$	96 $\frac{1}{2}$
44	88	99 $\frac{1}{2}$
48	91	102
Le feu di minuant.	94	105
	96	107
	99	109
	101	110 $\frac{1}{2}$
	103	111 $\frac{1}{2}$
72	104	111 $\frac{1}{2}$
76	104 $\frac{1}{2}$	111 $\frac{1}{2}$

Les deux liqueurs furent mises ensuite au degré 108 & exposées à l'air,

DES THERMOMETRES. 105
 dont la température étoit entre le degré
 50 & le degré 51, & le réfroidissement
 se fit dans cet ordre.

Temps.	Degrés de chaleur de l'eau.	Degrés de chaleur de l'huile.
0'	108	108
4	104	102
8	100	96
12	96 $\frac{1}{2}$	90
16	94	86
20	91 $\frac{1}{2}$	81 $\frac{1}{2}$
24	88 $\frac{1}{2}$	77 $\frac{1}{2}$
28	86	74
32	84	72
36	82	70
40	81	68
44	79 $\frac{1}{2}$	66 $\frac{1}{2}$
48	78	65
52	76 $\frac{1}{2}$	63 $\frac{1}{2}$
56	75	62 $\frac{1}{2}$
60	74	61 $\frac{1}{2}$
68	71 $\frac{1}{2}$	60
76	69 $\frac{1}{2}$	58 $\frac{1}{2}$
84	67 $\frac{1}{2}$	57 $\frac{1}{2}$

Je répétaï cette expérience, & voici
 le résultat de la première observation.

Temps.	Degrés de chaleur de l'eau.	Degrés de chaleur de l'huile.
0'	45	45
4	45 $\frac{1}{2}$	46
8	49	50
12	52 $\frac{1}{2}$	55 $\frac{1}{2}$
16	57 $\frac{1}{2}$	62
20	61 $\frac{1}{2}$	69
24	65	74
28	68 $\frac{1}{2}$	78 $\frac{1}{2}$
32	71 $\frac{1}{2}$	82 $\frac{1}{2}$
36	74 $\frac{1}{2}$	86
40	77	88 $\frac{1}{2}$
44	79	90 $\frac{1}{2}$
48	81	93
52	83	95
56	84 $\frac{1}{2}$	96
60	86	97
64	87	98
68	88	98 $\frac{1}{2}$
72	89	99
76	91	100 $\frac{1}{2}$
80	92	102
84	93 $\frac{1}{2}$	103
88	94 $\frac{1}{2}$	103 $\frac{1}{2}$
92	94 $\frac{3}{4}$	103 $\frac{3}{4}$
96	95	104

Ensuite je mis les deux liqueurs au degré 96, & après les avoir exposées à l'air, dont la température étoit au degré

DES THERMOMÈTRES. 107
 45, le réfroidissement suivit cet ordre.

Temps,	Degrés de chaleur de l'eau.	Degrés de chaleur de l'huile.
0'	96	96
4	92	90
8	89	85
12	86	80
16	83 $\frac{1}{2}$	76 $\frac{1}{2}$
20	81 $\frac{1}{2}$	73
24	79 $\frac{1}{2}$	70
28	77 $\frac{1}{2}$	67 $\frac{1}{2}$
32	75 $\frac{1}{2}$	65 $\frac{1}{2}$
36	74	63 $\frac{1}{2}$
40	72 $\frac{1}{2}$	61 $\frac{1}{2}$
44	71	60
48	69 $\frac{1}{2}$	58 $\frac{1}{2}$
52	68	57 $\frac{1}{2}$
56	67	56 $\frac{1}{2}$
60	66	55 $\frac{1}{2}$
68	64 $\frac{1}{2}$	54
76	62 $\frac{3}{4}$	52 $\frac{3}{4}$
84	61 $\frac{1}{4}$	51 $\frac{3}{4}$
92	59 $\frac{3}{4}$	51
100	58 $\frac{1}{2}$	50 $\frac{1}{2}$
116	56	49
132	54	48
148	52 $\frac{1}{2}$	47 $\frac{1}{2}$
180	50 $\frac{3}{4}$	46 $\frac{1}{2}$
212	49	45 $\frac{1}{2}$
244	47 $\frac{3}{4}$	45 $\frac{1}{4}$
276	47	45
340	46	45

20. Je comparai ensuite l'eau & l'esprit de vin ; voici ce qui en résulte.

Temps.	Degrés de chaleur de l'eau.	Degrés de chaleur de l'esprit de vin.
0'	52	52 $\frac{1}{2}$
4	53	54
8	56 $\frac{1}{2}$	59 $\frac{1}{2}$
12	61	65 $\frac{1}{2}$
16	65	71
20	69	76
24	73	81
28	77	85
32	80	88
36	83	91
40	85 $\frac{1}{2}$	93 $\frac{1}{2}$
Le feu diminuant	88	96
	90	97 $\frac{1}{2}$
	92 $\frac{1}{2}$	99 $\frac{1}{2}$
	94	100
	95	100

Après quoi je mis les deux liqueurs au degré $95 \frac{1}{2}$, & je les exposai à l'air, dont la température étoit environ au degré 57, le réfroidissement se fit de la façon suivante.

DES THERMOMETRES. 109

Temps.	Degrés de chaleur de l'eau.	Degrés de chaleur de l'esprit de vin.
0'	95 $\frac{1}{2}$	95 $\frac{1}{2}$
4	91 $\frac{1}{2}$	90 $\frac{1}{2}$
8	88	86
12	85	82 $\frac{1}{2}$
16	82 $\frac{1}{2}$	79
20	80	75 $\frac{1}{2}$
24	78	73
28	76	71
32	74	69
36	72 $\frac{1}{2}$	68 $\frac{1}{2}$
40	71	67
44	70	66 $\frac{1}{4}$
46	69	65 $\frac{1}{2}$
52	68	64
68	65	62
84	62 $\frac{1}{2}$	60 $\frac{1}{2}$

Ainsi nous voyons que l'esprit de vin s'échauffe & se réfroidit, non-seulement plus promptement que l'eau, mais encore dans une proportion plus grande que la proportion réciproque des pésanteurs spécifiques, ainsi que nous l'avons observé de l'huile; & que le mercure, quoique plus dense que tous ces fluides, est beaucoup plus sensible au chaud & au

froid. J'ai fait aussi la même expérience sur l'eau-de-vie ordinaire, mais je n'ai pas trouvé qu'elle différât de l'eau à cet égard.

21. C'est sans doute sur les mêmes principes de la doctrine générale de la force d'inertie, que M. Boerhaave (*a*) & M. Muffchenbroek (*b*) établissent que la puissance du milieu environnant pour réfroidir les corps est proportionnelle à sa densité. « Les corps, dit M. Boerhaave, qui renferment en eux-mêmes une plus grande quantité de feu que les fluides environnans, ou que les corps voisins, perdent cet excès d'autant plus promptement que le fluide qui les environne est plus dense. Voici comment je l'entends.

« Supposons qu'il y ait dans des vases différens, de l'air, de l'eau, du vif-argent, tous exactement à la même température. Soient trois morceaux de fer égaux & également rougis au feu, que l'un soit réfroidi dans l'air, l'autre dans l'eau, & le troisième dans le mercure. Qu'ar-

(*a*) Chem. I. p. 267.

(*b*) Eff. de Phys. §. 967.

DES THERMOMETRES. 111

rivera - t - il ? Le fer retiendra long-
temps sa chaleur dans l'air , il la perdra
plus promptement dans l'eau , & plus
promptement encore dans le vif-argent .
Et il semble qu'autant que l'eau est plus
dense que l'air , autant le fer se réfroidit
plus promptement dans l'eau que dans
l'air ; c'est - à - dire , 800 fois plus
promptement dans l'un que dans l'au-
tre ; & 14 fois plus promptement dans
l'eau que dans le vif-argent .

22. Il n'y a aucune de ces supposi-
tions qui soit vraye ; & les temps du ré-
froidissement employés dans les différens
milieux , ne sont pas à beaucoup près
aussi différens qu'on le pense ; par exem-
ple , le temps employé dans l'air n'est
que 8 fois plus grand que le temps em-
ployé dans l'eau , au lieu de 800 fois
qu'il devroit l'être suivant la théorie ; &
le temps employé dans le mercure , au
lieu d'être 14 fois moindre que le temps
employé dans l'eau , en est si peu diffé-
rent , que cela ne va à guere plus de 2
secondes par minute , suivant l'expérien-
ce que j'en ai faite .

Je fis réfroidir successivement à l'air ,

YASCH

dans l'eau & dans du mercure, qui étoient tous à la même température, un petit Thermometre que j'avois échauffé chaque fois jusqu'au degré 112, & j'observai les temps qu'il employoit à perdre dans ces différens milieux 56 degrés de chaleur, ou à descendre au degré 56, qui étoit 4 degrés plus haut que la température du milieu environnant. Je répétaï 4 fois l'expérience, & j'eus les résultats suivans.

Dans l'air	8':45"	8':30"	8':20"	8':25"
Dans l'eau	1:04	1:03	1:04	1:04
Dans le mercure	1:00	1:03	1:01	1:02

23. Cette doctrine du progrès de la chaleur & du froid dans les corps, devoit être examinée & poursuivie dans toutes ses branches par une suite d'expériences, que je n'ai ni le loisir, ni la commodité de faire. Je laisse ce travail à ceux qui sont dans une position plus favorable, & qui sont plus à portée de faire les observations nécessaires pour la perfectionner; & je me contente de leur avoir fourni quelques secours.

ESSAY

ESSAY IV.

Sur l'Histoire naturelle & expérimentale de la chaleur des corps.

I.

De la maniere de supputer les differens degrés de chaleur.

1. **P**LUSIEURS d'entre les Anciens, ont eu des idées fort extraordinaires sur la nature de la chaleur. Ils supposoient que dans les divers sujets elle différoit aussi-bien par la qualité que par la quantité. Ils parloient pompeusement de la chaleur céleste, comme étant distincte par sa nature des chaleurs communément excitées sur la terre. Et ils pensoient que celles-ci étoient de différentes sortes dans les differens corps qui les renfermoient. Selon eux la chaleur du feu, celle de l'eau, celle des substances qui fermentent, étoient d'u-

H

ne nature inférieure & distincte de la chaleur des animaux. Et celle-ci ils la distinguoient en naturelle & non-naturelle, comme deux sortes de chaleur entièrement différentes l'une de l'autre, & ils les regardoient encore comme différentes dans les diverses especes d'animaux. Toutes ces distinctions émanées de l'École des Péripatéticiens & adoptées par Galien, furent soutenues par les Médecins qui vinrent après lui, & favorisées par les Chimistes ces *Philosophes par le feu* qui faisoient profession, & se vantoit d'une connoissance plus qu'ordinaire des opérations & des secrets de la chaleur.

2. Gomez Pereira, un des premiers qui ait osé penser librement en Philosophie & en Médecine, hafarda de soutenir (*a*) que toute chaleur, soit élémentaire, soit animale, étoit de la même nature; que la chaleur du Soleil ou toute autre chaleur élémentaire ne différoit de la chaleur animale, que par le degré d'intensité; que la chaleur d'un homme qui

(*a*) Nov. Med. Cap. II. p. 7. 9. Cap. III.
p. 12. 17. 20 23. 24. 25.

a la fievre ne différoit de la chaleur d'un homme qui jouit de sa santé que par son excès ; & que les chaleurs des autres animaux ne différoient , soit entre'elles , soit de la chaleur humaine , que par la quantité & non pas spécifiquement.

3. Le Savant Teleius n'ignorant point qu'il y avoit une grande variété dans les degrés de chaleur des corps , crut qu'il étoit presque impossible d'en déterminer avec certitude les différences. C'est pourquoi il négligea le soin de cette recherche. « Il ne paroît pas , dit - il (a) , » qu'on doive rechercher ce que c'est » que la chaleur , qu'elle en est la quanti- » té , & quelles sont les qualités qu'elle » imprime aux corps , ce sont autant de » choses qui semblent ne pouvoir jamais » devenir à la portée des hommes. En » effet , comment pourroit-on partager » en degrés la force de la chaleur , & la » chaleur elle - même , ou appercevoir » distinctement la quantité de matière » pénétrée par la chaleur , & assigner » à telle force & telle quantité de cha- »

(a) De Rer. Nat. i. 17.

« leur, une action déterminée sur une
« telle disposition & une telle quantité
« de matière, & à une telle quantité de
« matière une quantité déterminée de
« chaleur ».

Il ne laisse pas cependant de recommander la recherche de toutes ces choses, comme étant en elles-mêmes d'une très-grande importance. « Je souhaite, « continue-t-il, que des gens d'un génie plus pénétrant, & à qui le fort permet de fouiller tranquillement dans les secrets de la nature, veuillent l'entreprendre. Afin que les hommes aient en leur pouvoir non - seulement la science, mais encore la jouissance de toutes les choses ». Tant il désiroit qu'il y eût quelque moyen de mesurer la chaleur, comme il en a été trouvé depuis; quoique dans le fond il fût persuadé qu'il n'étoit guere possible d'y parvenir, du moins avec une certaine exactitude. « Pour moi, ajoute-t-il, s'il faut l'avouer ingénument, doué d'un génie médiocre & n'ayant pu me livrer à la Philosophie, que dans les dernières années de ma vie, & même sans être en-

core libre de soins & d'affaires, — c'est assez que je puise considérer la nature de la chaleur, sa quantité, sa masse, & la disposition qu'elle donne aux corps, non d'une maniere claire & distincte, mais foiblement & confusément, ne pouvant appercevoir ni le nombre infini des différences de la chaleur, & dans sa force, & dans sa quantité, ni les diversités & les densités de la matière; mais seulement en entrevoir quelque chose avec confusion.

4. Le Chancelier Bacon paroît avoir considéré la chaleur avec une attention particulière, & sa doctrine de *Forma Calidi* (a) est un bel exemple, de la manière dont il faut traiter les sujets Philosophiques. Il trouve qu'il n'y a de différence entre les diverses chaleurs que dans le degré d'intensité, la durée, & les autres accidens, & qu'elles sont toutes du même genre (b).

5. Le Thermometre de Sanctorius, inventé environ dans ce temps-là, fit voir que toutes sortes de chaleurs pro-

(a) Nov. Org. II. 11. 12. 13. 18. 20.

(b) *Ibid.* p. 189. 196. &c.

duisoient la dilatation de l'air , on découvrit bien-tôt le même en effet dans les autres fluides ; & enfin on démontra par des expériences incontestables , que les corps les plus solides étoient eux-mêmes dilatés par l'application de toutes sortes de chaleurs , dont les différens degrés répondonoient aux différentes dilatations.

6. Mais où faudra-t-il placer le commencement de la chaleur , ou la plus grande condensation des corps , & les limites entre la chaleur & le froid ? Plusieurs choses paroissent étranges à la premiere vûe , qui étant examinées mûrement , & après avoir dépouillé les préjugés , deviennent familières & aisées , & enfin on vient à ne douter plus de leur vérité. On croit assez communément qu'à l'instant où l'eau se convertit en glace , elle est dépouillée de toute chaleur & absolument froide ; & c'est d'après cette opinion , que plusieurs Physiciens ont considéré mal-à-propos ce point comme le commencement de la chaleur. Mais si l'on fait attention que les différens fluides , comme la cire fondu , le suif fondu , l'huile , le vin , l'eau-de-vie , perdent

tous leur fluidité , & qu'ensuite ils peuvent devenir de plus en plus froids dans leur état de solidité ; on ne sera point étonné qu'il en soit de même de l'eau , & que depuis l'instant où elle se convertit en glace , elle contracte un froid de plus en plus grand , comme on le déduit de plusieurs considérations . En effet , l'eau , dans l'état de glace , conserve une quantité considérable de chaleur , dont elle est dépouillée par degrés , à mesure que le froid augmente jusqu'à devenir insupportable aux mortels , ce que l'on éprouve dans les pays Septentrionaux , où les hommes ne peuvent vivre sans des précautions extraordinaires pour se garantir de la rigueur extrême de l'Hiver . Il arrive même souvent que l'air est d'autant de degrés plus froid que le terme de la glace , que ce terme est plus froid que la température de notre Été ; car on fixe cette température au degré 64 , & le terme de la glace au degré 32 : or l'on a souvent vu le froid au degré 0 , qui est le commencement de la graduation , où le froid produit par un mélange de neige & de sel .

7. Ce n'est pas qu'il faille regarder ce degré comme celui du plus grand froid qui ait été observé dans la nature, ainsi que paroît le penser M. Boerhaave (*a*), qui nous dit (*b*), quoique nous ne sachions point sur quel témoignage, que c'est le plus grand froid qui fût observé en Islande dans l'Hiver de 1709. Il est constant qu'on a souvent ressenti un aussi grand froid, ou à très-peu près, dans des climats assez tempérés, & certainement bien plus chauds que celui de l'Islande. A Germanopolis dans la Pensilvanie sous la latitude de 40 degrés, le froid de 1732. fit descendre le mercure au degré 5 (*c*); à Paris dans les fameux Hivers de 1709. & 1716. le froid fut si grand qu'il auroit fait descendre notre Thermomètre au degré 8 (*d*); à Leyde, en 1709. le mercure descendit au degré 5 (*e*), & à Utrecht un degré plus bas

(*a*) Chem. I. p. 162. 164. 166. 399. 400.
593.

(*b*) *Ibid.* p. 158. 166. 174.

(*c*) Act. Berol. Cont. IV. p. 130.

(*d*) Mem. de l'Acad. des Sc. 1710. p. 186.
1717. p. 3.

