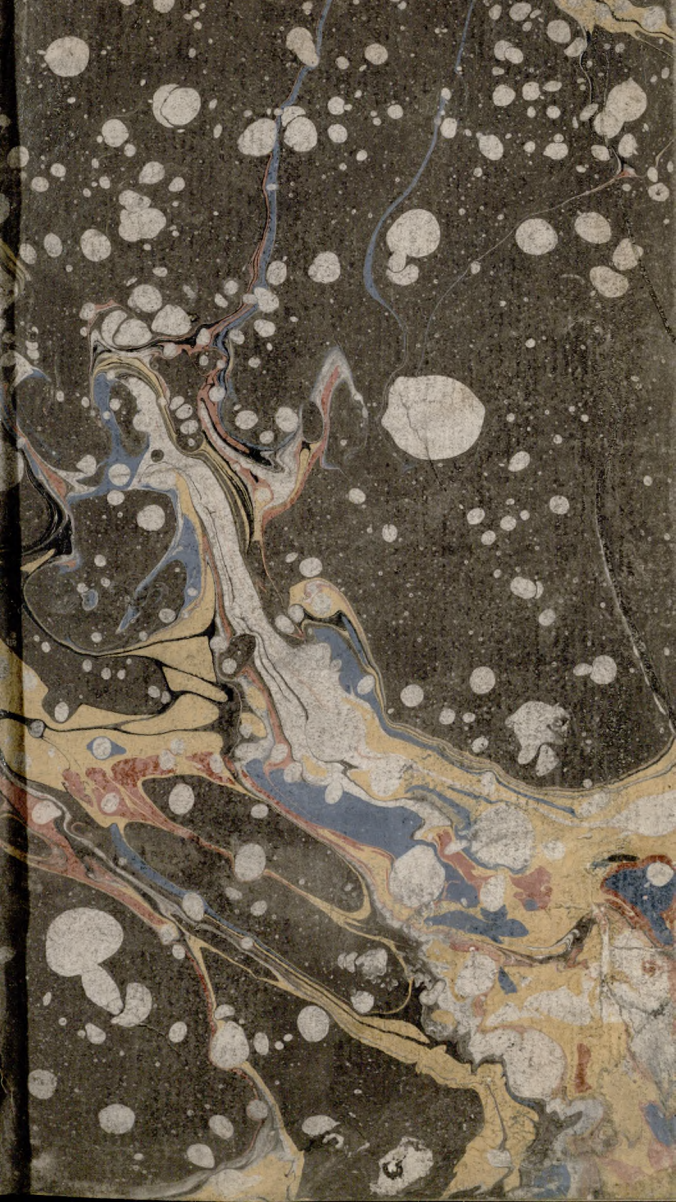

HISTOIRE NATURELLE.

TOME VII.

T.M.
127

3949/19

Nr inw. 3949/19

HISTOIRE
NATURELLE,
GÉNÉRALE
ET PARTICULIERE,

PAR M. LE COMTE DE BUFFON, INTENDANT DU JARDIN DU ROI, DE L'ACADÉMIE FRANÇOISE ET DE CELLE DES SCIENCES, &c.

Tome VII.

AUX DEUX-PONTS,
CHEZ SANSON & COMPAGNIE.

M. DCC. LXXXV.

HISTOIRE

NATURELLE.

INTRODUCTION
A L'HISTOIRE DES MINÉRAUX.

PARTIE EXPÉRIMENTALE.

TROISIEME MÉMOIRE.

Obſervations ſur la nature de la Platine.

ON vient de voir que de toutes les ſubſtances minérales que j'ai miſes à l'épreuve, ce ne ſont pas les plus denſes, mais les moins fuſibles auxquelles il faut le plus de temps pour recevoir & perdre la chaleur ;

le fer & l'émeril qui sont les matieres métalliques les plus difficiles à fondre, sont en même temps celles qui s'échauffent & se refroidissent le plus lentement. Il n'y a dans la Nature que la platine qui pourroit être encore moins accessible à la chaleur, & qui la conserveroit plus long-temps que le fer. Ce minéral dont on ne parle que depuis peu, paroît être encore plus difficile à fondre; le feu des meilleurs fourneaux n'est pas assez violent pour produire cet effet, ni même pour en aglutiner les petits grains qui sont tous anguleux, émoussés, durs, & assez semblables pour la forme, à de la grosse limaille de fer, mais d'une couleur un peu jaunâtre : & quoiqu'on puisse les faire couler sans addition de fondans, & les réduire en masse au foyer d'un bon miroir brûlant, la platine semble exiger plus de chaleur que la mine & la limaille de fer que nous faisons aisément fondre à nos fourneaux de forge. D'ailleurs la densité de la platine étant beaucoup plus grande que celle du fer, les deux qualités de densité & de non fusibilité se réunissent ici pour rendre cette moins accessible de toutes au progrès de la matiere la chaleur. Je présume donc que la platine seroit à la tête de ma Table & avant le fer si je l'avois mise en expérience, mais il ne m'a pas été possible de m'en procurer un globe d'un pouce de diamètre; on ne la trouve qu'en grains (*a*), & celle qui est en masse

(*a*) Un homme digne de foi m'a néanmoins assuré

n'eſt pas pure, parce qu'on y a mêlé, pour la fondre, d'autres matieres qui en ont altéré la nature. Un de mes amis (*b*), homme de beaucoup d'eſprit, qui a la bonté de partager ſouvent mes vues, m'a mis à portée d'examiner cette ſubſtance métallique encore rare, & qu'on ne connoît pas aſſez. Les Chimiſtes qui ont travaillé ſur la platine, l'ont regardée comme un métal nouveau, parfait, propre, particulier & différent de tous les autres métaux; ils ont aſſuré que ſa peſanteur ſpécifique étoit à très peu-prés égale à celle de l'or; que néanmoins ce huitième métal différoit d'ailleurs eſſentiellement de l'or, n'en ayant ni la ductilité ni la fuſibilité. J'avoue que je ſuis dans une opinion différente & même toute oppoſée. Une matiere qui n'a ni ductilité ni fuſibilité, ne doit pas être miſe au nombre des métaux, dont les propriétes eſſentielles & communes ſont d'être fuſibles & ductiles. Et la platine, d'après l'examen que j'en ai pu faire, ne me paroît pas être un nouveau métal différent de tous les autres, mais un mélange, un alliage de fer & d'or formé par la Nature, dans lequel la quantité d'or ſemble dominer ſur la quantité de fer; & voici les faits ſur leſquels je crois pouvoir fonder cette opinion.

---

qu'on trouve quelquefois de la platine en maſſe, & qu'il en avoit vu un morceau de vingt livres peſant qui n'avoit point été fondu, mais tiré de la mine même.

(*b*) M. le Comte de la Billarderie d'Angivillers, de l'Académie des Sciences, Intendant en ſurvivance du Jardin & du Cabinet du Roi.

De huit onces trente-cinq grains de platine que m'a fournie M. d'Angivillers, & que j'ai présentée à une forte pierre d'aimant, il ne m'en est resté qu'une once un gros vingt-neuf grains; tout le reste a été enlevé par l'aimant à deux gros près, qui ont été réduits en poudre, qui s'est attachée aux feuilles de papier, & qui les a profondément noircies, comme je le dirai tout-à-l'heure; cela fait donc à très peu-près six septièmes du total qui ont eté attirés par l'aimant; ce qui est une quantité si considérable, relativement au tout, qu'il est impossible de se refuser à croire que le fer ne soit contenu dans la substance intime de la platine, & qu'il n'y soit même en assez grande quantité. Il y a plus; c'est que si je ne m'étois pas lassé de ces expériences, qui ont duré plusieurs jours, j'aurois encore tiré par l'aimant une grande partie du restant de mes huit onces de platine : car l'aimant en attiroit encore quelques grains un à un, & quelquefois deux quand on a cessé de le présenter. Il y a donc beaucoup de fer dans la platine; & il n'y est pas simplement mêlé comme matiere étrangere, mais intimément uni, & faisant partie de sa substance; ou si l'on veut le nier, il faudra supposer qu'il existe dans la Nature une seconde matiere qui, comme le fer, est attirable par l'aimant; mais cette supposition gratuite tombera par les autres faits que je vais rapporter.

Toute la platine que j'ai eu occasion d'examiner, m'a paru mêlangée de deux ma-

tieres différentes, l'une noire & très attirable par l'aimant, l'autre en plus gros grains d'un blanc livide un peu jaunâtre & beaucoup moins magnétique que la premiere ; entre ces deux matieres qui ſont les deux extrêmes de cette eſpèce de mêlange, ſe trouvent toutes les nuances intermédiaires, ſoit pour le magnétiſme, ſoit pour la couleur & la groſſeur des grains. Les plus magnétiques qui ſont en même temps les plus noirs & les plus petits, ſe réduiſent aiſément en poudre par un frottement aſſez léger, & laiſſent ſur le papier blanc la même couleur que le plomb frotté. Sept feuilles de papier dont on s'eſt ſervi ſucceſſivement pour expoſer la platine à l'action de l'aimant, ont été noircies ſur toute l'étendue qu'occupoit la platine, les dernieres feuilles moins que les premieres à meſure qu'elle ſe trioit, & que les grains qui reſtoient étoient moins noirs & moins magnétiques. Les plus gros grains, qui ſont les plus colorés & les moins magnétiques, au lieu de ſe réduire en pouſſiere comme les petits grains noirs, ſont au contraire très durs & réſiſtent à toute trituration ; néanmoins ils ſont ſuſceptibles d'extenſion dans un mortier d'agate (*c*), ſous les coups réitérés d'un pilon de même matiere, & j'en ai aplati & étendu pluſieurs grains au double & au triple de l'étendue de

---

(*c*) *Nota*. Je n'ai pas voulu les étendre ſur le tas d'acier, dans la crainte de leur communiquer plus de magnétiſme qu'ils n'en ont naturellement.

leur surface ; cette partie de la platine a donc un certain degré de malléabilité & de ductilité, tandis que la partie noire ne paroît être ni malléable ni ductile. Les grains intermédiaires participent des qualités des deux extrêmes ; ils sont aigres & durs, ils se cassent ou s'étendent plus difficilement sous les coups du pilon, & donnent un peu de poudre noire, mais moins noire que la premiere.

Ayant recueilli cette poudre noire & les grains les plus magnétiques que l'aimant avoit attirés les premiers, j'ai reconnu que le tout étoit du vrai fer, mais dans un état différent du fer ordinaire. Celui-ci réduit en poudre & en limaille, se charge de l'humidité & se rouille aisément ; à mesure que la rouille le gagne, il devient moins magnétique & finit absolument par perdre cette qualité magnétique lorsqu'il est entiérement & intimément rouillé : au lieu que cette poudre de fer, ou si l'on veut ce sablon ferrugineux qui se trouve dans la platine, est au contraire inaccessible à la rouille quelque longtemps qu'il soit exposé à l'humidité ; il est aussi plus infusible & beaucoup moins dissoluble que le fer ordinaire, mais ce n'en est pas moins du fer qui ne m'a paru différer du fer connu que par une plus grande pureté. Ce sablon est en effet du fer absolument dépouillé de toutes les parties combustibles, salines & terreuses qui se trouvent dans le fer ordinaire & même dans l'acier ; il paroît enduit & recouvert d'un vernis vitreux qui le défend de toute altération. Et ce qu'il y a de très remarquable, c'est

que ce ſablon de fer pur n'appartient pas exclusivement à beaucoup près à la mine de platine ; j'en ai trouvé, quoique toujours en petite quantité, dans plusieurs endroits où l'on a fouillé les mines de fer qui se consomment à mes forges. Comme je suis dans l'usage de soumettre à plusieurs épreuves toutes les mines que je fais exploiter avant de me déteminer à les faire travailler en grand pour l'usage de mes fourneaux, je fus assez surpris de voir que dans quelques-unes de ces mines, qui toutes sont en grains, & dont aucune n'est attirable par l'aimant ; il se trouvoit néanmoins des particules de fer un peu arrondies & luisantes comme de la limaille de fer, & tout-a-fait semblables au sablon ferrugineux de la platine ; elles sont tout aussi magnétiques, tout aussi peu fusibles, tout aussi difficilement dissolubles. Tel fut le résultat de la comparaison que je fis du sablon de la platine, & de ce sablon trouvé dans deux de mes mines de fer à trois pieds de profondeur, dans des terreins où l'eau pénètre assez facilement : j'avois peine à concevoir d'où pouvoient provenir ces particules de fer ; comment elles avoient pu se défendre de la rouille depuis des siècles qu'elles sont exposées à l'humidité de la terre, enfin comment ce fer très magnétique pouvoit avoir été produit dans des veines de mines qui ne le sont point du tout. J'ai appellé l'expérience à mon secours, & je me suis assez éclairé sur tous ces points pour être satisfait. Je savois, par un grand nombre d'observations, qu'aucune de nos

mines de fer en grains n'est attirable par l'aimant ; j'étois bien persuadé, comme je le suis encore, que toutes les mines de fer qui sont magnétiques, n'ont acquis cette propriété que par l'action du feu ; que les mines du nord qui sont assez magnétiques pour qu'on les cherche avec la boussole, doivent leur origine à l'élément du feu ; tandis que toutes nos mines en grains qui ne sont point du tout magnétiques n'ont jamais subi l'action du feu, & n'ont été formées que par le moyen ou l'intermède de l'eau. Je pensai donc que ce sablon ferrugineux & magnétique que je trouvois en petite quantité dans mes mines de fer, devoit son origine au feu ; & ayant examiné le local, je me confirmai dans cette idée. Le terrein où se trouve ce sablon magnétique est en bois de temps immémorial ; on y a fait très anciennement, & on y fait tous les jours des fourneaux de charbon ; il est aussi plus que probable qu'il y a eu dans ces bois des incendies considérables. Le charbon & le bois brûlé, sur-tout en grande quantité, produisent du mâchefer, & ce mâchefer renferme la partie la plus fixe du fer que contiennent les végétaux ; c'est ce fer fixe qui forme le sablon dont il est question lorsque le mâchefer se décompose par l'action de l'air, du soleil & des pluies : car alors ces particules de fer pur qui ne sont point sujettes à la rouille ni à aucune autre espèce d'altération, se laissent entraîner par l'eau & pénètrent dans la terre avec elle à quelques pieds de profondeur,

On pourra vérifier ce que j'avance ici ; en faisant broyer du mâchefer bien brûlé, on y trouvera toujours une petite quantité de ce fer pur, qui ayant résisté à l'action du feu, résiste également à celle des dissolvans, & ne donne point de prise à la rouille (*d*).

M'étant satisfait sur ce point, & après avoir comparé le sablon tiré de mes mines de fer, & du mâchefer avec celui de la platine assez pour ne pouvoir douter de leur identité, je ne fus pas long-temps à penser, vu la pesanteur spécifique de la platine, que si ce sablon de fer pur, provenant de la décomposition du mâchefer, au lieu d'être dans une mine de fer, se trouvoit dans le

---

(*d*) J'ai reconnu dans le cabinet d'Histoire Naturelle, des sablons ferrugineux de même espèce que celui de mes mines, qui m'ont été envoyés de différens endroits, & qui sont également magnétiques. On en trouve à Quimper en Bretagne, en Dannemarck, en Sibérie, à Saint-Domingue ; & les ayant tous comparés, j'ai vu que le sablon ferrugineux de Quimper étoit celui qui ressembloit le plus au mien, & qu'il n'en différoit que par un peu plus de pesanteur spécifique. Celui de Saint-Domingue est plus léger, celui de Dannemarck est moins pur & plus mélangé de terre, & celui de Sibérie est en masse & en morceaux gros comme le pouce, solides, pesans, & que l'aimant soulève à-peu-près comme si c'étoit une masse de fer pur. On peut donc présumer que ces sablons magnétiques provenant du mâchefer, se trouvent aussi communément que le mâchefer même, mais seulement en bien plus petite quantité. Il est rare qu'on en trouve des amas un peu considérables ; & c'est par cette raison qu'ils ont échappé, pour la plupart, aux recherches des Minéralogistes.

voisinage d'une mine d'or, il auroit, en s'unissant à ce dernier métal, formé un alliage qui seroit absolument de la même nature que la platine. On sait que l'or & le fer ont un grand degré d'affinité ; on sait que la plupart des mines de fer contiennent une petite quantité d'or ; on sait donner à l'or la teinture, la couleur & même l'aigre du fer en les faisant fondre ensemble ; on emploie cet or couleur de fer sur différens bijoux d'or, pour en varier les couleurs ; & cet or mêlé de fer est plus ou moins gris, & plus ou moins aigre, suivant la quantité de fer qui entre dans le mélange. J'en ai vu d'une teinte absolument semblable à la couleur de la platine. Ayant demandé à un Orfévre quelle étoit la proportion de l'or & du fer dans ce mélange qui étoit de la couleur de la platine, il me dit que l'or de 25 karats n'étoit plus qu'à 18 karats, & qu'il y entroit un quart de fer. On verra que c'est à-peu-près la proportion qui se trouve dans la platine naturelle, si l'on en juge par la pesanteur spécifique. Cet or mêlé de fer est plus dur, plus aigre & spécifiquement moins pesant que l'or pur ; toutes ces convenances, toutes ces qualités communes avec la platine, m'ont persuadé que ce prétendu métal n'est dans le vrai, qu'un alliage d'or & de fer, & non pas une substance particuliere, un métal nouveau, parfait & différent de tous les autres métaux, comme les Chimistes l'ont avancé.

On peut d'ailleurs se rappeller que l'alliage aigrit tous les métaux, & que quand il

y a pénétration, c'eſt-à-dire, augmentation dans la peſantenr ſpécifique, l'alliage en eſt d'autant plus aigre que la pénétration eſt plus grande, & le mélange devenu plus intime, comme on le reconnoît dans l'alliage appellé *métal des cloches*, quoiqu'il ſoit compoſé de deux métaux très ductiles. Or, rien n'eſt plus aigre ni plus peſant que la platine; cela ſeul auroit dû faire ſoupçonner que ce n'eſt qu'un alliage fait par la Nature, un mélange de fer & d'or, qui doit ſa peſanteur ſpécifique en partie à ce dernier métal, & peut-être auſſi en grande partie à la pénétration des deux matieres dont il eſt compoſé.

Néanmoins cette peſanteur ſpécifique de la platine n'eſt pas auſſi grande que nos Chimiſtes l'ont publié. Comme cette matiere traitée ſeule & ſans addition de fondans eſt très difficile à réduire en maſſe, qu'on n'en peut obtenir au feu du miroir brûlant que de très petites maſſes, & que les expériences hydroſtatiques faites ſur des petits volumes, ſont ſi défectueuſes qu'on n'en peut rien conclure; il me paroît qu'on s'eſt trompé ſur l'eſtimation de la peſanteur ſpécifique de ce minéral. J'ai mis de la poudre d'or dans un petit tuyau de plume que j'ais peſé très exactement, j'ai mis dans le même tuyau un égal volume de platine; il peſoit près d'un dixième de moins, mais cette poudre d'or étoit beaucoup trop fine en comparaiſon de la platine. M. Tillet, qui joint à une connoiſſance approfondie des métaux, le talent rare de faire des

expériences avec la plus grande précision; a bien voulu répéter à ma priere, celle de la pesanteur spécifique de la platine comparée à l'or pur. Pour cela il s'est servi comme moi d'un tuyau de plume, & il a fait couper à la cisaille de l'or à 24 karats, réduit autant qu'il étoit possible à la grosseur des grains de la platine; & il a trouvé, par huit expériences, que la pesanteur de la platine différoit de celle de l'or pur d'un quinzième à très peu-près; mais nous avons observé tous deux, que les grains d'or coupés à la cisaille avoient les angles beaucoup plus vifs que la platine; celle-ci vue à la loupe, est à-peu-près de la forme des galets roulés par l'eau, tous les angles sont émoussés, elle est même douce au toucher; au lieu que les grains de cet or coupés à la cisaille, avoient des angles vifs & des pointes tranchantes, en sorte qu'ils ne pouvoient pas s'ajuster ni s'entasser les uns sur les autres aussi aisément que ceux de la platine; tandis qu'au contraire la poudre d'or dont je me suis servi, étoit de l'or en paillettes, telles que les Arpailleurs les trouvent dans le sable des rivieres. Ces paillettes s'ajustent beaucoup mieux les unes contre les autres; j'ai trouvé environ un dixième de différence entre le poids spécifique de ces paillettes & celui de la platine; néanmoins ces paillettes ne sont pas ordinairement d'or pur, il s'en faut souvent plus de deux ou trois Karats, ce qui en doit diminuer en même rapport la pesanteur spécifique: ainsi tout bien considéré & comparé

paré, nous avons cru qu'on pouvoit maintenir le résultat de mes expériences, & assurer que la platine en grains & telle que la Nature la produit, est au moins d'un onzième ou d'un douzième moins pesante que l'or. Il y a toute apparence que cette erreur de fait sur la densité de la platine, vient de ce qu'on ne l'aura pas pesée dans son état de nature, mais seulement après l'avoir réduite en masse : & comme cette fusion ne peut se faire que par l'addition d'autres matieres & à un feu très violent, ce n'est plus de la platine pure, mais un composé dans lequel sont entrées des matieres fondantes, & duquel le feu a enlevé les parties les plus légères.

Ainsi la platine au lieu d'être d'une densité égale ou presqu'égale à celle de l'or pur, comme l'ont avancé les Auteurs qui en ont écrit, n'est que d'une densité moyenne entre celle de l'or & celle du fer, & seulement plus voisine de celle de ce premier métal que de celle du dernier. Supposant donc que le pied cube d'or pèse treize cent vingt-six livres, & celui du fer pur cinq cent quatre-vingt livres, celui de la platine en grain se trouvera peser environ onze cent quatre-vingt-quatorze livres ; ce qui supposeroit plus des trois quarts d'or sur un quart de fer dans cet alliage, s'il n'y a pas de pénétration ; mais comme on en tire six septièmes à l'aimant, on pourroit croire que le fer y est en quantité de plus d'un quart, d'autant plus qu'en s'obstinant à cette expérience, je suis persuadé qu'on viendroit à bout d'enlever

avec un fort aimant, toute la platine jusqu'au dernier grain. Néanmoins on n'en doit pas conclure que le fer y soit contenu en si grande quantité; car lorsqu'on le mêle par fonte avec l'or, la masse qui résulte de cet alliage, est attirable par l'aimant, quoique le fer n'y soit qu'en petite quantité: j'ai vu entre les mains de M. Baumé, un bouton de cet alliage pesant soixante-six grains, dans lequel il n'étoit entré que six grains, c'est-à-dire, un onzième de fer, & ce bouton se laissoit enlever aisément par un bon aimant. Dès-lors la platine pourroit bien ne contenir qu'un onzième de fer sur dix onzièmes d'or, & donner néanmoins les mêmes phénomènes, c'est-à-dire, être attirée en entier par l'aimant; & cela s'accorderoit parfaitement avec la pesanteur spécifique qui est d'un douzième moindre que celle de l'or.

Mais ce qui me fait présumer que la platine contient plus d'un onzième de fer sur dix onzièmes d'or, c'est que l'alliage qui résulte de cette proportion, est encore couleur d'or & beaucoup plus jaune que ne l'est la platine la plus colorée, & qu'il faut un quart de fer sur trois quarts d'or pour que l'alliage ait précisément la couleur naturelle de la platine. Je suis donc très porté à croire qu'il pourroit bien y avoir cette quantité d'un quart de fer dans la platine. Nous nous sommes assurés, M. Tillet & moi, par plusieurs expériences, que le sablon de ce fer pur que contient la platine, est plus pesant que la limaille de fer ordinaire; ainsi cette cause ajoutée à l'effet de la pénétration, suf-

fit pour rendre raiſon de cette grande quantité de fer contenue ſous le petit volume indiqué par la peſanteur ſpécifique de la platine.

Au reſte, il eſt très poſſible que je me trompe dans quelques-unes des conſéquences que j'ai cru devoir tirer de mes obſervations ſur cette ſubſtance métallique ; je n'ai pas été à portée d'en faire un examen auſſi approfondi que je l'aurois voulu ; ce que j'en dis, n'eſt que ce que j'ai vu, & pourra peut-être ſervir à faire voir mieux.

Premiere Addition.

Comme j'étois ſur le point de livrer ces feuilles à l'impreſſion, le haſard fit que je parlai de mes idées ſur la platine, à M. le Comte de Milly qui a beaucoup de connoiſſances en Phyſique & en Chimie ; il me répondit qu'il penſoit à-peu-près comme moi ſur la nature de ce minéral ; je lui donnai le mémoire ci-deſſus pour l'examiner ; & deux jours après il eut la bonté de m'envoyer les obſervations ſuivantes, que je crois auſſi bonnes que les miennes, & qu'il m'a permis de publier enſemble.

» J'ai peſé exactement trente-ſix grains de » platine, je l'ai étendue ſur une feuille de » papier blanc pour pouvoir mieux l'obſer- » ver avec une bonne loupe, j'y ai apper- » çu ou j'ai cru y appercevoir très diſtinc- » tement trois ſubſtances différentes ; la pre- » miere avoit le brillant métallique, elle » étoit la plus abondante ; la ſeconde, vi-

» triforme, tirant sur le noir, ressemble af-
» fez à une matiere métallique ferrugineuse
» qui auroit subi un degré de feu considé-
» rable, telles que des scories de fer, ap-
» pellées vulgairement *mâchefer*; la troisiè-
» me, moins abondante que les deux pre-
» mieres, est du sable de toutes couleurs,
» où cependant le jaune couleur de topaze
» domine; chaque grain de sable considéré
» à part, offre à la vue des cristaux régu-
» liers de différentes couleurs; j'en ai re-
» marqué de cristallisés en aiguilles hexago-
» nes, se terminant en pyramides comme le
» cristal de roche, & il m'a semblé que ce
» sable n'étoit qu'un *detritus* de cristaux de
» roche ou de quartz de différentes cou-
» leurs.

» Je formai le projet de séparer, le plus
» exactement possible, ces différentes subs-
» tances par le moyen de l'aimant, & de
» mettre à part la partie la plus attirable à
» l'aimant, d'avec celle qui l'étoit moins,
» & enfin de celle qui ne l'étoit pas du tout,
» ensuite d'examiner chaque substance en
» particulier, & de les soumettre à diffé-
» rentes épreuves chimiques & mécani-
» ques.

» Je mis à part les parties de la platine
» qui furent attirées avec vivacité à la dis-
» tance de deux ou trois lignes, c'est-à-dire,
» sans le contact de l'aimant, & je me servis
» pour cette expérience, d'un bon aimant
» factice de M. l'Abbé...; ensuite je touchai
» avec ce même aimant le métal, & j'en en-
» levai tout ce qui volut céder à l'effort

» magnétique, que je mis à part; je pesai
» ce qui étoit resté & qui n'étoit presque
» plus attirable; cette matiere non-attira-
» ble, & que je nommerai *n°. 4*, pesoit vingt-
» trois grains; *n°. 1er* qui étoit le plus sen-
» sible à l'aimant, pesoit quatre grains;
» *n°. 2* pesoit de même quatre grains, &
» *n°. 3* cinq grains.

» *N°. 1er* examiné à la loupe, n'offroit à
» la vue qu'un mélange de parties métalli-
» ques, d'un blanc sale tirant sur le gris,
» aplaties & arrondies en forme de galets &
» de sable noir vitriforme, ressemblant à du
» mâchefer pilé dans lequel on apperçoit
» des parties très rouillées, enfin telles que
» les scories de fer en présentent lorsqu'el-
» les ont été exposées à l'humidité.

» *N°. 2* présentoit à-peu-près la même chose
» à l'exception que les parties métalliques
» dominoient, & qu'il n'y en avoit que très
» peu de rouillées.

» *N°. 3* étoit la même chose, mais les
» parties métalliques étoient plus volumi-
» neuses, elles ressembloient à du métal
» fondu, & qui a été jeté dans l'eau pour le
» diviser en grenailles; elles sont aplaties,
» elles affectent toutes sortes de figures,
» mais arrondies sur les bords à la maniere
» des galets qui ont été roulés & polis par
» les eaux.

» *N°. 4* qui n'avoit point été enleve par
» l'aimant, mais dont quelques parties don-
» noient encore des marques de sensibilité
» au magnétisme, lorsqu'on passoit l'aimant
» sous le papier où elles étoient étendues,

» étoit un mélange de sable, de parties » métalliques & de vrai mâchefer friable » sous les doigts, qui noircissoit à la ma- » niere du mâchefer ordinaire. Le sable sem- » bloit être composé de petits cristaux de » topaze, de cornaline & de cristal de ro- » che ; j'en écrasai quelques cristaux sur un » tas d'acier, & la poudre qui en résulta étoit » comme du vernis réduit en poudre ; je fis » la même chose au mâchefer, il s'écrasa » avec la plus grande facilité, & il m'offrit » une poudre noire ferrugineuse qui noir- » cissoit le papier comme le mâchefer ordi- » naire.

» Les parties métalliques de ce dernier » (*n°. 4*) me parurent plus ductiles sous le » marteau que celles du *n°. 1er*, ce qui me » fit croire qu'elles contenoient moins de » fer que les premieres ; d'où il s'ensuit que » la platine pourroit fort bien n'être qu'un » mélange de fer & d'or fait par la Nature » ou peut-être de la main des hommes, com- » me je le dirai par la suite.

» Je tâcherai d'examiner par tous les » moyens qui me seront possibles, la nature » de la platine, si je peux en avoir à ma » disposition en suffisante quantité ; en at- » tendant, voici les expériences que j'ai » faites.

» Pour m'assurer de la présence du fer » dans la platine par des moyens chimiques, » je pris les deux extrêmes, c'est-à-dire, » *n°. 1er* qui étoit très attirable à l'aimant, & » *n°. 4* qui ne l'étoit pas ; je les arrosai avec » l'esprit-de-nitre un peu fumant, j'obser-

» vai avec la loupe ce qui en résulteroit, » mais je n'y apperçu aucun mouvement » d'effervescence ; j'y ajoutai de l'eau dis- » tillée, & il ne se fit encore aucun mou- » vement, mais les parties métalliques se » décaperent, & elles prirent un nouveau » brillant semblable à celui de l'argent ; j'ai » laissé ce mêlange tranquille pendant cinq » ou six minutes, & ayant encore ajouté » de l'eau, j'y laissai tomber quelques gout- » tes de la liqueur alkaline saturée de la » matiere colorante du bleu de Prusse, & » sur le champ le *n°. 1er* me donna un trés » beau bleu de Prusse.

» Le *n°. 4* ayant été traité de même, & » quoiqu'il se fût refusé à l'action de l'ai- » mant & à celle de l'esprit-de-nitre, me » donna, de même que le *n°. 1er*, du très » beau bleu de Prusse.

