

M E M O I R E

Sur la Cause generale du Froid en Hiver, & de la
Chaleur en Eté.

Par M. DE MAILLARD.

1712.
19 Avril

Il y a sans doute une cause generale du froid de l'Hi-
ver, & de la chaleur de l'Eté. Les causes particulieres
& accidentelles, qui se joignent avec la cause generale, peu-
vent la modifier, l'abaiser, & meme la faire varier quel-
ques fois, jusqu'au point de la faire disparoitre. Nous en avons
un exemple recent dans le froid de la gelée que nous ve-
nons d'eprouver depuis le commencement du Printemps,
apres un Hiver, qui s'est presque entierement passé sans
glacé. Mais il est inconcevable que generalement parlant,
et dans tous les Pays du Monde, il fait plus de froid en
moins de chaud en Hiver, c'est-à-dire, lorsque le Soleil est
du côté du pôle opposé au Pays qui a l'Hiver, qu'en Eté,
ou lorsque est Altes le trouee dans l'hemisphere du Pays
qui a l'Eté.

Il n'est pas moins certain que ce plus ou ce moins de
chaleur, estant dans raport à une cause generale, ne
peut être attribué qu'au Soleil. Il n'importe que dans le
temps qui est Hiver pour nous, & pour tous les habitants
de l'hemisphere Septentrional, le Soleil soit plus près de
nous d'environ un million de lieues: les rayons nous échi-
rent plus obliquement, ils nous échauffent moins de temps,
& cela suffit pour produire le froid de l'Hiver, malgré ce
plus de proximité. Ce sont donc ces deux circonstances, le
plus ou le moins d'obliquité des rayons du Soleil sur l'ho-
rizon, & le plus ou le moins de temps qu'il y demeure; qui
font la cause du froid & de la chaleur, ou l'abaissement des
jours, qui consistent en une cause generale, ce par le moyen des
quels

M E M O I R E

*Sur la Cause generale du Froid en Hiver, & de la
Chaleur en Eté.*

Par M. DE MAIRAN.

19 Avril
1719.

IL y a fans doute une cause generale du froid de l'Hiver, & de la chaleur de l'Eté. Les causes particulieres & accidentelles, qui se mêlent avec la cause generale, peuvent la modifier, l'alterer, & même la surmonter quelquefois, jusqu'au point de la faire disparoître. Nous en avons un exemple recent dans le froid & la gelée que nous venons d'éprouver depuis le commencement du Printemps, après un Hiver, qui s'est presque entierement passé sans glace. Mais il est incontestable que generalement parlant, & dans tous les Pays du Monde, il fait plus de froid ou moins de chaud en Hiver, c'est-à-dire, lorsque le Soleil est du côté du pole opposé au Pays qui a l'Hiver, qu'en Eté, ou lorsque cet Astre se trouve dans l'hemisphere du Pays qui a l'Eté.

Il n'est pas moins certain que ce plus ou ce moins de chaleur, entant qu'il appartient à une cause generale, ne peut être attribué qu'au Soleil. Il n'importe que dans le temps qui est Hiver pour nous, & pour tous les habitants de l'hemisphere Septentrional, le Soleil soit plus près de nous d'environ un milion de lieuës: ses rayons nous éclairent plus obliquement, ils nous éclairent moins de temps, & cela suffit pour produire le froid de l'Hiver, malgré ce plus de proximité. Ce sont donc ces deux circonstances, le plus ou le moins d'obliquité des rayons du Soleil sur l'horison, & le plus ou le moins de temps qu'il y demeure; c'est-à-dire, la hauteur du Soleil, & la longueur ou la brieveté des jours, qui composent la cause generale, ou par le moyen desquelles

quelles le Soleil devient cause generale de la viciffitude des
 faifons, & de la differente temperature des climats. Chacune
 de ces circonftances ou de ces caufes partiales en renferme
 à fon tour plusieurs autres, & fe trouve auffi prefque tou-
 jours liée & compliquée avec des caufes particulieres &
 paffageres. C'eft vrai-femblablement ce qui a produit la
 grande diverfité d'explications qu'il y a fur cette matiere.

Il faudra donc, pour bien connoître la cause generale
 dont il s'agit, examiner en détail tout ce qui la compofe,
 la dégager de tout ce qui s'y joint d'accidentel, ramener
 autant qu'il fera poffible fes effets au calcul, & enfin com-
 parer la connoiffance que nous pourrons tirer de cet exa-
 men, avec celle que les experiences nous fourniffent fur
 le même fujet. C'eft ce que je vais tâcher de faire dans ce
 Memoire.

L'obliquité des rayons du Soleil doit entrer trois fois
 dans la cause generale du froid de l'Hiver, ou compofer
 felon trois rapports, le rapport de la chaleur de l'Eté à
 celle de l'Hiver.

I.
 PARTIE.
 De l'Obli-
 quité des
 Rayons.

Quelque systéme que l'on fuive touchant la propagation
 de la lumiere, on peut toujous imaginer l'action des rayons
 lumineux fur la surface d'un Pays, comme le choc d'un
 fluide qui fe meut en ligne droite contre un plan. Or le
 choc d'un fluide qui a une vîteffe, & une direction quel-
 conque, est d'autant plus grand, qu'il vient frapper plus
 directement le plan qui le reçoit, & au contraire, d'autant
 moindre, que ce plan lui est plus incliné. Car première-
 ment le nombre des filets dont on peut concevoir qu'un
 fluide est compofé, & qui viennent heurter un plan, fera
 d'autant plus petit, que le plan fera plus incliné à leur di-
 rection. Si l'on vouloit recevoir la pluye dans un vaisseau,
 il est clair qu'on en recevrait moins à mefure qu'on incli-
 neroit davantage l'ouverture du vaisseau, & qu'on n'en
 recevrait point du tout, si l'on tenoit l'ouverture parallele
 à la direction de la pluye. Secondement le choc de ces

106 MEMOIRES DE L'ACADEMIE ROYALE
mêmes filets qui viendront frapper le plan, fera d'autant plus foible, qu'ils seront plus obliques; car ils ne font pres que alors que glisser dessus, ils n'employent contre lui qu'une partie de leur force. Et parce que les sinus des angles sont la mesure de l'obliquité, & de la quantité, il suit que les differents chocs d'un fluide contre un plan dans ses différentes directions ou obliquités, seront entre eux en raison doublée des sinus d'inclinaison ou d'incidence: ce qui est aujourd'hui une verité connue de tous les Geometres.

Donc l'action des rayons du Soleil au midi du Solstice d'Eté sur une superficie plane, indépendemment de l'Atmosphere qu'ils ont à traverser, fera à l'action des rayons du Soleil, au midi du Solstice d'Hiver sur la même superficie, en raison doublée des sinus d'incidence.

Prenons pour exemple le climat de Paris qui est un Pays de plaine, & au 48^{me} degré 50 minutes de Latitude. On trouve par les Tables que le sinus d'incidence des rayons à midi, lorsque le Soleil est au Solstice d'Eté, est à peu près trois fois aussi grand que le sinus d'incidence, lorsque le Soleil est au Solstice d'Hiver*. Donc l'effort des rayons du Soleil, pour échauffer cette plaine pendant le Solstice d'Eté à midi, est à leur effort pendant le Solstice d'Hiver à la même heure, à peu près comme 9 est à 1; c'est-à-dire, en raison des quarrés des nombres 3 & 1.

* L'un est
90370,
l'autre
30375.

Il n'y a pas de difficulté que le nombre ou la quantité de rayons qui tombent sur un Pays particulier, ou sur une petite portion de la surface de la Terre, telle qu'une Province, ne soit proportionnelle aux sinus de leur inclinaison. Car cette surface, quoi-que spherique, est sensiblement plane, à cause de sa petitesse par rapport à tout le Globe. Mais il ne paroît pas aussi clair que la raison des sinus d'incidence des rayons ait lieu à l'égard de la force de chacun en particulier, & indépendemment de leur nombre. Car la superficie de la Terre est composée d'inégalités, de Montagnes, & de Valons, & la plaine la plus parfaite n'est qu'un

assemblage de petites surfaces différemment inclinées, parmi lesquelles il y en aura toujours une infinité qui se présenteront presque directement au Soleil, quelle que soit la hauteur sur l'horison, & aussi directement en Hiver qu'en Eté, ou en aussi grand nombre.

Mais il faut prendre garde que le Soleil ne sçauroit éclairer perpendiculairement ou à peu près ces surfaces particulières & laterales, que les corps de la superficie desquels elles font partie, ne produisent des ombres du côté opposé, & des ombres d'autant plus grandes, que le Soleil sera plus bas. Une allée de Jardin sablée avec du gravier, peut nous montrer en petit ce qui arrive à cet égard dans une grande plaine. Pendant le Solstice d'Hiver, même à midi, si l'on y regarde de près, on verra que ce n'est qu'un mélange de lumière & d'ombre: les faces éclairées des petits cailloux qui la couvrent feront comme des charbons dispersés çà & là, d'où résulte une chaleur générale d'autant moindre, que les intervalles obscurs qui les separent sont plus grands. Au midi du Solstice d'Eté, ce n'est presque par-tout qu'un tissu de lumière, un amas de charbons qui se touchent, & pour ainsi dire un brasier.