(*e*) Boerh. Chem. I. p. 158.

(a); à Londres, dans les Hivers de 1709. & de 1731. le froid fut aussi violent que celui qui est excité par un mélange de neige & de sel (b); & dans l'année 1709. M. Roemer (c) observa à Copenague sous la latitude de $55^{\circ} 43'$ un froid qui fit descendre le mercure dans son Thermometre au degré 0 (d).

8. Si nous allons plus avant dans le Nord, quoique en-deçà de la latitude de l'Islande, nous trouverons des froids,

(a) Muffch. Trans. Phil. 425. p. 359.

(b) Derham Phil. Trans. abr. IV. 2. p. 113.

VI. 2. p. 50.

(c) Boerh. Chem. I. p. 720.

(d) M. Boerhaave parle de cette observation remarquable de M. Roemer, comme ayant été faite à Dantzich; mais je crois plutôt qu'elle a été faite à Copenague. M. Derham, (Phil. Trans. abr. IV. 2. p. 114.) avoit entre ses mains des Mémoires qui rendoient compte de ce grand froid de l'année 1709. à Copenague, & qu'il disoit avoir été faits sur les observations de M. Roemer. Ce qu'il y a de sûr, c'est que M. Roemer étoit en Dannemark, qu'il vivoit à Copenague, & y exerceoit des Charges considérables, & qu'il y mourut l'an 1710. quoiqu'il en soit, ce point de discussion ne fait rien à la vérité de l'observation,

bien plus grands que ceux qui ont jamais été ressentis dans nos climats. Au mois de Janvier 1732. le froid fut si grand à Upsal, que l'esprit de vin descendit, dans un Thermometre de la Société Royale, au degré 124, qui répond sur le Thermometre de Fahrenheit environ à un degré au-dessous de 0. Et à Petersbourg, sous la latitude de $59^{\circ} 56'$, qui est à peu près la même que celle d'Upsal, le froid fut si excessif en 1733. que le mercure fut condensé de la 50^{me} partie du volume qu'il occupe au degré de l'eau bouillante, & descendit au degré 200 du Thermometre (a) de M. Delisle; ce qui revient sur notre Thermometre à 28 degrés au-dessous de 0. Nous savons, en général par les relations des Voyageurs, l'horrible froid qu'il fait en Hiver dans plusieurs pays voisins des deux Zones glaciales. Mais il y a peu de ces observations qui puissent être rapportées à une mesure déterminée, si l'on excepte celles qu'on trouve dans le Journal du Voyage fait sous le cercle polaire par

(a) Phil. Transf. 441. p. 222.

les Académiciens François pour la détermination de la figure de la Terre ; M. de Maupertuis (*a*) nous dit qu'à Torneao, où ils passèrent l'Hiver de 1737. sous la latitude de $65^{\circ} 51'$ l'esprit de vin se glaça dans leurs Thermometres, & qu'un Thermometre de mercure, construit suivant les principes de M. de Reaumur, descendit 37 degrés au-dessous du terme de la congélation, ce qui revient sur le Thermometre de Fahrenheit environ à 33 degrés au-dessous de 0. M. de Maupertuis ajoute que lorsqu'ils introduissoient l'air extérieur dans leur chambre ils pouvoient à peine en supporter le froid excessif, leurs poumons en étant comme déchirés, & qu'à l'instant même les vapeurs répandues dans la chambre étoient converties en tourbillons de neige. Ainsi, en comptant les degrés $33 + 32 = 65$ compris entre ce froid & le terme de la glace, il s'en trouve justement autant qu'il y en a entre le terme de la glace & la chaleur humaine, qui est au degré $97 = 32 + 65$.

(a) Fig. de la terre. p. 58.

9. Quelqu'étonnant que soit ce froid presqu'inconcevable, l'art peut en produire de plus violens, même dans les climats tempérés; car nous avons le pouvoir d'étendre l'intensité du froid fort au-delà des bornes où s'arrête la nature. Il y a plusieurs substances qui, dans l'instant où on les mêle ensemble, acquierent un froid beaucoup plus grand que celui qu'elles avoient séparément l'une de l'autre. Par exemple, l'esprit de nitre étant versé sur de la neige, ou de glace pilée, en augmente considérablement le degré de froid; & Farhenheit a porté un pareil mélange dans un temps où la température de l'air étoit au degré 32, jusqu'au 40^{me} degré au-dessous de 0, ou 72 degrés plus bas que le terme de la glace (*a*), ce qui est encore plus fort que le froid observé près du cercle polaire. Ainsi le nombre des degrés, compris entre ce froid & le terme de la glace, est égal au nombre des degrés compris entre le terme de la glace & le dernier période de la chaleur

(a) Voy. Boerh. Chem. I. p. 162. Musschenb.
Tent. Exp. Acad. Cim. add. p. 174.

humaine , ou la chaleur de la fievre. Jamais la spéulation auroit-elle conduit à une vérité aussi surprenante.

10. Encore ne pouvons nous pas dire que dans ces circonstances toute la chaleur fût détruite. Nous sommes sûrs qu'elle ne l'étoit pas à Torneao pendant le froid horrible qu'éprouverent les Académiciens François ; & dans le mélange même de Fahrenheit , il pouvoit y avoir , & probablement il y avoit encore quelque degré de chaleur. Mais si l'on réunissoit toutes ces circonstances , si l'expérience de Fahrenheit étoit faite sous la Zone glaciale , quelle effet ne produiroit-elle pas , & combien le froid ne seroit-il pas augmenté ? (a) Ainsi , faute de connoî-

(a) Pendant que j'étois à Paris , on me fit part de quelques observations extraordinaires , qui avoient été communiquées de Pétersbourg à l'Académie des Sciences , par M. Delisle , sur les froids excessifs qu'il fait à Kirenga , place de la Sibérie , quoiqu'elle ne soit qu'à 58° 10' de latitude. Dans l'Hiver de 1738. le mercure y descendit au degré 275 du Thermomètre de M. Delisle , qui répond sur le nôtre au degré 118 au-dessous de 0. C'est l'observation la plus étonnante que nous ayons dans

tre les dernières limites de la chaleur & du froid, nous ne saurions déterminer la proportion Géométrique, qui est entre les quantités absolues de chaleur de deux différens corps. Tout ce que nous pouvons faire, c'est d'en assigner les différences, en faisant une suite d'observations exactes sur les dilatations produites dans les corps par les différens degrés de chaleur, lesquelles sont toujours correspondantes aux quantités de feu, ou de chaleur appliquées à ces corps; en sorte que dans le cours ordinaire on peut regarder ces deux choses comme proportionnelles, toutefois avec quelque restriction, & sans prétendre assurer que la proportion entre les dilatations, soit exactement la même que la proportion entre les quantités de chaleur appliquées.

II. Quand on dit (*a*) que la chaleur

ce genre, supposé qu'elle ait été bien faite. Ainsi ce froid étoit 150 degrés au-dessous du point de la congellation: chose presqu'incroyable: un froid autant au-dessous du point de la congellation de l'eau, que ce froid est au-dessous de la chaleur de l'esprit de vin bouillant.

(*a*) *Voy. Newt. Princ. p. 508. & Phil. Trans. abr. IV. 2. p. 2. 3. Pitcairia El. Med. II. 1. §. 26.*

du fer rougi est trois ou quatre fois plus grande que celle de l'eau bouillante, & que la chaleur de l'eau bouillante est trois fois plus grande que la chaleur humaine, on suppose que les dernieres limites de la chaleur sont au point de la congellation de l'eau, & l'on exprime ces proportions par celles que l'on observe entre les dilatations correspondantes du mercure, de l'huile de lin, ou de telle autre liqueur avec laquelle le Thermometre est construit ; mais absolument parlant, les véritables quantités de ces chaleurs ne sont pas dans une si grande proportion. Par exemple, la chaleur de l'eau bouillante élève le mercure au degré 212, ou 180 degrés au-dessus du point de la congellation, & la chaleur humaine ne l'élève qu'au degré 97, ou 98, c'est-à-dire, 65 ou 66 degrés au-dessus du même point de la congellation ; ainsi la dilatation produite depuis le point de la congellation par la chaleur de l'eau bouillante, est à la dilatation produite depuis le même point par la chaleur humaine, comme 180 est à 66, comme 2,73 est à 1 ; ce qui fait un peu moins

que la proportion triple. Mais les chaleurs absolues correspondantes à ces dilatations ne sont point dans une si grande proportion ; car si nous supposons que le mélange de glace & d'esprit de nitre de Fahrenheit, où le degré — 40 est le premier terme de la chaleur, quoiqu'il y ait lieu de croire que ce terme est encore bien au-dessous, nous trouverons que la chaleur de l'eau bouillante sera alors à la chaleur humaine, comme $212 + 40$ à $98 + 40$, comme 252 à 138 , comme $1,83$ à 1 ; ce qui ne fait pas tout-à-fait la proportion double. Qui auroit crû, ayant l'examen que nous venons de faire, que la chaleur destructive de l'eau bouillante n'étoit pas tout-à-fait double de la chaleur tempérée du corps humain ? Suivant la même supposition, la chaleur de fer rougi, au lieu d'être dix ou douze fois plus grande que la chaleur humaine, sera à cette chaleur, comme 700 à 138 , comme 5 à 1 . On voit donc qu'en supposant les dernières limites de la chaleur 72 degrés au-dessous du point où on les suppose ordinairement, on diminue de beaucoup la proportion

entre

entre les quantités réelles des différens degrés de chaleur qui ont été observés. Cependant je suis éloigné de croire que cette proportion soit aussi petite que le veut M. Amontons. Suivant le système de cet Auteur (*a*), si l'air étoit dépouillé de toute chaleur, il seroit entièrement privé de son élasticité, ce que je ne crois pas que l'on puisse assurer, & le froid qui devroit être excité pour cela, reviendroit en rapportant son Thermometre au nôtre à 43 1 degrés au-dessous du point de la congélation de l'eau, où bien au degré – 400 à peu près. Or, un tel froid seroit autant au-dessous de la chaleur humaine, que cette chaleur est au-dessous de l'huile, ou du mercure bouillans. Ne pouvant donc déterminer avec certitude le premier terme de la chaleur, il faut nous contenter, comme nous l'avons déjà dit, de l'observation des différences, & renoncer à déterminer la proportion entre les quantités absolues des degrés de chaleur jusqu'à ce que nous ayons sur la nature des choses des connaissances

(*a*) Mem. de l'Acad. des Scienc. ann. 1702,
p. 8. 1703. p. 63. 64. 238.

plus étendues que nous n'en avons actuellement. Il est bon de connoître les limites de nos facultés, & d'avouer humblement combien nos connaissances sont bornées, ayant sans cesse présente à l'esprit l'excellente réflexion du Chancelier Bacon (*a*), « l'homme Ministre & interprète de la nature, ne fait & ne connaît rien qu'à proportion de ce qu'il éprouve, ou qu'il observe, & il ne peut ni ne fait rien de plus ». Ce n'est que par cette route d'expérience & d'observation, que ce grand homme nous trace, que nous pouvons parvenir à augmenter le nombre de nos connaissances.

I I.

De la chaleur de l'air.

12. Dans la recherche que nous venons de faire (*b*) du premier terme de la chaleur que nous n'avons pu atteindre, nous avons vu que le froid étoit si monstrueux dans certains pays, que les ha-

(*a*) Nov. Org. I. 1.

(*b*) §. 6. — 10.

habitans pouvoient à peine se garantir de sa rigueur, & qu'il étoit insupportable aux animaux & aux végétaux. Aussi les Anciens pensoient-ils que les pays voisins des deux cercles polaires étoient inhabitables, à cause du froid excessif qui y régnoit (*a*). « Cet engourdissement de la nature, nous dit Macrobe (*b*), » suspend la vie des animaux & des plantes ». *Dans ces campagnes arides où aucun arbre n'est réchauffé par les zéphirs* (*c*).

Ces froides contrées sont en effet très-peu peuplées, quoiqu'elles ne soient pas entièrement inhabitées, & il ne faut pas en être étonné, les habitans de ces malheureux climats sont obligés, pendant l'Hiver, de s'enterrer dans leurs retraires. Les bêtes, quoique pourvues pour la plupart d'épaisses fourrures, s'éloignent autant qu'elles peuvent de ce froid mortel, mais souvent elles y succombent.

(*a*) ἀνθρώποι διὰ θύελλας. Diog. Laert. VII. 156.

(*b*) In Somn. Scip. II. 5. p. m. 110.

(*c*) Pigris ubi nulla campis arbor æstiva recreatur aura. Horat. Carm. I. 22.

Les végétaux périront eux-mêmes, sans la neige sous laquelle ils sont enfevelis à une si grande profondeur, que le froid extrême ne peut les atteindre. Nous éprouvons souvent combien, au défaut de cet abri, les violentes gelées sont fatales aux plantes; & dans nos pays même les plus tempérés, nous voyons que dans les Hivers rigoureux, quoiqu'il y ait assez de neige pour garantir les plantes basses, les arbrisseaux & les arbres sont toujours fort endommagés. Cela est arrivé de nos jours dans toute l'Europe, pendant les Hivers de 1709, 1729 (a), &c. que les Thermomètres descendirent si bas, comme nous avons déjà dit.

13. Dans nos climats tempérés, nous regardons de pareils froids comme une sorte d'irrégularité; & dans le cours ordinaire il est rare que le mercure descende au-dessous du degré 16. Alors même le froid est extraordinaire. Ainsi, suivant la construction de notre Thermometre où le point de la congélation est au de-

(a) Phil. Transf. abr. IV. 2. p. 120. &c.
Mem. de l'Acad. des Sc. 1710. p. 186. Hales
Veg. Stat. p. 74. & suiv.

gré 32, nous pouvons placer les limites du froid ordinaire aux degrés 40 & 24.

14. La moyenne température de l'air dans notre pays est environ au degré 48, on peut dire alors que le temps n'est ni chaud ni froid, & c'est à peu près le milieu de toutes les saisons, & la température du Printemps & de l'Automne. C'est ce qui a été observé en Angleterre par M. Newton & par le Docteur Hales, & en Hollande, par M. Crucquius. En France, cette température est quelques degrés plus haut, & on la détermine ordinairement par celles des caves de l'Observatoire, qui est, suivant les observations, environ au degré 53 de notre Thermometre. Nous concevons, en effet, qu'il doit y avoir de la variété dans la détermination de cette température, suivant les différens pays, & qu'il faut la considérer comme quelque chose de relatif aux climats & à la constitution des habitans différemment disposés par l'habitude. Ainsi, dans les pays froids, l'air paraît tempéré depuis le degré 40 jusqu'au degré 50, dans notre climat & dans notre voisinage vers le Sud, ce sera

depuis le degré 50 ou un peu au-dessous jusqu'au degré 60 ; & dans les pays chauds aux environs du degré 70.

15. Lorsque le temps se met au-dessus ou au-dessous de cette température, tous les animaux cherchent à se garantir le mieux qu'ils peuvent. Pendant le froid ils se retirent dans les maisons, les antres, les tanieres, &c. & nous, outre les précautions que nous prenons pour nous-mêmes, nous pourvoyons à la conservation des bêtes. Pendant la chaleur, nous quittons plus souvent nos demeures, mais l'ardeur du Midi nous y ramene, & nous cherchons, pour l'éviter, les lieux les plus frais de nos maisons où elle se fait toujours sentir moins vivement qu'en plein air. Enfin plusieurs espèces d'oiseaux changent de climat dans les différentes saisons de l'année, & se trouvent toujours, par ce moyen, dans une température proportionnée à leur constitution.

16. Cependant le même degré de chaleur ne convient pas également à tous les animaux, il y en a qui choisissent naturellement les pays froids, pen-

dant que d'autres se plaisent davantage dans les pays chauds. Il en est de même des plantes; & quoique nous croyons, avec le Docteur Hales (*a*), qu'en général la chaleur la plus convenable aux plantes, est depuis le degré 53 jusqu'au degré 69, il est vrai de dire qu'il y a pour les diverses classes différentes températures où elles profitent le mieux. Tout le monde sait que certaines plantes ne peuvent vivre que dans les pays froids, & que d'autres plantes naturelles aux pays chauds périront lorsqu'elles sont transplantées dans nos climats, sans les grandes précautions que l'on prend pour les garantir du froid. Cette partie de la culture des plantes que le Chancelier Bacon (*b*) avoit proposée depuis long-temps, est portée aujourd'hui au plus haut point, par la facilité que nous donne le Thermomètre, d'imiter dans nos étuves & dans nos serres la température de toute sorte de climats, & d'y entretenir dans toute sa vigueur la végétation des plantes que la

(*a*) Veg. Stat. p. 59.

(*b*) Nov. Org. II. 35. p. 254. 50. p. 348.
Nat. Hist. 401. 405. 412. 856.

nature a appropriées aux pays chauds. J'ai rapporté sur notre Thermometre les degrés de chaleur propres à quelquesunes des plantes étrangères les plus curieuses, d'après les obiervations de nos Jardiniers de Londres, sur le Thermo-
metre de M. Fowler, & j'ai trouvé pour
le mirte 44° , pour l'oranger 47° , pour
le ficoides 50° , pour le ficus indica
 $53\frac{1}{2}^{\circ}$, pour l'aloës 57° , pour le cierge
 60° , pour l'euphorbe 63° , pour le pi-
ment 66° , pour l'ananas 60° , pour le
mélocactus 73° .