» Il y a deux choses fort singulieres à re- » marquer dans ces expériences ; 1°. il passe » pour constant parmi les Chimistes qui ont » traité de la platine, que l'eau-forte ou » l'esprit-de-nitre n'a aucune action sur » elle ; cependant, comme on vient de le » voir, il s'en dissout assez, quoique sans » effervescence, pour donner du bleu de » Prusse lorsqu'on y ajoute de la liqueur » alkaline phlogistiquée & saturée de la ma- » tiere colorante qui, comme on sait, pré- » cipite le fer en bleu de Prusse.

» 2°. La platine qui n'est pas sensible à l'ai- » mant, n'en contient pas moins du fer, » puisque l'esprit-de-nitre en dissout assez,

» ſans occaſionner d'effervefcence, pour
» former du bleu de Pruſſe.

» D'où il s'enſuit que cette ſubſtance que
» les Chimiſtes modernes, peut-être trop
» avides du merveilleux & de vouloir don-
» ner du nouveau, regardent comme un
» huitième métal, pourroit bien n'être, com-
» me je l'ai dit, qu'un mêlange d'or & de
» fer.

» Il reſte ſans doute bien des expérien-
» ces à faire pour pouvoir déterminer com-
» ment ce mêlange a pu avoir lieu, ſi c'eſt
» l'ouvrage de la Nature, & comment; ou
» ſi c'eſt le produit de quelques volcans ou
» ſimplement le produit des travaux que les
» Eſpagnols ont fait dans le Nouveau-mon-
» de pour retirer l'or des mines du Pérou:
» je ferai mention par la ſuite de mes con-
» jectures là-deſſus.

» Si l'on frotte de la platine naturelle ſur
» un linge blanc, elle le noircit comme pour-
» roit le faire le mâchefer ordinaire; ce qui
» m'a fait ſoupçonner que ce ſont les par-
» ties de fer réduites en mâchefer qui ſe
» trouvent dans la platine qui donnent cette
» couleur, & qui ne ſont dans cet état que
» pour avoir éprouvé l'action d'un feu vio-
» lent. D'ailleurs ayant examiné une ſecon-
» de fois de la platine avec ma loupe, j'y
» apperçus différens globules de mercure
» coulant, ce qui me fit imaginer que la
» platine pourroit bien être un produit de
» la main des hommes, & voici comment.

» La platine, à ce qu'on m'a dit, ſe tire
des

» des mines les plus anciennes du Pérou, » que les Espagnols ont exploitées après la » conquête du Nouveau-monde : dans ces » temps reculés on ne connoissoit guere que » deux manieres d'extraire l'or des sables » qui le contenoient ; 1°. par l'amalgame du » mercure ; 2°. par le départ à sec : on tri- » turoit le sable aurifère avec du mercure, » & lorsqu'on jugeoit qu'il s'étoit chargé de » la plus grande partie de l'or, on rejetoit » le sable qu'on nommoit *crasse*, comme inu- » tile & de nulle valeur.

» Le départ à sec se faisoit avec aussi peu » d'intelligence ; pour y vaquer, on com- » mençoit par minéraliser les métaux auri- » feres par le moyen du soufre qui n'a point » d'action sur l'or, dont la pesanteur spé- » cifique est plus grande que celle des au- » tres métaux ; mais pour faciliter sa pré- » cipitation on ajoute du fer en limaille » qui s'empare du soufre surabondant, mé- » thode qu'on suit encore aujourd'hui *(e)*. » La force du feu vitrifie une partie du » fer, l'autre se combine avec une petite » portion d'or & même d'argent qui le mêle » avec les scories, d'où on ne peut le retirer » que par plusieurs fontes, & sans être bien » instruit des intermèdes convenables que » les Docimasistes emploient. La Chimie, » qui s'est perfectionnée de nos jours, » donne à la vérité les moyens de retirer cet

(e) *Voyez* les élémens docimastiques de Cramer ; l'art de traiter les mines, par Schulter, Schindeler, &c.

„ or & cet argent en plus grande partie ; mais
„ dans le temps où les Espagnols exploitoient
„ les mines du Pérou, ils ignoroient sans
„ doute l'art de traiter les mines avec le
„ plus grand profit ; & d'ailleurs ils avoient
„ de si grandes richesses à leur disposition,
„ qu'ils négligeoient vraisemblablement les
„ moyens qui leur auroient coûté de la
„ peine, des soins & du temps ; ainsi il y a
„ apparence qu'ils se contentoient d'une pre-
„ miere fonte, & jétoient les scories com-
„ me inutiles, ainsi que le sable qui avoit pas-
„ sé par le mercure ; peut-être même ne fai-
„ soient-ils qu'un tas de ces deux mélanges,
„ qu'ils regardoient comme de nulle valeur.
„ Ces scories contenoient encore de l'or,
„ beaucoup de fer sous différens états, &
„ cela en des proportions différentes qui nous
„ sont inconnues, mais qui sont telles peut-
„ être qu'elles peuvent avoir donné l'exis-
„ tence à la platine. Les globules de mer-
„ cure que j'ai observés, & les paillettes
„ d'or que j'ai vues distinctement, à l'aide
„ d'une bonne loupe, dans la platine que
„ j'ai eue entre les mains, m'ont fait naî-
„ tre les idées que je viens d'écrire sur l'o-
„ rigine de ce minéral ; mais je ne les donne
„ que comme des conjectures hasardées ; il
„ faudroit pour en acquérir quelque certi-
„ tude savoir au juste où sont situées les
„ mines de la platine ; si elles ont été ex-
„ ploitées anciennement, si on la tire d'un
„ terrein neuf, ou si ce ne sont que des
„ décombres, à quelle profondeur on la
„ trouve, & enfin si la main des hommes

» y eſt exprimée ou non. Tout cela pour-
» roit aider à vérifier ou à détruire les con-
» jectures que j'ai avancées (*f*) ».

REMARQUES.

Ces obſervations de M. le comte de Milly, confirment les miennes dans preſque tous les points. La Nature eſt une, & ſe préſente toujours la même à ceux qui la ſavent obſerver ; ainſi l'on ne doit pas être ſurpris que ſans aucune communication, M. de Milly ait vu les mêmes choſes que moi, & qu'il en ait tiré la même conſéquence, que la platine n'eſt point un nouveau métal différent de tous les autres métaux, mais un mêlange de fer & d'or. Pour concilier encore de plus près ſes obſervations avec les miennes, & pour éclaircir en même temps les doutes qui reſtent en grand nombre ſur l'origine & ſur la formation de la platine, j'ai cru devoir ajouter les remarques ſuivantes.

1°. M. le comte de Milly diſtingue dans la platine trois eſpèces de matieres : ſavoir, deux métalliques, & la troiſième non métallique, de ſubſtance & de forme quartzeuſe

(*f*) Le Baron de Sickingen, Miniſtre de l'Electeur Palatin, a dit à M. de Milly avoir actuellement entre les mains deux mémoires qui lui ont été remis par M. Kellner, Chimiſte & Métallurgiſte attaché à M. le Prince de Birckenfeld, à Manhein, qui offre à la Cour d'Eſpagne de rendre à-peu-près autant d'or peſant qu'on lui livrera de platine.

ou cristalline ; il a observé comme moi, que des deux matieres métalliques, l'une est très attirables par l'aimant, & que l'autre l'est très peu ou point du tout. J'ai fait mention de ces deux matieres comme lui, mais je n'ai pas parlé de la troisième qui n'est pas métallique, parce qu'il n'y en avoit point ou très peu dans la platine sur laquelle j'ai fait mes observations. Il y a apparence que la platine dont s'est servi M. de Milly, étoit moins pure que la mienne que j'ai observée avec soin, & dans laquelle je n'ai vu que quelques petits globules transparens comme du verre blanc fondu, qui étoient unis à des particules de platine ou de sablon ferrugineux, & qui se laissoient enlever ensemble par l'aimant. Ces globules transparens étoient en très petit nombre ; & dans huit onces de platine que j'ai bien regardée & fait regarder à d'autres avec une loupe très forte, on n'a point apperçu de cristaux réguliers. Il m'a paru au contraire que toutes les particules transparentes étoient globuleuses comme du verre fondu, & toutes attachées à des parties métalliques, comme le laitier s'attache au fer lorsqu'on le fond. Néanmoins comme je ne doutois point du tout de la vérité de l'observation de M. de Milly qui avoit vu dans sa platine des particules quartzeuses & cristallines de forme réguliere & en grand nombre, j'ai cru ne devoir pas me borner à l'examen de la seule platine dont j'ai parlé ci-devant : j'en ai trouvé au Cabinet du Roi que j'ai examinée avec M. Daubenton, de l'Académie des Sciences, & qui

nous a paru à tous deux bien moins pure que la premiere, & nous y avons en effet remarqué un grand nombre de petits criſtaux priſmatiques & tranſparens, les uns couleur de rubis-balai, d'autres couleur de topaſe, & d'autres enfin parfaitement blancs; ainſi M. le Comte de Milly ne s'étoit point trompé dans ſon obſervation; mais ceci prouve ſeulement qu'il y a des mines de platine bien plus pures les unes que les autres, & que dans celles qui le ſont le plus, il ne ſe trouve point de ces corps étrangers. M. Daubenton a auſſi remarqué quelques grains aplatis par-deſſous & renflés par-deſſus, comme ſeroit une goutte de métal fondu qui ſe ſeroit refroidie ſur un plan. J'ai vu très diſtinctement un de ces grains hémiſphériques, & cela pourroit indiquer que la platine eſt une matiere qui a été fondue par le feu; mais il eſt bien ſingulier que dans cette matiere fondue par le feu, on trouve de petits criſtaux, des topaſes & des rubis, & je ne ſais ſi l'on ne doit pas ſoupçonner de la fraude de la part de ceux qui ont fourni cette platine, & qui, pour en augmenter la quantité, auront pu la mêler avec ces ſables criſtallins : car je le répète, je n'ai point trouvé de ces criſtaux dans plus d'une demi-livre de platine que m'a donnée M. le Comte d'Angivillers.

2°. J'ai trouvé, comme M. de Milly, des paillettes d'or dans la platine, elles ſont aiſées à reconnoître par leur couleur, & parce qu'elles ne ſont point du tout magnétiques; mais j'avoue que je n'ai pas apperçu les glo-

bules de mercure qu'a vus M. de Milly. Je ne veux pas pour cela nier leur existence ; seulement il me semble que les paillettes d'or se trouvant avec ces globules de mercure dans la même matiere, elles seroient bientôt amalgamées, & ne conserveroient pas la couleur jaune de l'or que j'ai remarquée dans toutes les paillettes d'or que j'ai pu trouver dans une demi-livre de platine (g). D'ailleurs les globules transparens dont je viens de parler, ressemblent beaucoup à des globules de mercure vif & brillant, en sorte qu'au premier coup-d'œil il est aisé de s'y tromper.

3°. Il y avoit beaucoup moins de parties ternes & rouillées dans ma premiere platine que dans celle de M. de Milly, & ce n'est pas proprement de la rouille qui couvre la surface de ces particules ferrugineuses, mais une substance noire produite par le feu, & tout-à-fait semblable à celle qui couvre la surface du fer brûlé : mais ma seconde platine, c'est-à-dire, celle que j'ai prise au cabinet du Roi, avoit encore de commun avec celle de M. le Comte de Milly, d'être mélangée de quelques parties ferrugineuses qui sous le marteau se réduisoient en poussiere jaune, & avoient tous les caracteres de la

(g) J'ai trouvé depuis dans d'autre platine, des paillettes d'or qui n'étoient pas jaunes, mais brunes & même noires comme le sablon ferrugineux de la platine, qui probablement leur avoit donné cette couleur noirâtre.

rouille. Ainſi cette platine du Cabinet du Roi & celle de M. de Milly, ſe reſſemblant à tous égards, il eſt vraiſemblable qu'elles ſont venues du même endroit & par la même voie; je ſoupçonne même que toutes deux ont été ſophiſtiquées & mélangées de près de moitié avec des matieres étrangeres, criſtallines & ferrugineuſes rouillées, qui ne ſe trouvent pas dans la platine naturelle.

4°. La production du bleu de Pruſſe par la platine, me paroît prouver évidemment la préſence du fer dans la partie même de ce minéral qui eſt la moins attirable à l'aimant, & confirmer en même temps ce que j'ai avancé du mêlange intime du fer dans ſa ſubſtance. Le décapement de la platine par l'eſprit de nitre, prouve que quoiqu'il n'y ait point d'effervescence ſenſible, cet acide ne laiſſe pas d'agir ſur la platine d'une maniere évidente, & que les Auteurs qui ont aſſuré le contraire, ont ſuivi leur routine ordinaire, qui conſiſte à regarder comme nulle toute action qui ne produit pas l'effervescence. Ces deux expériences de M. de Milly me paroiſſent très importantes, elles ſeroient même déciſives ſi elles réuſſiſſoient toujours également.

5°. Il nous manque en effet beaucoup de connoiſſances qui ſeroient néceſſaires, pour pouvoir prononcer affirmativement ſur l'origine de la platine. Nous ne ſavons rien de l'hiſtoire naturelle de ce minéral, & nous ne pouvons trop exhorter ceux qui ſont à portée de l'examiner ſur les lieux, de nous faire part de leurs obſervations. En atten-

dant, nous sommes forcés de nous borner à des conjectures, dont quelques-unes me paroissent seulement plus vraisemblables que les autres. Par exemple, je ne crois pas que la platine soit l'ouvrage des hommes; les Mexicains & les Péruviens savoient fondre & travailler l'or avant l'arrivée des Espagnols, & ils ne connoissoient pas le fer, qu'il auroit néanmoins fallu employer dans le départ à sec en grande quantité. Les Espagnols eux-mêmes n'ont point établi de fourneaux à fondre les mines de fer en cette contrée, dans les premiers temps qu'ils l'ont habitée; il y a donc toute apparence qu'ils ne se sont pas servis de limaille de fer pour le départ de l'or, du moins dans les commencemens de leurs travaux, qui d'ailleurs ne remontent pas à deux siècles & demi, temps beaucoup trop court pour une production aussi abondante que celle de la platine, qu'on ne laisse pas de trouver en assez grande quantité & dans plusieurs endroits.

D'ailleurs lorsqu'on mêle de l'or avec du fer, en les faisant fondre ensemble, on peut toujours, par les voies chimiques, les séparer & retirer l'or en entier; au lieu que jusqu'à présent les Chimistes n'ont pu faire cette séparation dans la platine, ni déterminer la quantité d'or contenue dans ce minéral : cela semble prouver que l'or y est uni d'une maniere plus intime que dans l'alliage ordinaire, & que le fer y est aussi, comme je l'ai dit, dans un état différent de celui du fer commun. La platine ne me pa-

roît donc pas être l'ouvrage de l'homme, mais le produit de la Nature, & je ſuis très porté à croire qu'elle doit ſa premiere origine au feu des volcans. Le fer brûlé autant qu'il eſt poſſible, intimément uni avec l'or par la ſublimation ou par la fuſion, peut avoir produit ce minéral, qui, d'abord ayant été formé par l'action du feu le plus violent, aura enſuite éprouvé les impreſſions de l'eau & les frottemens réitérés qui lui ont donné la forme qu'ils donnent à tous les autres corps, c'eſt-à-dire, celle des galets & des angles émouſſés. Mais il ſe pourroit auſſi que l'eau ſeule eût produit la platine; car en ſuppoſant l'or & le fer tous deux diviſés autant qu'ils peuvent l'être par la voie humide, leurs molécules, en ſe réuniſſant, auront pu former les grains qui la compoſent, & qui depuis les plus peſans juſqu'aux plus légers, contiennent tous de l'or & du fer. La propoſition du Chimiſte qui offre de rendre à-peu-près autant d'or qu'on lui fournira de platine, ſembleroit indiquer qu'il n'y a en effet qu'un onzième de fer ſur dix onzièmes d'or dans ce minéral ou peut-être encore moins; mais l'à-peu-près de ce Chimiſte, eſt probablement d'un cinquième ou d'un quart, & ce ſeroit toujours beaucoup ſi ſa promeſſe pouvoit ſe réaliſer à un quart près.

Seconde Addition.

M'étant trouvé à Dijon, cet été 1773, l'Académie des Sciences & Belles-Lettres de

cette ville, dont j'ai l'honneur d'être Membre, me parut desirer d'entendre la lecture de mes observations sur la platine; je m'y prêtai d'autant plus volontiers, que sur une matiere aussi neuve on ne peut trop s'informer ni consulter assez, & que j'avois lieu d'espérer de tirer quelques lumieres d'une compagnie qui rassemble beaucoup de personnes instruites en tous genres. M. de Morveau, Avocat général au Parlement de Bourgogne, aussi savant Physicien que grand Jurisconsulte, prit la résolution de travailler sur la platine; je lui donnai une portion de celle que j'avois attirée par l'aimant, & une portion de celle qui avoit paru insensible au magnétisme, en le priant d'exposer ce minéral singulier au plus grand feu qu'il lui seroit possible de faire, & quelque temps après il m'a remis les expériences suivantes, qu'il a trouvé bon de joindre ici avec les miennes.

EXPÉRIENCES faites par M. de MORVEAU en Septembre 1773.

« M. le Comte de Buffon, dans un voyage » qu'il a fait à Dijon, cet été 1773, m'ayant » fait remarquer, dans un demi-gros de » platine, que M. Baumé m'avoit remis en » 1768, des grains en forme de boutons, » d'autres plus plats, & quelques-uns noirs » & écailleux; & ayant séparé avec l'aimant » ceux qui étoient attirables de ceux qui ne » donnoient aucun signe sensible de magné- » tisme, j'ai essayé de former le bleu de

» Pruſſe avec les uns & les autres. J'ai verſé
» de l'acide nitreux fumant ſur les parties
» non-attirables qui peſoient deux grains &
» demi; ſix heures après, j'ai étendu l'acide
» par de l'eau diſtillée, & j'y ai verſé de la
» liqueur alkaline ſaturée de matiere colo-
» rante; il n'y a pas eu un atome de bleu,
» la platine avoit ſeulement un coup-d'œil
» plus brillant. J'ai pareillement verſé de
» l'acide fumant ſur les 33 grains & demi de
» platine reſtante, dont partie étoit attirable,
» la liqueur étendue après le même inter-
» valle de temps, le même alkali Pruſſien
» en a précipité une fécule bleue qui cou-
» vroit le fond d'un vaſe aſſez large. La
» platine, après cette opération, étoit bien
» décapée comme la premiere; je l'ai lavée
» & ſéchée, & j'ai vérifié qu'elle n'avoit
» perdu qu'un quart de grain ou $\frac{1}{136}$; l'ayant
» examinée en cet état, j'y ai apperçu un
» grain d'un beau jaune qui s'eſt trouvé une
» paillette d'or.

» M. de Fourcy avoit nouvellement pu-
» blié que la diſſolution d'or étoit auſſi pré-
» cipitée en bleu par l'alkali Pruſſien, &
» avoit conſigné ce fait dans une Table
» d'affinité; je fus tenté de répéter cette ex-
» périence, je verſai en conſéquence de la
» liqueur alkaline phlogiſtiquée dans de la
» diſſolution d'or de départ; mais la couleur
» de cette diſſolution ne changea pas, ce
» qui me fait ſoupçonner que la diſſolution
» d'or employée par M. de Fourcy, pou-
» voit bien n'être pas auſſi pure.

» Et dans le même temps, M. le comte

» de Buffon m'ayant donné une aſſez grande
» quantité d'autre platine pour en faire quel-
» ques eſſais, j'ai entrepris de la ſéparer de
» tous les corps étrangers par une bonne
» fonte ; voici la maniere dont j'ai procedé,
» & les réſultats que j'ai eus.

Premiere Expérience.

» Ayant mis un gros de platine dans une
» petite coupelle, ſous la mouffle du four-
» neau, donné par M. Macquer dans les
» Mémoires de l'Académie des Sciences,
» *année 1758*, j'ai ſoutenu le feu pendant
» deux heures, la mouffle s'eſt affaiſſée, les
» ſupports avoient coulé ; cependant la pla-
» tine s'eſt trouvée ſeulement aglutinée ;
» elle tenoit à la coupelle & y avoit laiſſé
» des taches couleur de rouille ; la platine
» étoit alors terne, même un peu noire,
» & n'avoit pris qu'un quart de grain d'aug-
» mentation de poids, quantité bien foible
» en comparaiſon de celle que d'autres Chi-
» miſtes ont obſervée ; ce qui me ſurprit
» d'autant plus, que ce gros de platine,
» ainſi que toute celle que j'ai employée
» aux autres expériences, avoit été enlevé
» ſucceſſivement par l'aimant, & faiſoit por-
» tion des ſix ſeptièmes de 8 onces dont
» M. de Buffon a parlé dans le Mémoire
» ci-deſſus.

Seconde Expérience.

» Un demi-gros de la même platine, ex-

» posé au même feu dans une coupelle, » s'est aussi aglutiné; elle étoit adhérente à » la coupelle, sur laquelle elle avoit laissé » des taches couleur de rouille; l'augmen- » tation de poids s'est trouvée à-peu-près » dans la même proportion, & la surface » aussi noire.

Troisieme Expérience.

» J'ai remis ce même demi-gros dans une » nouvelle coupelle; mais au lieu de mouf- « fle, j'ai renversé sur le support un creuset » de plomb noir de Passaw; j'avois eu l'at- » tention de n'employer pour support que » des têts d'argile pure très réfractaire, par » ce moyen je pouvois augmenter la vio- » lence du feu & prolonger sa durée, sans » craindre de voir couler les vaisseaux, ni » obstruer l'argile par les scories; cet appa- » reil ainsi placé dans le fourneau, j'y ai » entretenu pendant quatre heures un feu » de la derniere violence; lorsque tout a » été refroidi, j'ai trouvé le creuset bien » conservé, soudé au support; ayant brisé » cette soudure vitreuse, j'ai recounu que » rien n'avoit pénétré dans l'intérieur du » creuset qui paroissoit seulement plus lui- » sant qu'il n'étoit auparavant. La coupelle » avoit conservé sa forme & sa position, » elle étoit un peu fendillée, mais pas assez » pour se laisser pénetrer; aussi le bouton » de platine n'y étoit-il pas adhérent; ce » bouton n'étoit encore qu'aglutiné, mais » d'une maniere bien plus serrée que la pre-

» miere fois, les grains étoient moins fail-
» lans, la couleur en étoit plus claire, le
» brillant plus métallique; & ce qu'il y eut
» de plus remarquable, c'eſt qu'il s'étoit
» élancé de ſa ſurface, pendant l'opération,
» & probablement dans les premiers inſtans
» du refroidiſſement, trois jets de verre,
» dont l'un plus élevé, parfaitement ſphé-
» rique, étoit porté ſur un pédicule d'une
» ligne de hauteur, de la même matiere
» transparente & vitreuſe; ce pédicule avoit
» à peine un ſixième de ligne, tandis que
» le globule avoit une ligne de diamètre,
» d'une couleur uniforme, avec une légere
» teinte de rouge, qui ne déroboit rien à ſa
» tranſparence; des deux autres jets de verre,
» le plus petit avoit un pédicule comme le
» plus gros, & le moyen n'avoit point de
» pédicule, & étoit ſeulement attaché à la
» platine par ſa ſurface extérieure.

Quatrieme Expérience.

» J'ai eſſayé de coupeller la platine, &
» pour cela j'ai mis dans une coupelle un
» gros des mêmes grains enlevés par l'ai-
» mant, avec deux gros de plomb. Après
» avoir donné un très grand feu pendant
« deux heures, j'ai trouvé dans la coupelle
» un bouton adhérent, couvert d'une croûte
» jaunâtre & un peu ſpongieuſe, du poids
« de 2 gros 12 grains, ce qui annonçoit que
» la platine avoit retenu 1 gros 12 grains
» de plomb.

» J'ai remis ce bouton dans une autre

» coupelle au même fourneau, obſervant de » le retourner, il n'a perdu que 12 grains » dans un feu de deux heures, ſa couleur » & ſa forme avoient très peu changé.

» Je lui ai appliqué enſuite le vent du » ſoufflet, après l'avoir placé dans une nou- » velle coupelle couverte d'un creuſet de » Paſſaw, dans la partie inferieure d'un four- » neau de fuſion dont j'avois ôté la grille; » le bouton a pris alors un coup-d'œil plus » métallique, toujours un peu terne, & » cette fois il a perdu 18 grains.

» Le même bouton ayant été remis dans » le fourneau de M. Macquer, toujours » placé dans une coupelle couverte d'un » creuſet de Paſſaw, je ſoutins le feu pen- » dant trois heures, après leſquelles je fus » obligé de l'arrêter, parce que les briques » qui ſervoient de ſupport, avoient entié- » rement coulé; le bouton étoit devenu de » plus en plus métallique, il adhéroit pour- » tant à la coupelle, il avoit perdu cette » fois 34 grains. Je le jetai dans l'acide ni- » treux fumant pour eſſayer de le décaper, » il y eut un peu d'effervescence lorſque » j'ajoutai de l'eau diſtillée, le bouton y » perdit effectivement deux grains, & j'y » remarquai quelques petits trous, comme » ceux que laiſſe le départ.

» Il ne reſtoit plus que 22 grains de plomb » alliés à la platine, à en juger par l'excedent » de ſon poids; je commençai à eſpérer de » vitrifier cette derniere portion de plomb, » & pour cela je mis ce bouton dans une » coupelle neuve, je diſpoſai le tout comme

» dans la troisième expérience, je me servis
» du même fourneau, en observant de dé-
» gager continuellement la grille, d'entre-
» tenir au-devant dans le courant d'air qu'il
» attiroit, une évaporation continuelle par
» le moyen d'une capsule que je remplissois
» d'eau de temps en temps, & de laisser un
» moment la chape entr'ouverte lorsqu'on
» venoit de remplir le fourneau de charbon;
» ces précautions augmentèrent tellement
» l'activité du feu, qu'il falloit recharger de
» dix minutes en dix minutes, je le soutins
» au même degré pendant quatre heures &
» je laissai refroidir.

» Je reconnus le lendemain que le creu-
» set de plomb noir avoit résisté, que les
» supports n'étoient que fayencés par les
» cendres; je trouvai dans la coupelle un
» bouton bien rassemblé, nullement adhé-
» rent, d'une couleur continue & uniforme,
» approchant plus de la couleur de l'étain
» que de tout autre métal, seulement un
» peu raboteux; en un mot, pesant un gros
» très-juste, rien de plus, rien de moins.

» Tout annonçoit donc que cette platine
» avoit éprouvé une fusion parfaite, qu'elle
» étoit parfaitement pure; car, pour suppo-
» ser qu'elle tenoit encore du plomb, il fau-
» droit supposer aussi que ce minéral avoit
» justement perdu de sa propre substance,
» autant qu'il avoit retenu de matiere étran-
» gere; & une telle précision ne peut être
» l'effet d'un pur hasard.

» Je devois passer quelques jours avec
» M. le Comte de Buffon, dont la société a,

» ſi je puis le dire, le même charme que ſon » ſtile, dont la converſation eſt auſſi pleine » que ſes livres; je me fis un plaiſir de lui » porter les produits de ces eſſais, & je re- » mis à les examiner ultérieurement avec » lui.

» 1°. Nous avons obſervé que le gros de » platine aglutinée de la premiere expérien- » ce, n'étoit pas attiré en bloc par l'ai- » mant, que cependant le barreau magné- » tique avoit une action marquée ſur les » grains que l'on en détachoit.

» 2°. Le demi-gros de la troiſième expé- » rience n'étoit non-ſeulement pas attirable » en maſſe, mais les grains que l'on en ſé- » paroit ne donnoient plus eux-mêmes au- » cun ſigne de magnétiſme.

» 3°. Le bouton de la quatrième expé- » rience étoit auſſi abſolument inſenſible à » l'approche de l'aimant, ce dont nous nous » aſſurâmes, en mettant le bouton en équi- » libre dans une balance très ſenſible, & lui » préſentant un très fort aimant juſqu'au » contact, ſans que ſon approche ait le » moindrement dérangé l'équilibre.

» 4°. La peſanteur ſpécifique de ce bou- » ton fut déterminée par une bonne balance » hydroſtatique, & pour plus de ſûreté, » comparée à l'or de monnoie & au globe » d'or très pur, employé par M. de Buffon » à ſes belles expériences ſur le progrès de » la chaleur; leur denſité ſe trouva avoir » les rapports ſuivans, avec l'eau dans la- » quelle ils furent plongés.

» Le globe d'or . . . . . $19\frac{34}{1}$.

» L'or de monnoie . . . . . $17\frac{1}{2}$.
» Le bouton de platine . . . $14\frac{1}{2}$.

» 5°. Ce bouton fut porté ſur un tas d'a-
» cier pour eſſayer ſa ductilité : il ſoutint
» fort bien quelques coups de marteau, ſa
» ſurface devint plane, & même un peu
» polie dans les endroits frappés ; mais il ſe
» fendit bientôt après, & il s'en détacha une
» portion, faiſant à-peu-près le ſixième de
» la totalité ; la fracture préſenta pluſieurs
» cavités, dont quelques-unes d'environ une
» ligne de diamètre avoient la blancheur &
» le brillant de l'argent ; on remarquoit dans
» d'autres de petites pointes élancées, com-
» me les criſtalliſations dans les géodes ; le
» ſommet de l'une de ces pointes vu à la
» loupe, étoit un globule abſolument ſem-
» blable, pour la forme, à celui de la troi-
» ſième expérience, & auſſi de matiere vi-
» treuſe tranſparente, autant que ſon ex-
» trême petiteſſe permettoit d'en juger. Au
» reſte, toutes les parties du bouton étoient
» compactes, bien liées, & le grain plus
» fin, plus ſerré que celui du meilleur acier
» après la plus forte trempe, auquel il
» reſſembloit d'ailleurs par la couleur.

» 6°. Quelques portions de ce bouton,
» ainſi réduites en parcelles à coups de mar-
» teau ſur le tas d'acier, nous leur avons
» préſenté l'aimant, & aucune n'a été atti-
» rée ; mais les ayant encore pulvériſées
» dans un mortier d'agate, nous avons re-
» marqué que le barreau magnétique en
» enlevoit quelques-unes des plus petites

» toutes les fois qu'on le posoit immédiate-
» ment dessus.

» Cette nouvelle apparition du magnétis-
» me étoit d'autant plus surprenante que les
» grains détachés de la masse aglutinée de la
» deuxième expérience nous avoient paru
» avoir perdu eux-mêmes toute sensibilité à
» l'approche & au contact de l'aimant; nous
» reprimes en conséquence quelques uns de
» ces grains, ils furent de même réduits en
» poussiere dans le mortier d'agate, & nous
» vimes bientôt les parties les plus petites
» s'attacher sensiblement au barreau aiman-
» té; il n'est pas possible d'attribuer cet effet
» au poli de la surfrce du barreau, ni à au-
» cune autre cause étrangere au magnétis-
» me; un morceau de fer aussi poli, appli-
» qué de la même maniere sur les parties
» de cette platine, n'en a jamais pu enlever
» une seule.