On peut donc, si je ne me trompe, conclure à l'égard d'un Pays de plaine, tel que les environs de Paris, que la diminution de la force des rayons du Soleil qui y tombent en Hiver, ou une diminution équivalente causée par une plus grande quantité d'ombre, est proportionnelle à leur obliquité: ce qui étant joint à la diminution du nombre de ces rayons qui suit encore le même rapport, fait comme nous avons remarqué la raison doublée de l'obliquité, ou des sinus qui la mesurent. Voilà donc l'obliquité des rayons qui entre déjà deux fois dans la cause générale du froid de l'Hiver.

Quant aux Pays montagneux, on voit assés que toutes choses d'ailleurs égales, il y aura des côteaux où il fera moins de froid en Hiver que dans les plaines, & d'autres où il fera plus de froid: le mélange de lumière & d'om-

108 MEMOIRES DE L'ACADEMIE ROYALE
bre, de chaud & de froid, y est plus inégalement distribué.
Aux deux causes précédentes de la diminution de la
chaleur en Hiver, fondées sur l'obliquité des rayons du
Soleil par rapport au terrain, il en faut nécessairement
ajouter une troisième, qui est celle de leur obliquité par
rapport à l'Atmosphère.

*Phys. part.
2. ch. 7.
n. 37.*

Il y a eu de grands Physiciens qui ne faisant attention ni
au moindre nombre de rayons qui tombent, ni à l'aug-
mentation des ombres sur le terrain, selon que l'obliquité
est plus grande, ainsi que nous venons de l'expliquer, &
qui rejetant absolument la diminution du choc sur la sur-
face de la terre, par la raison qu'elle est inégale & rabo-
teuse, ont eu recours à l'obliquité des rayons sur l'Atmos-
phere, comme à la principale & presque unique cause du
froid de l'Hiver. *L'air dans lequel nous vivons, dit M.
Rohault, s'élevant au dessus de la Terre jusqu'à la hauteur
d'environ deux ou trois lieues, où les vents ni les nuages
n'arrivent jamais, sa surface doit être fort unie, de même
que celle de toutes les liqueurs qui ne sont pas agitées; &
comme c'est une propriété des rayons de lumière qui se pre-
sentent pour passer d'un milieu dans un autre, de n'y pas en-
trer tous, mais de se réfléchir d'autant plus que leur chute
est plus oblique, il s'ensuit qu'il doit parvenir plus de rayons
jusqu'à nous, quand le Soleil est vers le Solstice de l'Eté, que
quand il est vers le Solstice de l'Hiver; & c'est de cette
grande quantité de rayons, qui pénètrent alors jusqu'à nous,
que provient cette chaleur que nous expérimentons en Eté.*

Mais ce n'est point de cette manière que je l'entends,
supposé que ces paroles signifient, comme elles paroissent
le signifier, que la quantité de rayons rompus diminuë
en vertu de leur chute oblique sur la surface de l'Atmos-
phere, parce que la quantité de rayons réfléchis augmente
ou ne diminuë pas tant, en vertu de la même obliquité.
Cela demande tout au moins d'être éclairci, & d'autant
plus, que l'autorité de M. Rohault, qui est très grande par
elle même, trouve encore des défenseurs sur la proposi-

tion dont il s'agit, prise dans le sens que je viens de lui donner.

Il est certain que ces deux choses arrivent à la lumière qui passe obliquement d'un Milieu dans un autre, de l'air dans l'eau par exemple, qu'elle se rompt en partie à la rencontre de la surface du nouveau Milieu, & qu'elle se reflechit en partie. On sçait aussi qu'en se rompant elle se détourne plus ou moins de sa première direction, selon la nature, ou plustôt selon le poids ou le degré de densité du Milieu où elle entre, par rapport à la densité du Milieu d'où elle vient, tandis que la partie qui se reflechit garde toujours la loi de l'égalité des angles de reflexion & d'incidence. Supposons, par exemple, que les rayons de la lumière viennent de l'air dans l'eau, en faisant d'abord avec la surface de l'eau un angle de 45° , & ensuite un angle seulement de $20^\circ 42'$, dont le sinus est à peu-près moitié de celui de 45° , & ne faisons attention qu'à la lumière qui tombe, par exemple, sur un pied quarré de cette surface. On aura raison de dire que la quantité de lumière rompuë, & qui passe à travers l'eau dans le second cas, ne fera que moitié de celle qui y passoit dans le premier, l'obliquité étant deux fois plus grande. Mais ce n'est point que dans le second cas il s'en reflechisse davantage, ni que la lumière rompuë se trouve en moindre rapport avec la lumière reflechie: c'est parce que la même quantité de surface de l'eau ne reçoit que la moitié autant de rayons lumineux, ainsi qu'il a été expliqué dans un des articles précédents par rapport au terrain; & la quantité de lumière reflechie demeure encore vrai-semblablement en même raison avec celle qui passe à travers l'eau, ou qui se rompt. De sorte que si de deux cents rayons sensibles il y en a d'abord cent de rompus & cent de reflechis, il y en aura cinquante de rompus & cinquante de reflechis, lorsque leur obliquité sera deux fois plus grande; & de même à proportion dans tous les autres rapports d'obliquités quelconques. C'est là du moins que m'ont paru conduire toutes

Pag. 105

les expériences que j'ai luës, ou que j'ai faites sur la lumière, fans que j'aye jamais rien apperçu en faveur du contraire.

Si l'on reçoit la lumière réfléchie ou rompuë sur un carton parallele au plan réfléchissant & rompant, on verra l'une & l'autre sensiblement plus foibles à mesure que l'incidence sera plus oblique par rapport à ce plan : mais si l'on tient le carton perpendiculaire aux rayons réfléchis selon toutes les directions possibles, on les verra toujourns de la même densité, & d'on n'apercevra aucun affoiblissement, encore moins aucune augmentation de force, à la lumière qui en résulte, quelque oblique que soit leur incidence, par rapport à la surface de l'eau.

On éprouveroit la même chose à l'égard des rayons rompus, en les recevant perpenpiculairement sur le carton, si leur obliquité pouvoit toujourns augmenter de même, & se trouver égale à celle de l'incidence. Mais l'expérience nous apprend que l'angle qu'ils font avec la surface de l'eau, ne scauroit jamais être moindre que d'environ $41^{\circ} 25'$. C'est par cette raison que si la lumière, au lieu de passer de l'air dans l'eau, passoit de l'eau dans l'air, du Milieu le plus dense dans le moins dense, elle ne se rompt plus du tout, dès que l'angle d'incidence seroit parvenu à n'être que de $41^{\circ} 25'$; & que depuis cette obliquité jusqu'au parallelisme, tous ses rayons seroient absolument réfléchis à la rencontre du nouveau Milieu. D'où il semble qu'on pourroit inferer que la quantité de rayons réfléchis, en passant successivement par toutes les inclinaisons moyennes depuis la perpendicularité jusqu'à l'angle de $41^{\circ} 25'$, a du aller en augmentant avant que d'arriver à ce terme où la reflexion est totale; & par consequent que la quantité de rayons rompus a dû diminuer d'autant. Mais ce n'est point ici un de ces changements par degrés insensibles, d'ailleurs si ordinaires dans la nature; l'expérience s'y oppose manifestement: la lumière se rompt & se réfléchit visiblement en même raison, depuis l'angle droit jusqu'à une certaine obliquité déterminée selon le rapport de

densité des deux Milieux ; après quoi la refraction manque tout-à-coup, & il ne reste que la reflexion, qui est totale, & qui continuë de l'être depuis cette obliquité jusqu'au parallélisme exclusivement. Il n'est point question ici de chercher la cause de ce Phenomene. J'en donnerai peut-être une explication très sensible dans la suite du Memoire que j'ai commencé de lire à la Compagnie, *sur la Reflexion des Corps*. Il suffit presentement qu'on voye qu'il n'y a nulle raison de croire que l'augmentation d'obliquité emporte une augmentation proportionnelle de rayons réfléchis ; sur-tout dans le cas dont il s'agit, où la refraction a toujors lieu, & ne manque jamais, quelque grande que soit l'obliquité des rayons incidents, parce que la lumiere vient d'un Milieu moins dense dans un plus dense, de l'Ether dans l'Atmosphere.

Il est donc évident que ce n'est point par une plus grande quantité de rayons réfléchis à la rencontre de l'Atmosphere, qu'on peut expliquer, en tout ou en partie, l'affoiblissement qu'on apperçoit en Hiver dans le Soleil. Je l'explique donc par le plus de chemin que les rayons ont à parcourir dans l'Atmosphere même, selon qu'ils la traversent plus obliquement.