Ce n'est pas que ces plantes ne puissent subsister à d'autres degrés que ceux qui leur sont assignés ici. Leur chaleur végétative, comme celle des autres plantes, & comme la chaleur animale, est renfermée entre des limites d'une cer-
taine étendue, & nous avons seulement indiqué les degrés qu'on a observé leur convenir le mieux. Je soupçonne cepen-
dant que parmi ces degrés il y en a qui sont trop bas & qui ne répondent pas à la température des climats naturels aux plantes. Il est vrai qu'étant exposées à l'air libre, elles peuvent supporter de

plus grandes chaleurs que dans nos ferres renfermées.

17. La chaleur ne commence à se faire ressentir dans nos climats que depuis le degré 64, & elle est excessive pour nous lorsqu'elle est au degré 80. M. Boerhaave (*a*) croyoit qu'elle ne pouvoit guere aller qu'à 80 ou 90 degrés, & qu'alors même elle étoit mortelle aux animaux. Cependant elle a été quelquefois plus loin, même dans ces climats tempérés. J'ai trouvé des observations faites à Utrecht, à Paris, à Padoue, par lesquelles il constoit que la chaleur avoit passé le 90^{me} degré de notre Thermomètre. Dans le climat tempéré de la Pensilvanie la chaleur de l'Été de 1732. alla une fois jusqu'à 96 ou 97 degrés (*b*). Et M. de Reaumur (*c*) nous parle de la chaleur que certaines personnes sont obligées de supporter & qui va à 38 degrés de son Thermometre, c'est - à - dire, à 104 du nôtre. Dans des pays même plus

(*a*) Chem. I. 156. 192. 207. 213. 274. 278.

§ 53.

(*b*) A&T. Berolin. Cont. IV. p. 131.

(*c*) Mem. de l'Ac. des Sc. 1736. p. 486. 489.

septentrionaux , & où le Soleil a moins de force , on peut donner une preuve évidente que les animaux subsistent à une température qui surpassé la plus grande chaleur de l'air. Par exemple , aux bains d'Edimbourg , la température ordinaire du bain extérieur est à 90 degrés , & quoiqu'en y entrant on ressente d'abord une grande chaleur , & qu'on la trouve un peu incommode , cependant bien - tôt après elle devient supportable , & l'on pourroit y durer sans incommodité aussi long - temps qu'on le trouveroit à propos. On peut même soutenir pendant des heures entieres la chaleur du bain intérieur , quoiqu'elle soit environ à 100 degrés.

18. Toutes ces considérations nous donnent lieu d'admirer avec quel art chaque chose a été ménagée & disposée , par le grand & sage Auteur de la nature , & qu'elle est la vaste étendue de chaleur entre les limites de laquelle le corps animal , & principalement celui de l'homme peut subsister , depuis le degré égal , & même supérieur à la chaleur animale , jusques fort au-dessous du degré qui congèle l'eau ; quoiqu'à la vérité le milieu

de cette étendue soit la chaleur la plus agréable & la plus convenable aux animaux & aux végétaux.

19. Plusieurs des Anciens croyoient qu'il n'y avoit de pays habitables par les hommes, que ceux qui étoient situés sous les zones tempérées. (a) Accordées à l'infirmité des hommes par la bonté des Dieux. « Ce sont les seuls, dit Macrobe (b), où la nature permet aux hommes de vivre ». Car, suivant ce que l'on avoit oui-dire des chaleurs excessives de la zone torride, on la regardoit aussi comme inhabitable (c). D'où vient qu'Ovide, parlant des zones de la terre, dit (d), celle qui occupe le milieu n'est point habitable à cause de la chaleur. Virgile dit aussi (e), l'une est sans cesse enflammée par l'ardeur du Soleil & tou-

(a) *Mortalibus ægris munere concessæ divum.*
Virg. Georg. I. 237.

(b) *In Somn. Scip. II. p. m. 110.*

(c) ἀνθρώπος ὑπὸ οὐαύματος. Diog. Laert. VII. 156.

(d) *Quarum quæ media est non est habitabilis.*
Æstu. Metam. I p. 49.

(e) *Quarum una corusco semper sole rubens &*
torrida semper abigni. Georg. I. 234.

jours brûlée par le feu. Et Horace, dans une de ces images poétiques, qui lui sont familières, se transporte (*a*) *sous le char brûlant du Soleil dans cette terre inhabitée.* Tibule exprime encore plus clairement la position de cette partie de la terre, & ses inconvénients (*b*). *Celle du milieu est toujours exposée à la chaleur de Phœbus.* *La terre n'y offre point les sillons de la charrue, les champs ne font voir ni moissons, ni paturages.* *Bacchus, Cérès, aucun Dieu n'habite cette contrée.* *Tous les animaux fuyent ces climats brûlés.*

Mais cette opinion, suivant que je l'imagine, n'étoit reçue que parmi le peuple, & étoit mise au rang des erreurs vulgaires; & si les Poëtes paroissoient l'adopter, c'étoit comme une belle fic-

(*a*) *Sub curru nimium propinqui*

Solis in terra domibus negata. Carm. I. 22,

(*b*) *Media est phœbi semper subiecta calori,*

Non ergo prepresso tellus consurgit aratro,
Nec frugem segetes præbent, nec pabula
terræ,

Non illuc colit arva Deus, Bacchusve, Ceresve,

Nulla nec exustas habitant animalia partes.

tion à laquelle on ne peut guere supposer qu'ils ajoutassent réellement foi : les personnes raisonnables , quoiqu'elles ayent quelquefois parlé le langage vulgaire , jugcoient plns fainement des choses (*a*). On trouve dans les Historiens & dans les Géographes anciens des descriptions assez exactes de plusieurs pays voisins des Tropiques. L'Éthiopie , l'Arabie heureuse , les côtes de la mer de l'Inde , l'Isle de Taprobane , Ophir , Tarshish , &c. étoient regardés par le peuple même , comme des pays habités , quoique situés sous la zone torride. Et l'on ne voit pas plus dans les anciens Voyageurs que dans les nôtres , qu'ils ayent représenté ces contrées comme nuisibles , ou peu convenables à la vie des hommes. Or , il est constant que les chaleurs de ces climats ne sont point aussi fortes qu'on seroit porté à le croire. Les observations des Jésuites Missionnaires des Indes (*b*) , dont la capacité & l'e-

(*a*) Voyez Cicer. somn. Scip. 6. Macrob. In somn. Scip. II. 5. 6. 7. Diog. Laert. VII.

156.

(*b*) Voyez Dubamel , Hist. de l'Acad. des

xactitude ne sont suspectes à personne, ne permettent pas d'en douter. Et l'on en a eu depuis peu une confirmation dans les observations de M. Cossigny (*a*), suivant lesquelles les chaleurs ordinaires proche la ligne & sous la ligne même, ne sont pas plus excessives que certaines chaleurs extraordinaires observées à Paris & ailleurs, & que tout le monde fait être supportables.

20. Il est vrai que toutes ces observations ayant été faites dans des Isles, ou proche les côtes de la mer, il y a lieu de présumer que la chaleur est plus considérable dans l'intérieur des terres (*b*), mais nous pouvons toujours en conclure, que celle-ci même est supportable. D'ailleurs ces contrées ont un avantage sur les nôtres, c'est que le temps y est beaucoup plus uniforme. L'air y souffre très-peu de changemens, soit du côté

Scien 1666 — 1698. II. p. 111. 112. Mem. de l'Acad. des Scien. 1696 — 1698. VII. p. 835.

(*a*) Mem. de l'Acad. des Scien. 1733. p. 580. &c 1734. p. 759. &c.

(*b*) Voyez les Mem. de l'Acad. des Sciences. 1666 — 1698. VII. p. 837.

de la pésanteur de l'atmosphère, soit du côté de la chaleur. Nous apprenons du Docteur Halley (*a*) & de tous ceux qui ont habité près des Tropiques (*b*), que les variations du Barometre qu'on fait être de 2 ou 3 pouces dans les pays septentrionaux, sont très-petites dans ces climats. Et l'on verra, par les observations suivantes, combien la température de l'air est uniforme dans la zone torride. A Siam, sous la latitude de 15°, les P P. Jésuites ne trouverent entre le plus grand froid & la plus grande chaleur, qu'une différence de 26 degrés du Thermometre de Hubin (*c*), qui reviennent à peu près au même nombre de degrés de notre Thermometre ; à Batavia (*d*), qui est à 6 degrés de latitude méridionale, & où il fait extrêmement chaud, on a trouvé que cette différence étoit un peu moindre ; à Malacca (*e*), sous la la-

(*a*) Phil. Trans. abr. II. p. 18. 20. 22.

(*b*) Mem. de l'Acad. des Sc. 1666 — 1698.

VII. p. 40.

(*c*) Duham. Hist. de l'Acad. des Sc. p. 272.

(*d*) *Ibid.* p. 273.

(*e*) *Ibid.*

titude de deux degrés , le temps est si uniforme & si tempéré , que pendant l'espace de 7 mois le Thermomètre n'alla pas au-dessus du degré 70 , ni au-dessous du degré 60 ; dans l'Isle de Bourbon (a) , sous la latitude d'environ 22° , la différence entre la plus grande & la moindre chaleur de l'après-midi , observées pendant l'espace d'un an , ne fut que de 8 degrés du Thermometre de M. de Reaumur , qui en font à peine 15 du nôtre . La différence entre la chaleur du jour & celle de la nuit , est aussi très-petite dans ces climats en comparaison des nôtres (b) . Ainsi le climat de la zone torride surpasse le nôtre dans l'uniformité de la chaleur & du poids de l'atmosphère , & le nôtre surpasse celui de la Suede , de la Laponie & des autres pays Septentrionaux (c) . D'où il me semble que l'on pourroit déduire une règle générale ; savoir ,
que

(a) Mem. de l'Acad. des Scien. 1734. p. 762.

(b) Ibid. 1666 — 1678. VII. p. 837. 1733.

p. 537.

(c) Voy. Phil. Transf. abr. II. p. 22. Maupert. Fig. de la Terre. p. 72.

que toutes choses d'ailleurs égales , l'étendue des vicissitudes de l'air augmente en même-temps que la latitude , ou la distance de l'équateur.

III.

De la chaleur relative du Soleil , de la Terre , des Planètes & des Comètes.

21. Nous avons jusqu'ici supposé l'air à l'abri de l'influence immédiate du Soleil ; mais si nous le considérons comme étant exposé à la plus grande force des rayons directs de cet astre , nous le trouverons beaucoup plus chaud que dans aucunes des observations que nous avons rapportées , & cet examen nous conduira naturellement à la considération de la chaleur du Soleil , ce magasin inépuisable de lumiere & de feu , & de son influence sur les corps qui en sont à des distances différentes.

M. Newton (*a*) comparant les influences du Soleil sur la Terre & sur Mercur-

(*a*) Princip. III. Prop. 8. Cor. 4. p. 406.

re , établit que la chaleur excitée par le Soleil sur cette dernière Planète , est sept fois plus grande que la chaleur excitée sur la terre ; & que cette chaleur feroit bouillir l'eau & la dissiperoit promptement toute en vapeurs , ayant trouvé par le Thermometre , que la chaleur de l'eau bouillante étoit sept fois plus grande que la chaleur du Soleil d'Été , qui , dans ce calcul n'est que de $58^{\circ} = 32 + \frac{18^{\circ}}{7}$. Mais cette expression , *la chaleur du Soleil d'Été* , doit être interprétée par l'examen du véritable état des choses , & il faut non - seulement que M. Newton n'ait entendu parler que des degrés de chaleur au - dessus du point de la congélation , suivant la façon de penser d'alors , mais encore qu'il n'ait considéré que la chaleur de l'air à l'abri de l'influence directe des rayons du Soleil , ainsi que s'explique le Docteur Pitcairn (a) , qui , sans doute , a tiré de M. Newton les réflexions qu'il fait sur ce sujet. Cependant j'avoue que ce seroit une manière fort impropre de comparer les cha-

(a) Elem. Med. II. 1. §. 26.

teurs du Soleil sur la Terre & sur Mercure , à moins que l'on ne suppose que la chaleur sur Mercure est considérée avec les mêmes conditions ; mais ce feroit encore un moyen peu convenable pour déterminer cette proportion , que de considérer l'air dans un état où l'action du Soleil peut avoir tant d'irrégularités.

22. La chaleur excitée par la plus grande force des rayons du Soleil d'Été est en effet beaucoup plus grande que dans l'estime que nous venons de déduire de l'expression de M. Newton , & dans ces climats même , quoiqu'assez septentrionaux , cette chaleur dilate le mercure d'un 7^{me} de la dilatation produite par le degré de l'eau bouillante. M. Boerhaave , qui est celui qui met cette dilatation au plus bas pied , dit dans un endroit (a) que la plus grande chaleur produite par l'action directe du Soleil sur l'air , ou sur les autres corps , peut atteindre au degré 84 ; & dans un autre endroit (b) il convient que les chaleurs brûlantes de la canicule peuvent porter

(a) Chem. I. p. 213.

(b) Ibid. p. 156.

Le Thermometre au degré 90, quoiqu'il ajoute que la chaleur ne peut guere pas-fer ces limites, & parvenir jusqu'au degré de la chaleur du corps humain. Mais M. Newton lui-même, dans un autre endroit de son Livre (*a*), nous dit expref-sément qu'il n'a trouvé la chaleur de l'eau bouillante, que 3 fois plus grande que la chaleur communiquée à la Terre par le Soleil d'Été, & M. Muffchenbroek (*b*) croit pareillement que la chaleur de l'eau bouillante est seulement 3 fois plus gran-de que n'est en Hollande la plus forte chaleur communiquée aux corps par le Soleil d'Été. Il s'ensuivroit donc que cette chaleur du Soleil est de $92^{\circ} = 32 + \frac{18}{3}$; ce qui ne seroit pas fort éloigné des observations de Borelli (*c*) & de Malpighi (*d*), qui trouverent que dans l'Italie même, la plus forte chaleur du Soleil, au milieu de l'Été, n'étoit pas plus grande que la chaleur des entrailles des animaux, que je mets environ au degré 102.

(*a*) Princip. p. 508.

(*b*) Tent. Acad. Cim. add. II. p. 22.

(*c*) De motu anim. II. Prop. 95. 221.

(*d*) Op. Posth. p. 30.

23. Quoique ces supputations soient ordinairement assez conformes à la vérité, il ne faut pas cependant en conclure qu'elles soient applicables à tous les temps & à tous les lieux. Le Chancelier Bacon (*a*) avoit remarqué depuis long-temps que le plus grand degré de la chaleur animale atteignoit à peine à la chaleur des rayons du Soleil dans les saisons & dans les climats brûlans ; & j'ai trouvé dans ce pays-ci même , que la chaleur du Soleil étoit quelquefois plus grande. Il n'est personne qui n'ait pû s'en appercevoir tout comme moi , & plusieurs , entr'autres M. Newton (*b*) , avoient déjà remarqué que les métaux acquéroient une chaleur considérable au Soleil ; j'en fis l'expérience ici sous la latitude de 56° 20' sur un morceau de fer qui s'étoit tellement échauffé au Soleil , qu'il ne m'étoit pas possible de le tenir dans ma main au-delàde quelques secondes ; ainsi il avoit une chaleur beaucoup plus grande que celle de mon sang. J'ai observé aussi plus d'une fois , que la Terre avoit contracté

(*a*) Nov. Org. II. 13. p. 192.

(*b*) Princip. p. 420.

au Soleil une chaleur au-dessus du degré 120. Le Docteur Hales (*a*) observa en l'année 1727. une chaleur encore plus grande, & qui alloit environ au degré 140. Et M. Muffchenbroek (*b*) en a observé une autre rapportée parmi ses dernières expériences qui étoit de 150 degrés. Ainsi, en comptant les degrés de chaleur, comme nous avons fait depuis le point de la congélation, ou le degré 32; ces chaleurs observées étoient les unes plus grandes que le tiers, & les autres plus grandes que la moitié de la chaleur de l'eau bouillante. On a trouvé que cela alloit encore plus loin dans les pays plus méridionaux & dans certains temps. On (*c*) rapporte des choses étranges sur la chaleur brûlante & insupportable du Soleil dans la zone torride & sur les effets de cette chaleur excessive, comme de grands trajets des pays embrasés, de pierres fondues, &c. ce qui paroît bien extraordinaire. Mais les annales

(*a*) Veget. Stat p. 59.

(*b*) Ess. de Phis. §. 974.

(*c*) Voyez Boyle, Hist. de l'air, Abr. III.
p. 55.

d'Allemagne (*a*) conservent la mémoire d'une chaleur excessive qui se fit sentir en l'année 1230. & qui fut telle que l'on faisoit cuire des œufs dans le sable à l'ardeur du Soleil; & j'ai oui-dire qu'en Egypte, quoique ce ne soit pas le climat le plus chaud de la Terre, on pouvoit faire cuire des œufs sur les toits des maisons. Or, j'ai trouvé que pour durcir le blanc d'œuf il falloit une chaleur d'environ 156 degrés. En l'année 1705. l'Été fut si chaud, qu'un jour à Montpellier (*b*) le mercure fut porté sur le Thermomètre de M. Amontons au degré même de l'eau bouillante, qui est le 212^{me} de notre Thermomètre.

24. Dans le fond, ces chaleurs excessives peuvent être regardées comme des irrégularités qui sont hors du cours ordinaire, & qui ne peuvent être produites que dans certains temps & dans certaines circonstances. Car dans nos climats tempérés, la chaleur ordinaire du Soleil d'Été n'éleve notre Thermomètre vers

(*a*) Lipsii Epist. ad Belg. II. 91.