» Par le récit exact de ces expériences &
» des observations auxquelles elles ont donné
» lieu, on peut juger de la difficulté de
» déterminer la nature de la platine; il est
» bien certain que celle-ci contenoit quel-
» ques parties vitrifiables, & vitrifiables
» même sans addition à un grand feu; il est
» bien sûr que toute platine contient du fer
» & des parties attirables; mais si l'alkali
» Prussien ne donnoit jamais du bleu qu'avec
» les grains que l'aimant a enlevés, il sem-
» ble qu'on en pourroit conclure que ceux
» qui lui résistent absolument sont de la pla-
» tine pure, qui n'a par elle-même aucune
» vertu magnétique, & que le fer n'en fait

» pas partie eſſentielle. On devoit eſpérer
» qu'une fuſion auſſi avancée, une coupel-
» lation auſſi parfaite décideroient au moins
» cette queſtion; tout annonçoit qu'en effet
» ces opérations l'avoient dépouillée de
» toute vertu magnétique en la ſéparant de
» tous corps étrangers; mais la derniere ob-
» ſervation prouve, d'une maniere invinci-
» ble, que cette propriété magnétique n'y
» étoit réellement qu'affoiblie, & peut-être
» maſquée ou enſévelie, puiſqu'elle a reparu
» lorſqu'on l'a broyée «.

Remarques.

De ces expériences de M. de Morveau, & des obſervations que nous avons enſuite faites enſemble, il réſulte :

1°. Qu'on peut eſpérer de fondre la platine ſans addition dans nos meilleurs fourneaux, en lui appliquant le feu pluſieurs fois de ſuite, parce que les meilleurs creuſets ne pourroient réſiſter à l'action d'un feu auſſi violent, pendant tout le temps qu'exigeroit l'opération complète.

2°. Qu'en la fondant avec le plomb, & la coupellant ſucceſſivement & à pluſieurs repriſes, on vient à bout de vitrifier tout le plomb, & que cette opération pourroit à la fin la purger d'une partie des matieres étrangeres qu'elle contient.

3°. Qu'en la fondant ſans addition, elle paroît ſe purger elle-même en partie des matieres vitreſcibles qu'elle renferme, puiſqu'il s'élance à ſa ſurface des petits jets de

verre qui forment des maſſes aſſez conſidérables, & qu'on en peut ſéparer aiſément après le refroidiſſement.

4°. Qu'en faiſant l'expérience du bleu de Pruſſe avec les grains de platine qui paroiſſent les plus inſenſibles à l'aimant, on n'eſt pas toujours sûr d'obtenir de ce bleu, comme cela ne manque jamais d'arriver avec les grains qui ont plus ou moins de ſenſibilité au magnétiſme ; mais comme M. de Morveau a fait cette expérience ſur une très petite quantité de platine, il ſe propoſe de la répéter.

5°. Il paroît que ni la fuſion ni la coupellation ne peuvent détruire dans la platine tout le fer dont elle eſt intimement pénétrée ; les boutons fondus ou coupellés paroiſſoient à la vérité également inſenſibles à l'action de l'aimant ; mais les ayant briſés dans un mortier d'agate & ſur un tas d'acier, nous y avons retrouvé des parties magnétiques d'autant plus abondantes que la platine étoit réduite en poudre plus fine : le premier bouton, dont les grains ne s'étoient qu'aglutinés, rendit, étant broyé, beaucoup plus de parties magnétiques que le ſecond & le troiſième, dont les grains avoient ſubi une plus forte fuſion ; mais néanmoins tous deux étant broyés, fournirent des parties magnétiques, en ſorte qu'on ne peut pas douter qu'il n'y ait encore du fer dans la platine, après qu'elle a ſubi les plus violens efforts du feu & l'action dévorante du plomb dans la coupelle ; ceci ſemble achever de démontrer que ce minéral eſt réellement un

mélange intime d'or & de fer que jusqu'à présent l'art n'a pu séparer.

6°. Je fis encore, avec M. de Morveau, une autre observation sur cette platine fondue & ensuite broyée, c'est qu'elle reprend, en se brisant, précisément la même forme des galets arrondis & applatis qu'elle avoit avant d'être fondue; tous les grains de cette platine fondue & brisée sont semblables à ceux de la platine naturelle, tant pour la forme que pour la variété de grandeur, & ils ne paroissent en différer que parce qu'il n'y a que les plus petits qui se laissent enlever à l'aimant, & en quantité d'autant moindre que la platine a subi plus de feu. Cela paroît prouver aussi que quoique le feu ait été assez fort, non-seulement pour brûler & vitrifier, mais même pour chasser au-dehors une partie du fer avec les autres matieres vitrescibles qu'elle contient; la fusion néanmoins n'est pas aussi complète que celle des autres métaux parfaits, puisqu'en la brisant les grains reprennent la même figure qu'ils avoient avant la fonte.

QUATRIEME MÉMOIRE.

EXPÉRIENCES sur la ténacité & la décomposition du Fer.

On a vu dans le premier Mémoire que le fer perd de sa pesanteur à chaque fois qu'on le chauffe à un feu violent, & que des boulets chauffés trois fois jusqu'au blanc, ont perdu la douzième partie de leur poids; on feroit d'abord porté à croire que cette perte ne doit être attribuée qu'à la diminution du volume du boulet, par les scories qui se détachent de la surface & tombent en petites écailles; mais si l'on fait attention que les petits boulets, dont par conséquent la surface est plus grande, relativement au volume, que celle des gros, perdent moins, & que les gros boulets perdent proportionnellement plus que les petits; on sentira bien que la perte totale de poids ne doit pas être simplement attribuée à la chute des écailles qui se détachent de la surface, mais encore à une altération intérieure de toutes les parties de la masse que le feu violent diminue, & rend d'autant plus légere qu'il est appliqué plus souvent & plus long-temps (*a*).

(*a*) Une expérience familiere, & qui semble prouver que le fer perd de sa masse à mesure qu'on le

Et en effet, si l'on recueille à chaque fois les écailles qui se détachent de la surface des boulets, on trouvera que sur un boulet de 5 pouces qui, par exemple, aura perdu huit onces par une premiere chaude, il n'y aura pas une once de ces écailles détachées, & que tout le reste de la perte de poids ne peut être attribué qu'à cette altération intérieure de la substance du fer qui perd de sa densité à chaque fois qu'on le chauffe; en sorte que si l'on réitéroit souvent cette même opération, on réduiroit le fer à n'être plus qu'une matiere friable & légere, dont on ne pourroit faire aucun usage; car j'ai remarqué que les boulets non-seulement avoient perdu de leur poids, c'est-à-dire, de leur densité, mais qu'en même temps ils avoient aussi beaucoup perdu de leur solidité, c'est-à-dire, de cette qualité dont dépend la cohérence des parties; car j'ai vu, en les faisant frapper, qu'on pouvoit les casser d'autant plus aisément qu'ils avoient été chauffés plus souvent & plus long-temps.

C'est sans doute parceque l'on ignoroit jusqu'à quel point va cette altération du fer, ou plutôt parce qu'on ne s'en doutoit point du tout, que l'on imagina, il y a quelques

---

chauffe, même à un feu très médiocre, c'est que les fers à friser, lorsqu'on les a souvent trempés dans l'eau pour les refroidir, ne conservent pas le même degré de chaleur au bout d'un temps. Il s'en éleve aussi des écailles lorsqu'on les a souvent chauffés & trempés : ces écailles sont du véritable fer.

années,

années, dans notre artillerie, de chauffer les boulets dont il étoit queſtion de diminuer le volume (*b*). On m'a aſſuré que le calibre des canons nouvellement fondus, étant plus étroit que celui des anciens canons, il a fallu diminuer les boulets, & que pour y parvenir on a fait rougir ces boulets à blanc, afin de les ratiſſer enſuite plus aiſément en les faiſant tourner : on m'a ajouté que ſouvent on eſt obligé de les faire chauffer cinq, ſix & même huit & neuf fois pour les réduire autant qu'il eſt néceſſaire. Or, il eſt évident par mes expériences que cette pratique eſt mauvaiſe ; car un boulet chauffé à blanc neuf fois doit perdre au moins le quart de ſon poids, & peut-être les trois quarts de ſa ſolidité. Devenu caſſant & friable, il ne peut ſervir pour faire brèche, puiſqu'il ſe briſe contre les murs ; & devenu léger, il a auſſi pour les pièces de campagne le grand déſavantage de ne pouvoir aller auſſi loin que les autres.

En général, ſi l'on veut conſerver au fer ſa ſolidité & ſon nerf, c'eſt-à-dire, ſa maſſe & ſa force, il ne faut l'expoſer au feu ni plus ſouvent ni plus long-temps qu'il eſt néceſſaire ; il ſuffira, pour la plupart des uſages, de le faire rougir ſans pouſſer le feu juſqu'au blanc, ce dernier degré de chaleur ne manque jamais de le détériorer ; & dans

(*b*) M. le Marquis de Vallere ne s'occupoit point alors des travaux de l'artillerie.

les ouvrages où il importe de lui conserver tout son nerf, comme dans les bandes que l'on forge pour les canons de fusil, il faudroit, s'il étoit possible, ne les chauffer qu'une fois pour les battre, plier & souder par une seule opération; car, quand le fer a acquis sous le marteau toute la force dont il est susceptible, le feu ne fait plus que la diminuer; c'est aux artistes à voir jusqu'à quel point ce métal doit être malléé pour acquérir tout son nerf, & cela ne seroit pas impossible à déterminer par des expériences; j'en ai fait quelques-unes que je vais rapporter ici.

I.

Une boucle de fer de 18 lignes $\frac{2}{3}$ de grosseur, c'est-à-dire, 348 lignes quarrées pour chaque montant de fer, ce qui fait pour le tout 696 lignes quarrées de fer, a cassé sous le poids de 28 milliers qui tiroit perpendiculairement; cette boucle de fer avoit environ 10 pouces de largeur, sur 13 pouces de hauteur, & elle étoit à très peu près de la même grosseur par-tout. Cette boucle a cassé presque au milieu des branches perpendiculaires, & non pas dans les angles.

Si l'on vouloit conclure du grand au petit sur la force du fer par cette expérience, il se trouveroit que chaque ligne quarrée de fer tirée perpendiculairement, ne pourroit porter qu'environ 40 livres.

II.

Cependant ayant mis à l'épreuve un fil

de fer d'une ligne un peu forte de diamètre, ce morceau de fil de fer a porté, avant de se rompre, 482 livres. Et un pareil morceau de fil de fer n'a rompu que sous la charge de 495 livres; en sorte qu'il est à présumer qu'une verge quarrée d'une ligne de ce même fer auroit porté encore davantage, puisqu'elle auroit contenu quatre segmens aux quatre coins du quarré inscrit au cercle, de plus que le fil de fer rond, d'une ligne de diamètre.

Or cette disproportion dans la force du fer en gros & du fer en petit est énorme. Le gros fer que j'avois employé, venoit de la forge d'Aisy sous Rougemont; il étoit sans nerf & à gros grain, & j'ignore de quelle forge étoit mon fil de fer; mais la différence de la qualité du fer, quelque grande qu'on voulût la supposer, ne peut pas faire celle qui se trouve ici dans leur résistance, qui, comme l'on voit, est douze fois moindre dans le gros fer que dans le petit.

III.

J'ai fait rompre une autre boucle de fer de 18 lignes & demi de grosseur, du même fer de la forge d'Aisy; elle ne supporta de même que 28450 livres, & rompit encore presque dans le milieu des deux montans.

IV.

J'avois fait faire en même temps une boucle du même fer que j'avois fait reforger

pour le partager en deux, en sorte qu'il se trouva réduit à une barre de 9 lignes sur 18; l'ayant mise à l'épreuve, elle supporta, avant de rompre, la charge de 17300 livres, tandis qu'elle n'auroit dû porter tout au plus que 14 milliers, si elle n'eût pas été forgée une seconde fois.

V.

Une autre boucle de fer de 16 lignes ¾ de grosseur, ce qui fait pour chaque montant à-peu-près 280 lignes quarrées, c'est-à-dire, 560, a porté 24600 livres, au lieu qu'elle n'auroit dû porter que 22400 livres, si je ne l'eusse pas fait forger une seconde fois.

VI.

Un cadre de fer de la même qualité, c'est-à-dire, sans nerf & à gros grains, & venant de la même forge d'Aisy, que j'avois fait établir pour empêcher l'écartement des murs du haut fourneau de mes forges, & qui avoit 26 pieds d'un côté sur 22 pieds de l'autre, ayant cassé par l'effort de la chaleur du fourneau dans les deux points milieux des deux plus longs côtés, j'ai vu que je pouvois comparer ce cadre aux boucles des expériences précédentes, parce qu'il étoit du même fer, & qu'il a cassé de la même maniere : or ce fer avoit 21 lignes de gros, ce qui fait 441 lignes quarrées; & ayant rompu comme les boucles aux deux côtés opposés, cela fait 882 lignes quarrées qui se sont séparées par l'effort de la cha-

leur. Et comme nous avons trouvé par les expériences précédentes que 696 lignes quarrées du même fer ont caſſé ſous le poids de 28 milliers, on doit en conclure que 882 lignes de ce même fer n'auroient rompu que ſous un poids de 35480 livres, & que par conſéquent l'effort de la chaleur devoit être eſtimé comme un poids de 35480 livres. Ayant fait fabriquer, pour contenir le mur intérieur de mon fourneau, dans le fondage qui ſe fit après la rupture de ce cadre, un cercle de 26 pieds & demi de circonférence, avec du fer nerveux provenant de la fonte & de la fabrique de mes forges, cela m'a donné le moyen de comparer la ténacité du bon fer avec celle du fer commun. Ce cercle de 26 pieds & demi de circonférence étoit de deux pièces, retenues & jointes enſemble par deux clavettes de fer paſſées dans des anneaux forgés au bout des deux bandes de fer; la largeur de ces bandes étoit de 30 lignes ſur 5 d'épaiſſeur; cela fait 150 lignes quarrées qu'on ne doit pas doubler, parce que ſi ce cercle eût rompu, ce n'auroit été qu'en un ſeul endroit, & non pas en deux endroits oppoſés comme les boucles ou le grand cadre quarré. Mais l'expérience me démontra que pendant un fondage de quatre mois, où la chaleur étoit même plus grande que dans le fondage précédent, ces 150 lignes de bon fer réſiſterent à ſon effort qui étoit de 35480 livres; d'où l'on doit conclure avec certitude entiere que le bon fer, c'eſt-à-dire, le fer qui eſt preſque tout nerf, eſt au moins

cinq fois aussi tenace que le fer sans nerf & à gros grains.

Que l'on juge par-là de l'avantage qu'on trouveroit à n'employer que du bon fer nerveux dans les bâtimens & dans la construction des vaisseaux ; il en faudroit les trois quarts moins, & l'on auroit encore un quart de solidité de plus.

Par de semblables expériences, & en faisant malléer une fois, deux fois, trois fois des verges de fer de différentes grosseurs, on pourroit s'assurer du *maximum* de la force du fer, combiner d'une maniere certaine la légèreté des armes avec leur solidité, ménager la matiere dans les autres ouvrages sans craindre la rupture, en un mot, travailler ce métal sur des principes uniformes & constans. Ces expériences sont le seul moyen de perfectionner l'art de la manipulation du fer ; l'Etat en tireroit de très grands avantages, car il ne faut pas croire que la qualité du fer dépende de celle de la mine ; que, par exemple, le fer d'Angleterre, ou d'Allemagne, ou de Suède soit meilleur que celui de France ; que le fer de Berri soit plus doux que celui de Bourgogne : la nature des mines n'y fait rien, c'est la maniere de les traiter qui fait tout ; & ce que je puis assurer pour l'avoir vu par moi-même, c'est qu'en malléant beaucoup & chauffant peu, on donne au fer plus de force, & qu'on approche de ce *maximum* dont je ne puis que recommander la recherche, & auquel on peut arriver par les expériences que je viens d'indiquer.

Dans les boulets que j'ai soumis plusieurs fois à l'épreuve du plus grand feu, j'ai vu que le fer perd de son poids & de sa force d'autant plus qu'on le chauffe plus souvent & plus long-temps ; sa substance se décompose, sa qualité s'altere, & enfin il dégénere en une espèce de mâchefer ou de matiere poreuse, légere, qui se réduit en une sorte de chaux par la violence & la longue application du feu : le mâchefer commun est d'une autre espèce ; & quoique vulgairement on croie que le mâchefer ne provient & même ne peut provenir que du fer, j'ai la preuve du contraire. Le mâchefer est à la vérité une matiere produite par le feu ; mais pour le former il n'est pas nécessaire d'employer du fer ni aucun autre métal ; avec du bois & du charbon brûlé & poussé à un feu violent, on obtiendra du mâchefer en assez grande quantité ; & si l'on prétend que ce mâchefer ne vient que du fer contenu dans le bois (parce que tous les végétaux en contiennent plus ou moins), je demande pourquoi l'on ne peut pas en tirer du fer même une plus grande quantité qu'on en tire du bois, dont la substance est si différente de celle du fer. Dès que ce fait me fut connu par l'expérience, il me fournit l'intelligence d'un autre fait qui m'avoit paru inexplicable jusqu'alors. On trouve dans les terres élevées, & surtout dans des forêts où il n'y a ni rivieres ni ruisseaux, & où par conséquent il n'y a jamais eu de forges, non plus qu'aucun indice de volcan ou de feux souterrains ; on trouve, dis-je, souvent des

gros blocs de mâchefer que deux hommes auroient peine à enlever : j'en ai vu pour la premiere fois en 1745, à Montigny-l'Encoupe, dans les forêts de M. de Trudaine ; j'en ai fait chercher & trouvé depuis dans nos bois de Bourgogne, qui sont encore plus éloignés de l'eau que ceux de Montigny ; on en a trouvé en plusieurs endroits : les petits morceaux m'ont paru provenir de quelques fourneaux de charbon qu'on aura laissé brûler, mais les gros ne peuvent venir que d'un incendie dans la forêt lorsqu'elle étoit en pleine venue, & que les arbres y étoient assez grands & assez voisins pour produire un feu très violent & très long-temps nourri.

Le mâchefer, qu'on peut regarder comme un résidu de la combustion du bois, contient du fer ; & l'on verra dans un autre Mémoire les expériences que j'ai faites pour reconnoître par ce résidu la quantité de fer qui entre dans la composition des végétaux. Et cette terre morte ou cette chaux dans laquelle le fer se réduit par la trop longue action du feu, ne m'a pas paru contenir plus de fer que le mâchefer du bois, ce qui semble prouver que le fer est comme le bois une matiere combustible, que le feu peut également dévorer en l'appliquant seulement plus violemment & plus long-temps. Pline dit, avec grande raison, *ferrum accensum igni, nisi duretur ictibus, corrumpitur* (*c*). On en sera

(*c*) Hist. nat. lib. XXXIV, cap. XV.

persuadé si l'on observe dans une forge la premiere loupe que l'on tire de la gueuse; cette loupe est un morceau de fer fondu pour la seconde fois, & qui n'a pas encore été forgé, c'est-à-dire, consolidé par le marteau; lorsqu'on le tire de la chaufferie où il vient de subir le feu le plus violent, il est rougi à blanc, il jette non-seulement des étincelles ardentes, mais il brûle réellement d'une flamme très vive qui consommeroit une partie de sa substance si on tardoit trop de temps à porter cette loupe sous le marteau; ce fer seroit, pour ainsi dire, détruit avant que d'être formé, il subiroit l'effet complet de la combustion si le coup du marteau, en rapprochant ses parties trop divisées par le feu, ne commençoit à lui faire prendre le premier degré de sa ténacité. On le tire dans cet état & encore tout rouge de dessous le marteau, & on le reporte au foyer de l'affinerie où il se pénètre d'un nouveau feu; lorsqu'il est blanc on le transporte de même & le plus promptement possible au marteau, sous lequel il se consolide & s'étend beaucoup plus que la premiere fois; enfin on remet encore cette pièce au feu, & on la reporte au marteau, sous lequel on l'achève en entier. C'est ainsi qu'on travaille tous les fers communs, on ne leur donne que deux ou tout au plus trois volées de marteau; aussi n'ont-ils pas à beaucoup près la ténacité qu'ils pourroient acquérir si on les travailloit moins précipitamment. La force du marteau non-seulement comprime les parties du fer trop divisées

par le feu, mais en les rapprochant elle chasse les matieres étrangeres, & le purifie en le consolidant. Le déchet du fer en gueuse est ordinairement d'un tiers, dont la plus grande partie se brûle, & le reste coule en fusion & forme ce qu'on appelle *les crasses du fer;* ces crasses sont plus pesantes que le mâchefer du bois, & contiennent encore une assez grande quantité de fer, qui est à la vérité très impur & très aigre, mais dont on peut néanmoins tirer parti en mêlant ces crasses broyées & en petite quantité avec la mine que l'on jette au fourneau; j'ai l'expérience qu'en mêlant un sixième de ces crasses avec cinq sixièmes de mine épurée par mes cribles, la fonte ne change pas sensiblement de qualité; mais si l'on en met davantage, elle devient plus cassante, sans néanmoins changer de couleur ni de grain. Mais si les mines sont moins épurées, ces crasses gâtent absolument la fonte, parce qu'étant déjà très aigre & très cassante par elle-même, elle le devient encore plus par cette addition de mauvaise matiere; en sorte que cette pratique qui peut devenir utile entre les mains d'un habile maître de l'art, produira dans d'autres mains de si mauvais effets, qu'on ne pourra se servir ni des fers ni des fontes qui en proviendront.

Il y a néanmoins des moyens, je ne dis pas de changer, mais de corriger un peu la mauvaise qualité de la fonte, & d'adoucir à la chaufferie l'aigreur du fer qui en provient. Le premier de ces moyens est de diminuer la force du vent, soit en changeant

l'inclinaiſon de la tuyere, ſoit en ralentiſſant le mouvement des ſoufflets, car plus on preſſe le feu, plus le fer devient aigre. Le ſecond moyen, & qui eſt encore plus efficace, c'eſt de jeter ſur la loupe de fer qui ſe ſépare de la gueuſe, une certaine quantité de gravier calcaire, ou même de chaux toute faite; cette chaux ſert de fondant aux parties vitrifiables que le fer aigre contient en trop grande quantité, & le purge de ſes impuretés. Mais ce ſont de petites reſſources auxquelles il ne faut pas ſe mettre dans le cas d'avoir recours, ce qui n'arriveroit jamais ſi l'on ſuivoit les procédés que j'ai donnés pour faire de bonne fonte (*d*).

Lorſqu'on fait travailler les Affineurs à leur compte & qu'on les paye au millier, ils font comme les Fondeurs, le plus de fer qu'ils peuvent dans leur ſemaine, ils conſtruiſent le foyer de leur chaufferie de la maniere la plus avantageuſe pour eux, ils preſſent le feu, trouvent que les ſoufflets ne donnent jamais aſſez de vent, ils travaillent moins la loupe & font ordinairement en deux chaudes ce qui en exigeroit au moins trois; on ne ſera donc jamais ſûr d'avoir du fer d'une bonne & même qualité qu'en payant les ouvriers au mois, & en faiſant caſſer à la fin de chaque ſemaine quelques barres du fer qu'ils livrent, pour reconnoître s'ils ne ſe ſont pas ou trop preſſés

---

(*d*) On trouvera ces procédés dans mes Mémoires ſur la fuſion des mines de fer.

ou négligés. Le fer en bandes plates est toujours plus nerveux que le fer en barreaux; s'il se trouve deux tiers de nerf sur un tiers de grain dans les bandes, on ne trouvera dans les barreaux, quoique faits de même étoffe, qu'environ un tiers de nerf sur deux tiers de grain, ce qui prouve bien clairement que la plus ou moins grande force du fer vient de la différente application du marteau; s'il frappe plus constamment, plus fréquemment sur un même plan, comme celui des bandes plates, il en rapproche & en réunit mieux les parties, que s'il frappe presque alternativement sur deux plans différens pour faire les barreaux quarrés : aussi est-il plus difficile de bien souder du barreau que de la bande; & lorsqu'on veut faire du fer de *tirerie*, qui doit être en barreaux de treize lignes & d'un fer très nerveux & assez ductile pour être converti en fil de fer, il faut le travailler plus lentement à l'affinerie, ne le tirer du feu que quand il est presque fondant & le faire suer sous le marteau le mieux qu'il est possible, afin de lui donner tout le nerf dont il est susceptible sous cette forme quarrée, qui est la plus ingrate, mais qui paroît nécessaire ici, parce qu'il faut ensuite tirer de ces barreaux, qu'on coupe environ à quatre pieds, une verge de dix-huit ou vingt pieds par le moyen du martinet, sous lequel on l'alonge après l'avoir chauffée; c'est ce qu'on appelle de la *verge crénelée*, elle est quarrée comme le barreau dont elle provient, & porte sur les quatre faces des

enfoncemens ſucceſſifs, qui ſont les empreintes profondes de chaque coup du martinet ou petit marteau ſous lequel on la travaille. Ce fer doit être de la plus grande ductilité pour paſſer juſqu'à la plus petite filiere, & en même temps il ne faut pas qu'il ſoit trop doux, mais aſſez ferme pour ne pas donner trop de déchet ; ce point eſt aſſez difficile à ſaiſir, auſſi n'y a-t-il en France que deux ou trois forges dont on puiſſe tirer ces fers pour les fileries.

La bonne fonte eſt à la vérité la baſe de tout bon fer, mais il arrive ſouvent que par de mauvaiſes pratiques on gâte ce bon fer. Une de cés mauvaiſes pratiques, la plus généralement répandue, & qui détruit le plus le nerf & la ténacité du fer, c'eſt l'uſage où ſont le ouvriers de preſque toutes les forges, de tremper dans l'eau la premiere portion de la pièce qu'ils viennent de travailler, afin de pouvoir la manier & la reprendre plus promptement. J'ai vu, avec quelque ſurpriſe, la prodigieuſe différence qu'occaſionne cette trempe, ſur-tout en hiver & lorſque l'eau eſt froide ; non-ſeulement elle rend caſſant le meilleur fer, mais même elle en change le grain & en détruit le nerf, au point qu'on n'imagineroit pas que c'eſt le même fer, ſi l'on n'en étoit pas convaincu par ſes yeux en faiſant caſſer l'autre bout du même barreau, qui n'ayant point été trempé, conſerve ſon nerf & ſon grain ordinaire. Cette trempe en été fait beaucoup moins de mal, mais en fait toujours un peu ; & ſi l'on veut avoir

du fer toujours de la même bonne qualité ; il faut abſolument proſcrire cet uſage, ne jamais tremper le fer chaud dans l'au, & attendre pour le manier, qu'il ſe refroidiſſe à l'air.

Il faut que la fonte ſoit bien bonne pour produire du fer auſſi nerveux, auſſi tenace que celui qu'on peut tirer des vieilles ferrailles refondues, non pas en les jetant au fourneau de fuſion, mais en les mettant au feu de l'affinerie. Tous les ans on achette pour mes forges une aſſez grande quantité de ces vieilles ferrailles, dont, avec un peu de ſoin, l'on fait d'excellent fer. Mais il y a du choix dans ces ferrailles ; celles qui proviennent des rognures de la tôle ou des morceaux caſſés du fil de fer, qu'on appelle des *riblons*, ſont les meilleurs de toutes, parce qu'elles ſont d'un fer plus pur que les autres ; on les achette auſſi quelque choſe de plus, mais en général ces vieux fers, quoique de qualité médiocre, en produiſent de très-bon lorſqu'on ſait les traiter. Il ne faut jamais les mêler avec la fonte ; ſi même il s'en trouve quelques morceaux parmi les ferrailles, il faut les ſéparer ; il faut auſſi mettre une certaine quantité de craſſes dans le foyer, & le feu doit être moins pouſſé, moins violent que pour le travail du fer en gueuſe, ſans quoi l'on brûleroit une grande partie de ſa ferraille qui quand elle eſt bien traitée & de bonne qualité, ne donne qu'un cinquiéme de déchet, & conſomme moins de charbon que le fer de la gueuſe. Les craſſes qui ſortent

de ces vieux fers, ſont en bien moindre quantité, & ne conſervent pas à beaucoup près autant de particules de fer que les autres. Avec des riblons qu'on renvoie des fileries que fourniſſent mes forges, & des rognures de tôle ciſaillées que je fais fabriquer, j'ai ſouvent fait du fer qui étoit tout nerf, & dont le déchet n'étoit preſque que d'un ſixième; tandis que le déchet du fer en gueuſe eſt communément du double, c'eſt-à-dire, d'un tiers, & ſouvent de plus du tiers ſi l'on veut obtenir du fer d'excellente qualité.

M. de Montbeillard, Lieutenant-colonel au régiment royal d'Artillerie, ayant été chargé pendant pluſieurs années de l'inſpection des manufactures d'armes à Charleville, Maubeuge & Saint-Étienne, a bien voulu me communiquer un Mémoire qu'il a préſenté au Miniſtre, & dans lequel il traite de cette fabrication du fer avec de vieilles ferrailles; il dit, avec grande raiſon, » » que les ferrailles qui ont beaucoup de ſurface, & celles qui proviennent des vieux » fers & clous de chevaux ou fragmens » de petits cylindres ou quarrés tords, » ou des anneaux & boucles, toutes piè» ces qui ſuppoſent que le fer qu'on a » employé pour les fabriquer étoit ſouple, » liant & ſuſceptible d'être plié, étendu » ou tordu, doivent être préférées & re» cherchées pour la fabrication des canons » de fuſil ». On trouve dans ce même Mémoire de M. de Montbeillard d'excellentes réflexions ſur les moyens de perfectionner les armes

à feu, & d'en assurer la résistance par le choix du bon fer & par la maniere de le traiter : l'Auteur rapporte une très bonne experience (*k*), qui prouve clairement que les vieilles ferrailles & même les écailles ou exfoliations qui se détachent de la surface du fer & que bien des gens prennent pour des scories, se soudent ensemble de la maniere la plus intime, & que par conséquent le fer qui en provient est d'aussi bonne & peut être de meilleure qualité qu'aucun autre. Mais en même temps il conviendra avec moi, & il observe même dans la suite de son Mémoire, que cet excellent fer ne doit pas être employé seul, par la raison même qu'il est trop parfait ; & en effet, un fer qui, sortant de la forge, a toute

---

(*k*) Qu'on prenne une barre de fer, large de 2 à 3 pouces, épaisse de deux à trois lignes, qu'on la chauffe au rouge, & qu'avec la panne du marteau on y pratique dans sa longueur une cannelure ou cavité, qu'on la plie sur elle-même pour la doubler & corroyer, l'on remplira ensuite la cannelure des écailles ou pailles en question ; on lui donnera une chaude douce, d'abord en rabattant les bords, pour empêcher qu'elles ne s'échappent, & on battra la barre comme on le pratique pour corroyer le fer avant de le chauffer au blanc ; on la chauffera ensuite blanche & fondante, & la pièce soudera à merveille ; on la cassera à froid, & l'on n'y verra rien qui annonce que la soudure n'ait pas été complète & parfaite, & que toutes les parties du fer ne se soient pas pénétrées réciproquement sans laisser aucun espace vide. J'ai fait cette expérience aisée à répéter, qui doit rassurer sur les pailles, soit qu'elles soient plattes ou qu'elles ayent la forme d'aiguilles, puisqu'elles ne sont autre chose que du fer, comme la barre avec laquelle on les incorpore, où elles ne forment plus qu'une même masse avec elle.