On ne scauroit révoquer en doute que les particules d'air, & toutes les autres matieres qui composent notre Atmosphere n'interceptent une partie des rayons du Soleil, & ne les empêchent de parvenir jusqu'à nous. D'où il suit qu'il y aura d'autant plus de rayons interceptés, que l'Atmosphere étant la même, sera traversée plus obliquement. Car le chemin qu'ils ont à y faire en devient d'autant plus long, & par consequent ils rencontrent un nombre d'autant plus grand de particules de matiere, qui les repoussent, qui les dispersent, ou qui affoiblissent leur mouvement. Chaque rayon prêt à entrer dans l'Atmosphere, peut être considéré comme une balle de Mousquet tirée contre la surface de l'eau d'un Bassin, laquelle aura d'autant plus de chemin à faire dans l'eau, avant que d'en toucher

le fond, qu'elle y sera tirée plus obliquement.

Il semble donc, en supposant la surface particulière de l'Atmosphère d'un Pays parallèle au terrain, & de la même obliquité que l'Horison par rapport aux rayons du Soleil, (ce qui ne sçauroit être sujet à une erreur sensible que lorsque le Soleil est fort près de l'Horison) il semble, dis-je, qu'ayant déjà multiplié la raison des sinus par elle-même, comme on a vû ci-dessus, il faudroit encore multiplier ce produit ou ce quarré par sa racine, ce qui donneroit la raison cubique ou triplée. De sorte que dans l'exemple proposé du Parallele de Paris, le rapport de la chaleur du Solstice d'Eté à la chaleur du Solstice d'Hiver, causée par les rayons du Soleil, seroit comme le cube de 3 au cube de 1, c'est-à-dire, comme 27 est à 1. Mais il y a encore à faire là-dessus une observation importante, & qui peut changer considérablement ce rapport.

Le calcul précédent, entant qu'il tombe sur la quantité plus ou moins grande de rayons qui viennent sur le terrain, selon la grandeur des sinus d'incidence, est exact; mais entant qu'il résulte de la quantité de rayons interceptés ou affoiblis par l'Atmosphère, & dont le rapport entre de même dans la composition de la raison triplée, il peut être fort éloigné de l'exactitude. Car il suppose que cette cause d'affoiblissement soit de même genre, ou tout au moins de même valeur, que les deux autres; ce qui est faux, ou incertain. Par exemple, la diminution du nombre de rayons du Soleil indépendamment de l'Atmosphère, est nulle dans le cas de la perpendicularité, ou du sinus total, & cette diminution réduit leur nombre à la moitié, ou au tiers, dans le cas de l'obliquité mesurée par un sinus la moitié ou tiers du total. Mais il n'en est pas de même de la diminution du nombre de rayons causée par l'air qu'ils ont à traverser, elle a lieu dans la perpendicularité même, & elle est alors d'une certaine valeur, & c'est de ce point fixe que doivent être prises les diminutions plus grandes en raison des obliquités. Ainsi dans l'obliquité dont le sinus

n'est

n'est que le tiers du total, ou d'un sinus donné, il faudra bien faire cette diminution trois fois plus grande; mais comme on ne sçauroit dire quel est le tout de cette partie, quelle est la quantité des rayons interceptés par l'Atmosphère, & de ceux qui passent au travers, lorsque le Soleil la rencontre à plomb, ou selon l'angle donné, on ne sçauroit dire aussi que vaudra cette triple diminution/par rapport à la lumière totale & absolue du Soleil, ou par rapport à la somme des rayons qui tombent sur un Pays à travers l'Atmosphère, ou enfin par rapport à la diminution du nombre de rayons en vertu de la seule obliquité.

Tout ce qui vient d'être remarqué sur l'Atmosphère en general, il faut l'entendre & de l'Atmosphère proprement dite/composée d'air seulement, & de l'Atmosphère chargée de vapeurs & d'exhalaisons, telle qu'elle est ordinairement dans toute sa partie inferieure, lorsque le Soleil est proche de l'horison, & sur-tout en Hiver. Car quoi-que je ne pense pas que la surface de cette seconde Atmosphère, non plus que celle de la premiere, puisse être aussi unie/que la surface d'une eau tranquille, je crois neantmoins que les differentes couches de l'une & de l'autre sont d'ordinaire à peu près paralleles à la surface du terrain, lequel nous supposons toujours être celui d'une plaine: ce qui suffit pour que les diminutions de lumière gardent entre elles la raison des obliquités. Et quoi-que les exhalaisons & les vapeurs doivent être mises au nombre des circonstances particulieres & accidentelles, elles ont neantmoins cela de general & de constant, qu'elles sont plus frequentes & plus sensibles en Hiver qu'en Eté, ou lorsque le Soleil est bas, que lorsqu'il est fort élevé sur l'horison; & par consequent la lumière interceptée en Hiver par l'Atmosphère ainsi conçue generalement, en a un rapport d'autant plus grand à la lumière qui arrive jusqu'à nous en Eté. Il y a même bien de l'apparence que la partie inferieure de l'Atmosphère n'est presque jamais sans beaucoup d'exhalaisons & de vapeurs, & que si elles ne de-

81 viennent guere visibles que lorsque le Soleil est près de l'Horison, l'augmentation du chemin que ses rayons ont à y faire pour les traverser y a bien autant de part que leur augmentation de quantité. On pourroit aussi, si l'on avoit un nombre suffisant d'Observations de la quantité de jours sombres, & où le Ciel est chargé de vapeurs; pour en faire une année moyenne à cet égard, comme on en a fait une à l'égard de la quantité de pluyé qui tombe tous les ans à l'Observatoire; on pourroit, dis-je, imaginer de même une Atmosphere moyenne entre l'Atmosphere proprement dite, & une Atmosphere toujours chargée de vapeurs selon le rapport donné. Mais outre que c'est ce que nous n'avons point, il en faudroit toujours venir, quelle que fut cette Atmosphere, à connoître la valeur de la lumiere qu'elle intercepte ou qu'elle laisse passer, lorsque le Soleil y tombe à plomb, ou selon une obliquité connue, pour sçavoir ce que vaudroient les multiples correspondants à d'autres obliquités, par rapport à la lumiere absolue du Soleil.

9 Cependant on peut, ce me semble, juger avec assés de certitude dans l'exemple proposé du climat de Paris, qu'en general l'affoiblissement du Soleil causé par l'Atmosphere dans le Solstice d'Hiver ne sçauroit être au dessous d'un certain terme, par rapport à la lumiere qui parvient jusqu'à nous dans le Solstice d'Eté. Qu'on prenne garde à la vivacité de la lumiere du Soleil en Eté, & qu'on la compare en gros avec la lumiere ordinaire pendant l'Hiver, on trouvera qu'elle paroît affoiblie à la vûë simple. Cette comparaison peut se faire en un même jour, & dans le fort de l'Eté, en prenant le Soleil à des hauteurs dont les sinus soient entre eux, comme ceux des hauteurs meridiennes des deux Solstices: & quoi-que la grossiereté de l'air y soit de moins, on ne laissera pas de voir la lumiere du Soleil sensiblement diminuée. Or il est plus que vraisemblable que si elle le paroît, par exemple, de la moitié, ou seulement si elle le paroît, elle l'est réellement beaucoup

plus que de la moitié; & voici ce qui me le persuade.

Dans les Eclipses de Soleil son disque est caché de plus de la moitié/qu'à regarder les objets qui nous environnent/ sa lumiere ne paroît point du tout affoiblie: c'est ce que je remarquai dans l'Eclipse du 12 Mai 1706, & que j'observai à Beziers, où elle fut totale avec demeure de 3 minutes 26 secondes. M. Huguens rapporte que dans une semblable occasion, où il ne restoit pas la vingt-cinquième partie du disque du Soleil, qui ne fut couverte de celui de la Lune, on s'appercevoit à peine qu'il fit moins clair qu'à l'ordinaire. Je remarquai encore dans l'Eclipse de 1706, que pendant sa *totalité* l'obscurité fut si grande, qu'on vit très distinctement les Planetes, même celle de Mercure, & plusieurs Etoiles fixes. Mais le bord occidental du Soleil ne commença pas plustôt à paroître, qu'il lança une lumiere subite semblable à celle d'un grand éclair. A en juger par sentiment, j'aurois cru qu'au moins le tiers ou le quart de son disque venoit de se découvrir, & ce n'en étoit pas peut-être la millième partie. J'avoüe qu'en pareille rencontre, & au sortir de l'ombre, la prunelle se trouvant fort ouverte & disposée à laisser entrer une grande quantité de rayons, la plus foible lumiere suffit pour ébranler fortement l'organe immediat de la vûë. Mais cette circonstance ne détruit en rien ma conjecture; puisque malgré cette propriété de la prunelle, de s'agrandir en presence d'une moindre lumiere, le Soleil ne laisse pas de nous paroître moins éclatant dans le Solstice d'Hiver que dans le Solstice d'Eté. Or si la lumiere du Soleil ne nous paroît pas sensiblement diminuée, lorsqu'elle l'est réellement de la moitié, on peut assurer qu'elle l'est tout au moins de la moitié, lorsqu'elle nous paroît sensiblement diminuée.