(*b*) Voyez les Mémoires de l'Acad. des Sc. ann. 1706. p. 15.

le milieu du jour qu'à 60 ou 70 degrés au-dessus du point de congélation , ou du degré 32 , & après midi la chaleur de l'air à l'ombre est environ la moitié de la précédente. Ainsi dans le pays où nous vivons , la chaleur ordinaire du Soleil d'Été est à peu près égale à la chaleur de notre corps , que nous avons trouvé être quelque chose de plus que la moitié de la chaleur de l'eau bouillante (a) ; en supposant que le mélange de neige & d'esprit de nitre de Fahrenheit , étoit le plus bas degré , ou le commencement de la chaleur. Ainsi la chaleur de l'eau bouillante est seulement de 3 à 4 fois plus grande que n'est ordinairement en Été la chaleur de l'air à l'ombre.

25. Mais dans les climats plus chauds , cette chaleur du Soleil est plus grande , & s'il falloit comparer la chaleur excitée sur la Terre avec les chaleurs excitées sur les autres Planètes , eu égard aux distances respectives du Soleil , nous prendrions la chaleur excitée dans la zone torride comme la véritable quantité de l'influence du Soleil sur la Terre.

(a) S. II.

26. Il faut cependant observer que l'estime que nous avons faite de la chaleur excitée par le Soleil , peut être diminuée par une considération , qui est que la chaleur communiquée aux corps terrestres par le Soleil , dépend de plusieurs circonstances autres que la force directe des rayons , comme de la diverse modification de ces rayons à leur passage par l'athmosphère , de leurs différentes réflexions & combinaisons , en vertu de l'action de la surface de la Terre , circonstances qui contribuent toutes aux effets de la chaleur ; & sans le concours de toute ces choses , je douterois que la chaleur du Soleil fût bien sensible. Nous observons que nos chaleurs les plus fortes se font sentir dans les lieux bas où l'athmosphère a le plus de hauteur , & qui sont environnés d'éminences ; & quand on monte (a) à la cime des mon-

(a) Voyez Tit. Liv. Hist. XXI. 32. Senec. Nat. qu. IV. II. Bacon. Nov. Org. II. 12. p. 169. Borelli *de incend. ætn.* p. 7. 50. Boyle Exp. on Cold. abr. I. p. 639. 658. Hist. Of the air. abr. III. p. 53. 54. 55. Boerhaave. Chem. I. p. 172. 185. 476,

tagnes élevées , on est saisi par le froid & l'on rencontre toujours de la neige qui y subsiste depuis une suite de siecles , quoiqu'elle soit exposée chaque jour à la force directe des rayons du Soleil , & même dans des pays où les rayons sont dardés perpendiculairement . On fait que les Académiciens François , dans le voyage qu'ils ont fait à l'Amérique pour la détermination de la figure de la Terre , éprouverent sur les hautes montagnes qui sont sous la ligne même , un froid excessif qu'ils jugerent être aussi violent que celui qui a été observé dans la Laponie ; tant il est nécessaire aux rayons du Soleil pour animer leur force & les rendre propres à échauffer les corps terrestres , de passer à travers toute l'étendue de l'athmosphère , ou d'être aidés par sa pression , par les réflexions de la surface de la Terre , & peut-être par la constitution particulière de la partie la plus basse de l'athmosphère .

27. Il y a donc des circonstances autres que le voisinage du Soleil , qui peuvent influer sur la chaleur . Ainsi les forces de la chaleur du Soleil étant entre

elles , toutes choses d'ailleurs égales , dans la proportion directe des densités des rayons , ou dans la proportion réciproque des quarrés de leurs distances du Soleil , & les distances où la Planète de Mercure & la Terre font du Soleil étant telles , que la chaleur excitée sur Mercure à raison de cette distance , est 7 fois plus grande que la chaleur excitée sur la Terre ; les habitans de Mercure éprouveroient une chaleur 7 fois plus grande que nous (a) , s'ils avoient une atmosphère qui influât sur la chaleur de la même façon que la nôtre , & si la surface de cette Planète étoit disposée comme celle de la Terre. Mais s'ils n'ont point d'atmosphère , ou s'ils n'en ont qu'une très-petite , comme on le conjecture de notre Lune , ou si leur atmosphère est de telle nature qu'elle affecte seulement les rayons du Soleil comme font les parties élevées de la nôtre , il peut être que la chaleur du Soleil sur Mercure soit aussi supportable que celle sur la Terre. D'un autre côté , quoique nous reconnoissions que sur les

(a) Voyez Newt. Princip. III. Prop. 8. Cor. 4. p. 406.

Planetes de Jupiter & de Saturne notre eau seroit toujours glacée , & nous faisis de froid (a) , à raison de la distance du Soleil , il peut être que ces Planetes ayent des athmospheres & des surfaces tellement disposées , que la chaleur excitée pourra convenir à des animaux & à des végétaux de la même nature & constitution que ceux de la Terre.

28. Les Cometes sont dans des conditions toutes différentes des autres Planetes & nous ne pouvons point leur appliquer les mêmes supputations. Leurs orbites sont si excentriques , qu'elles peuvent être affectées très-différemment dans les différentes parties de leurs cours. Mais leurs corps & leurs athmospheres peuvent être de telle nature , que la chaleur n'y sera pas aussi inconcevablement grande qu'on le suppose ordinairement Suivant le système de Newton (b) sur les Cometes , la distance du Soleil à celle qui parût en l'année 1680 (c) , prise au point du pér-

(a) Newt. *ibid.* p. 405.

(b) *Ibid.* p. 508.

(c) Plusieurs croient que cette Comete étoit la même qui avoit paru l'an 1106. l'an 531. l'an

rihelie , étoit à la distance du Soleil à la Terre environ comme 6 est 1000 , en sorte que les chaleurs excitées à raison de ces distances , étoient entr'elles réciproquement comme les quarrés de ces nombres , ou comme 1000000 est à 36 comme 28000 est à 1. Ainsi en supposant que la chaleur de l'eau bouillante est trois fois plus grande que la chaleur du Soleil d'Été , & que la chaleur du fer rougi est 3 ou 4 fois plus grande que la chaleur de l'eau bouillante , il en résulteroit que la chaleur excitée sur cette Comete étoit au moins 2000 fois plus grande que la chaleur du fer rougi. Excès prodigieux que je ne conçois pas qu'aucun corps pût supporter malgré nos modifications , à moins qu'il ne fût d'une densité immense & infiniment plus fixe qu'aucun

44. avant J. C. &c. Voy. Newt. Princip. p. 501. Halley , Synops. of Comet. sur l'Astron. de Gregor. p. 901. 902. 903. Whiston Newtheor. of the earth. p. 187. 191. &c. Mais M. Cassini pense différemment , & il prétend que cette grande Comete , qui allarma l'Europe , n'étoit pas aussi excentrique ni aussi proche du Soleil qu'on le supposoit. Voyez les Mem. de l'Acad. des Sciences. 1731. p. 464. — 468.

corps terrestre que nous connoissions ; car on peut supposer qu'à l'exemple de l'eau (*a*) tous les corps sont susceptibles , à raison de leurs différentes densités de tel ou tel degré de chaleur au-delà duquel le feu , quoique sa force augmente , ne leur en communique plus , & peut seulement les volatiliser & les dissiper en vapeurs. Il faut faire attention que le calcul que nous venons de faire , est fondé sur la supposition que la Comète étoit de même nature que la Terre , & entourée d'une atmosphère semblable à la nôtre ; autrement l'analogie n'auroit point lieu , & l'on ne pourroit pas déterminer ainsi l'influence du Soleil sur cette Comète.

29. Mais s'il étoit vrai , en prenant encore les choses sous un autre point de vûe , que la chaleur du Soleil considérée en elle - même & dans les effets qu'elle peut produire sur la Terre & sur les autres corps planétaires , pourvû toutefois qu'elle ne soit point concentrée ou par des verres brûlans , ou de quelqu'autre maniere ; que cette chaleur , dis-je , fût

(*a*) Voyez Boerh. Chem. I. p. 265. 248.

beaucoup moindre qu'on ne la suppose communément? Et peut-être tandis que nous sommes portés à attribuer au Soleil toutes les chaleurs que nous observons dans les corps terrestres, n'y a-t-il dans le fond qu'une très-petite part, surtout si nous faisons attention à une autre source de chaleur, dont on a souvent parlé dans les théories de la Terre (*a*), mais que l'on n'a pas encore aussi clairement développée que je le voudrois. Nous avons déjà observé que les corps terrestres conservoient un grand fonds de chaleur même lors des plus grands froids. D'un autre côté, tout le monde sait que dans les mines & dans les autres lieux creusés sous terre, l'air est chaud, ou du moins fort tempéré. Les observations faites à Paris dans les caves de l'Observatoire, nous

(*a*) Voyez Empedocles dans Plutarch. *de Prim. Frigid.* p. m. 507. Descartes, *Princ. Phil.* IV. 3. Burnet, *Theor. of the earth.* I I I. 6. Wodward, *Eff. Nat. Hist. of the Earth.* p. 135 — 162. 220 — 225. *Nat. Hist. &c. Illust.* &c. *Introd.* p. 136. 140 — 143. 149 — 152. Wißton *Newtheor. &c.* p. 78. 231. 234. 447. Gassendi *Epicur. Philosoph.* I. p. 546. &c.

font voir qu'à 90 pieds sous terre, qui est la profondeur de ces caves, la chaleur élève le Thermometre au degré 53, & cela indépendemment de l'action du Soleil, puisque l'on n'y a observé aucun changement, ni pendant les chaleurs les plus brûlantes, ni pendant les froids les plus vifs que l'on ait éprouvé dans ce pays-là. M. Boyle (a) avoit observé la même température inaltérable dans une caverne très-profonde. Et l'on rapporte (b) qu'à de plus grandes profondeurs on a éprouvé des chaleurs même incommodes, & qui croissoient à proportion que l'on descendoit plus bas; quoiqu'il fût à désirer que ces chaleurs eussent été mieux constatées & mesurées avec plus de régularité qu'elles ne le sont. Ainsi il paroît que les corps terrestres ont une chaleur indépendante de celle du Soleil, supérieure à toute celle que cet astre pourroit leur communiquer sans l'intervention de l'athmosphère,

(a) Mem. Hist. of the air. abr. III. p. 54.

(b) Voyez Boyle, Exp. on Cold. abr. I. p. 614: 700. 701. 702. Boerh. Chem. I. p. 47. Wodward. Ess. Nat. Hist. of the earth. p. 136.

l'athmosphère, & telle qu'à 90 pieds de profondeur sous la surface de la Terre, elle élève le Thermomètre 93 degrés au-dessus de la température du mélange de Fahrenheit, ou 453 degrés au-dessus du terme reconnu par M. Amontons, pour le premier degré de la chaleur. Cette chaleur est un peu moindre à la surface de la Terre; & au-dessus de cette surface elle décroît très - rapidement, en sorte qu'à une petite hauteur l'air est déjà considérablement froid, sur les montagnes élevées, il l'est excessivement, & la chaleur qui lui reste est assez peu augmentée par l'addition de celle du Soleil, surtout si les rayons n'ont été que peu changés par l'athmosphère & par la surface de la Terre.

30. Ce n'est point à nous qu'il appartient de donner l'explication de la cause & des effets de cette chaleur intérieure de la Terre, nous la laisserons chercher à ceux qui ont assez de feu & d'imagination pour inventer des mondes & des théories de mondes. Je remarquerai seulement avec le Chancelier Bacon (a),

(a) Seq. Chart. p. 102.

M. Boyle (*a*) & d'autres, que les températures de l'air dans différens lieux de la Terre ne répondent nullement à ce qui devroit résulter de leur position à l'égard du Soleil; & sans faire mention de ce qui pourroit paroître moins frappant, je me contenterai de rapporter que dans tout l'émissphère méridional, les climats sont plus froids que les climats semblables de l'émissphère septentrional; & qu'à l'Amérique le froid est plus grand sous la même latitude, qu'il n'est en Europe sur l'émissphère opposé; ce qui indique une cause de chaleur plus puissante que l'action régulière du Soleil, cause inhérente à la Terre, & plus efficace dans certains pays que dans d'autres, mais par tout d'une force considérable.

31. L'ingénieux Halley (*b*) a imaginé une hypothèse très-hardie, de laquelle il s'est servi pour expliquer entre autres, les irrégularités de la chaleur & du froid des différentes parties de la Terre.

(*a*) Exp. on Cold. abr. I. p. 657 — 660. 670.
Mem. Hist. of the air. abr. III. p. 52.

(*b*) Phil. Trans. abr. VI. 2. p. 41.

Il suppose que l'axe de rotation de la Terre a été différent de celui d'aujourd'hui, & qu'ainsi les froids extrêmes que l'on ressent dans quelques endroits, comme dans le Nord-Ouest de l'Amérique aux environs de la Baye d'Hudson, peuvent venir de ce que ces pays ont été beaucoup plus septentrionaux, ou plus voisins du Pole qu'ils ne le sont actuellement, & que depuis ce temps il y a des quantités immenses de glace qui ne sont pas encore fondues, & qui réfroidissent l'air à un tel point, qu'il se ressent à peine de la chaleur du Soleil, & qu'après plusieurs siecles il n'en a pas encore été suffisamment échauffé. Suivant la même supposition, ou pourroit dire que la température de certains autres pays, vient de ce qu'ayant été voisins de l'équateur, ils conservent un reste de leur chaleur primitive qui ne s'est pas encore entièrement dissipée.

Mais outre que dans une pareille hypothese, ces différens pays approcheroient de plus en plus de la régularité & de l'uniformité avec les autres pays, qui sont d'ailleurs sous la même latitude &

dans les mêmes conditions, la chaleur des corps est si passagere, & celle du Soleil fait des progrès si rapides dans les corps terrestres que je ne saurois concevoir, même en admettant la supposition du changement d'axe, que les différents degrés communiqués primitivement à la Terre par le Soleil, ayent pu être assez durables pour se faire ressentir encore aujourd'hui. Ainsi nous devons attribuer, comme je l'ai dit plus haut, ces irrégularités à un principe intrinseque, dont l'influence a plus d'efficacité dans certains pays que dans d'autres, & plus de puissance par tout que l'influence du Soleil.

32. Et si nous supposons ce principe de chaleur dans les autres Planètes à l'exemple de la nôtre, leurs différentes chaleurs, ou celles des corps qui sont à leur surface, ne dépendront plus uniquement, ni même principalement de l'influence du Soleil, comme les Philosophes Astronomes (a) semblent le supposer, &

(a) Voyez Newt. Princip. p. 405. 508. 509.
Gregor. Elem. Astron. VI. Propr. 2. 3. 4. 5. 6.
Whist. Præt. Math. p. 327. 328. Newtheor.

ce principe intrinseque y aura plus de part que l'addition simple de la chaleur du Soleil. Cependant il est à croire que la chaleur du Soleil est nécessaire au maintien & à la conservation de l'autre, quand on considère que dans tous les corps qui n'ont point en eux de principe de vie, la chaleur tend naturellement & constamment à sa diminution & à sa destruction.

33. Quoiqu'il en soit, nous pouvons conclure de toutes ces considérations, que la chaleur du Soleil, & celle qui est excitée dans les corps par son action, ne sont point aussi considérables qu'on les suppose ordinairement (*a*), & que les chaleurs intrinseques des Planètes peuvent être tellement combinées avec celles du Soleil, que la mesure de chaleur excitée ne sera ni si grande sur les Planètes plus voisines du Soleil, ni si petite sur les Planètes plus éloignées, qu'il résulteroit de leurs différentes distances de cet astre, à quoi peut concourir encore

&c. p. 53. 78. Hugen. Cosmotheor. II. p. 694.
&c. Derham, *Physico-Theol.* p. 171 — 178.

(*a*) *Voyez Newt.* *ibid.* p. 508. *Wiston.* *ibid.*

la différente disposition des atmosphères ; ensorte qu'il pourra y avoir une grande uniformité à cet égard dans tout le système solaire. Les Comètes elles-mêmes pourront être de telle nature , que leur construction particulière réparera l'inconvénient de leur excentricité , & de la variation de leurs distances du Soleil.

34. Mais où me laissai-je emporter ? Me voici dans un chemin glissant & enchanté , & je crains bien que l'on ne me reproche de m'être engagé dans les régions chimériques de l'imagination , & de la conjecture où je serois fâché de me fixer. Cependant puisque je me trouve dans un point de vûe si séduisant , je ne le quitterai qu'après avoir fait encore une dernière considération. Faisons abstraction de toutes les autres influences du Soleil sur les Planètes comme de la lumiere , de la gravitation , &c. combien cette addition seule de la chaleur du Soleil , qui se trouve si sagement variée , ne peut-elle pas produire de changemens dans cette autre chaleur naturelle & uniforme des Planètes , pour remplir les

grandes & nobles vûes du maintien & de la vie de leurs habitans ! nous pouvons le voir dans ce qui se passe sur notre globe où la vicissitude des jours & des nuits, de l'Hiver, de l'Été, du Printemps, & de l'Automne, entre autres effets qu'elle produit, maintient l'action & la vie des végétaux & des animaux, qui ne pourroit que languir & s'éteindre, si la chaleur étoit constamment la même. Car tous les corps organiques, depuis le dernier des végétaux jusqu'au premier des animaux, sont dans une oscillation continue à l'occasion de l'expansion & de la contraction alternatives de leurs parties solides & fluides.