ſa perfection, n'eſt excellent que pour être employé tel qu'il eſt, ou pour des ouvrages qui ne demandent que des chaudes douces; car toute chaude vive, toute chaleur à blanc le dénature; j'en ai fait des épreuves plus que réitérées ſur des morceaux de toute groſſeur. Le petit fer ſe dénature un peu moins que le gros, mais tous deux perdent la plus grande partie de leur nerf dès la premiere chaude à blanc; une ſeconde chaude pareille change & achève de détruire le nerf, elle altere même la qualité du grain qui, de fin qu'il étoit, devient groſſier & brillant comme celui du fer le plus commun; une troiſième chaude rend ces grains encore plus gros, & laiſſe déjà voir entre leurs interſtices des parties noires de matiere brûlée; enfin en continuant de lui donner des chaudes, on arrive au dernier degré de ſa décompoſition, on le réduit en une terre morte qui ne paroît plus contenir de ſubſtance métallique, & dont on ne peut faire aucun uſage. Car cette terre morte n'a pas, comme la plupart des autres chaux métalliques, la propriété de ſe revivifier par l'application des matieres combuſtibles; elle ne contient guere plus de fer que le mâchefer commun tiré du charbon des végétaux; au lieu que les chaux des autres métaux ſe revivifient preſque en entier ou du moins en très grande partie, & cela achève de démontrer que le fer eſt une matiere preſqu'entiérement combuſtible

Ce fer que l'on tire, tant de cette terre ou chaux de fer, que du mâchefer provenant du charbon, m'a paru d'une ſinguliere

qualité, il est très magnétique & très infusible; j'ai trouvé du petit sable noir aussi magnétique, aussi indissoluble & presque infusible dans quelques-unes des mines que j'ai fait exploiter; ce sablon ferrugineux & magnétique se trouve mêlé avec les grains de mine qui ne le sont point du tout, & provient certainement d'une cause toute autre: le feu a produit ce sablon magnétique, & l'eau les grains de mine; & lorsque par hasard ils se trouvent mélangés, c'est que le hasard a fait qu'on a brûlé de grands amas de bois, ou qu'on a fait des fourneaux de charbon sur le terrein qui renferme les mines, & que ce sablon ferrugineux qui n'est que le détriment du mâchefer que l'eau ne peut ni rouiller ni dissoudre, a pénétré par la filtration des eaux auprès des lits de mine en grains, qui souvent ne sont qu'à deux ou trois pieds de profondeur. On a vu dans le Mémoire précédent, que ce sablon ferrugineux qui provient du mâchefer des végétaux, ou si l'on veut du fer brûlé autant qu'il peut l'être, paroît être le même à tous égards que celui qui se trouve dans la platine.

Le fer le plus parfait est celui qui n'a presque point de grain, & qui est entiérement d'un nerf de gris cendré; le fer à nerf noir est encore très bon, & peut-être est-il préférable au premier pour tous les usages où il faut chauffer plus d'une fois ce métal avant de l'employer; le fer de la troisième qualité & qui est moitié nerf & moitié grain, est le fer par excellence pour le commerce, parce

qu'on peut le chauffer deux ou trois fois ſans le dénaturer : le fer ſans nerf, mais à grain fin, ſert auſſi pour beaucoup d'uſages ; mais les fers ſans nerf & à gros grains, devroient être proſcrits & font le plus grand tort dans la ſociété, parce que malheureuſement ils y ſont cent fois plus communs que les autres. Il ne faut qu'un coup-d'œil à un homme exercé pour connoître la bonne ou la mauvaiſe qualité du fer ; mais les gens qui le font employer, ſoit dans leurs bâtimens, ſoit à leurs équipages, ne s'y connoiſſent ou n'y regardent pas, & payent ſouvent, comme très bon, du fer que le fardeau fait rompre ou que la rouille détruit en peu de temps.

Autant les chaudes vives & pouſſées juſqu'au blanc, détériorent le fer, autant les chaudes douces où l'on ne le rougit que couleur de ceriſe, ſemblent l'améliorer ; c'eſt par cette raiſon que les fers deſtinés à paſſer à la fenderie ou à la batterie, ne demandent pas à être fabriqués avec autant de ſoin que ceux qu'on appelle *fers marchands*, qui doivent avoir toute leur qualité. Le fer de tirerie fait une claſſe à part, il ne peut être trop pur, s'il contenoit des parties hétérogènes il deviendroit très caſſant aux dernieres filieres ; or il n'y a d'autre moyen de le rendre pur que de le faire bien ſuer en le chauffant la premiere fois juſqu'au blanc, & le martelant avec autant de force que de précaution, & enſuite en le faiſant encore chauffer à blanc afin d'achever de le dépurer ſous le martinet en l'alongeant pour

en faire de la verge crénelée. Mais les fers destinés à être refendus pour en faire de la verge ordinaire, des fers applatis, des languettes pour la tôle, tous les fers, en un mot, qu'on doit passer sous les cylindres, n'exigent pas le même degré de perfection, parce qu'ils s'améliorent au four de la fenderie, où l'on n'emploie que du bois, & dans lequel tous ces fers ne prennent une chaleur que du second degré, d'un rouge couleur de feu, qui est suffisant pour les amollir, & leur permet de s'applatir & de s'étendre sous les cylindres & de se fendre ensuite sous les taillans. Néanmoins si l'on veut avoir de la verge bien douce, comme celle qui est nécessaire pour les clous à maréchal; si l'on veut des fers applatis qui ayent beaucoup de nerf, comme doivent être ceux qu'on emploie pour les roues, & particuliérement les bandages qu'on fait d'une seule pièce, dans lesquels il faut au moins un tiers de nerf, les fers qu'on livre à la fenderie doivent être de bonne qualité, c'est-à-dire, avoir au moins un tiers de nerf; car j'ai observé que le feu doux du four & la forte compression des cylindres rendent à la vérité le grain du fer un peu plus fin, & donnent même du nerf à celui qui n'avoit que du grain très fin, mais ils ne convertissent jamais en nerf le gros grain des fers communs; en sorte qu'avec du mauvais fer à gros grains on pourra faire de la verge & des fers applatis dont le grain sera moins gros, mais qui seront toujours trop cassans pour

être employés aux usages dont je viens de parler.

Il en est de même de la tôle, on ne peut pas employer de trop bonne étoffe pour la faire, & il est bien fâcheux qu'on fasse tout le contraire; car presque toutes nos tôles en France se font avec du fer commun; elles se rompent en les pliant, & se brûlent ou pourrissent en peu de temps; tandis que de la tôle faite comme celle de Suède ou d'Angleterre, avec du bon fer bien nerveux, se tordera cent fois sans rompre, & durera peut-être vingt fois plus que les autres. On en fait à mes forges de toute grandeur & de toute épaisseur, on en emploie à Paris pour les casseroles & autres pièces de cuisine, qu'on étame & qu'on a raison de préférer aux casseroles de cuivre. On a fait avec cette même tôle grand nombre de poëles, de chaîneaux, de tuyaux; & j'ai depuis quatre ans l'expérience mille fois réitérée, qu'elle peut durer, comme je viens de le dire, soit au feu, soit à l'air, beaucoup plus que les tôles communes; mais comme elle est un peu plus chere, le débit en est moindre, & l'on n'en demande que pour de certains usages particuliers auxquels les autres tôles ne pourroient être employées. Lorsqu'on est au fait, comme j'y suis, du commerce des fers, on diroit qu'en France on a fait un pacte général, de ne se servir que de ce qu'il y a de plus mauvais en ce genre.

Avec du fer nerveux on pourra toujours faire d'excellente tôle, en faisant passer le fer des languettes sous les cylindres de la fen-

derie; ceux qui applatissent ces languettes sous le martinet, après les avoir fait chauffer au charbon, sont dans un très mauvais usage; le feu du charbon poussé par les soufflets, gâte le fer de ces languettes, celui du four de la fenderie ne fait que le perfectionner : d'ailleurs il en coûte plus de moitié moins pour faire les languettes au cylindre que pour les faire au martinet; ici l'intérêt s'accorde avec la théorie de l'art. Il n'y a donc que l'ignorance qui puisse entretenir cette pratique, qui néanmoins est la plus générale; car il y a peut-être sur toutes les tôles qui se fabriquent en France, plus des trois quarts dont les languettes ont été faites au martinet. Cela ne peut pas être autrement, me dira-t-on, toutes les batteries n'ont pas à côté d'elles une fenderie & des cylindres montés; je l'avoue & c'est ce dont je me plains: on a tort de permettre ces petits établissemens particuliers qui ne subsistent qu'en achetant dans les grosses forges les fers au meilleur marché, c'est-à-dire, tous les plus médiocres, pour les fabriquer ensuite en tôle & en petits fers de la plus mauvaise qualité.

Un autre objet fort important sont les fers de charrue, on ne sauroit croire combien la mauvaise qualité du fer dont on les fabrique fait de tort aux laboureurs; on leur livre inhumainement des fers qui cassent au moindre effort, & qu'ils sont forcés de renouveler presque aussi souvent que leurs cultures; on leur fait payer bien cher du mauvais acier dont on arme la

pointe de ces fers encore plus mauvais, & le tout eſt perdu pour eux au bout d'un an, & ſouvent en moins de temps; tandis qu'en employant pour ces fers de charrue, comme pour la tôle, le fer le meilleur & le plus nerveux, on pourroit les garantir pour un uſage de vingt ans, & même ſe diſpenſer d'en aciérer la pointe; car j'ai fait faire pluſieurs centaines de ces fers de charrue dont j'en ai fait eſſayer quelques-uns ſans acier, & ils ſe ſont trouvés d'une étoffe aſſez ferme pour réſiſter au labour. J'ai fait la même expérience ſur un grand nombre de pioches; c'eſt la mauvaiſe qualité de nos fers qui a établi chez les taillandiers l'uſage général de mettre de l'acier à ces inſtrumens de campagne, qui n'en auroient pas beſoin s'ils étoient de bon fer fabriqué avec des languettes paſſées ſous les cylindres.

J'avoue qu'il y a de certains uſages pour leſquels on pourroit fabriquer du fer aigre, mais encore ne faut-il pas qu'il ſoit à trop gros grain ni trop caſſant; les clous pour les petites lattes à tuile, les broquettes & autres petits clous, plient lorſqu'ils ſont faits d'un fer trop doux; mais à l'exception de ce ſeul emploi, qu'on ne remplira toujours que trop, je ne vois pas qu'on doive ſe ſervir de fer aigre. Et ſi dans une bonne manufacture on en veut faire une certaine quantité, rien n'eſt plus aiſé: il ne faut qu'augmenter d'une meſure ou d'une meſure & demie de mine au fourneau, & mettre à part les gueuſes qui en proviendront, la fonte en ſera

moins bonne & plus blanche. On les fera forger à part, en ne donnant que deux chaudes à chaque bande, & l'on aura du fer aigre qui se fendra plus aisément que l'autre, & qui donnera de la verge cassante.

Le meilleur fer, c'est-à-dire, celui qui a le plus de nerf, & par conséquent le plus de ténacité, peut éprouver cent & deux cents coups de masse sans se rompre; & comme il faut néanmoins le casser pour tous les usages de la fenderie & de la batterie, & que cela demanderoit beaucoup de temps, même en s'aidant du ciseau d'acier, il vaut mieux faire couper sous le marteau de la forge, les barres encore chaudes à moitié de leur épaisseur, cela n'empêche pas le marteleur de les achever, & épargne beaucoup de temps au fendeur & au platineur. Tout le fer que j'ai fait casser à froid & à grands coups de masse, s'échauffe d'autant plus qu'il est plus fortement & plus souvent frappé : non-seulement il s'échauffe au point de brûler très vivement, mais il s'aimante comme s'il eût été frotté sur un très bon aimant. M'étant assuré de la constance de cet effet par plusieurs observations successives, je voulus voir si sans percussion je pourrois de même produire dans le fer la vertu magnétique: je fis prendre pour cela une verge de trois lignes de grosseur de mon fer le plus liant, & que je connoissois pour être très difficile à rompre, & l'ayant fait plier & replier par les mains d'un homme fort sept ou huit fois de suite sans pouvoir le rompre, je trouvai le fer très chaud au point

point où on l'avoit plié, & il avoit en même temps toute la vertu d'un barreau bien aimanté; j'aurai occasion dans la suite de revenir à ce phénomène qui tient de très près à la théorie du magnétisme & de l'électricité, & que je ne rapporte ici que pour démontrer que plus une matiere est tenace, c'est-à-dire, plus il faut d'efforts pour la diviser, plus elle est près de produire la chaleur & tous les autres effets qui peuvent en dépendre, & prouver en même temps que la simple pression produisant le frottement des parties intérieures, équivaut à l'effet de la plus violente percussion.

On soude tous les jours le fer avec lui-même ou sur lui-même, mais il faut la plus grande précaution pour qu'il ne se trouve pas un peu plus foible aux endroits des soudures; car pour réunir & souder les deux bouts d'une barre, on les chauffe jusqu'au blanc le plus vif; le fer dans cet état, est tout prêt à fondre, il n'y arrive pas sans perdre toute sa ténacité, & par conséquent tout son nerf; il ne peut donc en reprendre dans toute cette partie qu'on soude que par la percussion des marteaux dont deux ou trois ouvriers font succéder les coups le plus vîte qu'il leur est possible; mais cette percussion est très foible & même lente en comparaison de celle du marteau de la forge ou même de celle du martinet: ainsi l'endroit soudé, quelque bonne que soit l'étoffe, n'aura que peu de nerf, & souvent point du tout si l'on n'a pas bien saisi l'instant où les deux morceaux

ſont également chauds, & ſi le mouvement du marteau n'a pas été aſſez prompt & aſſez fort pour les bien réunir. Auſſi quand on a des pièces importantes à ſouder, on fera bien de le faire ſous les martinets les plus prompts. La ſoudure dans les canons des armes à feu, eſt une des choſes les plus importantes : M. de Montbeillard, dans le mémoire que j'ai cité ci-deſſus, donne de très bonnes vues ſur cet objet, & même des expériences déciſives : je crois avec lui, que comme il faut chauffer à blanc nombre de fois la bande ou *maquette* pour ſouder le canon dans toute ſa longueur, il ne faut pas employer du fer qui ſeroit au dernier degré de ſa perfection, parce qu'il ne pourroit que ſe détériorer par ces fréquentes chaudes vives ; qu'il faut au contraire choiſir le fer qui, n'étant pas encore auſſi épuré qu'il peut l'être, gagnera plutôt de la qualité qu'il n'en perdra par ces nouvelles chaudes ; mais cet article ſeul demanderoit un grand travail fait & dirigé par un homme auſſi éclairé que M. de Montbeillard ; & l'objet en eſt d'une ſi grande importance pour la vie des hommes & pour la gloire de l'Etat, qu'il mérite la plus grande attention.

Le fer ſe décompoſe par l'humidité comme par le feu ; il attire l'humide de l'air, s'en pénètre & ſe rouille, c'eſt-à-dire, ſe convertit en une eſpèce de terre ans liaiſon, ſans cohérence ; cette converſion ſe fait en aſſez peu de temps dans les fers qui ſont de mauvaiſe qualité ou mal fabriqués : ceux

dont l'étoffe eſt bonne & dont les ſurfaces ſont bien liſſes ou polies, ſe défendent plus long-temps, mais tous ſont ſujets à cette eſpèce de mal qui de la ſuperficie gagne aſſez promptement l'intérieur, & détruit avec le temps le corps entier du fer. Dans l'eau il ſe conſerve beaucoup mieux qu'à l'air ; & quoiqu'on s'apperçoive de ſon altération par la couleur noire qu'il y prend après un long ſéjour, il n'eſt point dénaturé, il peut être forgé; au lieu que celui qui a été expſé à l'air pendant quelques ſiècles, & que les ouvriers appellent du *fer luné*, parce qu'ils s'imaginent que la lune le mange, ne peut ni ſe forger ni ſervir à rien, à moins qu'on ne le revivifie comme les rouilles & les ſafrans de mars, ce qui coûte communément plus que le fer ne vaut. C'eſt en ceci que conſiſte la différence des deux décompoſitions du fer; dans celle qui ſe fait par le feu, la plus grande partie du fer ſe brûle & s'exhale en vapeurs comme les autres matieres combuſtibles, il ne reſte qu'un mâchefer qui contient, comme celui du bois, une petite quantité de matiere très attirable par l'aimant qui eſt bien du vrai fer, mais qui m'a paru d'une nature ſinguliere & ſemblable, comme je l'ai dit, au ſablon ferrugineux qui ſe trouve en ſi grande quantité dans la platine. La décompoſition par l'humidité, ne diminue pas, à beaucoup près autant que la combuſtion, la maſſe du fer, mais elle en altere toutes les parties au point de leur faire perdre leur vertu magnétique, leur cohérence & leur couleur métallique ; c'eſt

de cette rouille ou terre de fer que ſont en grande partie compoſées les mines en grains; l'eau, apres avoir atténué ces particules de rouille & les avoir réduites en molécules inſenſibles, les charie & les dépoſe par filtration dans le ſein de la terre, où elles ſe réuniſſent en grains par une ſorte de criſtalliſation qui ſe fait comme toutes les autres, par l'attraction mutuelle des molécules analogues; & comme cette rouille de fer étoit privée de la vertu magnétique, il n'eſt pas étonnant que les mines en grains qui en proviennent, en ſoient également dépourvues. Ceci me paroît démontrer d'une maniere aſſez claire, que le magnétiſme ſuppoſe l'action précédente du feu; que c'eſt une qualité particuliere que le feu donne au fer, & que l'humidité de l'air lui enlève en le décompoſant.

Si l'on met dans un vaſe une grande quantité de limaille de fer pure qui n'a pas encore pris de rouille, & ſi on la couvre d'eau, on verra en la laiſſant ſécher, que cette limaille ſe réunit par ce ſeul intermède, au point de faire une maſſe de fer aſſez ſolide pour qu'on ne puiſſe la caſſer qu'à coups de maſſe; ce n'eſt donc pas préciſément l'eau qui décompoſe le fer & qui produit la rouille, mais plutôt les ſels & les vapeurs ſulfureuſes de l'air; car on ſait que le fer ſe diſſout très aiſément par les acides & par le ſoufre. En préſentant une verge de fer bien rouge à une bille de ſoufre, le fer coule dans l'inſtant; & en le recevant dans l'eau, on obtient des grenailles qui ne ſont plus du fer

ni même de la fonte ; car j'ai éprouvé qu'on ne pouvoit pas les réunir au feu pour les forger, c'eſt une matiere qu'on ne peut comparer qu'à la pyrite martiale, dans laquelle le fer paroît être également décompoſé par le ſoufre ; & je crois que c'eſt par cette raiſon que l'on trouve preſque par-tout à la ſurface de la terre & ſous les premiers lits de ſes couches extérieures, une aſſez grande quantité de ces pyrites dont le grain reſſemble à celui du mauvais fer, mais qui n'en contiennent qu'une très petite quantité mêlée avec beaucoup d'acide vitriolique & plus ou moins de ſoufre.

CINQUIEME MÉMOIRE.

Expériences sur les effets de la Chaleur obscure.

POUR reconnoître les effets de la chaleur obscure, c'est-à-dire, de la chaleur privée de lumiere, de flamme & de feu libre, autant qu'il est possible, j'ai fait quelques expériences en grand dont les résultats m'ont paru tres intéressans.

PREMIERE EXPÉRIENCE.

On a commencé, sur la fin d'Août 1772, à mettre des braises ardentes dans le creuset du grand fourneau qui sert à fondre la mine de fer pour la couler en gueuses ; ces braises ont achevé de sécher les mortiers qui étoient faits de glaise mêlée par égale portion avec du sable vitrescible. Le fourneau avoit 23 pieds de hauteur. On a jeté par le gueulard (c'est ainsi qu'on appelle l'ouverture supérieure du fourneau) les charbons ardens que l'on tiroit des petits fourneaux d'expériences; on a mis successivement une assez grande quantité de ces braises pour remplir le bas du fourneau jusqu'à la cuve (c'est ainsi qu'on appelle l'endroit de la plus grande capacité du fourneau) ce qui dans celui-ci montoit à 7 pieds 2 pouces de hauteur perpendiculaire depuis le fond du creuset. Par ce moyen on a commencé de

donner au fourneau une chaleur modérée qui ne s'eſt pas fait ſentir dans la partie la plus élevée.

Le 10 Septembre on a vidé toutes ces braiſes réduites en cendres, par l'ouverture du creuſet; & lorſqu'il a été bien nettoyé, on y a mis quelques charbons ardens & d'autres charbons par-deſſus juſqu'à la quantité de 600 livres peſant; enſuite on a laiſſé prendre le feu, & le lendemain 11 Septembre, on a achevé de remplir le fourneau avec 4800 livres de charbon, ainſi il contient en tout 5400 livres de charbon qui y ont été portées en cent trente-cinq corbeilles de 40 livres chacune, tare faite.

On a laiſſé pendant ce temps l'entrée du creuſet ouverte, & celle de la tuyere bien bouchée pour empêcher le feu de ſe communiquer aux ſoufflets. La premiere impreſſion de la grande chaleur, produite par le long ſéjour des braiſes ardentes & par cette premiere combuſtion du charbon, s'eſt marquée par une petite fente qui s'eſt faite dans la pierre du fond à l'entrée du creuſet, & par une autre fente qui s'eſt faite dans la pierre de la tympe. Le charbon néanmoins, quoique fort allumé dans le bas, ne l'étoit encore qu'à une très petite hauteur, & le fourneau ne donnoit au gueulard qu'aſſez peu de fumée, ce même jour 12 ſeptembre à ſix heures du ſoir; car cette ouverture ſupérieure n'étoit pas bouchée, non plus que l'ouverture du creuſet.

A neuf heures du ſoir du même jour, la flamme a percé juſqu'au-deſſus du four-

neau, & comme elle est devenue très vive en peu de temps, on a bouché l'ouverture du creuset a dix heures du soir. La flamme, quoique fort ralentie par cette supression du courant de l'air, s'est soutenue pendant la nuit & le jour suivant; en sorte que le lendemain 13 septembre, vers les quatre heures du soir, le charbon avoit baissé d'un peu plus de 4 pieds. On a rempli ce vide à cette même heure avec onze corbeilles de charbon, pesant ensemble 440 livres; ainsi le fourneau a été chargé en tout de 5840 livres de charbon.

Ensuite on a bouché l'ouverture supérieure du fourneau avec un large couvercle de forte tôle, garnie tout autour avec du mortier de glaise & sable mêlé de poudre de charbon, & chargé d'un pied d'épaisseur de cette poudre de charbon mouillée; pendant que l'on bouchoit, on a remarqué que la flamme ne laissoit pas de retentir assez fortement dans l'intérieur du fourneau; mais en moins d'une minute la flamme a cessé de retentir, & l'on n'entendoit plus aucun bruit ni murmure, en sorte qu'on auroit pu penser que l'air n'ayant point d'accès dans la cavité du fourneau, le feu y étoit entierement étouffé.

On a laissé le fourneau ainsi bouché partout, tant au-dessus qu'au-dessous, depuis le 13 septembre jusqu'au 28 du même mois, c'est-à dire, pendant quinze jours. J'ai remarqué pendant ce temps, que quoiqu'il n'y eût point de flamme dans le fourneau, ni même de feu lumineux, la chaleur ne

laiſſoit pas d'augmenter & de ſe communiquer autour de la cavité du fourneau.

Le 28 ſeptembre, à dix heures du matin, on a débouché l'ouverture ſupérieure du fourneau avec précaution, dans la crainte d'être ſuffoqué par la vapeur du charbon; j'ai remarqué avant de l'ouvrir, que la chaleur avoit gagné juſqu'à quatre pieds & demi dans l'épaiſſeur du maſſif qui forme la tour du fourneau; cette chaleur n'étoit pas fort grande aux environs de la *bure* (c'eſt ainſi qu'on appelle la partie ſupérieure du fourneau qui s'élève au-deſſus de ſon terre-plein). Mais à meſure qu'on approchoit de la cavité, les pierres étoient déjà ſi fort échauffées qu'il n'étoit pas poſſible de les toucher un inſtant: les mortiers dans les joints des pierres étoient en partie brûlés; & il paroiſſoit que la chaleur étoit beaucoup plus grande encore dans le bas du fourneau; car les pierres du deſſus de la tympe & de la tuyere étoient exceſſivement chaudes dans toute leur épaiſſeur juſqu'à quatre ou cinq pieds.

Au moment qu'on a débouché le gueulard du fourneau, il en eſt ſorti une vapeur ſuffoquante dont il a fallu s'éloigner, & qui n'a pas laiſſé de faire mal à la tête à la plupart des aſſiſtans. Lorſque cette vapeur a été diſſipée, on a meſuré de combien le charbon enfermé & privé d'air courant pendant quinze jours, avoit diminué, & l'on a trouvé qu'il avoit baiſſé de 14 pieds 5 pouces de hauteur; en ſorte que le fourneau étoit vide dans toute ſa partie ſupérieure juſqu'auprès de la cuve.

Enſuite j'ai obſervé la ſurface de ce char-

bon, & j'y ai vu une petite flamme qui venoit de naître ; il étoit absolument noir & sans flamme auparavant. En moins d'une heure cette petite flamme bleuâtre est devenue rouge dans le centre, & s'élevoit alors d'environ 2 pieds au-dessus du charbon.

Une heure après avoir débouché le gueulard, j'ai fait déboucher l'entrée du creuset : la premiere chose qui s'est présentée à cette ouverture, n'a pas été du feu comme on auroit pu le présumer, mais des scories provenant du charbon, & qui ressembloient à du mâchefer léger ; ce mâchefer étoit en assez grande quantité, & remplissoit tout l'intérieur du creuset depuis la tympe à la rustine ; & ce qu'il y a de singulier, c'est que quoiqu'il ne se fût formé que par une grande chaleur, il avoit intercepté cette même chaleur au-dessus du creuset, en sorte que les parties de ce mâchefer qui étoient au fond n'étoient, pour ainsi dire, que tiédes ; néanmoins elles s'étoient attachées au fond & aux parois du creuset, & elles en avoient réduit en chaux quelques portions jusqu'à plus de 3 ou 4 pouces de profondeur.

J'ai fait tirer ce mâchefer & l'ai fait mettre à part pour l'examiner ; on a aussi tiré la chaux du creuset & des environs, qui étoit en assez grande quantité. Cette calcination qui s'est faite par ce feu sans flamme, m'a paru provenir en partie de l'action de ces scories du charbon. J'ai pensé que ce feu sourd & sans flamme étoit trop sec, & je crois que si j'avois mêlé quelque portion de laitier ou de terre vitrescible avec le char-

bon, cette terre auroit ſervi d'aliment à la chaleur, & auroit rendu des matieres fondantes qui auroient préſervé de la calcination la ſurface de l'ouvrage du fourneau.

Quoi qu'il en ſoit, il réſulte de cette expérience, que la chaleur ſeule, c'eſt-à-dire, la chaleur obſcure, renfermée, & privée d'air autant qu'il eſt poſſible, produit néanmoins avec le temps des effets ſemblales à ceux du feu le plus actif & le plus lumineux. On ſait qu'il doit être violent pour calciner la pierre. Ici c'étoit de toutes les pierres calcaires la moins calcinable, c'eſt-à-dire, la plus réſiſtante au feu, que j'avois choiſie pour faire conſtruire l'ouvrage & la cheminée de mon fourneau; toute cette pierre d'ailleurs avoit été taillée & poſée avec ſoin, les plus petits quartiers avoient un pied d'épaiſſeur, un pied & demi de largeur, ſur trois & quatre pieds de longueur, & dans ce gros volume la pierre eſt encore bien plus difficile à calciner que quand elle eſt réduite en moellons. Cependant cette ſeule chaleur a non-ſeulement calciné ces pierres à près d'un demi-pied de profondeur dans la partie la plus étroite & la plus froide du fourneau, mais encore a brûlé en même temps les mortiers faits de glaiſe & de ſable ſans les faire fondre, ce que j'aurois mieux aimé, parce qu'alors les joints de la bâtiſſe du fourneau ſe ſeroient conſervés pleins, au lieu que la chaleur ayant ſuivi la route de ces joints, a encore calciné les pierres ſur toutes les faces des joints. Mais pour faire mieux

entendre les effets de cette chaleur obscure & concentrée, je dois observer : 1°. Que le massif du fourneau étant de 28 pieds d'épaisseur de deux faces, & de 24 pieds d'épaisseur des deux autres faces, & la cavité où étoit contenu le charbon n'ayant que 6 pieds dans sa plus grande largeur, les murs pleins qui environnent cette cavité avoient 9 pieds d'épaisseur de maçonnerie à chaux & sable aux parties les moins épaisses; que par conséquent on ne peut pas supposer qu'il ait passé de l'air à travers ces murs de 9 pieds : 2°. Que cette cavité qui contenoit le charbon, ayant été bouchée en bas à l'endroit de la coulée avec un mortier de glaise mêlé de sable d'un pied d'épaisseur, & à la tuyere qui n'a que quelques pouces d'ouverture, avec ce même mortier dont on se sert pour tous les bouchages; il n'est pas à présumer qu'il ait pu entrer de l'air par ces deux ouvertures : 3°. Que le gueulard du fourneau ayant de même été fermé avec une plaque de forte tôle lutée, & recouverte avec le même mortier, sur environ six pouces d'épaisseur, & encore environnée & surmontée de poussiere de charbon mêlé avec ce mortier, sur six autres pouces de hauteur, tout accès à l'air par cette derniere ouverture étoit interdit. On peut donc assurer qu'il n'y avoit point d'air circulant dans toute cette cavité, dont la capacité étoit de 330 pieds cubes, & que l'ayant remplie de 5400 livres de charbon, le feu étouffé dans cette cavité n'a pu se nourrir que de la petite quantité d'air con-

tenue dans les intervalles que laiſſoient entr'eux les morceaux de charbon ; & comme cette matiere jetée l'une ſur l'autre laiſſe de très grands vides, ſuppoſons moitié ou même trois quarts, il n'y a donc eu dans cette cavité que 165, ou tout au plus 248 pieds cubes d'air. Or le feu du fourneau excité par les ſoufflets, conſomme cette quantité d'air en moins d'une demi-minute ; & cependant il ſembleroit qu'elle a ſuffi pour entretenir pendant quinze jours la chaleur, & l'augmenter à-peu-près au même point que celle du feu libre, puiſqu'elle a produit la calcination des pierres à quatre pouces de profondeur dans le bas, & a plus de deux pieds de profondeur dans le milieu & dans toute l'étendue du fourneau, ainſi que nous le dirons tout-à-l'heure. Comme cela me paroiſſoit aſſez inconcevable, j'ai d'abord penſé qu'il falloit ajouter à ces 248 pieds cubes d'air, contenus dans la cavité du fourneau, toute la vapeur de l'humidité des murs que la chaleur concentrée n'a pu manquer d'attirer, & de laquelle il n'eſt guere poſſible de faire une juſte eſtimation. Ce ſont-là les ſeuls alimens, ſoit en air, ſoit en vapeurs aqueuſes que cette très grande chaleur a conſommés pendant quinze jours; car il ne ſe dégage que peu ou point d'air du charbon dans ſa combuſtion, quoiqu'il s'en dégage plus d'un tiers du poids total du bois de chêne bien ſéché (*a*) ; cet air fixe

(*a*) Hales, *Statique des végétaux*, page 152.

contenu dans le bois, en est chassé par la premiere opération du feu qui le convertit en charbon ; & s'il en reste, ce n'est qu'en si petite quantité qu'on ne peut pas la regarder comme le supplément de l'air qui manquoit ici à l'entretien du feu. Ainsi cette chaleur très grande & qui s'est augmentée au point de calciner profondément les pierres, n'a été entretenue que par 248 pieds cubes d'air & par les vapeurs de l'humidité des murs ; & quand nous supposerions le produit successif de cette humidité cent fois plus considérable que le volume d'air contenu dans la cavité du fourneau, cela ne feroit toujours que 24800 pieds cubes de vapeurs propres à entretenir la combustion ; quantité que le feu libre & animé par les soufflets consommeroit en moins de 30 minutes, tandis que la chaleur sourde ne la consomme qu'en quinze jours.