Je crois donc que ce sera mettre les choses sur le plus bas pied, & qu'en ce sens il ne sçauroit y avoir d'erreur, que de supposer, qu'au Solstice d'Hiver à Paris, l'Atmosphère intercepte, émousse, ou reflechit en arriere la moitié des rayons qui parvenoient jusqu'à la surface de la Terre dans le Solstice d'Eté.

Dans son
Cosmotheo-
ros, pag.
103.

en lettre
vente

Il faut seulement remarquer que dans ce rapport de 2 à 1 entre les quantités de lumière qui parviennent jusqu'à nous dans les deux Solstices, l'Atmosphère proprement dite ne doit être comptée que pour peu de chose en comparaison des vapeurs qui s'y mêlent. La raison que j'ai pour le croire ainsi, c'est que si l'Atmosphère toute pure interceptoit à midi/dans le Solstice d'Hiver/seulement la cinquième partie de la lumière qui parvient jusqu'à nous au midi du Solstice d'Été, le Soleil nous seroit toujours caché dès qu'il approcheroit de l'horizon, tant en Été qu'en Hiver, & à peu-près comme il l'est dans les jours sombres: ce qui est contraire à l'expérience. Mais la démonstration de ceci dépend d'un calcul qui me meneroit au de-là des bornes que je me suis prescrites, & je la réserve pour une de nos assemblées particulières.

Le rapport de la chaleur à midi dans le Solstice d'Été à la chaleur de midi dans le Solstice d'Hiver, sera donc, par la seule circonstance de l'Atmosphère, plus ou moins chargée de vapeurs, & traversée plus ou moins obliquement, comme 2 & 1. Et puisqu'il a été remarqué que le nombre ou la quantité de rayons/dans les deux Solstices/ étoit comme 3 & 1, en vertu de la seule obliquité, & que leur force étoit encore comme 3 & 1, en vertu de la même obliquité; il est clair que multipliant ces trois rapports l'un par l'autre, sçavoir 2 : 1, par 3 : 1, qui fait 6 : 1, & ce produit encore par 3 : 1, on aura 18 : 1 pour le rapport total composé des trois précédents; ce qui est bien différent du rapport qui auroit résulté de la raison triplée des sinus, sçavoir 27 : 1, & qui pourroit l'être plus ou moins, selon qu'on supposera plus ou moins de rayons interceptés ou dissipés, en vertu du long chemin qu'ils ont à faire dans l'air//

Je ne tiendrai pas compte de ce que les rayons du Soleil venant à tomber perpendiculairement/ou presque perpendiculairement sur un terrain, semblent se devoir réfléchir sur eux-mêmes, sur les parties de l'Atmosphère qu'ils

par
~~l'angle~~ l'angle donné.

1, 1,
 2
 3/ H

1, 1,

1
 2

1,
 1a

ont déjà traversées, ou sur leurs voisines; & au contraire, s'en écarter, lorsqu'ils n'y tombent qu'obliquement, & s'en écarter d'autant plus que l'obliquité est plus grande. Car quoi-qu'un des plus sçavants Astronomes du dernier siècle ait regardé ce retour des rayons sur un air déjà échauffé par leur premier passage, comme la principale cause de la chaleur Meridienne & de celle qu'il fait en Eté, j'avoüe qu'elle me paroît une des plus douteuses. Il est évident qu'elle suppose la surface de la Terre aussi unie qu'une glace de Miroir, sans quoi l'induction tirée de la loi constante de l'égalité des angles de reflexion & d'incidence ne sçauroit avoir lieu. Mais quand on accorderoit cette reflexion touÿjours régulière sur une surface qui ne l'est jamais, je ne vois pas encore que la perpendicularité eut à cet égard aucun avantage sur l'obliquité, pour produire une plus grande chaleur dans une même portion d'Atmosphère. Car si cette portion est échauffée une seconde fois par la reflexion des mêmes rayons, dans le cas de la perpendicularité, elle l'est par la reflexion des rayons voisins qui viennent de percer la portion antérieure; dans le cas de l'obliquité; de sorte que l'effet en sera touÿjours le même. Ainsi je ne crois pas que cette circonstance nous oblige à rien ajoûter au calcul précédent.

*Ric. Alm.
lib. 3. cap.
5. p. 99.*

Il est donc suffisamment prouvé que l'obliquité des rayons du Soleil entre trois fois dans la cause generale du froid de l'Hiver, ou composé selon trois rapports le rapport de la chaleur de l'Eté à la chaleur de l'Hiver; sçavoir, par le moindre nombre de rayons qui tombent sur la surface d'un Pays en consequence de leur obliquité; par le moins de force qu'ont ces rayons en venant frapper le terrain, ou, ce qui revient au même, par une plus grande quantité d'ombre, en consequence de la même obliquité; & enfin par un plus grand nombre de rayons interceptés ou affoiblis en consequence de leur obliquité par rapport à l'Atmosphère qu'ils ont à traverser.

Venons presentement à la seconde cause partiële, la de-

meure plus ou moins longue du Soleil sur l'horison, c'est-à-dire la longueur ou la brieveté des jours. Celle-ci sera beaucoup plus difficile à évaporer que la précédente, mais elle n'est ni moins certaine, ni moins digne d'attention.

II.
PARTIE.
De la longueur des Jours.

On peut concevoir que la durée des jours augmente le rapport de la chaleur de l'Eté à la chaleur de l'Hiver de deux manieres : par une plus grande somme d'instants de chaleur, & par une plus grande force de chaleur dans un instant quelconque.

De la premiere maniere, selon tout ce qui a été expliqué ci-dessus, & sans aucun égard à ce qui s'y mêle de la seconde ; la chaleur d'un jour donné doit être comme la somme de tous les quarrés des sinus des hauteurs du Soleil dans ce jour, multipliée par le rapport inversé des rayons interceptés en vertu de leur passage plus ou moins oblique à travers l'Atmosphère. A ne prendre que la somme des simples sinus de toutes les hauteurs horaires depuis le lever du Soleil jusqu'à son coucher, & en imaginant tous ces sinus rangés de suite perpendiculairement sur l'Horison, chacun répondant au point de l'arc diurne dont il mesure la hauteur ou la distance avec l'Horison, on auroit une surface courbe connue sous le nom d'Angle cylindrique : sur ~~quoi l'on peut voir~~ écrit de M. Halley.

Transact.
Anglic. an.
1693. p.
878. &
Act. erudit.
Lips. sup-
plem. t. 2.
p. 328.

Mais ce n'est point de l'augmentation de chaleur que la durée des jours peut produire en ce sens, dont il s'agit ici, je veux examiner seulement la force que le séjour plus ou moins long du Soleil sur l'Horison, peut ajouter à la chaleur, pour ainsi dire instantanée d'une heure quelconque en Eté, par rapport à la chaleur d'une heure semblable en Hiver. Et je me bornerai encore au seul exemple du rapport de la chaleur de midi, entre les deux jours solstitiaux d'Eté & d'Hiver, & toujours en faisant abstraction des circonstances particulieres & accidentelles.

Je crois que tout le monde convient aujourd'hui que la chaleur, ou, pour parler plus exactement, la propriété

la valeur de
laquelle on
un écrit-inge-
ieux

évalue

Se

qu'ont les corps soit durs ou fluides, d'exciter en nous le sentiment de chaleur, n'est autre chose en eux, que l'agitation des parties qui les composent, ou de quelque autre matiere invisible engagée dans leurs pores: & que la chaleur excitée en nous par le Soleil ne consiste pas seulement dans l'action immediate de ses rayons sur la superficie/ & sur les parties organiques de nos corps, mais encore dans le choc des diverses particules de l'air/ou des autres corps mêlés avec l'air, qui nous environnent, & que ses rayons ont mis en mouvement. Ce n'est du moins que dans cette signification qu'il faut prendre le mot de chaleur dans tout ce Memoire. Or les corps acquierent & retiennent plus ou moins de mouvement, selon que la cause qui les fait mouvoir leur a été plus long-temps appliquée. Et si pendant que le mouvement ou la chaleur acquise dure encore, il en survient une nouvelle, il est évident que l'effet qui resultera de celle-ci & de la premiere sera d'autant plus grand/ qu'il en reste davantage de la premiere. Ainsi l'augmentation, ou si je l'ose dire, l'acceleration de chaleur croitra d'autant plus que les additions en seront plus redoublées, plus longues/ & séparées par des intervalles plus courts. Il est aisé de faire l'application de ce raisonnement à la demeure plus ou moins longue du Soleil sur l'Horison, tant pour le jour même & avant l'heure sur laquelle se fait le calcul/ que pour les jours précédents.