35. Ainsi, quoique le Soleil ne soit ni l'unique, ni la principale source de la chaleur, il doit en être regardé, pour ainsi dire, comme le *régulateur*, de même que du mouvement & de la vie des habitans de son système. Et les bienfaits que ce grand moteur, ce principe de la vie & de l'activité de la nature répand sur nous, doivent exciter toute notre administration. Le sentiment de ces bienfaits avoit égaré les anciens peuples Payens, jus-

qu'à lui rendre un culte, que plusieurs Peuples de la Terre lui rendent encore. Privés malheureusement des lumières de la véritable Religion, & de la vraye Philosophie accordées au premier homme, jugeant confusément des choses, éblouis de la splendeur, du pouvoir & des influences sensibles du Soleil, ils s'imaginerent que leurs vies & leurs biens dépendoient uniquement de cet astre bienfaisant, ainsi ils adorerent la créature au lieu du Créateur, & l'ouvrage au lieu de l'Auteur, dont ils avoient totalement perdu la connoissance; & ils ne pouvoient la recouvrer sans le secours de la nouvelle révélation & de la communication nouvelle de Dieu avec les hommes , ou d'une connoissance plus exacte du système de la nature , que celle où les hommes peuvent ordinairement atteindre d'eux-mêmes ,& d'une étude profonde des différentes connexions des parties de l'Univers , de leurs dépendances mutuelles , & enfin de la dépendance entière & universelle du tout , sous la main d'un arbitre & d'un maître infiniment sage & puissant.

I V.

De la chaleur des animaux.

36. C'est assez parlé de la chaleur céleste & planétaire , il est temps de nous rapprocher de l'homme , & de considérer les différens degrés de chaleur des corps terrestres vivans , autant qu'ils peuvent être soumis à la perception & à l'examen de nos sens. Recherche d'autant plus utile & satisfaisante pour nous que c'est celle qui nous touche de plus près.

La chaleur animale est infiniment variée , soit à raison de la diversité des animaux , soit à raison de la variété des saisons. Les Zoologistes distinguent avec assez de fondement , les animaux en chauds & en froids , ce qui doit s'entendre relativement à nos sens. Ils appellent chauds ceux dont la chaleur approche de notre température , & froids ceux dont la chaleur est au-dessous de la nôtre , & fait sur le toucher une impression qui nous fait éprouver le sentiment du froid ; quoique , suivant les ex-

périences que j'ai eu occasion de faire à la chaleur de tout animal soit , en vertu du principe de vie , plus grande que celle du milieu dans lequel il vit.

37. Si l'on fait attention à la gradation par laquelle , en comprenant tous les corps vivans , on descend depuis les animaux les plus chauds jusqu'à la matière absolument inanimée , par nuances presqu'insensibles , on sentira qu'il est très-difficile de déterminer le dernier terme de la végétation & les limites entre le premier des animaux & le dernier des végétaux. Dans toutes les expériences que j'ai tentées , je n'ai pû découvrir qu'aucun des végétaux , non plus que la matière la plus inanimée , acquit en vertu du principe de vie , un degré de chaleur supérieur à celui du milieu environnant , & qui pût être distingué. Il est vrai que comme l'air est beaucoup plus facilement altéré par la chaleur & par le froid à raison de sa moindre densité , il est quelquefois , principalement le matin & pendant la nuit , un peu plus froid que les plantes qui vivent dans ce milieu , & par la même raison , il paroît

souvent un peu plus chaud pendant le jour. Mais aussitôt que la chaleur devient constante, la température des plantes répond exactement à celle de l'air qui les environne. « On ne découvre au toucher, dit le Chancelier Bacon (*a*), aucun degré de chaleur dans les plantes, soit dans leurs larmes, soit dans le cœur de leurs tiges ».

Au contraire, tous les animaux, quelque peu que leur vie soit animée, ont un degré de chaleur plus considérable que celui de l'air ou de l'eau où ils vivent. Mais ce qui trompe notre attente, c'est que la famille des insectes qui paroît la plus foible & la plus délicate, est cependant celle qui peut supporter le plus grand froid sans aucun dommage. Il ne leur faut d'autre couvert dans les saisons les plus rigoureuses, que les ouvertures faites aux écorces des arbres & des arbrisseaux, les trous des murs, ou un peu de terre; & plusieurs demeurent entièrement nus & exposés à l'air. Dans les grands Hivers de 1709. & 1729. les

(*a*) Nov. Org. II. 12.

œufs des insectes, les nymphes, les aurorelies survécurent à la rigueur du froid qui étoit insupportable à tout le reste des animaux (*a*). M. de Reaumur (*b*) rapporte qu'une jeune chenille avoit supporté un froid au-dessous du degré 4;
& ce qui est encore plus fort, on voit dans le Journal du voyage des Académiciens François en Laponie (*c*), qu'ils furent tourmentés pendant l'Automne, par une multitude innombrable de différentes sortes de mouches, dont les œufs devoient avoir supporté la rigueur de l'Hiver précédent. J'ai trouvé que les chenilles n'avoient que très-peu de chaleur, environ deux ou trois degrés seulement au-dessus de l'air dans lequel elles vivent.

39. Ainsi la classe des animaux froids est formée par toute la famille des insectes (*d*), hormis les abeilles qui font

(*a*) Boerh. Chem. I. p. 287. 415.

(*b*) Mem. de l'Acad. des Sc. 1734. p. 257.

(*c*) Maupert. Fig. de la Terre. p. 12. *Voyez aussi Boyle. Exp. of Cold. abr. I. p. 661.*

(*d*) *Voyez Bacon, Nov. Org. II. §. 11. p. 167. §. 12. p. 186. §. 13. p. 102. Nat. Hist. p. 245.*

une exception singuliere , & dont la chaleur mérite d'être remarquée. Ce genre d'insectes où les observations curieuses des Naturalistes, ont découvert des choses très-particulieres touchant leur économie & leur génération , est aussi d'une constitution singuliere , eu égard à la chaleur , & j'ai trouvé , par des expériences fréquentes , que la chaleur d'un essain d'abeilles élevoit le Thermometre qui en étoit entouré au degré 97 , chaleur qui ne le cede point à la nôtre.

40. Conformément à ce que j'ai observé du commun des insectes , la chaleur des autres animaux d'une vie foible excede peu la chaleur du milieu environnant. A peine distingue-t-on quelque différence dans les moules & dans les huitres , très-peu dans les carrelets , les merlans , les merlus & autres poissons à ouies , qui m'ont tous parus avoir à peine un degré de plus que l'eau de mer dans laquelle ils vivoient , & qui étoit , lors de mon observation , au degré 41. Enfin , il n'y en a guere plus dans les poissons de riviere , & quelques truites que j'ai examinées étoient au degré 62 ,
31890 RUE 21013 100 21 178101V1

pendant que l'eau de la riviere étoit au degré 61 (a). Les poissons peuvent vivre à un degré de chaleur un peu au-dessus du point de la congélation ou du degré 32 de notre Thermometre.

41. Suivant le résultat de plusieurs expériences, j'ai trouvé que les limacons étoient environ deux degrés plus chauds que l'air; les grenouilles & les tortues de terre m'ont parû avoir quelque chose de plus, & environ 5 degrés de plus que l'air qu'elles respiroient. Je suppose que c'est-là l'état de tous les animaux dont le poumon en apparence est comme une seul vesicule, & sur ce pied la chaleur de leur sang n'excede guere celle des poissons à ouies. Tels feront les crapauds, les tortues de mer, les viperes & toute la classe des reptiles qui ont les poumons de la même sorte, & sont d'une semblable constitution. La plûpart de ces animaux ne sont point en état de supporter de grands froids, &

(a) J'ai aussi examiné la chaleur d'une carpe & celle d'une anguille, & j'ai trouvé qu'elles excédoient à peine la chaleur de l'eau où ces poissons vivoient, & qui étoit au degré 54.

pendant l'Hiver ils se retirent dans leurs trous où ils peuvent être à la température de 48 degrés ou environ. La force de leur principe de vie est alors fort diminuée (*a*), & la dissipatiou de leur substance l'est à proportion (*b*). Je pense que l'on peut dire la même chose des irondelles & des autres especes d'oiseaux dormeurs, plus chauds à la vérité que les animaux dont nous venons de parler, & faisant même partie de la classe des chauds, mais qui dans leur état d'inaction sont probablement beaucoup plus froids que dans le temps de leur vie active.

42. Pour ce qui est de la classe des animaux chauds, il y a des différences dans leur chaleur à raison des différentes saisons, des diverses especes, & des circonstances qui accompagnent chaque especie. En général, leur chaleur est d'une étendue considérable. Ils sont affectés

(*a*) *Voy. Harv. de motu Cord. IV. p. 28. XVII.*
p. 65. *Lister de Cochl. p. 164. de Bucc. p. 246.*

251.

(*a*) *Voy. Phil. Trans. abr. II. p. 825. Lister de Cochl. p. 163. 165.*

tout comme les autres corps par les diverses températures du milieu environnant ; & par conséquent sont sensibles à la variété des saisons & des climats lorsqu'ils ne sont point à l'abri de leurs influences. Et lorsqu'ils n'en sentent point les impressions , leur chaleur extérieure est alors à peu près la même que l'intérieure. Cependant il y a presque toujours quelque différence entre ces deux chaleurs dans les différens animaux.

43. M. Boerhaave (*a*) regarde la chaleur des animaux chauds comme un état naturel assez uniforme, ou le même dans tous les animaux , & il trouve qu'une pareille chaleur élève le Thermomètre au degré 92 ou 94 tout au plus. Suivant le Docteur Pitcairn (*b*) , la chaleur de la peau du corps humain est à un degré qui revient au 92^{me} de notre Thermomètre. M. Amontons (*c*) trouve après plusieurs expériences

(*a*) Chem. I. p. 192. 207. 213. 414. 415. 526.

(*b*) Elem. Med. II. 1. §. 26.

(*c*) Mem. de l'Acad. des Sciences, 1703.
p. 235. 243.

expériences que la chaleur du corps humain porte son Thermometre aux degrés $58\frac{2}{12}$, $58\frac{5}{12}$, $58\frac{6}{12}$, $58\frac{7}{12}$, $58\frac{9}{12}$ qui reviennent aux degrés 91, 92, 93 de Fahrenheit. M. Newton (*a*) regarde le degré 12 de son Thermometre qui revient au degré $95\frac{1}{2}$ du nôtre, comme répondant à la chaleur extérieure du corps humain & des oiseaux qui couvent. Fahrenheit (*b*) place la chaleur du corps humain au degré 96; & M. Musschenbroek (*c*) dit que c'est à ce degré que s'arrête le Thermometre lorsqu'il est plongé dans le sang tout chaud d'un animal, quoique dans un autre endroit (*d*) il regarde le degré 92 ou 94, comme répondant à la chaleur de notre sang.

44. J'ai fait moi-même avec beaucoup de soin quelques observations sur ce sujet, qui m'autorisent à dire que les déterminations précédentes sont trop générales & sur un pied trop bas, je soupçonne, au moins dans quelques-unes de ces

(*a*) Phil. Trans. abr. IV. 2. p. 1. 3.

(*b*) Phil. Trans. abr. VI. 2. p. 18. 52.

(*c*) Eph. Ultraj. 1728. p. 679.

(*d*) Ess. de Phys. p. 502.

expériences, que l'on n'a pas laissé au Thermometre le temps nécessaire pour recevoir la chaleur entiere, ou peut-être a-t-on pris la chaleur de la main dans le temps qu'elle étoit moindre que celle des autres parties couvertes du corps. Il est sûr que l'espèce humaine est dans les derniers rangs de la classe des animaux chauds (*a*), cependant j'ai trouvé par une infinité d'expériences, que ma peau par tout où elle étoit bien couverte élevoit le mercure au degré 96 ou 97; dans quelques personnes, cela va plus haut, & dans d'autres plus bas. L'urine nouvellement rendue & reçue dans un vase de la même température qu'elle, est à peine d'un degré plus chaude que la peau, & nous pouvons supposer qu'elle est à peu près au degré des viscères voisins. Le Docteur Hales (*b*) trouva que la chaleur de sa peau étoit au degré 54, & la chaleur de l'urine nouvellement rendue au degré 58 de son Thermometre; ce qui revient sur le nôtre aux degrés 99 & 103.

(*a*) Cæsalp. qu. Perip. V. 6. p. 132.

(*b*) Veget. Stat. p. 52.

45. Cependant l'espèce humaine n'est pas, comme nous l'avons dit, parmi les animaux les plus chauds, & dans les quadrupedes ordinaires, tels que les chiens, les chats, les brebis, les bœufs, les cochons, &c. la chaleur de la peau élève le Thermometre 4 ou 5 degrés plus haut que dans l'homme, & le porte aux degrés 100, 101, 102, & dans quelques-uns au degré 103, ou même un peu plus haut.

46. La chaleur des poissons cetacées est égale à celle des quadrupedes, comme le reconnoît M. Boerhaave (*a*), quoiqu'il leur assigne ainsi qu'aux autres animaux qui respirent une chaleur trop petite, en la limitant au degré 92 ou 93. Ceux qui ont voyagé dans les Indes Orientales (*b*), rapportent que le sang de la vache de mer est sensiblement chaud au toucher. M. Richer (*c*) a trou-

(*a*) Chem. I. p. 715.

(*b*) Voyez Ent. Apolog. &c. p. 207. Le Comte, Mem. de la Chine. II. p. 343.

(*c*) Duhamel Hist. de l'Acad. des Sciences. p. m. 157. Mem. de l'Ac. des Sc. 1666 — 178. VII. p. 325.

vé que le sang du marsouin étoit aussi chaud que celui des animaux terrestres. Moi-même j'ai trouvé que la chaleur de la peau du veau marin étoit proche du degré 102, & celle de la cavité de l'abdomen environ un degré plus haut : le tout conformément à ce que nous observons dans nos quadrupedes terrestres , auxquels les poissons cetacées ressemblent entierement pour la structure & la forme des viscères.

Le Chancelier Bacon (*a*) nous dit que le genre des oiseaux est extrêmement chaud , & il le donne comme une opinion reçue. Ils sont en effet les plus chauds de tous les animaux , & surpassent de 3 ou 4 degrés les quadrupedes suivant l'expérience que j'en ai fait moi-même , sur les canards , les oyes , les poules , les pigeons , les perdrix , les iron-delles , &c. la boule du Thermometre étoit placée entre leurs cuisses le mercure s'élevoit aux degrés 103 , 104 , 105 , 106 , 107 , & dans une poule qui couvoit , j'ai trouvé une fois , à la vérité par cas extraordinaire , une chaleur de 108 degrés.

(*a*) Nov. Org. II. 13. p. 193.

48. C'est avec moins de fondement que le Savant Chancelier prétend (*a*) que la peau des animaux lorsqu'ils sont en action est plus chaude que leur sang. Je trouve, au contraire, par toutes mes expériences, soit sur les oiseaux, soit sur les quadrupedes, que la chaleur des entrailles est d'environ un degré plus grande que celle de la peau. Il est vrai que j'y ai trouvé quelquefois très-peu de différence, & d'autres fois point du tout. Un Thermometre que j'avois introduit dans un ulcere fistuleux situé entre les muscles de la cuisse, indiqua une chaleur très-peu supérieure à celle de la peau couverte.

49. Comme la circulation est fort prompte & fort libre, la chaleur du sang, des arteres & des veines est la même, & cette chaleur n'est tout au plus que d'un degré plus grande que la chaleur des entrailles, ou d'environ deux degrés plus grande que la chaleur de la peau, ce qui fait une différence beaucoup moindre que celle qui est assignée

(a) *Ibid.*

par M. Newton (*a*) & par le Docteur Hales (*b*) qu'ils prétendent être de 10 à 11 degrés.

V.

De la chaleur non naturelle des animaux.

50. Ce sont-là les chaleurs des animaux telles que je les ai trouvées dans mes expériences ; mais je ne prétends pas qu'il faille les tenir pour règle constante & universelle. Outre les variétés qui se rencontrent dans les différens individus, la chaleur d'un même animal n'est pas toujours égale. Il est vrai que dans l'état de santé elle varie fort peu, mais les maladies & les accidens extraordinaires peuvent l'altérer beaucoup & la porter plus haut ou plus bas que l'état naturel. Je n'ai point eu occasion de faire un assez grand nombre d'observations pour établir quelque chose de sûr & de satisfaisant sur la chaleur des animaux dans l'état non naturel ou de maladie,

(*a*) Phil. Trans. abr. IV. p. 12.

(*b*) Veget. Stat. p. 50. Hæmast. p. 98.

mais je crois que cette chaleur n'est pas aussi grande dans la fièvre qu'on est porté à le conjecturer.

51. Tous les Auteurs de Médecine reconnoissent unanimement dans les fièvres un degré de chaleur brûlant, & l'on nous rapporte (*a*) de l'Empereur Constante & de quelques autres, que leur tempérament étoit d'un tel degré de chaleur, que dans l'ardeur de la fièvre, ils brûloient en effet les mains de ceux qui les touchoient, mais personne ne favoit alors mesurer cette chaleur, afin de nous en transmettre une Nation distincte, entreprise dont le succès étoit réservé à nos siècles modernes. L'ingénieux Hales (*b*) prétend que la chaleur du sang dans les fièvres ardentes est environ au degré 85 de son Thermometre, c'est-à-dire, au degré $136\frac{1}{2}$ du nôtre, chaleur trop forte pour qu'aucun animal puisse jamais l'acquérir, ou qu'aucun corps vivant puisse la supporter. M. Boerhaave rapporte (*c*) à ce sujet, quelques observations d'ani-

(*a*) Voyez Bacon, Nov. Org. II. 13. p. 192.

(*b*) Veget. Stat. p. 60.