Et ce qu'il est nécessaire d'observer encore, c'est que le même feu libre & animé auroit consumé en 11 ou 12 heures les 3600 livres de charbon que la chaleur obscure n'a consommé qu'en quinze jours : elle n'a donc eu que la trentième partie de l'aliment du feu libre, puisqu'il y a eu trente fois autant de temps employé à la consommation de la matiere combustible, & en même temps il y a eu environ sept cent vingt fois moins d'air ou de vapeurs employées à cette combustion. Néanmoins les effets de cette chaleur obscure ont été les mêmes que ceux du feu libre ; car il auroit fallu quinze jours de ce feu violent & animé

pour calciner les pierres au même degré qu'elles l'ont été par la chaleur ſeule ; ce qui nous démontre d'une part l'immenſe déperdition de la chaleur lorſqu'elle s'exhale avec les vapeurs & la flamme, & d'autre part les grands effets qu'on peut attendre de ſa concentration, ou pour mieux dire, de ſa coërcion, de ſa détention. Car cette chaleur retenue & concentrée ayant produit les mêmes effets que le feu libre & violent, avec trente fois moins de matiere combuſtible & ſept cent vingt fois moins d'air, & étant ſuppoſée en raiſon compoſée de ces deux élémens, on doit en conclure que dans nos grands fourneaux à fondre les mines de fer, il ſe perd vingt-un mille fois plus de chaleur qu'il ne s'en applique, ſoit à la mine, ſoit aux parois du fourneau; en ſorte qu'on imagineroit que les fourneaux de réverbère où la chaleur eſt plus concentrée, devroient produire le feu le plus puiſſant. Cependant j'ai acquis la preuve du contraire, nos mines de fer ne s'étant pas même aglutinées par le feu de réverbère de la glacerie de Rouelles en Bourgogne, tandis qu'elles fondent en moins de 12 heures au feu de mes fourneaux à ſoufflets : cette différence tient au principe que j'ai donné ; le feu par ſa vîteſſe ou par ſon volume, produit des effets tous différens ſur certaines ſubſtances telles que la mine de fer ; tandis que ſur d'autres ſubſtances telle que la pierre calcaire, il peut en produire de ſemblables. La fuſion eſt en général une opération prompte qui doit avoir plus

de rapport avec la vîtesse du feu que la calcination qui est presque toujours lente, & qui doit dans bien des cas avoir plus de rapport au volume du feu ou à son long séjour, qu'à sa vîtesse. On verra par l'expérience suivante, que cette même chaleur retenue & concentrée n'a fait aucun effet sur la mine de fer.

Deuxieme Expérience.

Dans ce même fourneau de 23 pieds de hauteur, après avoir fondu de la mine de fer pendant environ quatre mois, je fis couler les dernieres gueuses en remplissant toujours avec du charbon, mais sans mine, afin d'en tirer toute la matiere fondue; & quand je me fus assuré qu'il n'en restoit plus, je fis cesser le vent, boucher exactement l'ouverture de la tuyere & celle de la coulée qu'on maçonna avec de la brique & du mortier de glaise mêlé de sable. Ensuite je fis porter sur le charbon autant de mine qu'il pouvoit en entrer dans le vide qui étoit au-dessus du fourneau; il y en entra cette premiere fois vingt-sept mesures de 70 livres, c'est-à-dire 1620 livres pour affleurer le niveau du gueulard; après quoi je fis boucher cette ouverture avec la même plaque de forte tôle & du mortier de glaise & sable, & encore de la poudre de charbon en grande quantité. On imagine bien quelle immense chaleur je renfermois ainsi dans le fourneau, tout le charbon en étoit allumé du haut en bas lorsque je fis cesser le vent; toutes

toutes les pierres des parois étoient rouges du feu qui les pénétroit depuis quatre mois ; toute cette chaleur ne pouvoit s'exhaler que par deux petites fentes qui s'étoient faites au mur du fourneau, & que je fis remplir de bon mortier, afin de lui ôter encore ces issues : trois jours après je fis déboucher le gueulard, & je vis, avec quelque surprise, que malgré cette chaleur immense renfermée dans le fourneau, le charbon ardent, quoique comprimé par la mine & chargé de 1620 livres, n'avoit baissé que de 16 pouces en trois jours ou 72 heures. Je fis sur le champ remplir ces 16 pouces de vide avec 25 mesures de mine, pesantes ensemble 1500 livres. Trois jours après je fis déboucher cette même ouverture du gueulard, & je trouvai le même vide de 16 pouces, & par conséquent la même diminution, ou si l'on veut, le même affaissement du charbon ; je fis remplir de même avec 1500 livres de mine, ainsi il y en avoit déjà 4620 livres sur le charbon qui étoit tout embrasé lorsqu'on avoit commencé de fermer le fourneau. Six jours après je fis déboucher le gueulard pour la troisième fois, & je trouvai que pendant ces six jours le charbon n'avoit baissé que de 20 pouces, que l'on remplit avec 1860 livres de mine ; enfin neuf jours après on déboucha pour la quatrième fois, & je vis que pendant ces neuf derniers jours le charbon n'avoit baissé que de 21 pouces, que je fis remplir de 1920 livres de mine ; ainsi il y en avoit en tout 8400 livres ; on referma le gueulard avec les mêmes

précautions, & le lendemain, c'est-à-dire, vingt-deux jours après avoir bouché pour la premiere fois, je fis rompre la petite maçonnerie de briques qui bouchoit l'ouverture de la coulée en laissant toujours fermée celle du gueulard, afin d'éviter le courant d'air qui auroit enflammé le charbon. La premiere chose que l'on tira par l'ouverture de la coulée, furent des morceaux réduits en chaux dans l'ouvrage du fourneau; on y trouva aussi quelques petits morceaux de mâchefer, quelques autres d'une fonte mal digérée, & environ une livre & demie de très bon fer qui s'étoit formé par coagulation. On tira près d'un tombereau de toutes ces matieres, parmi lesquelles il y avoit aussi quelques morceaux de mine brûlée & presque réduite en mauvais laitier; cette mine brûlée ne provenoit pas de celle que j'avois fait imposer sur les charbons après avoir fait cesser le vent, mais de celle qu'on y avoit jetée sur la fin du fondage, qui s'étoit attachée aux parois du fourneau, & qui ensuite étoit tombée dans le creuset avec les parties de pierres calcinées auxquelles elle étoit unie.

Après avoir tiré ces matieres, on fit tomber le charbon; le premier qui parut étoit à peine rouge; mais dès qu'il eut de l'air, il devint très rouge; on ne perdit pas un instant à le tirer, & on l'éteignoit en même temps en jetant de l'eau dessus. Le gueulard étant toujours bien fermé, on tira tout le charbon par l'ouverture de la coulée, & aussi toute la mine dont je l'avois fais charger.

La quantité de ce charbon tiré du fourneau, montoit à cent quinze corbeilles ; en ſorte que pendant ces vingt-deux jours d'une chaleur ſi violente, il paroiſſoit qu'il ne s'en étoit conſumé que dix-ſept corbeilles ; car toute la capacité du fourneau n'en contient que cent trente-cinq ; & comme il y avoit 16 pouces $\frac{1}{3}$ de vide lorſqu'on le boucha, il faut déduire deux corbeilles qui auroient été néceſſaires pour remplir ce vide.

Etonné de cette exceſſivement petite conſommation du charbon pendant vingt-deux jours de l'action de la plus violente chaleur qu'on eût jamis enfermée, je regardai ces charbons de plus près, & je vis que quoiqu'ils euſſent auſſi peu perdu ſur leur volume, ils avoient beaucoup perdu ſur leur maſſe, & que quoique l'eau avec laquelle on les avoit éteints leur eût rendu du poids, ils étoient encore d'environ un tiers plus légers que quand on les avoit jetés au fourneau ; cependant les ayant fait tranſporter aux petites chaufferies des martinets & de la batterie, ils ſe trouverent encore aſſez bons pour chauffer, même à blanc, les petites barres de fer qu'on fait paſſer ſous ces marteaux.

On avoit tiré la mine en même temps que le charbon, & on l'avoit ſoigneuſement ſéparée & miſe à part ; la très violente chaleur qu'elle avoit eſſuyée pendant ſi longtemps ne l'avoit ni fondue ni brûlée, ni même aglutinée, le grain en étoit ſeulement devenu plus propre & plus luiſant ; le ſable vitreſcible & les petits cailloux dont

elle étoit mêlée ne s'étoient point fondus ; & il me parut qu'elle n'avoit perdu que l'humidité qu'elle contenoit auparavant ; car elle n'avoit guere diminué que d'un cinquième en poids & d'environ un vingtième en volume, & cette derniere quantité s'étoit perdue dans les charbons.

Il résulte de cette expérience : 1°. Que la plus violente chaleur & la plus concentrée pendant un très long temps, ne peut, sans le secours, & le renouvellement de l'air, fondre la mine de fer, ni même le sable vitrescible, tandis qu'une chaleur de même espèce & beaucoup moindre peut calciner toutes les matieres calcaires : 2°. Que le charbon pénétré de chaleur ou de feu, commence à dimmuer de masse long-temps avant de diminuer de volume, & que ce qu'il perd le premier, sont les parties les plus combustibles qu'il contient. Car en comparant cette seconde expérience avec la premiere, comment se pourroit-il que la même quantité de charbon se consomme plus vite avec une chaleur très médiocre, qu'à une chaleur de la derniere violence, toutes deux également privées d'air, également retenues & concentrées dans le même vaisseau clos ? Dans la premiere expérience, le charbon qui, dans une cavité presque froide, n'avoit éprouvé que la légere impression d'un feu qu'on avoit étouffé au moment que la flamme s'étoit montrée, avoit néanmoins diminué des deux tiers en quinze jours ; tandis que le même charbon enflammé autant qu'il pouvoit l'être par le vent des

ſoufflets, & recevant encore la chaleur immenſe des pierres rouges de feu dont il étoit environné, n'a pas dimnué d'un ſixième pendant vingt-deux jours. Cela ſeroit inexplicable ſi l'on ne faiſoit pas attention que, dans le premier cas, le charbon avoit toute ſa denſité, & contenoit toutes ſes parties combuſtibles ; au lieu que dans le ſecond cas où il étoit dans l'état de la plus forte incandeſcence, toutes ſes parties les plus combuſtibles étoient déjà brûlées. Dans la premiere expérience, la chaleur, d'abord très médiocre, alloit toujours en augmentant à meſure que la combuſtion augmentoit & ſe communiquoit de plus en plus à la maſſe entiere du charbon. Dans la ſeconde expérience, la chaleur exceſſive alloit en diminuant à meſure que le charbon achevoit de brûler, & il ne pouvoit plus donner autant de chaleur, parce que ſa combuſtion étoit fort avancée au moment qu'on l'avoit enfermé. C'eſt-là la vraie cauſe de cette différence d'effets. Le charbon dans la premiere expérience, contenant toutes ſes parties combuſtibles, brûloit mieux & ſe conſumoit plus vîte que celui de la ſeconde expérience, qui ne contenoit preſque plus de matiere combuſtible, & ne pouvoit augmenter ſon feu ni même l'entretenir au même degré que par l'emprunt de celui des murs du fourneau ; c'eſt par cette ſeule raiſon que la combuſtion alloit toujours en diminuant, & qu'au total elle a été beaucoup moindre & plus lente que l'autre qui alloit toujours en augmentant & qui s'eſt

faite en moins de temps. Lorſque tout acès eſt fermé à l'air, & que les matieres renfermées n'en contiennent que peu ou point dans leur ſubſtance, elles ne ſe conſumeront pas, quelque violente que ſoit la chaleur; mais s'il reſte une certaine quantité d'air entre les interſtices de la matiere combuſtible, elle ſe conſumera d'autant plus vîte & d'autant plus qu'elle pourra fournir elle-même une plus grande quantité d'air: 3°. Il réſulte encore de ces experiences, que la chaleur la plus violente, dès qu'elle n'eſt pas nourrie, produit moins d'effet que la plus petite chaleur qui trouve de l'aliment; la premiere eſt pour ainſi dire une chaleur morte qui ne ſe fait ſentir que par ſa déperdition; l'autre eſt un feu vivant qui s'accroît à proportion des alimens qu'il conſume. Pour reconnoître ce que cette chaleur morte, c'eſt-à-dire cette chaleur dénuée de tout aliment pouvoit produire, j'ai fait l'expérience ſuivante.

Troisieme Expérience.

Apres avoir tiré du fourneau, par l'ouverture de la coulée, tout le charbon qui y étoit contenu, & l'avoir entiérement vidé de mine & de toute autre matiere, je fis maçonner de nouveau cette ouverture & boucher avec le plus grand ſoin celle du gueulard en haut, toutes les pierres des parois du fourneau étant encore exceſſivement chaudes; l'air ne pouvoit donc entrer dans le fourneau pour le rafraîchir,

& la chaleur ne pouvoit en ſortir qu'à travers des murs de plus de 9 pieds d'épaiſſeur ; d'ailleurs il n'y avoit dans ſa cavité, qui étoit abſolument vide, aucune matiere combuſtible, ni même aucune autre matiere. Obſervant donc ce qui arriveroit, je m'apperçus que tout l'effet de la chaleur ſe portoit en haut, & que quoique cette chaleur ne fût pas du feu vivant ou nourri par aucune matiere combuſtible, elle fit rougir en peu de temps la forte plaque de tôle qui couvroit le gueulard ; que cette incandeſcence donnée par la chaleur obſcure à cette large pièce de fer ſe communiqua par le contact à toute la maſſe de poudre de charbon qui recouvroit les mortiers de cette plaque & enflamma du bois que je fis mettre deſſus. Ainſi la ſeule évaporation de cette chaleur obſcure & morte, qui ne pouvoit ſortir que des pierres du fourneau, produiſit ici le même effet que le feu vif & nourri. Cette chaleur tendant toujours en haut & ſe réuniſſant toute à l'ouverture du gueulard au-deſſous de la plaque de fer, la rendit rouge, lumineuſe & capable d'enflammer des matieres combuſtibles. D'où l'on doit conclure qu'en augmentant la maſſe de la chaleur obſcure, on peut produire de la lumiere, de la même maniere qu'en augmentant la maſſe de la lumiere on produit de la chaleur ; que dès-lors ces deux ſubſtances ſont réciproquement convertibles de l'une en l'autre, & toutes deux néceſſaires à l'élément du feu.

Lorſqu'on enleva cette plaque de fer qui

couvroit l'ouverture supérieure du fourneau ; & que la chaleur avoit fait rougir, il en sortit une vapeur légere & qui parut enflammée, mais qui se dissipa dans un instant : j'observai alors les pierres des parois du fourneau, elles me parurent calcinées en très grande partie & très profondément ; & en effet ayant laissé refroidir le fourneau pendant dix jours, elles se sont trouvées calcinées jusqu'à deux pieds, & même deux pieds & demi de profondeur, ce qui ne pouvoit provenir que de la chaleur que j'y avois renfermée pour faire mes expériences, attendu que dans les autres fondages le feu animé par les soufflets n'avoit jamais calciné les mêmes pierres à plus de huit pouces d'épaisseur dans les endroits où il est le plus vif, & seulement à deux ou trois pouces dans tout le reste ; au lieu que toutes les pierres, depuis le creuset jusqu'au terre-plein du fourneau, ce qui fait une hauteur de vingt pieds, étoient généralement réduites en chaux d'un pied & demi, de deux pieds, & même de deux pieds & demi d'épaisseur : comme cette chaleur renfermée n'avoit pu trouver d'issue, elle avoit pénétré les pierres bien plus profondément que la chaleur courante.

On pourroit tirer de cette expérience les moyens de cuire la pierre & de faire de la chaux à moindres frais, c'est-à-dire, de diminuer de beaucoup la quantité de bois en se servant d'un fourneau bien fermé au lieu de fourneaux ouverts ; il ne faudroit qu'une petite quantité de charbon pour convertir

vertir en chaux, dans moins de quinze jours, toutes les pierres contenues dans le fourneau, & les murs même du fourneau à plus d'un pied d'épaisseur s'il étoit bien exactement fermé.

Dès que le fourneau fut assez refroidi pour permettre aux ouvriers d'y travailler, on fut obligé d'en démolir tout l'intérieur du haut en bas sur une épaisseur circulaire de 4 pieds; on en tira 54 muids de chaux, sur laquelle je fis les observations suivantes: 1°. toute cette pierre, dont la calcination s'étoit faite à feu lent & concentré n'étoit pas devenue aussi légere que la pierre calcinée à la maniere ordinaire; celle-ci, comme je l'ai dit, perd à très peu près la moitié de son poids, & celle de mon fourneau n'en avoit perdu qu'environ trois huitièmes; 2°. elle ne saisit pas l'eau avec la même avidité que la chaux vive ordinaire; lorsqu'on l'y plonge, elle ne donne d'abord aucun signe de chaleur ni d'ébullition, mais peu après elle se gonfle, se divise & s'élève, en sorte qu'on n'a pas besoin de la remuer comme on remue la chaux vive ordinaire pour l'éteindre; 3°. cette chaux a une saveur beaucoup plus âcre que la chaux commune, elle contient par conséquent beaucoup plus d'alkali fixe; 4°. elle est infiniment meilleure, plus liante & plus forte que l'autre chaux, & tous les ouvriers n'en emploient qu'environ les deux tiers de l'autre, & assurent que le mortier est encore excellent; 5°. cette chaux ne s'éteint à l'air qu'après un temps très long, tandis qu'il ne faut

qu'un jour ou deux pour réduire la chaux vive commune en poudre à l'air libre, celle-ci résiste à l'impression de l'air pendant un mois ou cinq semaines; 6°. au lieu de se réduire en farine ou en poussiere sèche comme la chaux commune, elle conserve son volume, & lorsqu'on la divise en l'écrasant, toute la masse paroît ductile & pénétrée d'une humidité grasse & liante qui ne peut provenir que de l'humide de l'air que la pierre a puissamment attiré & absorbé pendant les cinq semaines de temps employées à son extinction. Au reste, la chaux que l'on tire communément des fourneaux de forge, a toutes ces mêmes propriétés; ainsi la chaleur obscure & lente produit encore ici les mêmes effets que le feu le plus vif & le plus violent.

Il sortit de cette démolition de l'intérieur du fourneau, 232 quartiers de pierre de taille, tous calcinés plus ou moins profondément; ces quartiers avoient communément quatre pieds de longueur, la plupart étoient en chaux jusqu'à dix-huit pouces, & les autres à deux pieds, & même deux pieds & demi; & cette portion calcinée se séparoit aisément du reste de la pierre qui étoit saine, & même plus dure que quand on l'avoit posée pour bâtir le fourneau. Cette observation m'engagea à faire les expériences suivantes.

Quatrieme Expérience.

Je fis peser dans l'air & dans l'eau trois morceaux de ces pierres qui, comme l'on

voit, avoient ſubi la plus grande chaleur qu'elles puſſent éprouver ſans ſe réduire en chaux, & j'en comparai la peſanteur ſpécifique avec celle des trois autres morceaux à-peu-près du même volume, que j'avois fait prendre dans d'autres quartiers de cette même pierre qui n'avoient point été employés à la conſtruction du fourneau, ni par conſéquent chauffés, mais qui avoient été tirés de la même carriere neuf mois auparavant, & qui étoient reſtés à l'expoſition du ſoleil & de l'air. Je trouvai que la peſanteur ſpécifique des pierres échauffées à ce grand feu pendant cinq mois avoit augmenté, qu'elle étoit conſtamment plus grande que celle de la même pierre non échauffée, d'un 81e ſur le premier morceau, d'un 90e ſur le ſecond & d'un 85e ſur le troiſième : donc la pierre chauffée au degré voiſin de celui de ſa calcination, gagne au moins un 86e de maſſe; au lieu qu'elle en perd trois huitièmes par la calcination qui ne ſuppoſe qu'un degré de chaleur de plus. Cette différence ne peut venir que de ce qu'à un certain degré de violente chaleur ou de feu, tout l'air & toute l'eau transformés en matiere fixe dans la pierre, reprennent leur premiere nature, leur élaſticité, leur volatilité, & que dès-lors ils ſe dégagent de la pierre & s'élevent en vapeurs, que le feu enlève & entraîne avec lui. Nouvelle preuve que la pierre calcaire eſt en très grande partie compoſée d'air fixe & d'eau fixe ſaiſis & transformés en matiere ſolide par le filtre animal.

Après ces expérences j'en fis d'autres sur cette même pierre échauffée à un moindre degré de chaleur, mais pendant un temps aussi long; je fis détacher pour cela trois morceaux des parois extérieures de la lunette de la tuyere, dans un endroit où la chaleur étoit à-peu-près de 95 degrés, parce que le soufre appliqué contre la muraille s'y ramollissoit & commençoit à fondre, & que ce degré de chaleur est à très peu pres celui auquel le soufre entre en fusion. Je trouvai par trois épreuves semblables aux précédentes, que cette même pierre chauffée à ce degré pendant cinq mois, avoit augmenté en pesanteur spécifique d'un 65e, c'est-à-dire, de presque un quart de plus que celle qui avoit éprouvé le degré de chaleur voisin de celui de la calcination ; & je conclus de cette différence que l'effet de la calcination commençoit à se préparer dans la pierre qui avoit subi le plus grand feu, au lieu que celle qui n'avoit éprouvé qu'une moindre chaleur, avoit conservé toutes les parties fixes qu'elle y avoit déposées.

Pour me satisfaire pleinement sur ce sujet, & reconnoître si toutes les pierres calcaires augmentent de pesanteur spécifique par une chaleur constamment & long-temps appliquée, je fis six nouvelles épreuves sur deux autres espèces de pierres. Celle dont étoit construit l'intérieur de mon fourneau, & qui a servi aux expériences précédentes, s'appelle dans le pays *pierre à feu*, parce qu'elle résiste plus à l'action du feu que toutes les autres pierres calcaires. Sa sub-

ſtance eſt compoſée de petits graviers calcaires liés enſemble par un ciment pierreux qui n'eſt pas fort dur, & qui laiſſe quelques interſtices vides ; ſa peſanteur eſt néanmoins plus grande que celle des autres pierres calcaires d'environ un 20e. En ayant éprouvé pluſieurs morceaux au feu de mes chaufferies, il a fallu pour les calciner plus du double du temps de celui qu'il falloit pour réduire en chaux les autres pierres ; on peut donc être aſſuré que les expériences précédentes ont été faites ſur la pierre calcaire la plus réſiſtante au feu. Les pierres auxquelles je vais la comparer étoient auſſi de très bonnes pierres calcaires dont on fait la plus belle taille pour les bâtimens, l'un a le grain fin & preſque auſſi ſerré que celui du marbre, l'autre a le grain un peu plus gros, mais toutes deux ſont compactes & pleines, toutes deux font de l'excellente chaux griſe, plus liante & plus forte que la chaux commune qui eſt plus blanche.

En peſant dans l'air & dans l'eau trois morceaux chauffés & tois autres non chauffés de cette premiere pierre dont le grain étoit le plus fin, j'ai trouvé qu'elle avoit gagné un 56e en peſanteur ſpécifique, par l'application conſtante pendant cinq mois, d'une chaleur d'environ 90 degrés, ce que j'ai reconnu, parce qu'elle étoit voiſine de celle dont j'avois fait caſſer les morceaux dans la voûte extérieure du fourneau, & que le ſoufre ne fondoit plus contre ſes parois ; en ayant donc fait enlever

trois morceaux encore chauds pour les peser, & comparer avec d'autres morceaux de la même pierre qui étoient restés exposés à l'air libre, j'ai vu que l'un des morceaux avoit augmenté d'un 60e ; le second d'un 62e ; le troisième d'un 56e. Ainsi cette pierre à grain très fin a augmenté en pesanteur spécifique de près d'un tiers de plus que la pierre à feu chauffée au degré voisin de celui de la calcination, & aussi d'environ un 7e de plus que cette même pierre à feu chauffée à 95 degrés, c'est-à-dire, une chaleur à-peu-près égale.

La seconde pierre, dont le grain étoit moins fin, formoit une assise entiere de la voûte extérieure du fourneau, & je fus maître de choisir les morceaux dont j'avois besoin pour l'expérience, dans un quartier qui avoit subi pendant le même temps de cinq mois le même degré 95 de chaleur que la pierre à feu ; en ayant donc fait casser trois morceaux, & m'étant muni de trois autres qui n'avoient pas été chauffés, je trouvai que l'un de ces morceaux chauffés avoit augmenté d'un 54e ; le second dun 63e ; & le troisième d'un 66e ; ce qui donne pour la mesure moyenne un 61e. d'augmentation en pesanteur spécifique.

Il résulte de ces expériences, 1°. que toute pierre calcaire chauffée pendant longtemps, acquiert de la masse & devient plus pesante ; cette augmentation ne peut venir que des particules de chaleur qui la pénètrent & s'y unissent par leur longue résidence, & qui dès-lors en deviennent

partie conſtituante ſous une forme fixe : 2°. que cette augmentation de peſanteur ſpécifique étant d'un 61e ou d'un 56e ou d'un 65e ne ſe trouve varier ici que par la nature des différentes pierres ; que celles dont le grain eſt le plus fin, ſont celles dont la chaleur augmente le plus la maſſe, & dans leſquelles les pores étant plus petits, elle ſe fixe plus aiſément & en plus grande quantité : 3°. que la quantité de chaleur qui ſe fixe dans la pierre eſt encore bien plus grande que ne le déſigne ici l'augmentation de la maſſe ; car la chaleur avant de ſe fixer dans la pierre, a commencé par en chaſſer toutes les parties humides qu'elle contenoit : on ſait qu'en diſtillant la pierre calcaire dans une cornue bien fermée on tire de l'eau pure juſqu'à concurrence d'un ſeizième de ſon poids : mais comme une chaleur de 95 degrés, quoiqu'appliquée pendant cinq mois, pourroit néanmoins produire à cet égard de moindres effets que le feu violent qu'on applique au vaiſſeau dans lequel on diſtille la pierre, réduiſons de moitié & même des trois quarts cette quantité d'eau enlevée à la pierre par la chaleur de 95 degrés, on ne pourra pas diſconvenir que la quantité de chaleur qui s'eſt fixée dans cette pierre, ne ſoit d'abord d'un 60e indiqué par l'augmentation de la peſanteur ſpécifique, & encore d'un 64e pour le quart de la quantité d'eau qu'elle contenoit, & que cette chaleur aura fait ſortir ; en ſorte qu'on peut aſſurer, ſans craindre de ſe

tromper, que la chaleur qui pénètre dans la pierre lui étant appliquée pendant long-temps, s'y fixe en assez grande quantité pour en augmenter la masse tout au moins d'un trentième, même dans la supposition qu'elle n'ait chassé pendant ce long temps que le quart de l'eau que la pierre contenoit.

Cinquieme Expérience.

Toutes les pierres calcaires dont la pesanteur spécifique augmente par la longue application de la chaleur, acquièrent par cette espèce de dessèchement plus de dureté qu'elles n'en avoient auparvant. Voulant reconnoitre si cette dureté seroit durable, & si elles ne perdroient pas avec le temps, non-seulement cette qualité, mais celle de l'augmentation de densité qu'elles avoient acquise par la chaleur; je fis exposer aux injures de l'air plusieurs parties de trois espèces de pierres qui avoient servi aux expériences précédentes, & qui toutes avoient été plus ou moins chauffées pendant cinq mois. Au bout de quinze jours, pendant lesquels il y avoit eu des pluies je les fis sonder & frapper au marteau par le même ouvrier qui les avoit trouvées très dures quinze jours auparavant; il reconnut avec moi que la pierre à feu qui étoit la plus poreuse, & dont le grain étoit le plus gros, n'étoit déjà plus aussi dure & qu'elle se laissoit travailler plus aisément. Mais les deux autres espèces, & sur-tout celle dont le grain

étoit le plus fin, avoient conſervé la même dureté, néanmoins elles la perdirent en moins de ſix ſemaines. Et les ayant fait alors éprouver à la balance hydroſtatique, je reconnus qu'elles avoient auſſi perdu une aſſez grande quantité de la matiere fixe que la chaleur y avoit dépoſée. Néanmoins au bout de pluſieurs mois elle étoient toujours ſpécifiquement plus peſantes d'un 150e ou d'un 160e que celles qui n'avoient point été chauffées. La différence devenant alors trop difficile à ſaiſir entre ces morceaux & ceux qui n'avoient pas été chauffés, & qui tous étoient également expoſés à l'air, je fus forcé de borner là cette expérience, mais je ſuis perſuadé qu'avec beaucoup de temps ces pierres auroient perdu toute leur peſanteur acquiſe. Il en eſt de même de la dureté ; après quelques mois d'expoſition à l'air, les ouvriers les ont traitées tout auſſi aiſément que les autres pierres de même eſpèce qui n'avoient point été chauffées.