Mais rien ne scauroit mieux nous persuader combien cette cause est puissante que ce que l'experience nous en apprend. Car ce n'est presque jamais qu'après le Solstice d'Eté, lorsque les rayons du Soleil sont devenus déjà plus obliques/ par rapport à nôtre climat, & que les jours commencent à diminuer, que nous sentons les plus grandes chaleurs de l'Eté; preuve évidente que cette chaleur est necessairement compliquée avec celle des jours précédents. Car l'abbaissement du Soleil, & l'accourcissement des jours devroient sans cela & par eux-mêmes, produire tout le contraire. C'est que les premiers efforts de la chaleur con-

dans

3

n |

—

*Levez a la je
de p...
her, ou pour faire*

tre un corps, ne sont employés/qu'à faire évaporer les parties les plus humides qu'il contient, à ébranler ou à desunir les plus solides; & les efforts/qui leur succèdent/n'ont qu'à augmenter l'ébralement & la desunion commencée. Ainsi les premiers effets des rayons du Soleil/quand il revient vers nous, sont de fondre les glaces & les neiges, de dissiper les parties aqueuses dont l'air est chargé, & de desfecher la terre. Quand tout cela est fait, une moindre chaleur suffit pour mettre l'air en feu, & pour rendre la terre brulante. Jusqu'à ce que la cause de ces effets, la force & le nombre des rayons & la durée de leur action/diminuant de plus en plus, les effets même diminuent avec elle, & laissent enfin paroître à leur tour tous les phenomenes de l'Hiver.

Il est donc évident que la chaleur d'un jour, & d'une heure donnée, toutes choses d'ailleurs égales, devra être d'autant plus grande, que le Soleil aura été plus long-temps sur l'Horison ce jour-là, & les jours précédents. D'où il suit que la durée des jours ne doit pas entrer dans la cause totale de la chaleur produite par le Soleil, comme une simple addition, mais la composer véritablement, & par une multiplication de tout ce qui y entre avec elle.

On voit aussi par-là, je le dirai ici en passant, combien il seroit difficile/pour ne pas dire impossible, de procurer à une petite portion de la surface d'un Pays |à un Jardin, par exemple, la temperature de divers climats de la Terre, par la seule inclinaison du terrain & des compartiments qui le composent, ainsi que quelques personnes l'ont tenté en faveur de la culture des Fruits de différentes contrées; & combien il y faudroit d'autres préparations que l'art ne scauroit imiter.

Mais ce n'est pas tout, La chaleur doit être plus grande non seulement selon que les jours sont plus grands; mais encore selon que les nuits sont plus petites. Je comprends sous ce nom le temps de la nuit, & celui des crepuscules; c'est-à-dire tout l'intervalle qu'il y a entre le coucher & le lever

différente

lever du Soleil, & pendant lequel cet Astre demeure caché sous l'Horison.

J'ai fait là dessus une experience grossiere, qui ne laissera pas de donner une idée de l'effet de ces intervalles. J'ai mis devant mon feu environ 12 onces d'eau froide à peu près au degré du temperé, & dans un vaisseau cylindrique de terre: elle a bouilli en moins de 17 minutes. J'ai pris ensuite de nouvelle eau que j'ai mise de même auprès du feu, dans le même vaisseau, apres l'avoir laissé refroidir: mais avec cette difference que je faisois chauffer celle-ci alternativement pendant 4 minutes, & que je la retirois loin du feu pendant 2 minutes: elle a bouilli à la fin de la 28^{me} minute. Enfin j'ai remis pour la troisieme fois de l'eau auprès du feu, lequel je tâchois d'entretenir toujours dans le même état, & avec les mêmes circonstances; mais au lieu que j'y laissois l'eau précédente 4 minutes, & que je l'en écartois pendant 2 minutes, je n'y tenois celle-ci que 2 minutes, & ne la remettois que ~~de 4 en 4 minutes~~. J'ai repeté l'operation pendant près de 2 heures, apres quoi je l'ai abandonnée, ne voyant point qu'il y eut lieu d'esperer que cette eau pût jamais bouillir par cette application alternative de chaud & de froid.

Il y a grande apparence qu'il arrive quelque chose de tout semblable à l'effet des rayons du Soleil sur la Terre & sur l'Air, selon que leur action est interrompuë par des nuits plus courtes ou plus longues. Le rapport de la chaleur de l'Été à celle de l'Hiver, sera donc par la seule circonstance d'un plus grand ou d'un plus petit sejour du Soleil sur l'Horison & de ses intervalles en raison composée de la raison directe de la longueur des jours, & de la raison inverse de la longueur des nuits.

C'est-là la regle en general; mais j'avoüe qu'elle est bien vague, & que l'application m'en paroît infiniment difficile. Pour la faire avec quelque justesse, il faudroit qu'on scût ce qu'une certaine progression de force dans la cause, à tels & tels intervalles, & à mesure que ses termes croissent

Mem. 1719.

Et cette application

ou décroissent / selon une certaine loi, pourroit produire de chaleur croissante ou décroissante dans le sujet sur lequel elle agit, sur la terre par exemple, & dans l'air. Il faudroit pour cela avoir un nombre prodigieux de faits & d'observations que nous n'avons point. Je ne parle pas des connoissances particulieres / comme seroit celle du terrain, par exemple, lequel peut recevoir plus ou moins de chaleur, & la retenir plus ou moins de temps, selon sa qualité, selon qu'il est plus ou moins pierreux ou sablonneux, plus compacte, ou plus rare : c'est même en prenant toutes choses dans l'uniformité la plus parfaite, que je dis / que nous ne sçaurions là-dessus aller de la Theorie au cas particulier, ni d'un cas particulier à un autre.

Car premierement, qu'oi-que je voye en general / que lorsque les jours ont augmenté jusqu'à un certain point, chaque jour ajoute plus de chaleur à celle du jour précédent / que l'intervalle de la nuit n'en avoit ôté, & réciproquement / que lorsque la diminution des jours est parvenue à un certain terme, chaque nuit ôte plus de chaleur / que le jour n'en avoit ajouté, j'ignore & la valeur de ces termes, & le lieu où il faut les placer dans la progression. Et quand je sçaurois ce que doit produire de chaleur la presence du Soleil, par exemple pendant 12 heures / je ne sçai point ce que produira sa presence pendant 14 heures; le rapport de la chaleur causée par ces 2 heures de plus, à la chaleur des 12 heures précédentes / pouvant être, & étant / selon toute apparence / très différent du rapport de 2 à 12. Il en est de même des intervalles de la nuit. Ainsi au lieu de dire vaguement / que le rapport de la chaleur de l'Eté à celle de l'Hiver est / par la seule circonstance de la durée des jours & des nuits, en raison composée de la raison directe de la durée des jours, & de la raison inverse de la durée des nuits, il faudra peut-être ajouter, pour rendre la proposition plus exacte; que c'est en raison composée de la raison directe de quelque puissance, telle que le quarré, le cube, &c. ou de quelque fonction de la durée

des jours; & de la raison inverse de quelque puissance telle que le quarré, le cube, &c. ou de quelque fonction de la durée des nuits.

Secondement, il ne suffiroit pas de scavoir ce qu'une demeure d'une certaine durée doit ajouter à la chaleur d'un instant quelconque dans un jour donné, ni ce qu'un jour d'une certaine longueur doit ajouter de chaleur au jour qui le suit immédiatement. Il faudroit encore connoître depuis quel temps & jusqu'à quel intervalle de jours & de nuits la chaleur d'un jour d'une certaine durée, & qui a eu une certaine somme de chaleur, peut influer sur la chaleur d'un autre. On auroit par-là le premier Terme, le nombre de Termes, & la loi de la Progression ou suite croissante ou décroissante des additions ou des soustractions de chaleur par rapport au jour donné dont on voudroit déterminer la chaleur: & par conséquent on auroit aussi le dernier Terme de cette suite, lequel exprimeroit tout ce que ce jour tient de la chaleur ou du froid des jours qui l'ont précédé.

Enfin il y a une circonstance très importante à remarquer, & dont nous n'avons pas encore fait mention. C'est le plus ou le moins de chaleur des jours qui précèdent le jour donné, en vertu du plus ou du moins de hauteur du Soleil sur l'Horison. Ce n'est point ici un second emploi de la cause de chaleur expliquée dans la premiere Partie de ce Memoire. Il ne s'agit pas de la hauteur du Soleil ou de l'obliquité de ses rayons, considérée dans les effets actuels & immediats qu'elle peut produire; mais dans les suites que doivent avoir ces premiers effets transportés en quelque façon hors de leur place, & long-temps après qu'ils ont été produits. Car il est clair que la chaleur d'un jour quelconque; par exemple, la chaleur du jour du Solstice d'Eté à midi, outre qu'elle est plus grande que celle du jour du Solstice d'Hiver à la même heure, parce qu'il a actuellement le Soleil plus élevé sur l'Horison, qu'il l'y a depuis plus long-temps, & qu'il a été précédé par des

jours plus longs, le doit être encore, parce que dans ce même jour, & dans ceux qui le précèdent, le Soleil a été plus élevé sur l'Horison, que dans le jour du Solstice d'Hiver, & dans ceux qui ont précédé ce Solstice. Or on ne sçait sur quel principe, ni sur quelle experience on pourroit calculer les effets de l'obliquité des rayons à cet égard. Car quoi-qu'il soit toujours vrai que la chaleur du jour donné doive être plus ou moins grande, selon que celle des jours qui l'ont précédé l'a été davantage, c'est-à-dire, en raison des quarrés des sinus de la hauteur du Soleil, &c. aux heures & aux jours précédents; neantmoins comme on ne sçait pas ce que le jour & l'heure donnée emprunte des jours & des heures précédentes, supposé que le Soleil y ait été au Zenit, ou à une hauteur déterminée, on ignore aussi par conséquent ce que vaut la partie, ou le multiple de cette quantité inconnue / quoi-qu'on sçache son rapport avec elle. C'est un raisonnement tout semblable à celui qui a été fait sur l'obliquité de l'Atmosphère.