(*c*) Chem. I. p. 227.

maux qui avoient péri très - rapidement dans un air échauffé jusqu'au degré 146, ils étoient morts tous long-temps avant que la chaleur de leurs corps fût parvenue au degré 136, & le Thermometre mis dans leur bouche immédiatement après leur mort, n'indiquoit que le degré 110.

52. D'un autre côté, je ne faurois me persuader que la chaleur de la fievre soit aussi peu considérable, & cependant ses effets aussi dangereux que paroît le penser M. Boerhaave (*a*). Ce grand homme considere avec frayeur le pouvoir qu'il pense qu'elle a de coaguler la limphe, effet terrible qui peut être opéré, selon lui, par une chaleur peu au - dessus du degré 100. Et d'après cette autorité le Docteur Hales (*b*) & le Docteur Arbutnott (*c*) assurent que la chaleur naturelle du corps humain est fort proche du degré de coagulation. Mais j'ai vu des fievres qui, sans être de la dernière vio-

(*a*) Aphor. 96. 689. Chem. I. p. 343. II. p. 352. 353. 378. 213. 357. 358.

(*b*) Hæmaſt. p. 104. 105.

(*c*) Eff. on air. p. 114. 211.

lence, ne me laissoient pas douter, par l'observation de la chaleur de la peau, que celle du sang ne fût 5 ou 6 degrés au-deffus du prétendu degré de coagulation, sans que pour cela il arrivât aucun accident fatal (*a*). J'avoue qu'une telle chaleur si elle étoit négligée ou maltraitée, pourroit, suivant que l'observe Hippocrate (*b*), dissiper les parties volatiles & aqueuses, épaisser insensiblement la masse du sang, & produire ainsi des effets pernicieux si elle n'amenoit même la putréfaction. Mais pour coaguler immédiatement la limphe du sang, ou le blanc d'œuf, j'ai trouvé par des expériences répétées, qu'il falloit une chaleur bien au-deffus de celle qui pourra jamais être observée dans les animaux vivans, & ces

(*a*) J'ai observé sur moi-même, ayant la fièvre, que dans la force du paroxysme, la chaleur de ma peau étoit au degré 106, & par conséquent mon sang au degré 107 ou 108. Et ce qu'il y a de remarquable, c'est qu'au commencement de l'accès & dans le fort même du frisson, la chaleur de ma peau étoit de 2 ou 3 degrés plus grande que dans l'état naturel de santé.

(*b*) IV. *De Morbis. XXIII. 23. &c.*

substances ne perdent leur fluidité que lorsque le Thermometre est au degré 156 ou environ, qui est un moyen arithmétique entre la chaleur ordinaire du sang humain, ou le degré 99 ou 100, & la chaleur de l'eau bouillante, ou le degré 212.

53. Il n'y a point d'animal, comme nous l'avons dit, qui puisse endurer une pareille chaleur, & outre les dérangemens qu'elle produiroit dans les fluides, je suis sûr que les nerfs ne sauroient la supporter, quand elle n'excéderoit que de peu de degrés la chaleur naturelle du sang. M. Newton (*a*) & M. Amontons (*b*) ont éprouvé que l'on ne peut tenir les mains dans l'eau chaude que jusqu'au degré 108. Mais comme les boules de leurs Thermometres étoient fort grandes, je soupçonne qu'ils n'ont point donné à la liqueur le temps nécessaire pour recevoir toute la chaleur; car j'ai trouvé que je pouvois y tenir les mains & les pieds jusqu'au degré 112 ou 114. Je crois que personne n'iroit guere au-delà,

(*a*) Phil. Trans. vbr. IV. 2. p. 2.

(*b*) Mem. de l'Ac. des Sc. 1703. p. 236. 244.

à moins que d'avoir la peau calleuse. Je ne voudrois pas cependant juger du degré de sensibilité de tout le corps par les impressions faites aux mains, plusieurs personnes les ayant extraordinairement endurcies par le travail & par l'usage. Un domestique de M. Amontons pouvoit les tenir dans l'eau chaude jusqu'au degré 122, & j'ai vu des personnes qui manioient librement des choses que je n'aurois pu toucher sans me brûler. Les animaux d'un ordre plus chaud peuvent supporter une plus grande chaleur que nous, au contraire, les poissons & les animaux froids périssent à un degré de chaleur moindre que celui de notre sang. On a vu mourir en trois minutes de temps une perche, qui est un des poissons à ouies les plus vivaces, dans une eau échauffée jusqu'au degré 96 (*a*).

53. Les noms que les hommes donnerent d'abord aux choses, furent souvent tirés de certaines ressemblances, sans prétendre exprimer la vraye nature des choses. C'est dans ce sens que les Mé-

(*a*) *Mussch, Tent. Exp. Acad. Cim. add. p. 122.*

deçins employent ces expressions, *fièvre ardente*, *inflammation* & d'autres tirées de la nature du feu, & ils ne les regardent, conformément à l'institution primitive, que comme un moyen d'exprimer figurativement les chaleurs extraordinaires des corps, ou la chaleur du sang portée beaucoup au-delà de son état naturel. Cependant il y a des gens qui, passant les bornes des expressions figurées, & trompés par des théories destituées de toute sorte de fondement, regardent ces choses comme réelles, & parlent dans le sens le plus étroit des chaleurs brûlantes du cœur & des autres viscères, des ébullitions & effervescences du sang, de sa disposition actuelle à s'enflammer en effet (a), & décrivent les effets brûllans de la chaleur, qui ne sauroient jamais exister dans un animal vivant, ainsi qu'on le démontre par des expériences incontestables. Il semble donc que pour prévenir toute méprise, ces façons de parler ne devroient avoir lieu qu'en Poësie, où l'on peut admettre sans conséquence

(a) Willis Pham. rat. II. p. 22.

les figures hardies & les expressions exagérées. Mais quand on traite des sujets dont la nature & l'importance ne permettent point d'écart, & qui ont pour objet l'exacte vérité, il faudroit user de plus de circonspection. Et n'est-ce pas en imposer aux sens & choquer les idées communes, que de parler gravement du foye, comme s'il mettoit le feu à la bille, du cœur, comme s'il faisoit bouillir & écumer le sang, & qu'il fût brûlant comme un fer chaud (*a*), & de représenter, ainsi que font d'autres, l'estomach comme une marmite qui cuit nos alimens (*b*).

54. Nous avons vu qu'il est très-rare que la chaleur du sang des animaux soit portée au-delà de la température naturelle, & que nous ne saurions soutenir un grand excès de cette nature, soit dans

(*a*) Abu jaafar ebn tophail Philos. Autodid. p. 64. Ali Kodoan apud Gom. pereir. Antonian. marg. p. 326. 770. Columb. de re anat. XIV. p. m. 477. 481. Diemmerb. Anat. II. 6. Descartes, de Meth. p. 29. de Hom. p. 8. de Form. Fæt. §. 18. 72. de Paff. I. 8. 9. Epist. I 52.

(*b*) Hipp. apud Cels. Med. Præf. p. Stukely of the spleen. p. 35.

dans notre chaleur intérieure, soit dans la chaleur du milieu qui nous environne. Nous sommes beaucoup moins sensibles à l'excès opposé, & nous supportons un froid beaucoup plus grand, du moins lorsque nous n'en sommes affectés qu'extérieurement ; il y a des exemples remarquables de grands froids endurés sans aucun accident. Nous en éprouvons nous - mêmes dans ces pays - ci d'assez violens, mais qui ne fauroient être comparés à ces froids énormes dont nous avons fait mention, qui se font sentir dans les pays septentrionaux, souvent les animaux en périsent, d'autres fois la violence du froid s'arrête heureusement. Nous savons (*a*) que l'on a trouvé des animaux entièrement gelés dans leurs trous, ou dans des morceaux de glace, qui ont été rappelées à la vie par l'éguillon de la douleur, ou par l'impression d'un air chaud. Il arrive souvent d'avoir certaines parties du corps gelées, telles que les mains,

(*a*) Boyle, Exp. on Cold. abr. I. p. 671.
673. Quesnay, Econ. ani. p. 25.

les pieds , le nez. Mais ce qu'il y a de plus frappant (a) c'est l'exemple qui a été vu de personnes tellement prises de froid qu'en les plongeant dans de l'eau froide , il se formoit une croûte de glace sur toute la surface de leur corps ; ce qui prouve que cette surface avoit contracté un froid plus grand que le degré 32 , & si le froid avoit atteint le degré 25 , le sang pouvoit fort bien s'être glacé dans quelques vaisseaux. Cependant dans cet état terrible où la mort paroissoit inévitable , on a rappelé ces personnes à la vie par des traitemens convenables , & employés souvent avec succès dans les pays froids. On est porté à croire , que dans de pareils cas la chaleur intérieure est considérablement diminuée , mais je ne saurois déterminer jusqu'à quel point on peut subsister sans une mort immédiate. Cependant nous pouvons trouver quelques lumières à ce sujet dans l'examen de la chaleur des oiseaux & des autres animaux , qui passent l'Hiver dans un état d'insensibilité ou de sommeil.

(a) Fabr. Hild, de Gangr. &c. XIII. p. 792.

Ce que nous avons dit jusqu'à présent de la chaleur des animaux, suffit pour en prendre une idée générale, nous avons considéré ce sujet avec plus de détail dans un autre Traité (a).

Ce qui suit est plutôt un essay de ce qui seroit à faire sur les chaleurs respectives des corps, qu'un Traité complet.

V.

De la chaleur des eaux, des huiles, des sels, suivant leur degrés de fluidité & de consistance.

La consistance & la fluidité des corps sont plutôt des circonstances ou accidens, entièrement dépendans du degré de chaleur appliqué aux corps, que des propriétés essentielles & permanentes. Quelques-uns des corps les plus solides peuvent être liquefiés par le feu. Les pierres, les métaux, les sels, &c. peuvent être réduits par des degrés de chaleur plus ou moins grands à l'état de fluidité

(a) *De animalium calore.*

Fluidité, & persister dans cet état aussi long-temps que subsiste le degré de chaleur qui les y a réduits ; d'un autre côté, les corps qui subsistent ordinairement dans l'état de fluidité peuvent être réduits à l'état de consistance par le froid ou la diminution de la chaleur ; & s'il y a quelques fluides que l'on n'a jamais vus glacés, on peut l'attribuer avec apparence de raison à la difficulté, ou peut-être à l'impossibilité de les priver entièrement de chaleur.

Afin de répandre plus de lumière sur la doctrine de la chaleur, & de jeter une vûe plus étendue sur l'Histoire naturelle & la Philosophie des corps, nous tâcherons d'établir dans la plûpart les limites de la solidité & de la fluidité, autant que nos propres observations & celles des autres pourront le comporter ; & pour une plus grande uniformité, nous rapporterons les degrés de chaleur au Thermometre de Fahrenheit même dans les cas où ces degrés excéderont l'étendue de la dilatation du mercure.

M. Newton (*a*) nous présente une

(*a*) Opt. p. 349.

idée aussi juste que hardie en définissant l'eau, « un sel fluide, sans goût, que la chaleur change en vapeur, & le froid en glace, laquelle est une pierre dure, fusible, cassante, & que la chaleur convertit en eau ». M. Boerhaave (*a*) conformément à cette idée, appelle l'eau une espece de verre qui fond à une chaleur un peu plus grande que le degré 32, qui est le milieu entre l'eau & la glace.

Nos liqueurs communes, qui ne sont autre chose que l'eau combinée avec les huiles, les sels & la terre, se glacent toutes ou la plûpart à des degrés de froid plus grands ou moindres que le point de la congélation de l'eau commune ou élémentaire.

Les liqueurs animales perdent en général leur fluidité assez facilement. M. Boerhaave (*b*) semble croire que le sang se glace aussi promptement que l'eau, savoir au degré 32, mais l'expérience fait voir qu'il supporte un degré de froid un peu plus grand. Le sang d'agneau

(*a*) Chem. I. p. 399. 614.

(*b*) Chem. II. p. 377.

(a) ne commence à se prendre qu'au degré 29, & ne se convertit en glace qu'au degré 25. Il y a d'autres animaux dont les liqueurs perdent encore plus difficilement la fluidité. On a observé des insectes qui n'ont perdu la vie, & dont le corps n'a été glacé qu'au degré 20 (b), & d'autres qui ont résisté à un froid au-dessous du degré 4 (c).

Le lait se glace assez facilement, & je crois au degré 30.

L'urine commune se glace au degré 28, mais si elle est fort imprégnée de sels & d'huiles, elle peut résister un peu plus.

Les liqueurs spiritueuses se glacent plus difficilement que l'eau, & plus elles sont spiritueuses, plus elles supportent un grand froid ; souvent il n'y a que les parties aqueuses qui se glacent, tandis que les spiritueuses restent fluides. La petite bière & les petits vins se glacent facilement, & les grands froids de la Moscovie, du

(a) Reaumur. Mem. de l'Acad. des Scienc.
1734. p. 260.

(b) Ibid. p. 259.

(c) Ibid. p. 257. 258.

Groenland, de la Baye d'Hudson, &c. ont glacé les vins les plus spiritueux, comme le Malaga, l'Alicant & les meilleures vins rouges (*a*). Mais ceux qui ont fait ces observations n'avoient point le moyen de mesurer le degré de froid qui produissoit ces effets, ce que l'on pourroit faire exactement aujourd'hui si l'occasion s'en présentoit. J'ai trouvé que le vin de Bourgogne, le vin de Bordeaux & le madere se glaçoient au degré 20.

L'eau-de-vie elle-même a été convertie en glace (*b*); & l'on observoit lorsque le volume de la liqueur étoit un peu grand, que la partie spiritueuse restoit fluide au centre du vase, comme dans la congellation du vin, & formoit un esprit de vin séparé du reste; il y a apparence que le froid étoit bien violent pour produire cet effet. M. Musschenbroek (*c*) ne put glacer de l'eau-de-

(*a*) Voyez Boyle. Exp. on Cold. abr. I. p. 594. 607. 609. 610. Scept. Chym. abr. III. p. 281. Phil. Trans. abr. II. p. 152. Merret. Exp. of Cold. p. 47. 48.

(*b*) Boyle. Exp. on Cold. abr. I. p. 594.

(*c*) Tent. Exp. Acad. Cim, add, p. 176.

vie avec de la neige, ni avec de la glace pilée. Un mélange de parties égales d'eau & d'esprit de vin assez rectifié, qui est à peu près l'état de l'eau-de-vie ordinaire, ne se glaça qu'au degré — 7 ; un autre mélange plus foible d'une partie d'esprit de vin & de 3 parties d'eau se glaça au degré 7 ; enfin un mélange d'une partie d'eau & de 2 parties d'esprit de vin ne se glaça qu'au degré — 11 (a).

L'esprit de vin de M. de Reaumur se glaça à Torneao (b) quoiqu'il eût été impossible de le faire glacer en France. Nous ne savons pas précisément quel degré du froid produisit cette congélation, nous pouvons seulement assurer qu'il n'étoit pas plus grand que le degré — 34, & peut-être étoit-il beaucoup moindre. On pourroit facilement le déterminer, si l'on instruisoit à ces sortes d'observations des habitans de ce pays-là, où je crois que l'esprit de vin le plus rectifié, & peut-être l'éther même se glaceroient.

(a) Reaumur. Mem. de l'Acad. des Scienc; 1734. p. 255.

(b) Maupert. Fig. de la Terre. p. 38.

Le vinaigre , qui est l'effet du progrès de la fermentation & d'une nouvelle combinaison des huiles & des esprits , d'où il résulte une liqueur acide , le vinaigre distillé , résiste à un froid assez grand , & d'autant plus qu'il est plus fort , ainsi que nous l'avons dit du vin & des esprits ardens . On peut placer environ au degré 28 la congélation du vinaigre commun , mais le vinaigre déphlegmé par la distillation , & appellé communément esprit de vinaigre résiste à un froid beaucoup plus grand ; cependant il se glace aussi , soit dans les temps très-froids , comme nous l'apprend M. Boyle (a) , soit en l'environnant d'un mélange de glace & d'esprit de nitre . M. Muffchenbroek (b) a répété l'expérience de M. Boyle (c) sur l'esprit de vinaigre , mais il a négligé d'observer ou du moins de nous dire à quel degré de froid il se convertit en glace . Il y en a d'abord une partie qui reste fluide , & qui forme le vinaigre le plus fort & le plus concentré que l'on

(a) Exp. on Cold. abr. I. p. 593.

(b) Tent. Exp. Acad Cim. add. p. 175.

(c) Exp. on Cold. abr. I. p. 590.

puisse imaginer, mais cette partie se convertit elle-même en glace par l'application d'un nouveau mélange de glace & d'esprit de nitre (*a*), & alors la force de son acidité s'affoiblit considérablement.

Les acides minéraux concentrés perdent difficilement leur fluidité à l'exception de l'huile de vitriol, qui commence à se congeller, ou plutôt à se coaguler en même-temps que l'eau pure. (*b*). M. Boyle (*c*) & le Docteur Merret (*d*) rapportent que dans des expériences faites par un temps très-froid l'esprit de nitre, l'esprit de sel, de vitriol, &c. ne se glacerent point, ces liqueurs ne se glacent pas non plus avec les mélanges ordinaires, mais Fahrenheit en réitérant les mélanges de neige & d'esprit de nitre porta l'intensité du froid au

(*a*) Muffchenbr. *ibid.* p. 176.

(*b*) *Voyez* Merret, acc. of freez. p. 8. *Voyez* aussi Boyle, Abr. I. p. 396. 559. III. p. 482. mais il semble que cette liqueur perde avec le temps cette disposition à se coaguler.