Il réſulte de cette expérience, que les particules de chaleur qui ſe fixent dans la pierre, n'y ſont, comme je l'ai dit, unies que par force ; que quoiqu'elle les conſerve après ſon entier refroidiſſement & pendant aſſez long-temps, ſi on la préſerve de toute humidité, elle les perd néanmoins peu-à-peu par les impreſſions de l'air & de la pluie, ſans doute parce que l'air & l'eau ont plus d'affinité avec la pierre que les parties de la chaleur qui s'y étoient logées. Cette chaleur fixe n'eſt plus active, elle eſt pour ainſi dire morte, & entiérement paſſive ;

dès-lors bien loin de pouvoir chasser l'humidité, celle-ci la chasse à son tour & reprend toutes les places qu'elle lui avoit cédées. Mais dans d'autres matieres qui n'ont pas avec l'eau autant d'affinité que la pierre calcaire, cette chaleur une fois fixée n'y demeure-t-elle pas constamment & à toujours? c'est ce que j'ai cherché à constater par l'expérience suivante.

Sixieme Expérience.

J'ai pris plusieurs morceaux de fonte de fer, que j'ai fait casser dans les gueuses qui avoient servi plusieurs fois à soutenir les parois de la cheminée de mon fourneau, & qui par conséquent avoient été chauffées trois fois pendant quatre ou cinq mois de suite au degré de chaleur qui calcine la pierre, car ces gueuses avoient soutenu les pierres ou les briques de l'intérieur du fourneau, & n'étoient défendues de l'action immédiate du feu que par une pierre épaisse de trois ou quatre pouces qui formoit le dernier rang des étalages du fourneau; ces dernieres pierres, ainsi que toutes les autres dont les étalages étoient construits, s'étoient réduites en chaux à chaque fondage, & la calcination avoit toujours pénétré de près de huit pouces dans celles qui étoient exposées à la plus violente action du feu; ainsi les gueuses qui n'étoient recouvertes que de quatre pouces par ces pierres, avoient certainement subi le même degré de feu que celui qui produit la parfaite calcination de

la pierre, & l'avoient, comme je l'ai dit, ſubi trois fois pendant quatre ou cinq mois de ſuite. Les morceaux de cette fonte de de fer, que je fis caſſer ne ſe ſéparerent du reſte de la gueuſe qu'à coups de maſſe très réitérés, au lieu que des gueuſes de cette même fonte, mais qui n'avoient pas ſubi l'action du feu, étoient très caſſantes & ſe ſéparoient en morceaux aux premiers coups de maſſe; je reconnus dès-lors que cette fonte chauffée à un auſſi grand feu & pendant ſi long-temps, avoit acquis beaucoup plus de dureté & de ténacité qu'elle n'en avoit auparavant, beaucoup plus même à proportion que n'en avoient acquis les pierres calcaires. Par ce premier indice je jugeai que je trouverois une différence encore plus grande dans la peſanteur ſpécifique de cette fonte ſi long-temps échauffée. Et en effet, le premier morceau que j'éprouvai à la balance hydroſtatique, peſoit dans l'air 4 livres 4 onces 3 gros, ou 547 gros; le même morceau peſoit dans l'eau 3 livres 11 onces 2 gros $\frac{1}{2}$ c'eſt-à-dire, 474 gros $\frac{1}{2}$, la différence eſt de 72 gros $\frac{1}{2}$; l'eau dont je me ſervois pour mes expériences peſoit exactement 70 livres le pied cube, & le volume d'eau déplacé par celui du morceau de cette fonte, peſoit 72 gros $\frac{1}{2}$ ainſi 72 gros $\frac{1}{2}$ poids du volume de l'eau déplacée par le morceau de fonte, ſont à 70 livres poids du pied cube de l'eau, comme 547 gros poids du morceau de fonte ſont à 528 livres 2 onces 1 gros 47 grains poids du pied cube de cette fonte: & ce poids excède beaucoup celui de cette

même fonte lorsqu'elle n'a pas été chauffée ; c'est une fonte blanche qui communément est très cassante, & dont le poids n'est que de 495 ou 500 livres tout au plus ; ainsi la pesanteur spécifique se trouve augmentée de 28 sur 500 par cette très longue application de la chaleur, ce qui fait environ un dix-huitième de la masse ; je me suis assuré de cette grande différence par cinq épreuves successives pour lesquelles j'ai eu attention de prendre toujours des morceaux pesans chacun quatre livres au moins, & comparés un à un avec des morceax de même figure & d'un volume à-peu-près égal : car quoiqu'il paroisse qu'ici la différence du volume, quelque grande qu'elle soit, ne devroit rien faire, & ne peut influer sur le résultat de l'opération de la balance hydrostatique ; cependant ceux qui sont exercés à la manier se seront apperçus, comme moi, que les résultats sont toujours plus justes lorsque les volumes des matieres qu'on compare ne sont pas bien plus grands l'un que l'autre. L'eau, quelque fluide qu'elle nous paroisse, a néanmoins un certain petit degré de ténacité qui influe plus ou moins sur des volumes plus ou moins grands. D'ailleurs il y a très peu de matieres qui soient parfaitement homogènes ou égales en pesanteur dans toutes les parties extérieures du volume qu'on soumet à l'épreuve ; ainsi pour obtenir un résultat sur lequel on puisse compter précisément, il faut toujours comparer des morceaux d'un volume approchant, & d'une figure qui ne soit pas bien diffé-

rente ; car ſi d'une part on peſoit un globe de fer de deux livres & d'autre part une feuille de tôle du même poids, on trouveroit à la balance hydroſtatique leur peſanteur ſpécifique différente, quoiqu'elle fut réellement la même.

Je crois que quiconque réfléchira ſur les expériences précédentes & ſur leurs réſultats, ne pourra diſconvenir que la chaleur très long-temps appliquée aux différens corps qu'elle pénètre, ne dépoſe dans leur intérieur une très grande quantité de particules qui deviennent parties conſtituantes de leur maſſe, & qui s'y uniſſent & y adherent d'autant plus que les matieres ſe trouvent avoir avec elles plus d'affinité & d'autres rapports de nature. Auſſi me trouvant muni de ces expériences, je n'ai pas craint d'avancer dans mon Traité des Elémens, que les molécules de la chaleur ſe fixoient dans tous les corps, comme s'y fixent celles de la lumiere & celles de l'air, dès qu'il eſt accompagné de chaleur ou de feu.

SIXIEME MÉMOIRE.

Expériences sur la Lumiere & sur la Chaleur qu'elle peut produire.

ARTICLE PREMIER.

Invention de Miroirs pour brûler à de grandes distances.

L'HISTOIRE des miroirs ardens d'Archimède est fameuse; il les inventa pour la défense de sa patrie, & il lança, disent les Anciens, le feu du Soleil sur la flotte ennemie qu'il réduisit en cendres lorsqu'elle approcha des remparts de Syracuse; mais cette histoire dont on n'a pas douté pendant quinze ou seize siècles, a d'abord été contredite, & ensuite traitée de fable dans ces derniers temps. Descartes, né pour juger, & même pour surpasser Archimède, a prononcé contre lui d'un ton de maître; il a nié la possibilité de son invention, & son opinion a prévalu sur les témoignages & sur la croyance de toute l'antiquité: les Physiciens modernes, soit par respect pour leur Philosophe, soit par complaisance pour leurs contemporains, ont été de même avis. On n'accorde guere aux Anciens que ce qu'on ne peut leur ôter; déterminés peut-être par ces motifs, dont l'amour propre ne

ſe ſert que trop ſouvent ſans qu'on s'en apperçoive, n'avons-nous pas naturellement trop de penchant à refuſer ce que nous devons à ceux qui nous ont précédés ? & ſi notre ſiècle refuſe plus qu'un autre, ne ſeroit-ce pas qu'étant plus éclairé il croit avoir plus de droit à la gloire, plus de prétentions à la ſupériorité ?

Quoi qu'il en ſoit, cette invention étoit dans le cas de pluſieurs autres découvertes de l'antiquité qui ſe ſont évanouies, parce qu'on a préféré la facilité de les nier à la difficulté de les retrouver; & les miroirs ardens d'Archimède étoient ſi décriés, qu'il ne paroiſſoit pas poſſible d'en rétablir la réputation; car, pour appeller du jugement de Deſcartes, il falloit quelque choſe de plus fort que des raiſons, & il ne reſtoit qu'un moyen sûr & déciſif, à la vérité, mais difficile & hardi, c'étoit d'entreprendre de trouver les miroirs, c'eſt-à-dire, d'en faire qui puſſent produire les mêmes effets; j'en avois conçu depuis long-temps l'idée, & j'avouerai volontiers que le plus difficile de la choſe étoit de la voir poſſible, puiſque dans l'exécution j'ai réuſſi au-delà même de mes eſpérances.

J'ai donc cherché le moyen de faire des miroirs pour brûler à de grandes diſtances, comme de 100, de 200 & 300 pieds; je ſavois en général qu'avec les miroirs par réflexion, l'on n'avoit jamais brûlé qu'à 15 ou 20 pieds tout au plus, & qu'avec ceux qui ſont réfringens, la diſtance étoit encore plus courte, & je ſentois bien qu'il étoit impoſ-

sible dans la pratique de travailler un miroir de métal ou de verre avec assez d'exactitude pour brûler à ces grandes distances; que pour brûler, par exemple, à 200 pieds, la sphère ayant dans ce cas 800 pieds de diamètre, on ne pouvoit rien espérer de la méthode ordinaire de travailler les verres, & je me persuadai bientôt que quand même on pourroit en trouver une nouvelle pour donner à de grandes pièces de verre ou de métal une courbure aussi légere, il n'en résulteroit encore qu'un avantage très peu considérable, comme je le dirai dans la suite.

Mais pour aller par ordre, je cherchai d'abord combien la lumiere du soleil perdoit par la réflexion à différentes distances, & quelles sont les matieres qui la réfléchissent le plus fortement. Je trouvai premièrement que les glaces étamées, lorsqu'elles sont polies avec un peu de soin, réfléchissent plus puissamment la lumiere que les métaux les mieux polis, & même mieux que le métal composé dont on se sert pour faire des miroirs de télescopes; & que quoiqu'il y ait dans les glaces deux réflexions, l'une à la surface & l'autre à l'intérieur, elles ne laissent pas de donner une lumiere plus vive & plus nette que le métal, qui produit une lumiere colorée.

En second lieu, en recevant la lumiere du soleil dans un endroit obscur, & en la comparant avec cette même lumiere du soleil réfléchie par une glace, je trouvai qu'à de petites distances, comme de quatre ou cinq pieds

pieds, elle ne perdoit qu'environ moitié par la réflexion, ce que je jugeai en faisant tomber sur la premiere lumiere réfléchie, une seconde lumiere aussi réfléchie : car la vivacité de ces deux lumieres réfléchies me parut égale à celle de la lumiere directe.

Troisièmement: ayant reçu à de grandes distances, comme à 100, 200 & 300 pieds, cette même lumiere réfléchie par de grandes glaces, je reconnus qu'elle ne perdoit presque rien de sa force, par l'épaisseur de l'air qu'elle avoit à traverser.

Ensuite je voulus essayer les mêmes choses sur la lumiere des bougies ; & pour m'assurer plus exactement de la quantité d'affoiblissement que la réflexion cause à cette lumiere, je fis l'expérience suivante.

Je me mis vis-à-vis une glace de miroir avec un livre à la main, dans une chambre où l'obscurité de la nuit étoit entiere, & où je ne pouvois distinguer aucun objet : je fis allumer dans une chambre voisine, à 40 pieds de distance environ, une seule bougie, & je la fis approcher peu-à-peu, jusqu'à ce que je pusse distinguer les caracteres & lire le livre que j'avois à la main; la distance se trouva de 24 pieds du livre à la bougie : ensuite ayant retourné le livre du côté du miroir, je cherchai à lire par cette même lumiere réfléchie, & je fis intercepter par un paravent la partie de la lumiere directe qui ne tomboit pas sur le miroir, afin de n'avoir sur mon livre que la lumiere réfléchie. Il fallut approcher la bougie, ce qu'on fit peu-à-peu, jusqu'à ce que je pusse lire

les mêmes caracteres éclairés par la lumiere réfléchie ; & alors la distance du livre à la bougie, y compris celle du livre au miroir, qui n'étoit que d'un demi-pied, se trouva être en tout de quinze pieds : je répétai cela plusieurs fois, & j'eus toujours les mêmes résultats, à très peu près ; d'où je conclus que la force ou la quantité de la lumiere directe est à celle de la lumiere réfléchie, comme 576 à 225 ; ainsi l'effet de la lumiere de cinq bougies reçues par une glace plane, est à-peu-près égal à celui de la lumiere directe de deux bougies.

La lumiere des bougies perd donc plus par la réflexion que la lumiere du soleil ; & cette différence vient de ce que les rayons de lumiere qui partent de la bougie comme d'un centre, tombent plus obliquement sur le miroir que les rayons du soleil qui viennent presque parallèlement. Cette expérience confirma donc ce que j'avois trouvé d'abord, & je tins pour sûr que la lumiere du soleil ne perd qu'environ moitié par sa réflexion sur une glace de miroir.

Ces premieres connoissances dont j'avois besoin étant acquises, je cherchai ensuite ce que deviennent en effet les images du soleil lorsqu'on les reçoit à de grandes distances. Pour bien entendre ce que je vais dire, il ne faut pas, comme on le fait ordinairement, considérer les rayons du soleil comme parallèles ; & il faut se souvenir que le corps du soleil occupe à nos yeux une étendue d'environ 32 minutes ; que par conséquent les rayons qui partent du bord supérieur du

disque, venant à tomber sur un point d'une surface réfléchissante, les rayons qui partent du bord inférieur venant à tomber aussi sur le même point de cette surface, ils forment entr'eux un angle de 32 minutes dans l'incidence & ensuite dans la réflexion, & que par conséquent l'image doit augmenter de grandeur à mesure qu'elle s'éloigne: il faut de plus faire attention à la figure de ces images; par exemple, une glace plane quarrée d'un demi-pied, exposée aux rayons du soleil, formera une image quarrée de six pouces, lorsqu'on recevra cette image à une petite distance de la glace, comme de quelques pieds; en s'éloignant peu-à-peu on voit l'image augmenter, ensuite se déformer, enfin s'arrondir & demeurer ronde toujours en s'agrandissant, à mesure qu'elle s'éloigne du miroir: cette image est composée d'autant de disques du soleil qu'il y a de points physiques dans la surface réfléchissante; le point du milieu forme une image du disque, les points voisins en forment de semblables & de même grandeur qui excèdent un peu le disque du milieu; il en est de même de tous les autres points, & l'image est composée d'une infinité de disques, qui se surmontant régulièrement, & anticipant circulairement les uns sur les autres, forment l'image réfléchie dont le point du milieu de la glace est le centre.

Si l'on reçoit l'image composée de tous ces disques à une petite distance, alors l'étendue qu'ils occupent n'étant qu'un peu plus grande que celle de la glace, cette image

est de la même figure & à-peu-près de la même étendue que la glace : si la glace est quarrée, l'image est quarrée ; si la glace est triangulaire, l'image est triangulaire ; mais lorsqu'on reçoit l'image à une grande distance de la glace, où l'étendue qu'occupent les disques est beaucoup plus grande que celle de la glace, l'image ne conserve plus la figure quarrée ou triangulaire de la glace, elle devient nécessairement circulaire ; & pour trouver le point de distance où l'image perd sa figure quarrée, il n'y a qu'à chercher à quelle distance la glace nous paroît sous un angle égal à celui que forme le corps du soleil à nos yeux, c'est-à-dire, sous un angle de 32 minutes, cette distance sera celle où l'image perdra sa figure quarrée, & deviendra ronde ; car les disques ayant toujours pour diamètre une ligne égale à la corde de l'arc de cercle qui mesure un angle de 32 minutes, on trouvera par cette règle qu'une glace quarrée de six pouces, perd sa figure quarrée à la distance d'environ 60 pieds, & qu'une glace d'un pied en quarré ne la perd qu'à 120 pieds environ, & ainsi des autres.

En réfléchissant un peu sur cette théorie, on ne sera plus étonné de voir qu'à de très grandes distances, une grande & une petite glace donnent à-peu-près une image de la même grandeur, & qui ne diffère que par l'intensité de la lumiere : on ne sera plus surpris qu'une glace ronde, ou quarrée, ou longue, ou triangulaire, ou de telle autre

figure que l'on voudra (*a*), donne toujours des images rondes ; & on verra clairement que les images ne s'agrandiſſent & ne s'affoibliſſent que par la diſperſion de la lumiere, ou par la perte qu'elle fait en traverſant l'air, comme l'ont cru quelques Phyſiciens ; & que cela n'arrive au contraire que par l'augmentation des diſques qui occupent toujours un eſpace de 32 minutes à quelqu'éloignement qu'on les porte.

De même on ſera convaincu par la ſimple expoſition de cette théorie, que les courbes de quelque eſpèce qu'elles ſoient, ne peuvent être employées avec avantage pour brûler de loin, parce que le diamètre du foyer de toutes les courbes ne peut jamais être plus petit que la corde de l'arc qui meſure un angle de 32 minutes, & que par conſéquent le miroir concave le plus parfait dont le diamètre ſeroit égal à cette corde, ne feroit jamais le double de l'effet de ce miroir plan de même ſurface (*b*) ; & ſi le diamètre de ce miroir courbe étoit plus petit que cette corde, il ne feroit guere plus d'effet qu'un miroir plan de même ſurface.

Lorſque j'eus bien compris ce que je viens

(*a*) C'eſt par cette même raiſon que les petites images du Soleil qui paſſent entre les feuilles des arbres élevés & touffus, qui tombent ſur le ſable d'une allée, ſont toutes ovales ou rondes,

(*b*) Si l'on ſe donne la peine de le ſupputer, on trouvera que le miroir courbe le plus parfait, n'a d'avantage ſur un miroir plan que dans la raiſon de 17 à 10, du moins à très peu près.

d'exposer, je me persuadai bientôt à n'en pouvoir douter, qu'Archimède n'avoit pu brûler de loin qu'avec des miroirs plans; car indépendamment de l'impossibilité où l'on étoit alors, & où l'on seroit encore aujourd'hui d'exécuter des mirois concaves d'un aussi long foyer, je sentis bien que les réflexions que je viens de faire ne pouvoient pas avoir échappé à ce grand Mathématicien. D'ailleurs je pensai que selon toutes les apparences les Anciens ne savoient pas faire de grandes masses de verre, qu'ils ignoroient l'art de le couler pour en faire de grandes glaces, qu'ils n'avoient tout au plus que celui de le souffler & d'en faire des bouteilles & des vases; & je me persuadai aisément que c'étoit avec des miroirs plans de métal poli, & par la réflexion des rayons du soleil qu'Archimède avoit brûlé au loin: mais comme j'avois reconnu que les miroirs de glace réfléchissent plus puissamment la lumiere que les miroirs du métal le plus poli, je pensai à faire construire une machine pour faire coïncider au même point les images réfléchies par un grand nombre de ces glaces planes, bien convaincu que ce moyen étoit le seul par lequel il fût possible de réussir.

Cependant j'avois encore des doutes, & qui me paroissoient même très bien fondés, car voici comment je raisonnois. Supposons que la distance à laquelle je veux brûler soit de 240 pieds, je vois clairement que le foyer de mon miroir ne peut avoir moins de deux pieds de diamètre à cette distance; dès-lors

quelle ſera l'étendue que je ſerai obligé de donner à mon aſſemblage de miroirs plans pour produire du feu dans un auſſi grand foyer ? elle pouvoit être ſi grande que la choſe eût été impraticable dans l'exécution ; car en comparant le diamètre du foyer au diamètre du miroir, dans les meilleurs miroirs par réflexion que nous ayons, par exemple, avec le miroir de l'Académie, j'avois obſervé que le diamètre de ce miroir qui eſt de trois pieds, étoit cent huit fois plus grand que le diamètre de ſon foyer, qui n'a qu'environ quatre lignes, & j'en concluois que pour brûler auſſi vivement à 240 pieds, il eût été néceſſaire que mon aſſemblage de miroirs eût eu 216 pieds de diamètre, puiſque le foyer auroit deux pieds ; or un miroir de 216 pieds de diamètre étoit aſſurément une choſe impoſſible.

A la vérité, ce miroir de trois pieds de diamètre brûle aſſez vivement pour fondre l'or, & je voulus voir combien j'avois à gagner en réduiſant ſon action à n'enflammer que du bois : pour cela j'appliquai ſur le miroir des zones circulaires de papier pour en diminuer le diamètre, & je trouvai qu'il n'avoit plus aſſez de force pour enflammer du bois ſec lorſque ſon diamètre fut réduit à quatre pouces huit ou neuf lignes : prenant donc cinq pouces ou ſoixante lignes pour l'étendue du diamètre néceſſaire pour brûler avec un foyer de quatre lignes, je ne pouvois me diſpenſer de conclure que pour brûler également à 240 pieds, où le foyer auroit néceſſairement deux pieds de diamètre,

il me faudroit un miroir de trente pieds de diamètre ; ce qui me paroissoit encore une chose impossible, ou du moins impraticable.

A des raisons si positives, & que d'autres auroient regardées comme des démonstrations de l'impossibilité du miroir, je n'avois rien à opposer qu'un soupçon ; mais un soupçon ancien, & sur lequel plus j'avois réfléchi, plus je m'étois persuadé qu'il n'étoit pas sans fondement ; c'est que les effets de la chaleur pouvoient bien n'être pas proportionnels à la quantité de lumiere ; ou, ce qui revient au même, qu'à égale intensité de lumiere, les grands foyers devoient brûler plus vivement que les petits.

En estimant la chaleur mathématiquement, il n'est pas douteux que la force des foyers de même longueur ne soit proportionnelle à la surface des miroirs. Un miroir dont la surface est double de celle d'un autre, doit avoir un foyer de la même grandeur, si la courbure est la même ; & ce foyer de même grandeur doit contenir le double de la quantité de lumiere que contient le premier foyer ; & dans la supposition que les effets sont toujours proportionnels à leurs causes, on avoit toujours cru que la chaleur de ce second foyer devoit être double de celle du premier.

De même & par la même estimation mathématique, on a toujours cru qu'à égale intensité de lumiere, un petit foyer devoit brûler autant qu'un grand, & que l'effet de la chaleur devoit être proportionnel à cette intensité

intenſité de lumiere : *en ſorte*, diſoit Deſcartes, *qu'on peut faire des verres ou des miroirs extrêmement petits qui brûleront avec autant de violence que les plus grands.* Je penſai d'abord, comme je l'ai dit ci-deſſus, que cette concluſion tirée de la théorie mathématique, pourroit bien ſe trouver fauſſe dans la pratique, parce que la chaleur étant une qualité phyſique de l'action & de la propagation de laquelle nous ne connoiſſons pas bien les loix, il me ſembloit qu'il y avoit quelque eſpèce de témérité à en eſtimer ainſi les effets par un raiſonnement de ſimple ſpéculation.

J'eus donc recours encore une fois à l'expérience : je pris des miroirs de métal de différens foyers & de différens degrés de poliment ; & en comparant l'action des différens foyers ſur les mêmes matieres fuſibles ou combuſtibles, je trouvai qu'à égale intenſité de lumiere, les grands foyers font conſtamment beaucoup plus d'effet que les petits, & produiſent ſouvent l'inflammation ou la fuſion, tandis que les petits ne produiſent qu'une chaleur médiocre ; je trouvai la même choſe avec les miroirs par réfraction. Pour le faire mieux ſentir, prenons, par exemple, un grand miroir ardent par refraction, tel que celui du ſieur Segard, qui a 32 pouces de diamètre, & un foyer de 8 lignes de largeur, à 6 pieds de diſtance, auquel foyer le cuivre ſe fond en moins d'une minute, & faiſons dans les mêmes proportions un petit verre ardent de 32 lignes de diamètre, dont le foyer ſera de $\frac{8}{12}$ ou $\frac{2}{3}$ de ligne, & la diſtance à 6 pouces ; puiſque le

grand miroir fond le cuivre en une minute dans l'étendue entiere de son foyer qui est de 8 lignes, le petit verre devroit, selon la théorie, fondre dans le même temps la même matiere dans l'étendue de son foyer qui est de $\frac{3}{4}$ de ligne : ayant fait l'expérience, j'ai trouvé, comme je m'y attendois bien, que loin de fondre le cuivre, ce petit verre ardent pouvoit à peine donner un peu de chaleur à cette matiere.

La raison de cette différence est aisée à donner, si l'on fait attention que la chaleur se communique de proche en proche, & se disperse, pour ainsi dire, lors même qu'elle est appliquée continuellement sur le même point ; par exemple, si l'on fait tomber le foyer d'un verre ardent sur le centre d'un écu, & que ce foyer n'ait qu'une ligne de diamètre, la chaleur qu'il produit sur le centre de l'écu se disperse & s'étend dans le volume entier de l'écu, & il devient chaud jusqu'à la circonférence ; dès-lors toute la chaleur, quoiqu'employée d'abord contre le centre de l'écu, ne s'y arrête pas, & ne peut pas produire un aussi grand effet que si elle y demeuroit toute entiere. Mais si au lieu d'un foyer d'une ligne qui tombe sur le milieu de l'écu, on fait tomber sur l'écu tout entier un foyer d'égale intensité, toutes les parties de l'écu étant également échauffées dans ce dernier cas, non-seulement il n'y a pas de perte de chaleur, comme dans le premier, mais même il y a du gain & de l'augmentation de chaleur ; car le point du milieu profitant de la chaleur des autres

points qui l'environnent, l'écu sera fondu dans ce dernier cas, tandis que dans le premier il ne sera que légèrement échauffé.

Après avoir fait ces expériences & ces réflexions, je sentis augmenter prodigieusement l'espérance que j'avois de réussir à faire des miroirs qui brûleroient au loin; car je commençai à ne plus craindre autant que je l'avois craint d'abord la grande étendue des foyers, je me persuadai au contraire qu'un foyer d'une largeur considérable, comme de deux pieds, & dans lequel l'intensité de la lumiere ne seroit pas à beaucoup près aussi grande que dans un petit foyer, comme de quatre lignes, pourroit cependant produire avec plus de force l'inflammation & l'embrasement, & que par conséquent ce miroir qui, par la théorie mathématique, devoit avoir au moins 30 pieds de diamètre, se réduiroit sans doute à un miroir de 8 ou 10 pieds tout au plus; ce qui est non-seulement une chose possible, mais même très praticable.

Je pensai donc sérieusement à exécuter mon projet; d'abord j'avois dessein de brûler à 200 ou 300 pieds avec des glaces circulaires ou hexagones d'un pied quarré de surface, & je voulois faire quatre chassis de fer pour les porter, avec trois vis à chacune pour les mouvoir en tout sens, & un ressort pour les assujettir; mais la dépense trop considérable qu'exigeoit cet ajustement, me fit abandonner cette idée, & je me rabattis à des glaces communes de 6 pouces sur 8 pouces, & un ajustement en bois, qui, à la

vérité, est moins solide & moins précis, mais dont la dépense convenoit mieux à une tentative. M. Passemant, dont l'habileté dans les mécaniques est connue même de l'Académie, se chargea de ce détail; & je n'en ferai pas la description, parce qu'un coup-d'œil sur le miroir en fera mieux entendre la construction qu'un long discours (*c*).

Il suffira de dire qu'il a d'abord été composé de cent soixante-huit glaces étamées de 6 pouces sur 8 pouces chacune, éloignées les unes des autres d'environ quatre lignes; que chacune de ces glaces se peut mouvoir en tout sens, & indépendamment de toutes, & que les quatre lignes d'intervalle qui sont entr'elles servent non-seulement à la liberté de ce mouvement, mais aussi à laisser voir à celui qui opere l'endroit où il faut conduire ses images. Au moyen de cette construction l'on peut faire tomber sur le même point les cent soixante-huit images, & par conséquent brûler à plusieurs distances, comme à 20, 30, & jusqu'à 150 pieds, & à toutes les distances intermédiaires; & en augmentant la grandeur du miroir, ou en faisant d'autres miroirs semblables au premier, on est sûr de porter le feu à de plus grandes distances encore, ou d'en augmenter autant qu'on voudra, la force ou l'activité à ces premieres distances.

Seulement il faut observer que le mou-

(*c*) *Voyez* ci-après les Planches VII, avec l'explication des figures 1, 2, 3, 4, 5, 6 & 7.

vement dont j'ai parlé n'eſt point trop aiſé à exécuter, & que d'ailleurs il y a un grand choix à faire dans les glaces : elles ne ſont pas toutes à beaucoup près également bonnes, quoiqu'elles paroiſſent telles à la premiere inſpection; j'ai été obligé d'en prendre plus de cinq cents pour avoir les cent ſoixante-huit dont je me ſuis ſervi; la maniere de les eſſayer eſt de recevoir à une grande diſtance, par exemple, à 150 pieds, l'image réfléchie du ſoleil comme un plan vertical; il faut choiſir celles qui donnent une image ronde & bien terminée, & rebuter toutes les autres qui ſont en beaucoup plus grand nombre, & dont les épaiſſeurs étant inégales en différens endroits, ou la ſurface un peu concave ou convexe, au lieu d'être plane, donnent des images mal terminées, doubles, triples, oblongues, chevelues, &c. ſuivant les différentes défectuoſités qui ſe trouvent dans les glaces.

Par la premiere expérience que j'ai faite le 23 Mars 1747 à midi, j'ai mis le feu à 66 pieds de diſtance à une planche de hêtre goudronnée, avec quarante glaces ſeulement, c'eſt-à-dire, avec le quart du miroir environ; mais il faut obſerver que n'étant pas encore monté ſur ſon pied, il étoit poſé très déſavantageuſement, faiſant avec le ſoleil un angle de près de 20 degrés de déclinaiſon, & un autre de plus de 10 degrés d'inclinaiſon.

Le même jour j'ai mis le feu à une planche goudronnée & ſoufrée à 126 pieds de diſtance avec quatre-vingt dix-huit glaces,

le miroir étant posé encore plus désavantageusement. On sent bien que pour brûler avec le plus d'avantage, il faut que le miroir soit directement opposé au soleil, aussi-bien que les matieres qu'on veut enflammer; en sorte qu'en supposant un plan perpendiculaire sur le plan du miroir, il faut qu'il passe par le soleil, & en même temps par le milieu des matieres combustibles.

Le 3 Avril à quatre heures du soir, le miroir étant monté & posé sur son pied, on a produit une légere inflammation sur une planche couverte de laine hachée à 138 pieds de distance avec cent douze glaces, quoique le soleil fût foible, & que la lumiere en fût fort pâle. Il faut prendre garde à soi lorsqu'on approche de l'endroit où sont les matieres combustibles, & il ne faut pas regarder le miroir, car si malheureusement les yeux se trouvoient au foyer, on seroit aveuglé par l'éclat de la lumiere.

Le 4 Avril à onze heures du matin, le soleil étant fort pâle & couvert de vapeurs & de nuages légers, on n'a pas laissé de produire, avec cent cinquante-quatre glaces, à 150 pieds de distance, une chaleur si considérable, qu'elle a fait en moins de deux minutes fumer une planche goudronnée, qui se seroit certainement enflammée si le soleil n'avoit pas disparu tout-à-coup.