On voit donc par toutes ces remarques / que l'examen de la chaleur dans un jour quelconque, entant qu'elle résulte de la demeure plus ou moins longue du Soleil sur l'Horison, en comprenant sous cette circonstance tout ce que je viens d'observer qu'elle contient, est sujet à des difficultés qui paroissent insurmontables, & qui le sont peut-être en effet. Aussi ne me suis-je pas flaté de les surmonter. J'ai cru seulement que ce n'étoit pas ne rien faire que de les démêler, & de les connoître. Je suis même persuadé que dans les questions de Physique les plus compliquées / & les moins susceptibles de calcul, il est utile de se faire par voye de supposition / quelque modèle de calcul. On arrive presque toujours par-là à des limites mieux marquées de ce que nous sçavons, & de ce que nous ne sçavons pas, ou que nous ne pouvons sçavoir; & l'on découvre souvent entre la question qu'on examine / & des vérités que l'on connoissoit, une dépendance qu'on n'y auroit jamais appercûe sans cela. Ce n'est que dans cet esprit,

1, / S / Q / 10 & avec ces restrictions, que je vais reprendre l'exemple du climat de Paris (& du rapport de chaleur de ses deux jours solstitiaux, pour tâcher d'y appliquer tout ce que renferme la circonstance de la longueur des jours, & en y employant la methode dont je me suis déjà servi à l'égard de la quantité des rayons interceptés par l'Atmosphere. Car je mettrai les choses sur le plus bas pied, ou à une valeur au dessus de laquelle il ~~paroit impossible~~ qu'elles puissent être.

ne paroit pas

1, / 1, / e / 1, / 1, / 1, / 1, / 1, Il est constant par tout ce qui a été remarqué, & par l'experience que nous en faisons tous les jours, que les derniers moments de l'action de la chaleur sur un même corps, ont beaucoup plus de force pour en desunir les parties / que les premiers; & qu'une piece de bois, par exemple, qui aura long-temps resisté à un feu violent, s'enflamera bientôt après à un feu mediocre. Les impressions que la Terre & l'Air reçoivent des rayons du Soleil ne sont pas sans doute d'une nature differente de celle que les autres corps soit durs ou fluides reçoivent de l'action du feu. C'est pourquoi si je suppose que la chaleur qu'il fait à midi en un certain jour, entant qu'elle resulte de la demeure plus ou moins longue du Soleil, toutes choses d'ailleurs égales, a le même rapport à la chaleur qu'il fait à midi dans un autre jour, que le temps qu'il y a depuis le lever du Soleil jusqu'au midi de l'un, au temps depuis le lever jusqu'au midi de l'autre; ma supposition n'aura rien qui ne paroisse certain en ce sens, que le rapport dont il s'agit ne scauroit être moindre. Or on sçait que le Soleil est environ 8 heures 3 minutes sur l'Horison de Paris le jour du Solstice d'Eté, depuis son lever jusqu'au moment où il passe par le Meridien, & qu'il n'y est qu'environ 4 heures 5 minutes le jour du Solstice d'Hiver, en comptant de même depuis son lever jusqu'à midi. Ce qui donne à très peu près le rapport de 2 à 1. Je crois encore que ce sera demeurer beaucoup au dessous du vrai, que de multiplier ce rapport

1,

1,

1,

1,

e / e /

} seulement

+ 2

par 2 : 1, en comptant deux fois autant de chaleur, en vertu d'une hauteur sur l'horizon plus de trois fois aussi grande pendant cette présence double du Soleil. Multipliant donc 2 : 1 par 2 : 1, on aura seulement 4 : 1, pour exprimer le rapport de la chaleur meridienne des deux jours solstitiaux à Paris, entant qu'elle resulte de la longueur du jour, & de la hauteur du Soleil aux jours mêmes des Solstices.

Quant au rapport qui doit naître de la durée des jours & des nuits précédentes, il y auroit principalement deux choses à chercher, ainsi que je l'ai fait observer ci-dessus; scavoir, la distance du terme où du jour depuis lequel la chaleur peut s'être communiquée au jour du Solstice d'Eté, par exemple, & la nature de la suite croissante des termes ou des additions de chaleur qui se font chaque jour, tant en vertu de la longueur des jours que de la brieveté des nuits & de la hauteur du Soleil pendant les jours.

Les Observations Meteorologiques de l'Academie pourroient nous fournir quelque sorte d'induction sur le premier article. Car il resulte des Observations d'une trentaine d'années, que les grandes chaleurs de l'Eté à Paris arrivent d'ordinaire vers la fin du mois de Juillet, ou au commencement du mois d'Août; & les grands froids de l'Hiver vers la fin du mois de Janvier, ou au commencement de Février, c'est-à-dire à la distance d'environ 40 jours de chacun des Solstices. D'où il semble qu'on pourroit conclure avec assez de fondement, que la chaleur d'un jour tient d'ordinaire quelque chose de l'action & des effets des rayons du Soleil dans les 40 jours précédents, puisque selon l'Observation, les plus grandes chaleurs n'arrivent communément que lorsqu'il y a déjà 40 jours que les causes de la chaleur (la hauteur du Soleil & la longueur des jours) ont commencé de diminuer; & au contraire que les plus grands froids ne se font sentir que lorsqu'il y a déjà 40 jours que les mêmes causes de chaleur ont commencé d'augmenter.

123

Pag. 1

/ T

12
18 1

1,

1,

1,

1,

1,

1,

1,

1,

1,

S
T / S
/
de
 A l'égard du second article, ou de la loi qui regne dans la suite croissante des additions de chaleur, & de la valeur de ses Termes, j'avoüe que je n'y apperçois aucune prise, à moins qu'on ne voulut partir du Solstice d'Été, comme du zero ou du premier Terme de la suite, & regarder après cela l'excédant de la chaleur qu'il fait 40 jours après le Solstice, sur la chaleur qu'il faisoit pendant le Solstice, comme le dernier Terme & le resultat de cette Suite. Mais cela souffrirait encore des difficultés, & demanderait des explications, dont le détail ne feroit que charger inutilement ce Memoire. Ainsi je négligerai ce surcroît de chaleur; il me suffit d'avoir montré que c'en est un, & qu'à la rigueur il faudroit l'introduire dans nôtre calcul. Plus l'omission sera grande, plus il sera certain que le rapport déjà trouvé $40 : 1$, étant pris en consequence de la cause partielle dont il s'agit, & de tout ce qui la compose, ne scauroit être au dessus du véritable.

/
S
/
S
 Mais nous avons trouvé dans la premiere Partie de ce Memoire que le rapport de la chaleur qu'il fait à Paris dans le Solstice d'Été à midi, entant qu'elle resulte de la hauteur ou de l'obliquité actuelle des rayons, soit à l'égard du terrain, soit à l'égard de l'Atmosphère, étoit à la chaleur qu'il y fait à la même heure dans le Solstice d'Hiver, tout au moins comme $18 : 1$: & j'ai fait voir dans les remarques précédentes, que ces deux causes partiales, l'obliquité des rayons, & la longueur des jours, se compliquent dans la cause totale des Saisons, & la composent par voye de multiplication. Donc multipliant ces deux rapports l'un par l'autre, $18 : 1$ par $4 : 1$, on aura $72 : 1$, pour le rapport de la chaleur meridienne des deux jours solstitiaux de Paris, entant qu'elle resulte de la cause generale des saisons, qui est le Soleil.

/
S
 Voici pourtant trois corrections qu'il y faudroit faire dans le cas de la précision.