(*c*) Exp. on Cold. abr. p. 596.

(*d*) Acc. of freez. p. 17.

degré — 40 qui congella l'esprit de nitre même, & le réduisit en cristaux (a).

Les liqueurs alcalines paroissent résister au froid avec moins de force, l'esprit volatile tiré de l'urine ou du sang a été glacé en Angleterre (b) par le froid naturel, & l'esprit de sel ammoniac retiré avec la chaux (c), l'a été par un mélange de neige & d'esprit de nitre, ce même mélange a congellé l'esprit de vinaigre & l'esprit de sel affoibli, & a converti en glace d'autres liqueurs acides, mais il n'a produit aucun effet sensible sur l'esprit de nitre.

Le froid naturel a congellé l'eau imprégnée d'une quantité médiocre de sels ordinaires, tels que le sucre, l'alun, le vitriol, le nitre, le sel marin, le verd de gris, l'arsenic, le sel ammoniac, le sel lixiviel (d). Mais une dissolution de

(a) Voyez Boerh. Chem. I. p. 164. 165.

(b) Voyez Boyle, Exp. on Cold. abr. I. p. 593. 597. Exp. on Blood III. p. 482.

(c) Ibid. p. 590.

(d) Boyle, Exp. on Cold. abr. I. p. 590. 593. 596. Merret, ibid. p. 4. 5. 7.

sel gemme resta fluide (*a*), & l'huile de tartre par défaillance, ne put être congelée que par un mélange de neige & de sel (*b*), l'eau de mer se glace, quoique l'on ait dit mal-à-propos le contraire, on en trouye des exemples dans tous les Voyages du Nord (*c*), le Zuyder-See en Hollande est souvent glacé, & la mer Baltique l'est toutes les années. M. Boyle (*d*) a vu glacer de l'eau de mer à Londres même, & moi j'ai trouvé des morceaux d'une glace amère & salée sur nos bancs de rocher où l'eau de la mer avoit croupi, après y avoir été portée par quelque tempête. Mais l'eau entièrement foulée de sel ne se glace point facilement (*e*), & les dissolutions des différens sels ont résisté au plus grand froid en Angleterre, & ce qui est plus étonnant, elles résistent même au froid des pays Septentrionaux où l'on rapporte (*f*)

(*a*) Merret. *ibid.* p. 7. 8. 47.

(*b*) Boyle, *ibid.* p. 593. 596.

(*c*) Musschenb. *Eff. de Physiol.* §. 925.

(*d*) *Exp. on Cold.* p. m. 147.

(*e*) Boyle, *Exp. on Cold.* abr. I. p. 597. Merret, *ibid.* p. 6.

[*f*] *Phil. Transl. abr.* II. p. 152.

qu'une dissolution de sel gris ne s'étoit point glacée. Les syrops , qui ne sont qu'une dissolution de sucre , ne se congellent qu'à des froids extraordinaires (*a*).

Des huiles.

Les huiles peuvent aussi être congelées ou du moins coagulées par le froid. Quelques-unes d'entr'elles , comme les résines , le sperma - ceti , le suif , le beurre , &c. subsistent sous une forme solide , quoiqu'elles soient de la même nature que celles qui subsistent ordinai-rement sous une forme fluide. Et com-me ces dernières sont insensiblement figées par le froid , & liquefiées par la chaleur , on ne sauroit déterminer les li-mites entre la consistance & la fluidité dans ces liqueurs , aussi exactement que dans les fluides aqueux.

Plusieurs huiles conservent la fluidité dans de grands froids (*b*). On n'a pas oui-dire que les huiles distillées se soient

(*a*) Merret , *ibid.* p. 52. 53.

(*b*) Voy. Boyle , Evp. on Cold. abr. I. p. 596.
597. Orig. of heat , &c. abr. I. p. 552.

jamais glacées , excepté une fois que M. Boyle (a) trouva de l'huile de térébentine commune glacée à la surface. L'huile d'anis se fige & acquiert une consistance de beurre au degré

Il y a des huiles par expression , qui supportent un assez grand froid , telles sont l'huile de lin , l'huile de chenevi , de noix , d'amandes douces (b) , &c. mais l'huile d'olive se fige & devient opaque dès le degré 43 ou environ. Ces différentes huiles , & même les différentes parties de la même huile se glacent à des degrés de froid différens , en sorte qu'il y a dans une même huile des parties qui conservent la fluidité dans des temps de gelée assez froids.

La cire qui est une huile végétale que les abeilles cueillent sur les fleurs , & qui est spécifiquement plus légère que l'eau , ne perd sa solidité & son opacité qu'au degré 142.

Les résines qui peuvent être regardées comme des huiles végétales se fondent

(a) *Ibid.* 597.

(b) Boyle, *Orig. of heat* , &c. abr. I. p. 552.
Exp. on Cold, abr. I. p. 598.

toutes à une chaleur inférieure à celle de l'eau bouillante. La résine commune acquiert une sorte de fluidité au degré.

On trouve quelques huiles minérales sous la forme de fluides, comme le pétrole, la naphte, &c. mais nous ne savons point à quel degré elles perdent leur fluidité. Il y en a d'autres, comme l'asphalte, le succin, &c. que l'on trouve sous une forme solide, mais qui peuvent être liquefiés par la chaleur.

L'huile de poisson ne se congèle pas facilement (*a*), & il y a apparence que c'est de celle-là que le grand Olaus (*b*) nous dit que dans les pays du Nord on en remplit pendant l'Hiver les fossés des places fortifiées, afin de conserver la fluidité à l'eau qui est au-dessous. Mais M. Boyle (*c*) & le Docteur Merret (*d*) l'ont vu glacer en Angleterre même.

Les autres huiles animales demandent pour la plûpart une chaleur considéra-

(*a*) Boyle, Exp. on Cold. abr. I. p. 596. 598.

(*b*) Ibid. p. 596.

(*c*) Exp. on Cold. abr. I. p. 596.

(*d*) Merret, ibid. p. 47.

ble pour acquérir la fluidité, tel est le beurre. J'ai éprouvé dans le mois de Mai que cette espece d'huile animale se liquefioit entre le degré 80 & 90, & une fois qu'il étoit dans cet état, il conservoit une forte de fluidité jusqu'au degré 74.

Le lard.

Le suif.

Le sperma - ceti , qui est la partie la plus ferme de l'huile du macrocephalus, espece de baleine appellée vulgairement dentalé, se liquefie au degré

Dés sels.

Nous nous sommes déjà représenté l'écorce comme un sel sans goût fusible à un très - petit degré de chaleur , nous pourrions de même nous représenter les sels, comme différentes sortes d'eau qui se liquefient à des degrés de chaleur différens.

V I I.

De la chaleur qui fond les métaux & les minéraux.

Nous allons maintenant considérer

ceux d'entre les corps terrestres qui , si l'on excepte la terre élémentaire , ont la consistance la plus solide , & sont les plus susceptibles de chaleur ; savoir , les substances minérales & métalliques . Ces corps ont naturellement la forme solide , quelques - uns d'entr'eux sont liquefiés par des degrés de feu médiocres , pendant que d'autres demandent une chaleur d'une telle intensité qu'il est très - difficile de la réduire au calcul .

Le vif-argent.

Le vif-argent a toujours été mis dans la classe des métaux , cependant il est si éloigné de la consistance des autres métaux , que l'on peut le regarder comme le plus véritable de tous les fluides visibles & sensibles de la nature . Il est vrai que par le mélange de quelques autres substances , on peut lui enlever la fluidité , mais lorsqu'il est pur & abandonné à lui-même , il la conserve même dans les froids les plus grands qui ayent été excités par la nature , ou par l'art (a) .

(a) Voy. Boyle , Exp. on Cold. abr. I. p. 597.

L'étain, le plomb, l'antimoine.

De toutes les substances métalliques, l'étain est celle qui perd le plus facilement sa consistance, & qui est liquefiée par la moindre chaleur. Suivant l'observation de M. Newton (*a*), rapportée à notre Thermometre il se liquefie au degré $408 = \left(\frac{71 \times 180}{34} + 32 \right)$ les expériences de M. Muffchenbroek (*b*) placent ce point un peu plus haut, savoir au degré $422 = \left(\frac{109 \times 180}{53} + 32 \right)$.

Il peut y avoir de plus grandes différences suivant les degrés de pureté du métal. Nous observerons ici que les déterminations de la chaleur, suivant les expériences de M. Newton, approchent beaucoup de la vérité lorsque la chaleur est est au-dessous du terme de l'étain fondant, mais celles de la chaleur

Boerh. Chem. I. p. 36. 165. Maupert. Figure de la Terre. p. 58.

(*a*) Phil. Trans. abr. IV. 2. p. 2. 4.

(*b*) Tent. Exp. Acad. Cim. add. II. p. 21.

au-dessus de ce terme , étant déduites d'une maniere plus précaire , n'ont point la même exactitude.

Le plomb est après l'étain , le métal le plus fusible. Je ne trouve point la même conformité dans les observations qu'on a faites sur ce métal que sur le précédent. Suivant la Méthode de M. Newton , le plomb devroit commencer à se fondre au degré 540 (a) , & suivant les expériences de M. Muffchenbroek , il faut une chaleur qui répondroit au degré 769 (b) , si la dilatation du mercure pouvoit s'étendre jusqu'à ce point. M. Amontons (c) a trouvé que le degré de feu qui fond le plomb , allume la poudre à canon.

Il y a des corps qui , étant combinés ensemble , forment une masse plus solide que celle de chaque corps en particulier , & d'autres , au contraire , dont la combinaison forme une masse qui s'altere facilement ; ce qui est contraire à toutes nos spéculations.

(a) *Ibid.* p. 2.

(b) *Ibid.*

(c) *Mem. de l'Ac. des Sc.* 1703. p. 247.

spéculations. Tant on est éloigné de déterminer la nature & les propriétés des corps indépendamment de l'expérience.

Ainsi le plomb & l'étain peuvent être combinés dans une telle proportion, que le mélange sera plus fusible que l'étain même (*a*). M. Newton trouva qu'un mélange fait avec 3 parties d'étain & 2 de plomb, se fonde au degré 57 de son Thermometre, ce qui revient sur le nôtre au degré

$$334 = \left(\frac{57 \times 180}{34} + 32 \right) (b),$$

mais en augmentant la proportion du plomb à l'étain, il falloit, pour fondre le mélange, un degré de chaleur plus grand que celui qui fond l'étain ; & cette proportion étant de 4 parties de plomb & d'une d'étain, le mélange ne se fonda qu'au degré 460 (*c*). Enfin la proportion étant de 5 parties de plomb & d'une d'étain, il fallut un plus grand de-

(*a*) Muffchenbr. *ibid.* Boerh. Chem. I. p.

751.

(*b*) Phil. Trans. abr, IV, 2 p. 2.

(*c*) *Ibid.*

gré de chaleur pour fondre le mélange
(a).

La fusibilité de ces métaux est encore plus augmentée par le mélange du bismuth , quoique cette substance métallique soit en son particulier moins fusible que l'étain. Celui que Mr. Newton a employé dans les expériences que nous allons rapporter , ne se fendoit qu'au degré 460 (b) ; celui de Mr. Muffchenbroek étoit encore plus dur à la fusion.

Suivant M. Muffchenbroek (c) , un mélange d'étain & de bismuth , lorsque la proportion étoit de quantités égales , se fendoit au degré 283 ; si cette proportion étoit changée , il falloit pour la fusion un autre degré de chaleur ; ainsi lorsqu'il y avoit deux parties d'étain contre une de bismuth , ce mélange ne se fendoit qu'au degré 334 (d) , & un mélange où il y avoit cinq parties d'étain contre trois de bismuth , se figeoit à ce mê-

(a) *Ibid.*

(b) *Ibid.*

(c) *Ibid.*

(d) *Ibid.*

me degré (*a*) ; si l'on diminuoit encore la quantité proportionnelle de bismuth , la chaleur requise pour la fusion devenoit plus grande , & approchoit davantage de celle qui fond l'étain. La proportion étant de huit parties d'étain contre une de bismuth , ce mélange ne se fendoit point avant le degré 392 (*b*):

Suivant M. Newton , la chaleur qui fendoit le plomb étant de 540 degrés , & celle qui fendoit le bismuth de 460 , ces deux substances mêlées ensemble & par égales parties , se figerent justement au degré 334 (*c*) , & par conséquent le mélange ne demandoit pour se fondre qu'un degré tant soit peu plus grand.

Le mélange de ces trois substances est encore d'une plus grande fusibilité ; M. Homberg (*d*) avoit proposé pour les injections anatomiques un pareil mélange fait de parties égales de plomb , d'étain & de bismuth qui se fendoit à une chaleur si légere , qu'elle ne brûloit point le

(*a*) *Ibid.*

(*b*) *Ibid.*

(*c*) *Ibid.*

(*d*) *Mem. de l'Acad. des Scien.* 1697. p. 235.

papier. M. Newton (*a*) trouva des proportions qui faisoient encore un meilleur effet , en sorte que le mélange se fendoit à un degré de chaleur qui excédoit peu celui de l'eau bouillante. Ces proportions étoient de deux parties de plomb , trois parties d'étain & cinq parties de bismuth, le mélange se figeoit justement au degré de l'eau bouillante (*b*) , ainsi il devoit se fondre à un degré tant soit peu plus grand. Un autre mélange fait d'une partie de plomb , quatre parties d'étain & cinq de bismuth se fendoit au degré 246 (*c*).

Le régule ou la substance métallique qui entre dans la composition de l'antimoine conjointement avec le soufre , demande une très-grande chaleur pour entrer en fusion. M. Newton (*d*) a observé que le régule martial , c'est-à-dire le régule séparé du soufre par l'intermede du fer , se figeoit au degré 805 , & par conséquent ne se fendoit qu'à un degré tant soit peu plus grand ; mais ce régule étant

[*a*] *Ibid.*

[*b*] *Ibid.*

[*c*] *Ibid.*

[*d*] *Ibid.*

mêlé avec de l'étain ou du bismuth devenoit plus fusible , & un pareil mélange fait de parties égales d'étain & de régule se fondoit au degré 635 (*a*) ; un autre fait de cinq parties de régule & d'une d'étain se figeoit au degré 752 (*a*) , de même qu'un mélange de deux parties de régule & d'une de bismuth (*a*) , lequel devenoit plus fusible lorsqu'on augmentoit la quantité de bismuth , en sorte qu'un mélange fait de quatre parties de régule & de sept parties de bismuth ne se figeoit qu'au degré 635 (*a*).

On voit par ces expériences que le régule d'antimoine communique à l'étain & au bismuth une nouvelle force pour résister au feu , & cette force excède même la quantité proportionnelle qui devroit résulter du mélange. Cependant lorsqu'il est mêlé avec des métaux plus durs à la fusion , il en augmente la fusibilité ; ainsi étant joint au fer rougi , il le fait entrer plutôt en fu-

[*a*] Newt. *ibid.*

[*b*] *Ibid.*

[*c*] *Ibid.*

[*d*] *Ibid.*

tion (*a*), & mêlé avec d'autres métaux il les rend volatils & plus fusibles (*b*).

L'argent, l'or, le cuivre, le fer.

Les métaux durs tels que l'argent, l'or, le cuivre & le fer demandent une chaleur d'une plus grande intensité pour perdre leur consistance & entrer en fusion, & avant que d'être réduits à cet état nous observons en eux un changement remarquable qui les fait paraître lumineux, alors nous savons qu'ils sont pénétrés par une quantité de feu qui excède de beaucoup les chaleurs ordinaires, & dont plusieurs auteurs ont tâché de déterminer le degré.

Le Docteur Keill (*c*) assure que la chaleur du fer rougi est seulement sept fois plus grande que la chaleur ordinaire du Soleil d'Été; mais cette chaleur de l'Été est quelque chose d'indéfini, sur-tout de la manière dont on l'entendoit alors, en sorte que nous ne saurions déterminer le

(*a*) Boerh. Chem. I. p. 55. II. p. 511.

(*b*) Ibid. I. p. 37. 38.

(*c*) Exam. of Burn. Theor. p. 156.

degré correspondant à la chaleur assignée au fer rougi par Mr. Keill , quoique je soupçonne que cette idée lui étoit venue d'après ce que Mr. Newton pensoit à ce sujet.

C'est ce grand homme qui a le premier fait des expériences pour la détermination des degrés de la chaleur ; ce qu'il nous dit dans son livre des principes où il reconnoît que la chaleur du fer rougi est trois ou quatre fois plus grande que celle de l'eau bouillante (*a*) , est fondé sur ces premières expériences. Presque dans le même tems le docteur Pitcairn proposa ce sujet dans les écoles de Leyde, & je suis porté à croire que Mr. Newton lui avoit communiqué les observations qu'il rapporte , savoir que la chaleur de notre état élevoit l'huile du thermomètre au degré $7\frac{1}{2}$, la chaleur de la peau au degré 17 , la chaleur de l'eau bouillante au degré 50 ou 52 , & que la chaleur du fer étoit trois fois plus grande que ce dernier degré , ce qui répond sur notre thermomètre au degré $572 = (180 \times 3) + 32.$

(*a*) Princip. p. 508.

Mais je ne faurois dire sur quel fondement Mr. Newton regardoit le fer rougi comme trois ou quatre fois plus chaud que l'eau bouillante , & je ne conçois pas comment lui ou le docteur Pitcairn (*a*) avoit pu déterminer la dilatation de l'huile de lin correspondante à la chaleur du fer rougi , si ce n'est en imaginant que supposé que l'huile pût se dilater régulièrement autant que l'on voudroit sans bouillir , la chaleur du fer rougi la porteroit environ au degré 150 ou 200 , c'est-à-dire , qu'elle se dilateroit d'une quantité trois ou quatre fois plus grande que la dilatation produite par l'eau bouillante.