Le lendemain 5 Avril à trois heures après midi, par un soleil encore plus foible que le jour précédent, on a enflammé à 150 pieds de distance, des copeaux de sapin soufrés & mêlés de charbon, en moins d'une minute

& demie, avec cent cinquante-quatre glaces. Lorſque le ſoleil eſt vif, il ne faut que quelques ſecondes pour produire l'inflammation.

Le 10 Avril après midi, par un ſoleil aſſez net, on a mis le feu à une planche de ſapin goudronnée, à 150 pieds, avec cent vingt-huit glaces ſeulement ; l'inflammation a été très ſubite, & elle s'eſt faite dans toute l'étendue du foyer qui avoit environ 16 pouces de diamètre à cette diſtance.

Le même jour à deux heures & demie, on a porté le feu ſur une planche de hêtre, goudronnée en partie & couverte en quelques endroits de laine hachée ; l'inflammation s'eſt faite très promptement, elle a commencé par les parties du bois qui étoient découvertes ; & le feu étoit ſi violent qu'il a fallu tremper dans l'eau la planche pour l'éteindre ; il y avoit cent quarante-huit glaces, & la diſtance étoit de 150 pieds.

Le 11 Avril, le foyer n'étant qu'à 20 pieds de diſtance du miroir, il n'a fallu que douze glaces pour enflammer des petites matieres combuſtibles : avec vingt-une glaces on a mis le feu à une planche de hêtre qui avoit déjà été brûlée en partie : avec quarante-cinq glaces on a fondu un gros flacon d'étain qui peſoit environ ſix livres ; & avec cent dix-ſept glaces on a fondu des morceaux d'argent mince, & rougi une plaque de tôle ; & je ſuis perſuadé qu'à 50 pieds on fondra les métaux auſſi-bien qu'à 20, en employant toutes les glaces du miroir ; & comme le foyer à cette diſtance eſt large de ſix à ſept

pouces, on pourra faire des épreuves en grand sur les métaux (*d*), ce qu'il n'étoit pas possible de faire avec les miroirs ordinaires, dont le foyer est ou très foible, ou cent fois plus petit que celui de mon miroir. J'ai remarqué que les métaux, & surtout l'argent, fument beaucoup avant de se fondre : la fumée en étoit si sensible qu'elle faisoit ombre sur le terrein ; & c'est là où je l'observai attentivement ; car il n'est pas possible de regarder un instant le foyer, lorsqu'il tombe

---

(*d*) Par des expériences subséquentes, j'ai reconnu que la distance la plus avantageuse pour faire commodément avec ces miroirs des épreuves sur les métaux, étoit à 40 ou 45 pieds. Les assiettes d'argent que j'ai fondues à cettte distance avec deux cent vingt-quatre glaces, étoient bien nettes, en sorte qu'il n'étoit pas possible d'attribuer la fumée très abondante qui en sortoit, à la graisse ou à d'autres matieres dont l'argent se seroit imbibé, & comme se le persuadoient les gens témoins de l'expérience. Je la répétai néanmoins sur des plaques d'argent toutes neuves, & j'eus le même effet. Le métal fumoit très abondamment, quelquefois pendant plus de huit ou dix minutes avant de se fondre. J'avois dessein de recueillir cette fumée d'argent par le moyen d'un chapiteau & d'un ajustement semblable à celui dont on se sert dans les distillations, & j'ai toujours eu regret que mes autres occupations m'en ayent empêché ; car cette maniere de tirer l'eau du métal, est peut-être la seule qu'on puisse employer. Et si l'on prétend que cette fumée qui m'a paru humide ne contient pas de l'eau, il seroit toujours très utile de savoir ce que c'est ; car il se peut aussi que ce ne soit que du métal volatilisé. D'ailleurs je suis persuadé qu'en faisant les mêmes épreuves sur l'or, on le verra fumer comme l'argent, peut-être moins, peut-être plus.

ſur du métal : l'éclat en eſt beaucoup plus vif que celui du ſoleil.

Les expériences que j'ai rapportées ci-deſſus, & qui ont été faites dans les premiers temps de l'invention de ces miroirs, ont été ſuivies d'un grand nombre d'autres expériences qui confirment les premieres. J'ai enflammé du bois juſqu'à 200 & même 210 pieds avec ce même miroir, par le ſoleil d'été, toutes les fois que le ciel étoit pur, & je crois pouvoir aſſurer qu'avec quatre ſemblables miroirs on brûleroit à 400 pieds & peut-être plus loin. J'ai de même fondu tous les métaux & minéraux métalliques à 25, 30 & 40 pieds. On trouvera dans la ſuite de cet article les uſages auxquels on peut appliquer ces miroirs, & les limites qu'on doit aſſigner à leur puiſſance pour la calcination, la combuſtion, la fuſion, &c.

Il faut environ une demi-heure pour monter le miroir & pour faire coïncider toutes les images au même point ; mais lorſqu'il eſt une fois ajuſté, on peut s'en ſervir à toute heure, en tirant ſeulement un rideau ; il mettra le feu aux matieres combuſtibles très promptement, & on ne doit pas le déranger à moins qu'on ne veuille changer la diſtance ; par exemple, lorſqu'il eſt arrangé pour brûler à 100 pieds, il faut une demi-heure pour l'ajuſter à la diſtance de 150 pieds, & ainſi des autres.

Ce miroir brûle en haut, en bas & horizontalement, ſuivant la différente inclinaiſon qu'on lui donne ; les expériences que je viens de rapporter ont été faites publi-

quement au Jardin du Roi, sur un terrein horizontal, contre des planches posées verticalement : je crois qu'il n'est pas nécessaire d'avertir qu'il auroit brûlé avec plus de force en haut, & moins de force en bas ; & de même, qu'il est plus avantageux d'incliner le plan des matieres combustibles parallèlement au plan du miroir : ce qui fait qu'il a cet avantage de brûler en haut, en bas & horizontalement, sur les miroirs ordinaires de réflexion qui ne brûlent qu'en haut, c'est que son foyer est fort éloigné, & qu'il a si peu de courbure qu'elle est insensible à l'œil ; il est large de 7 pieds, & haut de 8 pieds, ce qui ne fait qu'environ la 150e. partie de la circonférence de la sphere, lorsqu'on brûle à 150 pieds.

La raison qui m'a déterminé à préférer des glaces de 6 pouces de largeur sur 8 pouces de hauteur, à des glaces quarrées de 6 ou 8 pouces, c'est qu'il est beaucoup plus commode de faire les expériences sur un terrein horizontal & de niveau, que de les faire de bas en haut, & qu'avec cette figure plus haute que large, les images étoient plus rondes, au lieu qu'avec des glaces quarrées, elles auroient été raccourcies, surtout pour les petites distances, dans cette situation horizontale.

Cette découverte nous fournit plusieurs choses utiles pour la Physique & peut-être pour les Arts. On sait que ce qui rend les miroirs ordinaires de réflexion presque inutiles pour les expériences, c'est qu'ils brûlent toujours en haut, & qu'on est fort em-

barraſſé de trouver des moyens pour ſuſpendre ou ſoutenir à leur foyer les matieres qu'on veut fondre ou calciner : au moyen de mon miroir, on fera brûler en bas les miroirs concaves, & avec un avantage ſi conſidérable, qu'on aura une chaleur de tel degré qu'on voudra : par exemple, en oppoſant à mon miroir un miroir concave d'un pied quarré de ſurface, la chaleur que ce dernier miroir produira à ſon foyer, en employant cent cinquante-quatre glaces ſeulement, ſera plus de douze fois plus grande que celle qu'il produit ordinairement, & l'effet ſera le même que s'il exiſtoit douze ſoleils au lieu d'un, ou plutôt que ſi le ſoleil avoit douze fois plus de chaleur.

Secondement, on aura par le moyen de mon miroir la vraie échelle de l'augmentation de la chaleur, & on fera un thermomètre réel, dont les diviſions n'auront plus rien d'arbitraire, depuis la température de l'air juſqu'à tel degré de chaleur qu'on voudra, en faiſant tomber une à une ſucceſſivement les images du ſoleil les unes ſur les autres, & en graduant les intervalles, ſoit au moyen d'une liqueur expanſive, ſoit au moyen d'une machine de dilatation ; & de-là nous ſaurons en effet ce que c'eſt qu'une augmentation double, triple, quadruple, &c, de chaleur (*e*), & nous connoîtrons les ma-

(*e*) Feu M. de Mairan a fait une épreuve avec trois glaces ſeulement, & a trouvé que les augmentations du double & du triple de chaleur, étoient comme les di-

tieres dont l'expansion ou les autres effets seront les plus convenables pour mesurer les augmentations de chaleur.

Troisièmement, nous saurons au juste combien de fois il faut la chaleur du soleil pour brûler, fondre ou calciner différentes matieres, ce qu'on ne savoit estimer jusqu'ici que d'une maniere vague & fort éloignée de la vérité; & nous serons en état de faire des comparaisons précises de l'activité de nos feux avec celle du soleil, & d'avoir sur cela des rapports exacts & des mesures fixes & invariables.

Enfin on sera convaincu, lorsqu'on aura examiné la théorie que j'ai donnée, & qu'on aura vu l'effet de mon miroir, que le moyen que j'ai employé étoit le seul par lequel il fût possible de réussir à brûler au loin: car, indépendamment de la difficulté physique de faire de grands miroirs concaves, sphériques, paraboliques ou d'une autre courbure quelconque assez réguliere pour brûler à 150 pieds, on se démontrera aisément à soi-même, qu'ils ne produiroient qu'à-peu-près autant d'effet que le mien, parce que le foyer en seroit presque aussi large; que de plus ces miroirs courbes, quand même il seroit possible de les exécuter, auroient le désavantage trés grand de ne brûler qu'à une

---

visions du thermomètre de Reaumur; mais on ne doit rien conclure de cette expérience qui n'a donné lieu à ce résultat que par une espèce de hasard. *Voyez sur ce sujet ce que j'ai dit dans mon* TRAITÉ DES ÉLÉMENS.

ſeule diſtance, au lieu que le mien brûle à toutes les diſtances ; & par conſéquent on abandonnera le projet de faire, par le moyen des courbes, des miroirs pour brûler au loin, ce qui a occupé inutilement un grand nombre de Mathématiciens & d'artiſtes qui ſe trompoient toujours parce qu'ils conſidéroient les rayons du ſoleil comme parallèles, au lieu qu'il faut les conſidérer ici tels qu'ils ſont, c'eſt-à-dire, comme faiſant des angles de toute grandeur, depuis zèro juſqu'à 32 minutes, ce qui fait qu'il eſt impoſſible, quelque courbure qu'on donne à un miroir, de rendre le diamètre du foyer plus petit que la corde de l'arc qui meſure cet angle de 32 minutes. Ainſi quand même on pourroit faire un miroir concave pour brûler à une grande diſtance, par exemple, à 150 pieds, en le travaillant dans tous ſes points ſur une ſphere de 600 pieds de diamètre, & en employant une maſſe énorme de verre ou de métal, il eſt clair qu'on aura à peu-près autant d'avantage à n'employer au contraire que de petits miroirs plans.

Au reſte, comme tout a des limites, quoique mon miroir ſoit ſuſceptible d'une plus grande perfection, tant pour l'ajuſtement que pour pluſieurs autres choſes, & que je compte bien en faire un autre dont les effets ſeront ſupérieurs; cependant il ne faut pas eſpérer qu'on puiſſe jamais brûler à de très grandes diſtances : car pour brûler, par exemple, à une demi-lieue, il faudroit un miroir deux mille fois plus grand que le mien;

& tout ce qu'on pourra jamais faire, est de bruler à 8 ou 900 pieds tout au plus. Le foyer dont le mouvement correspond toujours à celui du soleil, marche d'autant plus vite qu'il est plus éloigné du miroir; & à 900 pieds de distance, il feroit un chemin d'environ 6 pieds par minute.

Il n'est pas nécessaire d'avertir qu'on peut faire avec des petits morceaux plats de glace ou de métal, des miroirs dont les foyers seront variables, & qui brûleront à de petites distances avec une grande vivacité; & en les montant à-peu-près comme l'on monte les parasols, il ne faudroit qu'un seul mouvement pour en ajuster le foyer.

Maintenant que j'ai rendu compte de ma découverte & du succès de mes expériences, je dois rendre à Archimède & aux anciens la gloire qui leur est due. Il est certain qu'Archimède a pu faire avec des miroirs de métal ce que je fais avec des miroirs de verre; il est sûr qu'il avoit plus de lumieres qu'il n'en faut pour imaginer la théorie qui m'a guidé & la mecanique que j'ai fait exécuter, & que par conséquent on ne peut lui refuser le titre de premier inventeur de ces miroirs, que l'occasion où il sut les employer rendit sans doute plus célèbres que le mérite de la chose même.

Pendant le temps que je travaillois à ces miroirs, j'ignorois le détail de tout ce qu'en ont dit les Anciens; mais après avoir réussi à les faire, je fus bien aise de m'en instruire. Feu M. Melot, de l'Académie des Belles-Lettres, & l'un des Gardes de la Bibliothè-

que du Roi, dont la grande érudition & les talens étoient connus de tous les Savans, eut la bonté de me communiquer une excellente Dissertation qu'il avoit faite sur ce sujet, dans laquelle il rapporte les témoignages de tous les Auteurs qui ont parlé des miroirs ardens d'Archimède; ceux qui en parlent le plus clairement sont, Zonaras & Tzetzès qui vivoient tous deux dans le XIIe siècle: le premier dit qu'*Archimède* avec ses miroirs ardens mit en cendres toute la flotte des Romains: *ce Géomètre*, dit-il, *ayant reçu les rayons du soleil sur un miroir, à l'aide de ces rayons rassemblés & réfléchis par l'épaisseur & le poli du miroir, il embrasa l'air, & alluma une grande flamme qu'il lança toute entiere sur les vaisseaux qui mouilloient dans la sphere de son activité, & qui furent tous réduits en cendres.* Le même Zonaras rapporte aussi qu'au siège de Constantinople, sous l'empire d'Anastase, l'an 514 de Jesus-Christ, Proclus brûla avec des miroirs d'airain, la flotte de Vitalien qui assiégeoit Constantinople; & il ajoute que ces miroirs étoient une découverte ancienne, & que l'Historien Dion en donne l'honneur à Archimède, qui la fit & s'en servit contre les Romains, lorsque Marcellus fit le siège de Syracuse.

Tzetzès non-seulement rapporte & assure le fait des miroirs, mais même il en explique en quelque façon la construction. *Lorsque les vaisseaux Romains*, dit-il, *furent à la portée du trait, Archimède fit faire une espèce de miroir hexagone, & d'autres plus petits de vingt-quatre angles chacun, qu'il plaça dans une dis-*

tance proportionnée & qu'on pouvoit mouvoir à l'aide de leurs charnieres & de certaines lames de métal; il plaça le miroir hexagone de façon qu'il étoit coupé par le milieu par le méridien d'hiver & d'été, en sorte que les rayons du soleil reçus sur ce miroir, venant à se briser, allumerent un grand feu qui réduisit en cendres les vaisseaux Romains, quoiqu'ils fussent éloignés de la portée d'un trait. Ce passage me paroît assez clair; il fixe la distance à laquelle Archimède a brûlé; la portée du trait ne peut guere être que de 150 ou 200 pieds; il donne l'idée de la construction, & fait voir que le miroir d'Archimède pouvoit être, comme le mien, composé de plusieurs petits miroirs qui se mouvoient par des mouvemens de charnieres & de ressorts; & enfin il indique la position du miroir, en disant que le miroir hexagone autour duquel étoient sans doute les miroirs plus petits, étoit coupé par le méridien, ce qui veut dire apparemment que le miroir doit être opposé directement au soleil; d'ailleurs le miroir hexagone étoit probablement celui dont l'image servoit de mire pour ajuster les autres, & cette figure n'est pas tout-à-fait indifférente, non plus que celle de vingt-quatre angles ou vingt-quatre côtés des petits miroirs. Il est aisé de sentir qu'il y a en effet de l'avantage à donner à ces miroirs une figure polygone d'un grand nombre de côtés égaux, afin que la quantité de lumiere soit moins inégalement répartie dans l'image réfléchie, & elle sera répartie le moins inégalement qu'il est possible lorsque les miroirs seront circulaires: j'ai bien vu qu'il

qu'il y avoit de la perte à employer des miroirs quadrangulaires longs de 6 pouces ſur 8 ; mais j'ai préféré cette forme parce qu'elle eſt, comme je l'ai dit, plus avantageuſe pour brûler horizontalement.

J'ai auſſi trouvé dans la même diſſertation de M. Melot, que le P. Kircher avoit écrit qu'Archimède avoit pu brûler à une grande diſtance avec des miroirs plans, & que l'expérience lui avoit appris qu'en réuniſſant de cette façon les images du ſoleil, on produiſoit une chaleur conſidérable au point de réunion.

Enfin dans les Mémoires de l'Académie, année 1726, M. du Fay, dont j'honorerai toujours la mémoire & les talens, paroît avoir touché à cette découverte ; il dit *qu'ayant reçu l'image du ſoleil ſur un miroir plan d'un pied en quarré, & l'ayant portée juſqu'à 600 pieds ſur un miroir concave de 17 pouces de diamètre, elle avoit encore la force de brûler des matieres combuſtibles au foyer de ce dernier miroir.* Et à la fin de ſon mémoire, il dit *que quelques Auteurs, ont propoſé de former un miroir d'un très long foyer par un grand nombre de petits miroirs plans que pluſieurs perſonnes tiendroient à la main, & dirigeroient de façon que les images du ſoleil formées par chacun de ces miroirs, concourroient en un même point, & que ce ſeroit peut-être la façon de réuſſir la plus sûre & la moins difficile à exécuter.* Un peu de réflexion ſur l'expérience du miroir concave & ſur ce projet, auroit porté M. du Fay à la découverte du miroir d'Archimède, qu'il traite cependant de fable

un peu plus haut ; car il me paroît qu'il étoit tout naturel de conclure de son expérience, que puisqu'un miroir concave de 17 pouces de diamètre sur lequel l'image du soleil ne tomboit pas toute entiere, à beaucoup près, peut cependant brûler par cette seule partie de l'image du soleil réfléchie à 600 pieds, dans un foyer que je suppose large de 3 lignes ; onze cent cinquante-six miroirs plans semblables au premier miroir réfléchissant, doivent à plus forte raison brûler directement à cette distance de 600 pieds ; & que par conséquent deux cent quatrevingt-neuf miroirs plans auroient été plus que suffisans pour brûler à 300 pieds, en réunissant les deux cent quatre-vingt-neuf images : mais en fait de découvertes, le dernier pas, quoique souvent le plus facile, est cependant celui qu'on fait le plus rarement.

Mon mémoire, tel qu'on vient de le voir, a été imprimé dans le volume de l'Académie des Sciences, année 1747, sous le titre : *Invention des miroirs pour brûler à un grande distance.* Feu M. Bouguer, & quelques autres Membres de cette savante Compagnie, m'ayant fait plusieurs objections, tirées principalement de la doctrine de Descartes, dans son Traité de Dioptrique, je crus devoir y répondre par le mémoire suivant, qui fut lu à l'Académie la même année, mais que je ne fis pas imprimer par ménagement pour mes adversaires en opinion. Cependant comme il contient plusieurs choses utiles, & qu'il pourra servir de préservatif contre les erreurs contenues dans quelques livres d'Opti-

que, ſurtout dans celui de la Dioptrique de Deſcartes, que d'ailleurs il ſert d'explication & de ſuite au Mémoire précédent, j'ai jugé à propos de les joindre ici & de les publier enſemble.

ARTICLE SECOND.

Réflexions ſur le jugement de Deſcartes, au ſujet des miroirs d'Archimède, avec le développement de la théorie de ces miroirs & l'explication de leurs principaux uſages.

La Dioptrique de Deſcartes, cet ouvrage qu'il a donné comme le premier & le principal eſſai de ſa méthode de raiſonner dans les ſciences, doit être regardée comme un chef-d'œuvre pour ſon temps; mais les plus belles ſpéculations ſont ſouvent démenties par l'expérience; & tous les jours les ſublimes Mathématiques ſont obligées de ſe plier ſous de nouveaux faits; car dans l'application qu'on en fait aux plus petites parties de la Phyſique, on doit ſe défier de toutes les circonſtances, & ne pas ſe confier aſſez aux choſes qu'on croit ſavoir pour prononcer affirmativement ſur celles qui ſont inconnues. Ce défaut n'eſt cependant que trop ordinaire; & j'ai cru que je ferois quelque choſe d'utile pour ceux qui veulent s'occuper d'Optique, que de leur expoſer ce qui manquoit à Deſcartes pour pouvoir donner

une théorie de cette science, qui fût susceptible d'être réduite en pratique.

Son Traité de Dioptrique est divisé en dix Discours; dans le premier notre Philosophe parle de la lumiere; & comme il ignoroit son mouvement progressif qui n'a été découvert que quelque temps après par Roëmer, il faut modifier tout ce qu'il a dit à cet égard, & on ne doit adopter aucune des explications qu'il donne au sujet de la nature & de la propagation de la lumiere, non plus que les comparaisons & les hypothèses qu'il emploie pour tâcher d'expliquer les causes & les effets de la vision. On sait actuellement que la lumiere est environ 7 minutes & demi à venir du soleil jusqu'à nous, que cette émission du corps lumineux se renouvelle à chaque instant, & que ce n'est pas par la pression continue & par l'action ou plutôt l'ébranlement instantané d'une matiere subtile que ses effets s'opèrent; ainsi toutes les parties de ce Traité où l'Auteur emploie cette théorie, sont plus que suspectes, & les conséquences ne peuvent être qu'erronées.

Il en est de même de l'explication que Descartes donne de la réfraction : non-seulement sa théorie est hypothétique pour la cause, mais la pratique est contraire dans tous les effets. Les mouvemens d'une balle qui traverse l'eau, sont très différens de ceux de la lumiere qui traverse le même milieu; & s'il eût comparé ce qui arrive en effet à une balle, avec ce qui arrive à la

lumiere, il en auroit tiré des conſéquences tout-à-fait oppoſées à celles qu'il a tirées.

Et pour ne pas omettre une choſe très eſſentielle, & qui pourroit induire en erreur, il faut bien ſe garder, en liſant cet article, de croire avec notre Philoſophe, que le mouvement rectiligne peut ſe changer naturellement en un mouvement circulaire; cette aſſertion eſt fauſſe, & le contraire eſt démontré depuis que l'on connoît les loix du mouvement.

Comme le ſecond Diſcours roule en grande partie ſur cette théorie hypothétique de la réfraction, je me diſpenſerai de parler en détail des erreurs qui en ſont les conſéquences; un Lecteur averti ne peut manquer de les remarquer.

Dans les troiſième, quatrième & cinquième Diſcours, il eſt queſtion de la viſion, & l'explication que Deſcartes donne au ſujet des images qui ſe forment au fond de l'œil, eſt aſſez juſte; mais ce qu'il dit ſur les couleurs, ne peut pas ſe ſoutenir ni même s'entendre: car comment concevoir qu'une certaine proportion entre le mouvement rectiligne & un prétendu mouvement circulaire, puiſſe produire des couleurs? Cette partie a été, comme l'on ſait, traitée à fond & d'une maniere démonſtrative par Newton; & l'expérience a fait voir l'inſuffiſance de tous les ſyſtèmes précédens.

Je ne dirai rien du ſixième Diſcours, où il tâche d'expliquer comment ſe font nos ſenſations: quelque ingénieuſes que ſoient ſes hypothèſes, il eſt aiſé de ſentir qu'elles

ſont gratuites ; & comme il n'y a preſque rien de mathématique dans cette partie, il eſt inutile de nous y arrêter.

Dans le ſeptième & le huitième Diſcours, Deſcartes donne une belle théorie géométrique ſur les formes que doivent avoir les verres pour produire les effets qui peuvent ſervir à la perfection de la viſion ; & après avoir examiné ce qui arrive aux rayons qui traverſent ces verres de différentes formes, il conclut que les verres elliptiques & hyperboliques, ſont les meilleurs de tous pour raſſembler les rayons ; & il finit par donner dans le neuvième Diſcours la maniere de conſtruire les lunettes de longue vue, & dans le dixième & dernier Diſcours, celle de tailler les verres.

Cette partie de l'ouvrage de Deſcartes, qui eſt proprement la ſeule partie mathématique de ſon Traité, eſt plus fondée & beaucoup mieux raiſonnée que les précédentes ; cependant on n'a point appliqué ſa théorie à la pratique ; on n'a pas taillé des verres elliptiques ou hyperboliques, & l'on a oublié ces fameuſes ovales qui font le principal objet du ſecond Livre de ſa Géométrie ; la différente réfrangibilité des rayons, qui étoit inconnue à Deſcartes, n'a pas été découverte que cette théorie géométrique a été abandonnée : il eſt en effet démontré qu'il n'y a pas autant à gagner par le choix de ces formes qu'il y a à perdre par la différente réfrangibilité des rayons, puiſque ſelon leur différent degré de réfrangibilité, ils ſe raſſemblent plus ou moins près ; mais com-

me l'on eſt parvenu à faire des lunettes achromatiques, dans leſquelles on compenſe la différente réfrangibilité des rayons par des verres de différente denſité; il ſeroit très utile aujourd'hui de tailler des verres hyperboliques ou elliptiques, ſi l'on veut donner aux lunettes achromatiques toute la perfection dont elles ſont ſuſceptibles.

Après ce que je viens d'expoſer, il me ſemble que l'on ne devroit pas être ſurpris que Deſcartes eût mal prononcé au ſujet des miroirs d'Archimède, puiſqu'il ignoroit un ſi grand nombre de choſes qu'on a découvertes depuis : mais comme c'eſt ici le point particulier que je veux examiner, il faut rapporter ce qu'il en a dit, afin qu'on ſoit plus en état d'en juger.

» Vous pouvez auſſi remarquer par occa-
» ſion, que les rayons du Soleil ramaſſés
» par le verre elliptique, doivent brûler
» avec plus de force qu'étant raſſemblés par
» l'hyperbolique, car il ne faut pas ſeule-
» ment prendre garde aux rayons qui vien-
» nent du centre du Soleil, mais auſſi à tous
» les autres qui venant des autres points de
» la ſuperficie, n'ont pas ſenſiblement moins
» de force que ceux du centre ; en ſorte
» que la violence de la chaleur qu'ils peu-
» vent cauſer, ſe doit meſurer par la gran-
» deur du corps qui les aſſemble, comparée
» avec celle de l'eſpace où il les aſſemble ....
» ſans que la grandeur du diamètre de ce
» corps y puiſſe rien ajouter, ni ſa figure
» particuliere, qu'environ un quart ou un
» tiers tout au plus ; il eſt certain que cet-

» te ligne brûlante à l'infini, que quelques-
» uns ont imaginée, n'est qu'une rêverie. »

Jusqu'ici il n'est question que de verres brûlans par réfraction, mais ce raisonnement doit s'appliquer de même aux miroirs par réflexion ; & avant que de faire voir que l'Auteur n'a pas tiré de cette théorie les conséquences qu'il devoit en tirer, il est bon de lui répondre d'abord par l'expérience. Cette ligne brûlante à l'infini, qu'il regarde comme une rêverie, pourroit s'exécuter par des miroirs de réflexion semblables au mien, non pas à une distance infinie, parce que l'homme ne peut rien faire d'infini, mais à une distance indéfinie assez considérable. Car supposons que mon miroir au lieu d'être composé de deux cent vingt-quatre petites glaces, fût composé de deux mille, ce qui est possible; il n'en faut que vingt pour brûler à 20 pieds, & le foyer étant comme une colonne de lumiere, ces vingt glaces brûlent en même temps à 17 & à 23 pieds; avec vingt-cinq autres glaces, je ferai un foyer qui brûlera depuis 23 jusqu'à 30; avec vingt-neuf glaces, un foyer qui brûlera depuis 30 jusqu'à 40; avec trente-quatre glaces, un foyer qui brûlera depuis 40 jusqu'à 52; avec quarante glaces, depuis 52 jusqu'à 64; avec cinquante glaces, depuis 64 jusqu'à 76; avec soixante glaces, depuis 76 jusqu'à 88; avec soixante-dix glaces, depuis 88 jusqu'à 100 pieds : voilà donc déjà une ligne brûlante, depuis 17 jusqu'à 100 pieds, où je n'aurai employé que trois cent vingt-huit glaces; & pour la continuer

continuer, il n'y a qu'à faire d'abord un foyer de quatre-vingt glaces, il brûlera depuis 100 pieds jusqu'à 116; & quatre-vingt-douze glaces, depuis 116 jusqu'à 134 pieds; & cent huit glaces, depuis 134 jusqu'à 150; & cent vingt-quatre glaces, depuis 150 jusqu'à 170; & cent cinquante-quatre glaces, depuis 170 jusqu'à 200 pieds; ainsi voila ma ligne brûlante prolongée de 100 pieds, en sorte que depuis dix-sept pieds jusqu'à 200 pieds, en quelqu'endroit de cette distance qu'on puisse mettre un corps combustible, il sera brûlé; & pour cela il ne faut en tout que huit cent quatre-vingt-six glaces de six pouces; & en employant le reste des deux mille glaces, je prolongerai de même la ligne brûlante jusqu'à 3 & 400 pieds; & avec un plus grand nombre de glaces, par exemple, avec quatre mille, je la prolongerai beaucoup plus loin, à une distance indéfinie. Or tout ce qui dans la pratique est indéfini, peut être regardé comme infini dans la théorie; donc notre célèbre Philosophe a eu tort de dire que cette ligne brûlante à l'infini n'étoit qu'une rêverie.

Maintenant venons à la théorie; rien n'est plus vrai que ce que dit ici Descartes au sujet de la réunion des rayons du soleil, qui ne se fait pas dans un point, mais dans un espace ou foyer dont le diamètre augmente à proportion de la distance. Mais ce grand Philosophe n'a pas senti l'étendue de ce principe qu'il ne donne que comme une remarque; car s'il y eût fait attention, il

n'auroit pas considéré dans tout le reste de son ouvrage, les rayons du soleil comme parallèles, il n'auroit pas établi comme le fondement de la théorie de sa construction des lunettes, la réunion des rayons dans un point, & il se seroit bien gardé de dire affirmativement (*page 131*), *nous pourrons par cette invention voir des objets aussi particuliers & aussi petits dans les astres, que ceux que nous voyons communément sur la terre.* Cette assertion ne pouvoit être vraie qu'en supposant le parallélisme des rayons & leur réunion en un seul point, & par conséquent elle est opposée à sa propre théorie, ou plutôt il n'a pas employé la théorie comme il le falloit; & en effet, s'il n'eût pas perdu de vue cette remarque, il eût supprimé les deux derniers Livres de sa Dioptrique; car il auroit vu que quand même les Ouvriers eussent pu tailler les verres comme il l'exigeoit, ces verres n'auroient pas produit les effets qu'il leur a supposés, de nous faire distinguer les plus petits objets dans les astres; à moins qu'il n'eût en même temps supposé dans ces objets une intensité de lumiere infinie, ou, ce qui revient au même, qu'ils eussent, malgré leur éloignement, pu former un angle sensible à nos yeux.