- 1°. La Refraction nous fait voir les Astres un peu plus

/) élevés sur l'Horizon / qu'ils ne font en effet. Leur Lumiere / L
 /) /) peut donc être censée tomber sur nous (à la densité près)
 comme si / indépendamment de toute refraction / l'Astre étoit
 réellement au degré d'élevation où il est apperçû. Je dis,
 à la densité près; car, comme on le peut déduire de ce
 qui a été expliqué ci-dessus, les rayons, qui viennent à
 nous à travers l'Atmosphère, ne doivent pas être, en plus
 grand nombre, par l'augmentation que la refraction cause
 à leur angle d'incidence sur le terrain, que ceux qui y
 viendroient par l'angle qu'ils font avec la surface de l'At-
 mosphère. On sçait aussi que la refraction est d'autant plus
 grande, que l'Astre est plus près de l'Horizon. C'est pour-
 quoy dans l'exemple proposé, & selon les tables des refrac-
 tions, le Soleil étant au Meridien, le jour du Solstice d'Hi-
 ver, la refraction nous le fait voir d'environ $3' 6''$ plus
 haut qu'il n'est: au lieu qu'étant au Meridien le jour du
 Solstice d'Eté, la refraction ne l'éleve que d'environ $27''$.
 C'est une différence de $2' 39''$, qu'il faut introduire dans
 le rapport des sinus de l'élevation du Soleil pendant les
 Solstices. Ce qui, comme on voit, est de peu de consé-
 quence. Mais il faudroit y faire attention pour les Pays fort près
 des Poles, sous lesquels la refraction est très grande, tant
 à cause de leur extreme obliquité: à l'égard des rayons du
 Soleil, que de la grossiereté de l'air de ces climats. La re-
 fraction y doit produire, non seulement une hauteur me-
 ridienne sensiblement plus grande, mais encore un séjour
 du Soleil beaucoup plus long. Car il y doit avoir des jours
 entiers où il se coucheroit, & où il ne se couche pas, en
 vertu de la refraction; d'autres où il ne paroîtroit point du
 tout sur l'Horizon, & où il paroît pendant quelques heu-
 res; & toujours (ce qui n'est pas à négliger dans cette ren-
 contre) des Crepuscules très longs, & tels peut-être que
 sous le Pole, il n'y a pas de nuit / proprement dite / de
 toute l'année, mais un jour perpétuel, ou un composé de
 jour

Pag. 109.
 et 110

1 T

2

/)
 /)
 112

jour & de Crépuscule, ou un simple Crépuscule lorsque le Soleil approche du Solstice d'Hiver. Ce qui me porteroit à le croire ainsi, c'est que les Hollandois, qui passerent l'Hiver dans la Nouvelle Zemble en 1597, virent le corps du Soleil dans un temps, où, selon le calcul Astronomique qu'ils en firent, cet Astre devoit être 4 degrés au dessous de l'Horison. Or cette Observation, que M. *Bilberg* juge avoir été faite avec toute la précision dont on étoit capable dans ce temps-là, donneroit la Refraction horizontale dans la Nouvelle Zemble, sept à huit fois aussi grande qu'à Paris. De sorte que pour peu qu'elle augmentât encore à proportion en approchant du Pole, elle pourroit devenir suffisante, ou même plus que suffisante, pour y procurer un jour ou un crepuscule perpetuel.

Refraçtio Solis in occidui, &c. jussu Caroli XI. Regis Suecorum, &c. à Jo. Bilberg Holm. 1695. p. 64.

2°. Nous avons supposé, pour la commodité du calcul, que le sinus de la hauteur meridienne du Soleil, dans le jour du Solstice d'Eté à Paris, étoit trois fois aussi grand que le sinus de la hauteur meridienne du Soleil, le jour du Solstice d'Hiver. Cela n'est pas exactement vrai; il s'en faut quelque chose, & il s'en faudra encore davantage, si l'on ajoute au sinus de la hauteur meridienne du Solstice d'Hiver, les 2' 39" de plus, que la refraction lui donne. Ces deux corrections étant introduites dans le rapport de 72 à 1, le réduisent à celui de 70 $\frac{1}{2}$ à 1. J'y ai négligé la circonstance dont il est fait mention dans l'article précédent, le moins de densité en vertu de la refraction.

Pag. 106.

3°. Enfin, nous n'avons compté jusqu'ici que sur la distance moyenne du Soleil, ou la même en Eté, qu'en Hiver. Cependant la Terre, comme il a été remarqué au commencement de ce discours, est plus près du Soleil dans le temps qui est Hiver pour notre Hemisphere, que dans l'Eté, d'environ un million de lieues ou 748 demi-diamètres Terrestres, selon les Observations de feu M. *Cassini*. C'est à peu près la trentieme partie de sa plus grande distance. Or les différentes densités ou quantités de rayons de lumière à différentes distances du corps lumineux, étant

entre elles en raison renversée des quarrés de ces distances, la quantité de rayons du Soleil en Hiver, en vertu de sa proximité ou dans le Perihelie, sera à leur quantité en Eté ou dans l'Aphelie, comme 900, quarré de 30, est à 841, quarré de 29; c'est-à-dire, environ comme 15 est à 14. Et parce que cette circonstance influë sur toutes les autres, il suit qu'il faudra multiplier le rapport trouvé de $70\frac{1}{2} : 1$, par 14 : 15, ou par 841 : 900. Ce qui le réduit enfin à 66 : 1; auquel je m'arrêterai, comme au veritable rapport de la chaleur meridienne du Solstice d'Eté à la chaleur meridienne du Solstice d'Hiver à Paris, entant qu'elles resultent de la cause des saisons, ou, tout au moins comme à un rapport, qui ne sçauroit être plus grand que le veritable.

Ce seroit tout le contraire, s'il s'agissoit d'un Pays situé sur la même Latitude, de $48^{\circ} 50'$, mais dans l'Hemisphère Meridional: car il faudroit alors multiplier $70\frac{1}{2} : 1$ par 900 : 841, ce qui seroit monter le rapport de la chaleur de l'Eté à celle de l'Hiver à environ $75\frac{1}{2} : 1$. D'où il est évident, que toutes choses d'ailleurs égales, & à ne considerer que la seule cause des saisons, le rapport de la chaleur de l'Eté & de l'Hiver, dans les deux Solstices, à l'égard des habitants de l'Hemisphère Meridional, qui ont dans cet Hemisphère la même Latitude que nous avons dans le Septentrional, devroit être plus grand que chés nous, en raison de $75\frac{1}{2}$ à 66. De sorte que leur Eté seroit plus chaud que le nôtre de la moitié de la difference de ces deux nombres, sçavoir de $4\frac{3}{4}$, & leur Hiver plus froid, de la moitié de la même difference. Ce qui est, comme on voit, très considerable. Il est vrai qu'il y a une circonstance qui doit temperer chés eux l'excès de la chaleur de l'Eté: le Soleil fait huit révolutions de moins dans leur Hemisphère, & par consequent leur Eté est de huit jours plus court que le nôtre. Mais comme leur Hiver devient plus long par-là, il y a apparence aussi qu'il en est d'autant plus rude. Les Relations que nous en avons confirmement

toutes ces conjectures ; & la Mer dans cet Hemisphere a été trouvée * glacée à 52 degrés de Latitude, c'est-à-dire, à une hauteur de quelques minutes seulement plus grande que celle de Londres, & moindre que celle d'Amsterdam.

Voilà ce que j'avois de plus essentiel à remarquer sur la cause generale des saisons, & sur les deux causes partiales qui la composent, l'obliquité des rayons, & la longueur des jours. Il ne s'agit plus maintenant que de comparer ma Theorie, & mon Calcul, avec les Observations les plus exactes que nous avons sur cette matiere.

* Par M. Halley en 1700, comme il l'a marqué dans sa Carte publiée à Londres l'année suivante.

Selon les experiences de M. Amontons rapportées en 1702, dans les Memoires, & dans l'Histoire de cette Academie *, le chaud qu'il fait à Paris aux rayons du Soleil à midi dans le Solstice d'Eté, ne differe du froid qu'il fait, quand l'eau se glace, que comme 60 differe de 5 $\frac{1}{2}$, ou 8 de 7. La même matiere, ajoute M. de Fontenelle, qui produit par son agitation les plus grandes chaleurs & les plus insupportables de notre climat, ayant alors 8 degrés de mouvement, elle en a encore 7, lorsque nous sentons un froid extreme.

COMPARAISON de la Theorie & du Calcul précédent, avec les Observations du chaud de l'Eté, & du froid de l'Hiver.

* Pag. 7.

Les sens ne sçauroient nous persuader que des effets aussi contraires en apparence, que le sont la chaleur de l'Eté, & le froid de l'Hiver, dussent être rapportés à des causes qui different si peu entre elles. Mais le temoignage des sens, toujours relatif à la douleur ou au plaisir que nous éprouvons à l'occasion des objets extérieurs, qui agissent sur eux, doit ceder dans cette rencontre à celui du Thermometre, qui ne nous offre que des changements purement mechaniques.

Mais si l'Observation de M. Amontons est exacte, si le chaud de l'Eté, dans le climat de Paris, ne surpasse le chaud de l'Hiver que d'une 7^{me} partie, que deviendra le calcul selon lequel le chaud de l'Eté se trouve 66 fois aussi grand que celui de l'Hiver ! On a vû cependant qu'il n'est pas à craindre que ce rapport soit plus grand qu'il ne faut, &

qu'il y a bien plus d'apparence qu'il est beaucoup plus petit. Mais quand on ne retiendroit que celui qui resulte des quarrés des sinus de la hauteur actuelle du Soleil à midi les jours des Solstices, qui est vrai en rigueur geometrique, & qui donne 9:1, ainsi qu'il a été prouvé en son lieu, on trouveroit encore entre la chaleur du Solstice d'Eté, & celle du Solstice d'Hiver, une difference 55 fois plus grande, que celle que donne le Thermometre de M. Amontons; car huit entiers valent 56 septiemes. Comment donc accorder l'experience avec le calcul?