Il est vrai que M. Newton ne donna cela que comme une conjecture ; cependant comme il le mit dans la première édition de son livre , on l'a laissé dans les deux autres , quoiqu'il eut publié long-tems avant qu'elles parussent des expériences nouvelles & une méthode ingénieuse , par laquelle il avoit trouvé que la chaleur du fer rougi étoit beaucoup plus grande qu'il ne l'avoit premie-

(*a*) Elem. Med. II. I. §. 26.

rement supposée. Ses recherches , suivant le sort des premiers essais , n'avoient point eu d'abord toute la perfection possible ; mais comme cette matière étoit digne d'être approfondie , son grand génie lui en avoit découvert les défauts. Il répéta ses expériences avec plus de soin & d'exactitude , & en l'année 1701 il en donna le résultat à la Société Royale dans un excellent mémoire où nous avons déjà puisé tant d'expériences curieuses & de belles idées , lequel conte noit une table des degrés de la chaleur déterminés par le moyen du fer rougi & du thermometre d'huile (a).

Nous avons déjà rendu compte (b) de la méthode que suit M. Newton dans la déterminaison des degrés de la chaleur ; il ne nous reste qu'à faire mention du résultat de ses expériences. Mr. Newton nous apprend (c) d'abord que le degré 114 qui revient sur notre Thermometre

au degré 635 = $\left(\frac{114 \times 180}{34} + 32 \right)$ étoit

(a) Phil. Trans. abr. IV. 2. p. 1. &c.

(b) Eff. III. §. 3. &c.

(c) Phil. Trans. *ibid.* p. 3.

le point où les corps échauffés commençoient à luire dans l'obscurité ; on pourroit appeller ce point *le terme lumineux de la chaleur.* Je serois porté à croire par la suite des expériences de Mr. Newton qu'il n'entend parler que du fer dans cet endroit aussi bien que dans ce qu'il dit plus loin de l'état lumineux des corps ; car il est vraisemblable que les différens métaux & les autres substances sont portés à cet état par des degrés de chaleur différens.

Le degré qui vient d'être assigné est très-inférieur à celui qui donne au fer le vrai caractère de fer rougi ; avant que ce métal ait acquis un vif éclat de lumiere dans l'obscurité , il est au degré 752 (*a*) , alors même cet éclat n'est point sensible à un foible jour , & ce n'est qu'au degré 884 qu'il commence à luire distinctement au crépuscule immédiatement ayant le lever du soleil ou après qu'il est couché (*b*) , encore cette lumiere n'est-elle point sensible ou que très-foible au grand jour. Nous trouvons conformément à ce-

(*a*) Newt. *ibid.*

(*b*) *Ibid.*

ci parmi les expériences de M. Muffchenbroek (*a*) qu'une verge de fer échauffée s'étoit allongée avant de rougir de 276 degrés de son pyrometre , ce qui revient sur notre Thermometre environ au degré

$$969 = \left(\frac{276 \times 180}{53} + 32 \right).$$

M. Newton dit (*b*) que la chaleur d'un petit feu de charbon de terre enflammé sans le secours du soufflet & d'un morceau de fer rougi à ce feu étoit au degré 1049,

$= \left(\frac{192 \times 180}{34} + 32 \right)$ & M. Muffchenbroek (*c*) rapporte qu'une verge d'acier s'étoit allongée avant que de rougir de 364 degrés de son pyrometre , ce qui répond sur notre thermometre au degré

$$1095 = \left(\frac{364 \times 180}{56} + 32 \right) \text{ on voit qu'il y a assez peu de différence entre les deux observations.}$$

M. Newton ajoute (*d*) que la chaleur d'un petit feu de bois étoit plus grande

(*a*) Tent. Exp. Acad. Cim. add. II. p. 47. 48.

(*b*) Phil. Trans. *ibid.*

[*c*] Tent. Exp. &c. p. 48. 49.

[*d*] Phil. Trans. *ibid.*

& pouvoit peut-être aller au degré 200 ou 210 de son thermomètre , c'est-à-dire , sur le nôtre au degré 1408 =

$$\left(\frac{210 \times 180}{34} + 32 \right) & \text{qu'un feu plus grand}$$

étoit encore plus chaud , sur-tout si on l'animoit avec des soufflets . M. Musschenbroek nous dit (a) qu'une verge de cuivre échauffée jusqu'à devenir lumineuse s'étoit allongée de 392 degrés de son pyrometre , ce qui répond sur notre ther-

$$\text{momètre au degré } 1228 = \left(\frac{392 \times 180}{59} + \right.$$

32) or il est sûr que le fer demande un plus grand degré de chaleur pour rougir & pour fondre que le cuivre .

Ce sujet fournit un vaste champ à de nouvelles expériences .

VIII.

De la chaleur qui fait bouillir les fluides.

Il suffit d'un degré de chaleur modérément & peu supérieur à la chaleur animale pour développer dans l'eau des bulles d'air , mais pour faire bouillir cette liqueur il faut une chaleur beaucoup plus

[a] Tent. &c. *ibid.* p. 47. 50.

grande ; nous l'avons déjà déterminée sur notre thermomètre , & nous savons qu'elle élève le mercure au degré 212 , c'est là le terme de la chaleur de l'eau , & dans l'état ordinaire de l'athmosphère elle ne peut point en acquérir davantage ; il en est de même des autres fluides , le point de l'ébullition est le terme de la chaleur dont ils sont susceptibles.

La chaleur de l'ébullition n'est pas sensiblement plus grande dans l'eau de mer que dans l'eau commune ; cependant lorsque l'eau est imprégnée de tout le sel qu'elle peut dissoudre , elle est susceptible d'une plus grande chaleur , & selon Mr. Boerhaave (a) une eau pareille ne bout qu'au degré 218 .

Une lessive de cendres gravelées ne bout qu'au degré 240 (b) , & les esprits acides qui ne sont autre chose que de l'eau imprégnée de l'acide des sels sont susceptibles d'une chaleur encore plus grande ; l'esprit de nitre va jusqu'au degré 242 (c). Il y a apparence que l'es-

(a) Chem. I. p. 746:

(b) Phil. Trans. abr. VI. 2. p. 18.

(c) *Ibid.*

prit de sel & les autres liqueurs acides ne lui cedent pas ; l'huile de vitriol qui est le plus fort de tous les esprits acides parvient au degré 546 (*a*).

L'esprit de vin est de toutes les liqueurs celle qui bout le plus facilement, savoir au degré 174 ou 175 (*b*), & l'eau-de-vie commune environ au degré 190 ; cette propriété avoit été depuis long-temps observée par le Chancelier Bacon (*c*).

La ténacité & la cohésion mutuelle des parties de l'huile font que cette liqueur bout beaucoup plus difficilement que l'eau ; « l'huile demande une plus grande chaleur, & bout plus tard que l'eau, » dit le Chancelier Bacon (*d*) ; l'huile de térébentine qui est une des huiles les plus subtiles ne bout qu'au degré 560 (*e*) ; les autres sortes d'huiles volatiles acquierent à peu près le même degré de chaleur avant que de bouillir. Dans toutes ces liqueurs l'ébullition con-

(*a*) *Ibid.*

(*b*) *Ibid.* & Boerh. Chem. I. p. 168. 745. 746. 749.

(*c*) Hist. Dens. &c. p. 46.

(*d*) *Ibid.*

(*e*) Boerh. Chem. I. p. 747.

tinuée augmente la chaleur , parce qu'elle dissipe les parties fluides & volatiles , & rend le résidu plus épais & plus dense , par conséquent susceptible d'une plus grande chaleur (*a*).

Les huiles fixes tirées par expression reçoivent une chaleur plus considérable que les précédentes ; M. Fahrenheit & M. Boerhaave placent l'ébullition de ces huiles & celle du mercure environ au degré 600 (*b*) ; l'ébullition continuée augmente de plus en plus leur chaleur jusqu'à ce qu'elles viennent à s'enflammer. M. Muffchenbroek nous fournit un moyen de déterminer cette chaleur sans le secours des thermomètres , savoir par la dilatation qu'elle produit dans les métaux , & l'on trouve par ce moyen qu'elle est beaucoup plus grande que celle qui est assignée au mercure bouillant. Suyvant les expériences de cet Auteur (*c*) , la dilatation produite dans une verge de fer par la chaleur de l'huile de navette

(*a*) *Ibid.* & p. 748. & *Transl. Phil. ibid.*

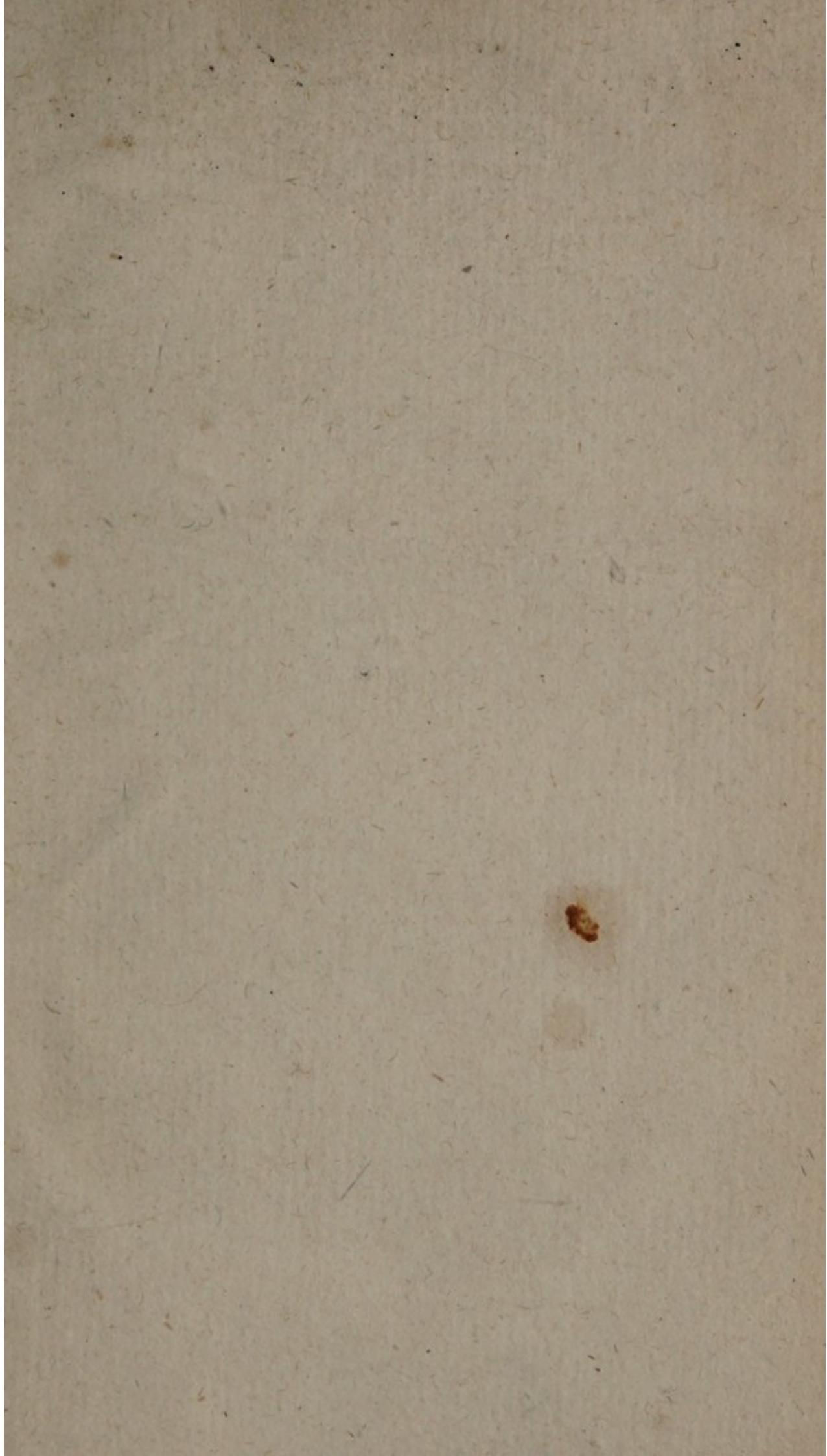
(*b*) *Fahr. Phil. Transl. ibid.* p. 18. 52. *Boerh. ibid.* p. 165. 265. 291. 747. 748. 752. *Muffchenb. Eff. de Phys.* §. 880. 952. 896.

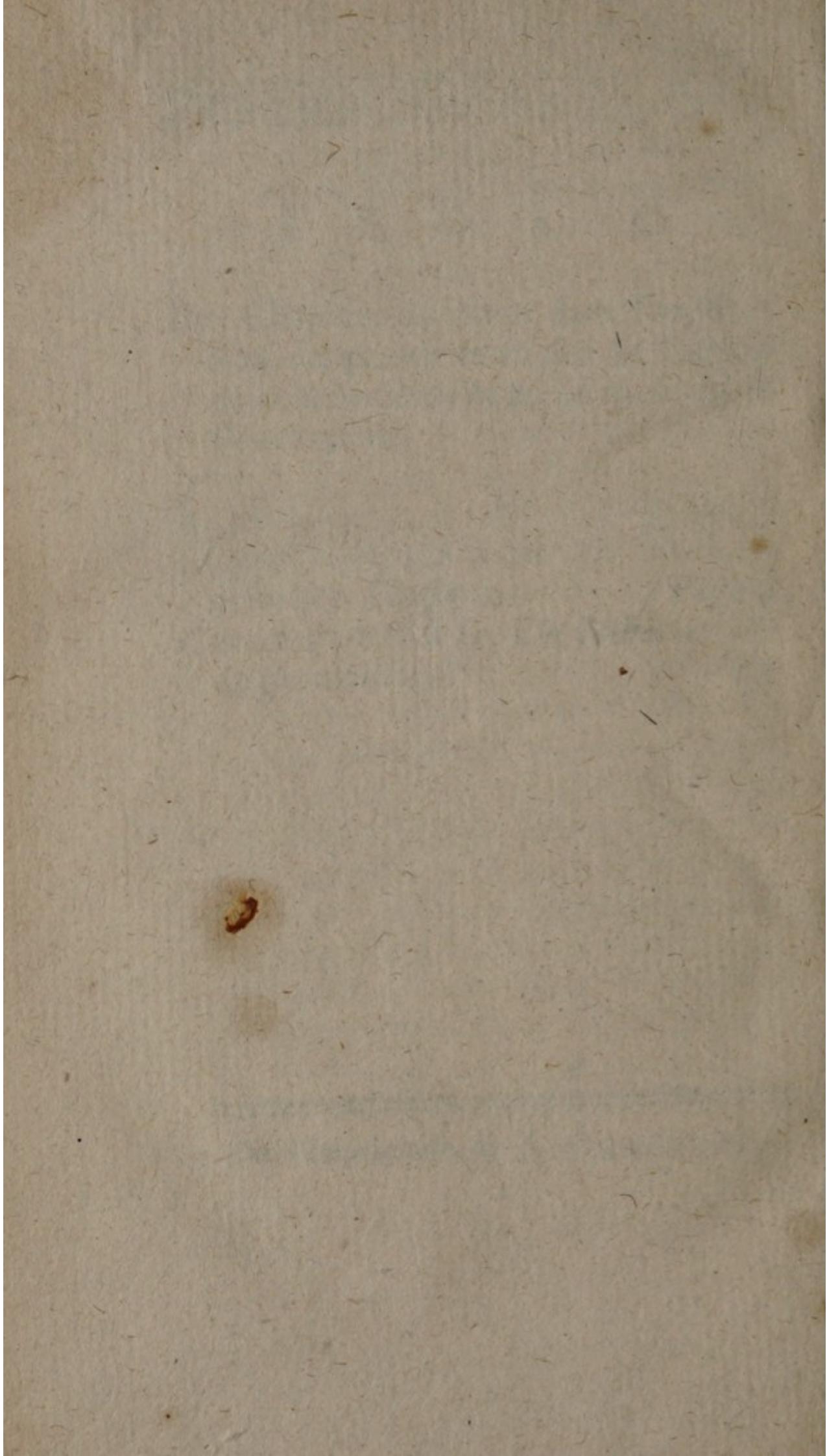
(*c*) *Tent. Exp. Acad. Cim. add. II. p. 20.*

bouillante & prête à s'enflammer , étoit à la dilatation produite dans la même verge par la chaleur de l'eau bouillante , comme 201 à 53 , comme 682 à 180 . Ainsi supposé que la dilatation du mercure fût d'une assez grande étendue , cette chaleur auroit élevé notre Thermometre au degré $714 = 682 + 32$, & en ne comptant la chaleur , comme M. Newton , que depuis le point de la congélation , elle auroit été $\frac{682}{180} = 3 \frac{4}{5}$ près de 4 fois plus grande que celle de l'eau bouillante .

Il se fait dans l'huile , à une chaleur beaucoup moindre , une sorte de crépitation & d'écume , qui est occasionnée par l'expulsion des parties aqueuses ; cette chaleur produissoit dans la verge de fer une dilatation de 120 degrés du Pyrometre , & elevoit notre Thermometre au degré 440 . Mais il ne faut point croire que ce terme indéfini soit le véritable état de l'huile bouillante , ou le plus grand degré de chaleur qu'elle puisse acquérir avant que de s'enflammer .

F I N.





30