Il ne faut que faire attention aux circonstances, & l'on sera convaincu que l'experience dont il s'agit, & mon calcul n'ont rien de contraire, & qui ne puisse parfaitement se concilier.

L'Observation de M. Amontons ne roule pas sur la chaleur de l'Eté ou de l'Hiver produite par les seuls rayons du Soleil, ou par la cause qui fait en general la difference de l'Hiver & de l'Eté, mais sur la chaleur totale, qu'il y a en Hiver ou en Eté dans le climat de Paris, soit en vertu des rayons du Soleil, soit en vertu d'un fonds de chaleur déjà toute acquise, à laquelle la chaleur du Soleil ne fait que s'ajouter. En un mot M. Amontons considere la chaleur telle qu'elle est dans le concours de toutes les causes qui la produisent, & il n'est question ici au contraire que de la chaleur produite par une seule de ces causes, sçavoir, par l'action journaliere du Soleil. Les nombres 8 & 7 ne sont qu'une expression abrégée de la raison de 60 à 51 $\frac{1}{2}$, qui represente, comme on a vu, le veritable rapport de la chaleur de l'Eté à celle de l'Hiver: & 60, & 51 $\frac{1}{2}$ sont des pouces, dans la graduation du Thermometre de M. Amontons. En supposant donc l'Observation de M. Amontons, ou telle autre observation semblable, & mes hypotheses conformes à la nature, il faudra faire cette Analogie;

Comme l'excès de la chaleur de l'Eté, provenant seulement de la cause generale de la variation des saisons, sur la chaleur de l'Hiver provenant de la même cause;

Est à cette chaleur de l'Hiver;
 Ainsi l'excès de la chaleur totale de l'Eté, sur la chaleur totale de l'Hiver, provenant du concours de toutes les causes;
 Est à une quatrieme proportionnelle, qui étant ôtée de la chaleur totale de l'Hiver, il restera la quantité de chaleur fondamentale, qui demeure ordinairement sur la Terre dans le climat où les Observations ont été faites.

Ainsi ayant trouvé par mon calcul, que la chaleur de l'Eté, entant qu'elle resulte de la cause generale des saisons, est à la chaleur de l'Hiver, comme 66 est à 1, ou la surpasse de 65; & l'experience, par le moyen du Thermometre, donnant le rapport de 60 à $51\frac{1}{2}$, ou l'excès de la chaleur de l'Eté sur celle de l'Hiver, de $8\frac{1}{2}$ pouces, on aura $65 \cdot 1 :: 8\frac{1}{2} \left| \frac{8\frac{1}{2}}{65} \right.$ de pouce, pour la quantité qu'il faut ôter de la chaleur totale de l'Hiver. Otant donc $\frac{8\frac{1}{2}}{65}$ de $51\frac{1}{2}$, il reste $51\frac{24}{65}$, pour la chaleur fondamentale. Il faudra donc prendre $51\frac{24}{65}$, ou environ 51 pouce $4\frac{1}{2}$ lignes du Thermometre de M. Amontons, pour cette chaleur independante de l'action variable du Soleil; & alors les $\frac{8\frac{1}{2}}{65}$ à ajouter à $51\frac{24}{65}$, pour achever les $51\frac{1}{2}$ pouces, exprimeront le degré de chaleur de l'Hiver, & les $8\frac{41}{65}$ à ajouter pour achever les 60 pouces, exprimeront les 66 degrés de chaleur de l'Eté, (car $8\frac{41}{65}$ valent 66 fois $\frac{8\frac{1}{2}}{65}$) l'un & l'autre en consequence de la cause generale de la variation des saisons, & selon le calcul que j'en ai donné dans ce Memoire.

De sorte qu'ayant déterminé le degré absolu de chaleur à $\frac{8\frac{1}{2}}{65}$ de pouce } ou environ $1\frac{1}{2}$ ligne, il y aura ordinairement, dans un climat tel que celui de Paris, une base de chaleur pour ainsi dire, d'environ 393 degrés, sur laquelle s'élevent alternativement le degré unique de chaleur de l'Hiver, & les 66 degrés de chaleur de l'Eté produits par la cause generale de la variation des saisons. C'est une

$\left(\frac{1 \times 8\frac{1}{2}}{65} \right)$ ou

{ qui font a peu pres la 393^{me} partie de $51\frac{24}{65}$ }

le climat de Paris

Analyse, ou plustôt une espece d'Inverse, par laquelle on remonte du rapport donné de la chaleur totale de l'Eté à celle de l'Hiver, qui resulte du concours de toutes les causes, & du rapport de celle qui est dépendante des différentes obliquités des rayons du Soleil, & de sa demeure sur l'Horizon, à la chaleur propre du climat ou indépendante de l'action journaliere du Soleil.

Ainsi l'Observation de M. Amontons, & mon calcul ne contiennent rien qui ne puisse parfaitement s'accorder ensemble, & avec les autres connoissances que nous avons sur ce sujet. Car enfin tout nous persuade que la Terre & l'Air qui l'environne & qui la penetre, ont un principe d'agitation & de chaleur, qui n'est pas assujetti à la vicissitude des saisons. Les Caves de l'Observatoire, les Mines, & la pluspart des lieux un peu profonds, où le Thermometre demeure presque toujours à la même hauteur, tant en Hiver qu'en Eté, les inflammations souterraines des matieres sulphureuses & bitumineuses, qui se manifestent dans les Volcans, & mille autres Phenomenes en sont une preuve incontestable.

Je ne prétends pas cependant que la chaleur indépendante des saisons soit absolument invariable. Elle ne scauroit l'être sur-tout vers la surface de la Terre, où les vents, les vapeurs, les exhalaisons plus ou moins chargées de Nitre, & une infinité de circonstances particulieres à chaque Pays doivent y apporter des alterations très sensibles. Je dis seulement que ce n'est point par la cause generale des saisons, qu'elle varie : & c'est vrai-semblablement par les variations qu'elle reçoit d'ailleurs, qu'elle déguise, & qu'elle paroît si souvent interrompre le cours réglé & periodique des saisons.

Quant à la source de cette chaleur, je laisse à chacun à en juger, selon ses principes. Ce sera, si l'on veut, un fonds de mouvement de la matiere subtile, qui lui est propre, & qu'elle conserve indépendemment du Soleil; Ou une fermentation des acides & des sucres terrestres interieurs;

ou une émanation du feu central que quelques Philosophes attribuent au globe de la Terre; ou enfin une simple chaleur acquise depuis plusieurs siècles, mais qui tire son origine du Soleil: car cet Astre ayant toujours constamment éclairé une moitié du Globe Terrestre, il en a dû naître une chaleur constante dans la masse totale, & d'autant plus constante, que gagnant de proche en proche, elle s'est communiquée à des parties plus voisines du centre, & moins exposées aux changements qui arrivent vers la surface. Quoi-qu'il en soit de la cause, les Observations sur le fait jointes à la Theorie, & au calcul, selon le plan & l'essai que je viens d'en donner, répétées en plusieurs lieux, & toujours comparées entre elles, & avec le calcul, feroient, ce me semble, très propres à nous procurer de nouvelles lumières sur la question que j'ai tâché d'éclaircir, & sur quantité d'autres qui en dépendent. Un retour continuel de l'expérience au raisonnement, & du raisonnement à l'expérience, nous découvrira enfin le secret de la nature, s'il est possible de le découvrir.

M E M O I R E

Sur la Quadrature du Cercle, & sur la mesure de tout Arc, tout Secteur, & tout Segment donné.

Par M. DE LAGNY.

T H E O R E M E I.

L'ARC de tout Secteur plus petit que le quart de Cercle est égal à la somme des quarrés du Rayon divisés par les quarrés de toutes les Secantes comprises arithmetiquement dans ce Secteur.

23 Juin
1719.

P R É P A R A T I O N.

Soit le Secteur quelconque ABX plus petit que le quart de Cercle, & soit le centre A , le Rayon AB , & l'arc BX , la Tangente BC , & la Secante AC .

Soit la Tangente BC divisée en autant de parties égales qu'on voudra (par exemple en cinq) comme BD , DE , EF , FG , GC ; & soit tiré du centre A aux points de division D , E , F , G , les Secantes AD , AE , AF , AG , entre le Rayon AB , que je regarde comme première, & plus petite Secante, & la dernière & plus grande Secante AC .

Ces six Secantes partageront le grand Triangle ABC , en cinq Triangles égaux ABD , ADE , AEF , AFG , AGC , & elles couperont l'arc de Cercle aux six points B , I , M , P , S , X .

Par chacun des cinq derniers points soit tiré les lignes HIK , LMN , OPQ , RST & VX parallèles à la Tangente BC , & terminées chacune par les deux Secantes prochaines, l'une au dessus, & l'autre au dessous de chacun de chacun de ces cinq points.

La première parallèle HIK , coupe le Rayon ou première Secante AB au point H , elle coupe la seconde Se-