Comme ce point d'Optique n'a jamais été bien éclairci, j'entrerai dans quelque détail à cet égard: on peut démontrer que deux objets également lumineux & dont les diamètres sont différens, ou bien que deux objets dont les diamètres sont égaux, & dont

l'intenſité de lumiere eſt différente, doivent être obſervés avec des lunettes différentes; que pour obſerver avec le plus grand avantage poſſible, il faudroit des lunettes différentes pour chaque Planète; que, par exemple, Vénus qui nous paroît bien plus petite que la Lune, & dont je ſuppoſe pour un inſtant la lumiere égale à celle de la Lune, doit être obſervée avec une lunette d'un plus long foyer que la Lune; & que la perfection des lunetes, pour en tirer le plus grand avantage poſſible, dépend d'une combinaiſon qu'il faut faire, non-ſeulement entre les diamètres & les courbures des verres, comme Deſcartes l'a fait, mais encore entre ces mêmes diamètres & l'intenſité de la lumiere de l'objet qu'on obſerve. Cette intenſité de la lumiere de chaque objet, eſt un élément que les Auteurs qui ont écrit ſur l'Optique n'ont jamais employé, & cependant il fait plus que l'augmentation de l'angle ſous lequel un objet doit nous paroître, en vertu de la courbure des verres. Il en eſt de même d'une choſe qui ſemble être un paradoxe, c'eſt que les miroirs ardents, ſoit par réflexion, ſoit par réfraction, feroient un effet toujours égal à quelque diſtance qu'on les mît du Soleil. Par exemple, mon miroir brûlant à 150 pieds du bois ſur la Terre, brûleroit de même à 150 pieds & avec autant de force du bois dans Saturne, où cependant la chaleur du Soleil eſt environ cent fois moindre que ſur la Terre. Je crois que les bons eſprits ſentiront bien, ſans autre démonſtration, la vérité de ces

deux propoſitions, quoique toutes deux nouvelles & ſingulieres.

Mais pour ne pas m'écarter du ſujet q je me ſuis propoſé, & pour démontrer que Deſcartes n'ayant pas la théorie qui eſt néceſſaire pour conſtruire les miroirs d'Archimède, il n'étoit pas en état de prononcer qu'ils étoient impoſſibles, je vais faire ſentir, autant que je le pourrai, en quoi conſiſtoit la difficulté de cette invention.

Si le ſoleil, au lieu d'occuper à nos yeux un eſpace de 32 minutes de degré, étoit réduit en un point, alors il eſt certain que ce point de lumiere réfléchie par un point d'une ſurface polie, produiroit à toutes les diſtances une lumiere & une chaleur égales, parce que l'interpoſition de l'air ne fait rien ou preſque rien ici; que par conſéquent un miroir dont la ſurface ſeroit égale à celle d'un autre, brûleroit à dix lieues à-peu-près auſſi-bien que le premier brûleroit à 10 pieds, s'il étoit poſſible de le travailler ſur une ſphere de quarante lieues, comme on peut travailler l'autre ſur une ſphere de 40 pieds; parce que chaque point de la ſurface du miroir réfléchiſſant le point lumineux auquel nous avons réduit le diſque du ſoleil, on auroit, en variant la courbure des miroirs, une égale chaleur ou une égale lumiere à toutes les diſtances ſans changer leurs diamètres. Ainſi pour brûler à une grande diſtance, dans ce cas il faudroit en effet un miroir très exactement travaillé ſur une ſphere, ou une hyperboloïde proportionnée à la diſtance, ou bien un miroir

brisé en une infinité de points physiques plans, qu'il faudroit faire coïncider au même point. Mais le disque du soleil occupant un espace de 32 minutes de degré, il est clair que le même miroir sphérique, ou hyperbolique, ou d'une autre figure quelconque, ne peut jamais, en vertu de cette figure, réduire l'image du soleil en un espace plus petit que de 32 minutes; que dès-lors l'image augmentera toujours à mesure qu'on s'éloignera; que de plus chaque point de la surface nous donnera une image d'une même largeur, par exemple, d'un demi-pied à 60 pieds: or comme il est nécessaire pour produire tout l'effet possible que toutes ces images coïncident dans cet espace d'un demi-pied, alors au lieu de briser le miroir en une infinité de parties, il est évident qu'il est à-peu-près égal & beaucoup plus commode de ne le briser, qu'en un petit nombre de parties planes d'un demi-pied de diamètre chacune, parce que chaque petit miroir plan d'un demi-pied donnera une image d'environ un demi-pied, qui sera à-peu-près aussi lumineuse qu'une pareille surface d'un demi-pied prise dans le miroir sphérique ou hyperbolique.

La théorie de mon miroir ne consiste donc pas, comme on l'a dit ici, à avoir trouvé l'art d'inscrire aisément des plans dans une surface sphérique, & le moyen de changer à volonté la courbure de cette surface sphérique; mais elle suppose cette remarque plus délicate & qui n'avoit jamais été faite, c'est qu'il y a presque autant d'avantage à se

ſervir de miroirs plans que de miroirs de toute autre figure, dès qu'on veut brûler à une certaine diſtance, & que la grandeur du miroir plan eſt déterminée par la grandeur de l'image à cette diſtance, en ſorte qu'à la diſtance de 60 pieds, où l'image du ſoleil a environ un demi-pied de diamètre, on brûlera à peu-près auſſi-bien avec des miroirs plans d'un demi-pied qu'avec des miroirs hyperboliques les mieux travaillés, pourvu qu'ils n'ayent que la même grandeur. De même avec des miroirs plans d'un pouce & demi, on brûlera à 15 pieds à-peu-près avec autant de force qu'avec un miroir exactement travaillé dans toutes ſes parties; & pour le dire en un mot, un miroir à facettes plates produira à-peu-près autant d'effet qu'un miroir travaillé avec la derniere exactitude dans toutes ſes parties, pourvu que la grandeur de chaque facette ſoit égale à la grandeur de l'image du ſoleil; & c'eſt par cette raiſon qu'il y a une certaine proportion entre la grandeur des miroirs plans & les diſtances, & que pour brûler plus loin, on peut employer, même avec avantage, de plus grandes glaces dans mon miroir que pour brûler plus près.

Car ſi cela n'étoit pas, on ſent bien qu'en réduiſant par exemple, mes glaces de ſix pouces à trois pouces, & employant quatre fois autant de ces glaces que des premieres, ce qui revient au même pour l'étendue de la ſurface du miroir, j'aurois eu quatre fois plus d'effet, & que plus les glaces ſeroient petites & plus le miroir produiroit d'effet;

& c'eſt à ceci que ſe ſeroit réduit l'art de quelqu'un qui auroit ſeulement tenté d'inſcrire une ſurface polygone dans une ſphere, & qui auroit imaginé l'ajuſtement dont je me ſuis ſervi pour faire changer à volonté la courbure de cette ſurface; il auroit fait les glaces les plus petites qu'il auroit été poſſible. Mais le fond & la théorie de la choſe eſt d'avoir reconnu qu'il n'étoit pas ſeulement queſtion d'inſcrire une ſurface polygone dans une ſphere avec exactitude, & d'en faire varier la courbure à volonté; mais encore que chaque partie de cette ſurface devoit avoir une certaine grandeur déterminée pour produire aiſément un grand effet; ce qui fait un problème fort différent, & dont la ſolution m'a fait voir qu'au lieu de travailler ou de briſer un miroir dans toutes ſes parties pour faire coïncider les images au même endroit, il ſuffiſoit de le briſer ou de le travailler à facettes planes en grandes portions égales à la grandeur de l'image, & qu'il y avoit peu à gagner en le briſant en de trop petites parties, ou, ce qui eſt la même choſe, en le travaillant exactement dans tous ſes points. C'eſt pour cela que j'ai dit dans mon Mémoire, que pour brûler à de grandes diſtances il falloit imaginer quelque choſe de nouveau & tout-à-fait indépendant de ce qu'on avoit penſé & pratiqué juſqu'ici; & ayant ſupputé géométriquement la différence, j'ai trouvé qu'un miroir parfait de quelque courbure qu'il puiſſe être, n'aura jamais plus d'avantage ſur le mien que de 17 à 10, & qu'en

même temps l'exécution en feroit impoffible pour ne brûler même qu'à une petite diftance, comme de 25 ou 30 pieds. Mais revenons aux affertions de Defcartes.

Il dit enfuite » qu'ayant deux verres ou » miroirs ardens, dont l'un foit beaucoup » plus grand que l'autre, de quelque façon » qu'ils puiffent être, pourvu que leurs figures foient toutes pareilles, le plus grand » doit bien ramaffer les rayons du foleil en » un plus grand efpace & plus loin de foi » que le plus petit, mais que ces rayons ne » doivent point avoir plus de force en chaque partie de cet efpace qu'en celui où » le plus petit les ramaffe, en forte qu'on » peut faire des verres ou miroirs extrêmement petits, qui brûleront avec autant de » violence que les plus grands «.

Ceci eft abfolument contraire aux expériences que j'ai rapportées dans mon Mémoire, où j'ai fait voir qu'à égale intenfité de lumiere un grand foyer brûle beaucoup plus qu'un petit, & c'eft en partie fur cette remarque, toute oppofée au fentiment de Defcartes, que j'ai fondé la théorie de mes miroirs; car voici ce qui fuit de l'opinion de ce Philofophe. Prenons un grand miroir ardent, comme celui du fieur Segard, qui a 32 pouces de diamètre, & un foyer de 9 lignes de largeur à 6 pieds de diftance, auquel foyer le cuivre fe fond en une minute, & faifons dans les mêmes proportions un petit miroir ardent de 32 lignes de diamètre, dont le foyer fera de $\frac{9}{12}$ ou de $\frac{3}{4}$ de ligne de diamètre, & la diftance de 6 pouces; puif-

que le grand miroir fond le cuivre en une minute dans l'étendue de ſon foyer qui eſt de 9 lignes, le petit doit, ſelon Deſcartes, fondre dans le même temps la même matiere dans l'étendue de ſon foyer qui eſt de $\frac{3}{4}$ de ligne ; or j'en appelle à l'expérience, & on verra que bien loin de fondre le cuivre, à peine ce petit verre brûlant pourra-t-il lui donner un peu de chaleur.

Comme ceci eſt une remarque phyſique & qui n'a pas peu ſervi à augmenter mes eſpérances lorſque je doutois encore ſi je pourrois produire du feu à une grande diſtance, je crois devoir communiquer ce que j'ai penſé à ce ſujet.

La premiere choſe à laquelle je fis attention, c'eſt que la chaleur ſe communique de proche en proche & ſe diſperſe, quand même elle eſt appliquée continuellement ſur le même point ; par exemple, ſi on fait tomber le foyer d'un verre ardent ſur le centre d'un écu, & que ce foyer n'ait qu'une ligne de diamètre, la chaleur qu'il produit ſur le centre de l'écu ſe diſperſe & s'étend dans le volume entier de l'écu, & il devient chaud juſqu'à la circonférence ; dès-lors toute la chaleur, quoiqu'employée d'abord contre le centre de l'écu, ne s'y arrête pas & ne peut pas produire un auſſi grand effet que ſi elle y demeuroit toute entiere. Mais ſi au lieu d'un foyer d'une ligne qui tombe ſur le milieu de l'écu, je fais tomber ſur l'écu tout entier un foyer d'égale force au premier, toutes les parties de l'écu étant également échauffées dans ce dernier cas,

il n'y a pas de perte de chaleur comme dans le premier; & le point du milieu profitant de la chaleur des autres points, autant que ces points profitent de la sienne, l'écu sera fondu par la chaleur dans ce dernier cas, tandis que dans le premier il n'aura été que légèrement échauffé. De-là je conclus que toutes les fois qu'on peut faire un grand foyer on est sûr de produire de plus grands effets qu'avec un petit foyer, quoique l'intensité de lumiere soit la même dans tous deux, & qu'un petit miroir ardent ne peut jamais faire autant d'effet qu'un grand; & même qu'avec une moindre intensité de lumiere, un grand miroir doit faire plus d'effet qu'un petit, la figure de ces deux miroirs étant toujours supposée semblable. Ceci, qui comme l'on voit, est directement opposé à ce que dit Descartes, s'est trouvé confirmé par les expériences rapportées dans mon Mémoire: mais je ne me suis pas borné à savoir d'une maniere générale que les grands foyers agissoient avec plus de force que les petits, j'ai déterminé à très peu près de combien est cette augmentation de force, & j'ai vu qu'elle étoit très considérable; car j'ai trouvé que s'il faut dans un miroir cent quarante-quatre fois la surface d'un foyer de six lignes de diamètre pour brûler, il faut au moins le double, c'est-à-dire, deux cent quatre-vingt-huit fois cette surface pour brûler à un foyer de deux lignes; & qu'à un foyer de 6 pouces il ne faut pas trente fois cette même surface du foyer pour brûler, ce qui fait, comme l'on voit,

une prodigieuſe différence & ſur laquelle j'ai compté lorſque j'ai entrepris de faire mon miroir; ſans cela il y auroit eu de la témérité à l'entreprendre & il n'auroit pas réuſſi. Car ſuppoſons un inſtant que je n'euſſe pas eu cette connoiſſance de l'avantage des grands foyers ſur les petits; voici comme j'aurois été obligé de raiſonner. Puiſqu'il faut à un miroir deux cent quatre-vingt-huit fois la ſurface du foyer pour brûler dans un eſpace de deux lignes, il faudra de même deux cent quatre-vingt-huit glaces ou miroirs de 6 pouces pour brûler dans un eſpace de 6 pouces; & dès-lors, pour brûler ſeulement à 100 pieds, il auroit fallu un miroir compoſé d'environ onze cent cinquante-deux glaces de 6 pouces, ce qui étoit une grandeur énorme pour un petit effet, & cela étoit plus que ſuffiſant pour me faire abandonner mon projet; mais connoiſſant l'avantage conſidérable des grands foyers ſur les petits, qui dans ce cas eſt de 288 à 30, je ſentis qu'avec cent vingt glaces de 6 pouces je brûlerois très certainement à 100 pieds; & c'eſt ſur cela que j'entrepris avec confiance la conſtruction de mon miroir qui, comme l'on voit, ſuppoſe une théorie tant mathématique que phyſique, fort différente de ce qu'on pouvoit imaginer au premier coup-d'œil.

Deſcartes ne devoit donc pas affirmer qu'un petit miroir ardent brûloit auſſi violemment qu'un grand.

Il dit enſuite; » & un miroir ardent dont » le diamètre n'eſt pas plus grand qu'en-

» viron la centième partie de la distance qui
» est entre lui & le lieu où il doit rassem-
» bler les rayons du soleil ; c'est-à-dire,
» qui a même proportion avec cette distance
» qu'a le diamètre du soleil avec celle qui
» est entre lui & nous, fût-il poli par un
» Ange, ne peut faire que les rayons qu'il
» assemble échauffent plus en l'endroit où
» il les assemble que ceux qui viennent di-
» rectement du soleil, ce qui se doit aussi
» entendre des verres brûlans à proportion ;
» d'où vous pouvez voir que ceux qui ne
» sont qu'à demi-savans en l'Optique, se
» laissent persuader beaucoup de choses qui
» sont impossibles, & que ces miroirs, dont
» on a dit qu'Archimède brûloit des navires
» de fort loin, devoient être extrêmement
» grands, ou plutôt qu'ils sont fabuleux «.

C'est ici où je bornerai mes réflexions : si notre illustre Philosophe eût su que les grands foyers brûlent plus que les petits à égale intensité de lumiere, il auroit jugé bien différemment, & il auroit mis une forte restriction à cette conclusion.

Mais indépendamment de cette connoissance qui lui manquoit, son raisonnement n'est point du tout exact ; car un miroir ardent, dont le diamètre n'est pas plus grand qu'environ la centième partie qui est entre lui & le lieu où il doit rassembler les rayons, n'est plus un miroir ardent, puisque le diamètre de l'image est environ égal au diamètre du miroir dans ce cas, & par conséquent il ne peut rassembler les rayons, comme le dit Descartes, qui semble n'avoir

pas vu qu'on doit réduire ce cas à celui des miroirs plans. Mais de plus, en n'employant que ce qu'il ſavoit, & ce qu'il avoit prévu, il eſt viſible que s'il eût réfléchi ſur l'effet de ce prétendu miroir qu'il ſuppoſe poli par un Ange, & qui ne doit pas raſſembler, mais ſeulement réfléchir la lumiere avec autant de force qu'elle en a en venant directement du ſoleil; il auroit vu qu'il étoit poſſible de brûler à de grandes diſtances avec un miroir de médiocre grandeur, s'il eût pu lui donner la figure convenable; car il auroit trouvé que dans cette hypothèſe, un miroir de cinq pieds auroit brûlé à plus de deux cents pieds, parce qu'il ne faut pas ſix fois la chaleur du ſoleil pour brûler à cette diſtance; & de même qu'un miroir de ſept pieds auroit brûlé à près de 400 pieds, ce qui ne fait pas des miroirs aſſez grands pour qu'on puiſſe les traiter de fabuleux.

Il me reſte à obſerver que Deſcartes ignoroit combien il falloit de fois la lumiere du ſoleil pour brûler, qu'il ne dit pas un mot des miroirs plans, qu'il étoit fort éloigné de ſoupçonner la mécanique par laquelle on pouvoit les diſpoſer pour brûler au loin, & que par conſéquent il a prononcé ſans avoir aſſez de connoiſſance ſur cette matiere & même ſans avoir fait aſſez de réflexions ſur ce qu'il en ſavoit.

Au reſte, je ne ſuis pas le premier qui ait fait quelques reproches à Deſcartes ſur ce ſujet, quoique j'en aie acquis le droit plus qu'un autre; car pour ne pas ſortir du

sein de cette compagnie (*a*), je trouve que M. du Fay en a presque dit autant que moi. Voici ses paroles : *Il ne s'agit pas*, dit-il, *si un tel miroir qui brûleroit à 600 pieds est possible ou non, mais si, physiquement parlant, cela peut arriver. Cette opinion a été extrêmement contredite, & je dois mettre Descartes à la tête de ceux qui l'ont combattue.* Mais quoique M. du Fay regardât la chose comme impossible à exécuter, il n'a pas laissé de sentir que Descartes avoit eu tort d'en nier la possibilité dans la théorie. J'avouerai volontiers que Descartes a entrevu ce qui arrive aux images réfléchies ou réfractées à différentes distances, & qu'à cet égard sa théorie est peut-être aussi bonne que celle de M. du Fay, que ce dernier n'a pas développée : mais les inductions qu'il en tire sont trop générales & trop vagues, & les dernieres conséquences sont fausses ; car si Descartes eût bien compris toute cette matiere, au lieu de traiter le miroir d'Archimède de chose impossible & fabuleuse, voici ce qu'il auroit dû conclure de sa propre théorie. Puisqu'un miroir ardent, dont le diamètre n'est pas plus grand que la centième partie de la distance qui est entre le lieu où il doit rassembler les rayons du soleil, fût-il poli par un Ange, ne peut faire que les rayons qu'il assemble échauffent plus en l'endroit où il les assemble que ceux qui viennent directement du soleil, ce miroir ardent doit être considéré comme un

(*b*) l'Académie des Sciences,

miroir plan parfaitement poli ; & par conséquent pour brûler à une grande distance, il faut autant de ces miroirs plans qu'il faut de fois la lumiere directe du soleil pour brûler ; en sorte que les miroirs dont on dit qu'Archimède s'est servi pour brûler des vaisseaux de loin, devoient être composés de miroirs plans, dont il falloit au moins un nombre égal au nombre de fois qu'il faut la lumiere directe du soleil pour brûler. Cette conclusion qui eût été la vraie, selon ses principes, est, comme l'on voit, fort différente de celle qu'il a donnée.

On est maintenant en état de juger si je n'ai pas traité le célèbre Descartes avec tous les égards que mérite son grand nom, lorsque j'ai dit dans mon Mémoire : *Descartes, né pour juger & même pour surpasser Archimède, a prononcé contre lui d'un ton de maître : il a nié la possibilité de l'invention, & son opinion a prévalu sur les témoignages & la croyance de toute l'antiquité.*

Ce que je viens d'exposer suffit pour justifier ces termes que l'on m'a reprochés, & peut-être même sont-ils trop forts ; car Archimède étoit un très grand génie, & lorsque j'ai dit que Descartes étoit né pour le juger, & même pour le surpasser, j'ai senti qu'il pouvoit bien y avoir un peu de compliment national dans mon expression.

J'aurois encore beaucoup de choses à dire sur cette matiere ; mais comme ceci est déjà bien long, quoique j'aie fait tous mes efforts pour être court, je me bornerai pour le fond du sujet à ce que je viens d'exposer ; mais

je ne puis me dispenser de parler encore un moment au sujet de l'historique de la chose, afin de satisfaire par ce seul Mémoire à toutes les objections & difficultés qu'on m'a faites.

Je ne prétends pas prononcer affirmativement qu'Archimède se soit servi de pareils miroirs au siège de Syracuse, ni même que ce soit lui qui les ait inventés, & je ne les ai appellés *les miroirs d'Archimède*, que parce qu'ils étoient connus sous ce nom depuis plusieurs siècles; les Auteurs contemporains & ceux des temps qui suivent celui d'Archimède, & qui sont parvenus jusqu'à nous, ne font pas mention de ces miroirs. Tite-Live, à qui le merveilleux fait tant de plaisir à raconter, n'en parle pas; Polybe, à l'exactitude de qui les grandes inventions n'auroient pas échappé, puisqu'il entre dans le détail des plus petites, & qu'il décrit très soigneusement les plus légeres circonstances du siège de Syracuse, garde un silence profond au sujet de ces miroirs. Plutarque, ce judicieux & grave Auteur, qui a rassemblé un si grand nombre de faits particuliers de la vie d'Archimède, parle aussi peu des miroirs que les deux précédens. En voilà plus qu'il n'en faut pour se croire fondé à douter de la vérité de cette histoire: cependant ce ne sont ici que des témoignages négatifs; & quoiqu'ils ne soient pas indifférens, ils ne peuvent jamais donner une probabilité équivalente à celle d'un seul témoignage positif.

Galien, qui vivoit dans le second siècle, est

eſt le premier qui en ait parlé; & après avoir raconté l'hiſtoire d'un homme qui enflamma de loin un monceau de bois réſineux, mêlé avec de la fiente de pigeon, il dit que c'eſt de cette façon qu'Archimède brûla les vaiſſeaux des Romains; mais comme il ne décrit pas ce moyen de brûler de loin, & que ſon expreſſion peut ſignifier auſſi-bien un feu qu'on auroit lancé à la main ou par quelque machine, qu'une lumiere réfléchie par un miroir, ſon témoignage n'eſt pas aſſez clair pour qu'on puiſſe en rien conclure d'affirmatif : cependant on doit préſumer, & même avec une grande probabilité, qu'il ne rapporte l'hiſtoire de cet homme qui brûla au loin, que parce qu'il le fit d'une maniere ſinguliere, & que s'il n'eût brûlé qu'en lançant le feu à la main, ou en le jetant par le moyen d'une machine, il n'y auroit eu rien d'extraordinaire dans cette façon d'enflammer; rien par conſéquent qui fût digne de remarque, & qni méritât d'être rapporté & comparé à ce qu'avoit fait Archimède, & dès-lors Galien n'en eût pas fait mention.

On a auſſi des témoignages ſemblables de deux ou trois autres Auteurs du 3e. ſiècle, qui diſent ſeulement qu'Archimède brûla de loin les vaiſſeaux des Romains, ſans expliquer les moyens dont il ſe ſervit; mais les témoignages des Auteurs du 12e. ſiècle ne ſont point équivoques, & ſurtout ceux de Zonaras & de Tzetzès que j'ai cités; c'eſt-à-dire, ils nous font voir clairement que cette invention étoit connue des Anciens, car la deſcription qu'en fait ce dernier Au-

teur suppose nécessairement ou qu'il eût trouvé lui-même le moyen de construire ces miroirs, ou qu'il l'eût appris & cité d'après quelque Auteur qui en avoit fait une très exacte description, & que l'inventeur, quel qu'il fût, entendoit à fond la théorie de ces miroirs, ce qui résulte de ce que dit Tzetzès de la figure de 24 angles ou 24 côtés qu'avoient les petits miroirs, ce qui est en effet la figure la plus avantageuse : ainsi on ne peut pas douter que ces miroirs n'ayent été inventés & exécutés autrefois, & le témoignage de Zonaras au sujet de Proclus n'est pas suspect : *Proclus s'en servit*, dit-il, *au siège de Constantinople, l'an 514, & il brûla la flotte de Vitalien.* Et même ce que Zonaras ajoute me paroît une espèce de preuve, qu'Archimède étoit le premier inventeur de ces miroirs; car il dit précisément que cette découverte étoit ancienne, & que l'historien Dion en attribue l'honneur à Archimède qui la fit & s'en servit contre les Romains au siège de Syracuse; les Livres de Dion, où il est parlé du siège de Syracuse, ne sont pas parvenus jusqu'à nous, mais il y a grande apparence qu'ils existoient encore du temps de Zonaras, & que sans cela il ne les eût pas cités comme il l'a fait. Ainsi toutes les probabilités de part & d'autre étant évaluées, il reste une forte présomption qu'Archimède avoit en effet inventé ces miroirs, & qu'il s'en étoit servi contre les Romains. Feu M. Melot, que j'ai cité dans mon Mémoire, & qui avoit fait des recherches particulieres & très exactes sur ce sujet, étoit

de ce ſentiment, & il penſoit qu'Archimède avoit en effet brûlé les vaiſſeaux à une diſtance médiocre, & comme le dit Tzetzès, à la portée du trait; j'ai évalué la portée du trait à 150 pieds, d'après ce que m'en ont dit des Savans très verſés dans la connoiſſance des uſages anciens: ils m'ont aſſuré que toutes les fois qu'il eſt queſtion, dans les Auteurs, de la portée du trait, on doit entendre la diſtance à laquelle un homme lançoit à la main un trait ou un javelot; & ſi cela eſt, je crois avoir donné à cette diſtance toute l'étendue qu'elle peut comporter.

J'ajouterai qu'il n'eſt queſtion dans aucun Auteur ancien, d'une plus grande diſtance, comme de trois ſtades; & j'ai déjà dit que l'Auteur qu'on m'avoit cité, Diodore de Sicile, n'en parle pas, non plus que du ſiège de Syracuſe, & que ce qui nous reſte de cet Auteur finit à la guerre d'Ipſus & d'Antigonus, environ ſoixante ans avant le ſiège de Syracuſe; ainſi on ne peut pas excuſer Deſcartes, en ſuppoſant qu'il a cru que la diſtance à laquelle on a prétendu qu'Archimède avoit brûlé étoit très grande, comme, par exemple, de trois ſtades, puiſque cela n'eſt dit dans aucun Auteur ancien, & qu'au contraire il eſt dit dans Tzetzès, que cette diſtance n'étoit que de la portée du trait; mais je ſuis convaincu que c'eſt cette même diſtance que Deſcartes a regardée comme fort grande, & qu'il étoit perſuadé qu'il n'étoit pas poſſible de faire des miroirs pour brûler à 150 pieds, qu'enfin c'eſt pour cette

raison qu'il a traité ceux d'Archimède de fabuleux.

Au reste, les effets du miroir que j'ai construit ne doivent être regardés que comme des essais sur lesquels à la vérité on peut statuer toutes proportions gardées, mais qu'on ne doit pas considérer comme les plus grands effets possibles, car je suis convaincu que si on vouloit faire un miroir semblable, avec toutes les attentions nécessaires, il produiroit plus du double de l'effet; la premiere attention seroit de prendre des glaces de figure hexagone ou même de 24 côtés, au lieu de les prendre barlongues, comme celles que j'ai employées, & cela afin d'avoir des figures qui pussent s'ajuster ensemble sans laisser de grands intervalles, & qui approchassent en même temps de la figure circulaire; la seconde seroit de faire polir ces glaces jusqu'au dernier degré par un Lunetier, au lieu de les employer telles qu'elles sortent de la manufacture, où le poliment se faisant par une portion de cercle, les glaces sont toujours un peu concaves & irrégulieres; la troisième attention seroit de choisir parmi un grand nombre de glaces, celles qui donneroient à une grande distance une image plus vive & mieux terminée, ce qui est extrêmement important, & au point qu'il y a dans mon miroir des glaces qui font seules trois fois plus d'effet que d'autres à une grande distance, quoiqu'à une petite distance, comme de 20 ou 25 pieds, l'effet en paroisse absolument le même. Quatrièmement, il faudroit des glaces d'un demi-pied

tout au plus de ſurface pour brûler à 150 ou 200 pieds, & d'un pied de ſurface pour brûler à 3 ou 400 pieds. Cinquièmement, il faudroit les faire étamer avec plus de ſoin qu'on ne le fait ordinairement ; j'ai remarqué qu'en général les glaces fraîchement étamées, réfléchiſſent plus de lumiere que celles qui le ſont anciennement ; l'étamage, en ſe ſéchant, ſe gerſe, ſe diviſe & laiſſe de petits intervalles qu'on apperçoit en y regardant de près avec une loupe, & ces petits intervalles donnant paſſage à la lumiere, la glace en réfléchit d'autant moins. On pourroit trouver le moyen de faire un meilleur étamage, & je crois qu'on y parviendroit en employant de l'or & du vif-argent, la lumiere ſeroit peut-être un peu jaune par la réflexion de cet étamage ; mais bien loin que cela fit un déſavantage, j'imagine au contraire qu'il y auroit à gagner, parce que les rayons jaunes ſont ceux qui ébranlent le plus fortement la rétine & qui brûlent le plus violemment, comme je crois m'en être aſſuré, en réuniſſant, au moyen d'un verre lenticulaire, une quantité de rayons jaunes qui m'étoient fournis par un grand priſme, & en comparant leur action avec une égale quantité de rayons de toute autre couleur, réunis par le même verre lenticulaire, & fournis par le même priſme.

Sixièmement, il faudroit un chaſſis de fer & des vis de cuivre, & un reſſort pour aſſujettir chacune des petites planches qui portent les glaces, tout cela conforme à un modèle que j'ai fait exécuter par le ſieur

Chopitel, afin que la ſécheresſe & l'humidité qui agiſſent ſur le chaſſis & les vis en bois ne cauſaſſent pas d'inconvénient, & que le foyer, lorſqu'il eſt une fois formé, ne fût pas ſujet à s'élargir, & à ſe déranger lorſqu'on fait rouler le miroir ſur ſon pivot ou qu'on le fait tourner autour de ſon axe pour ſuivre le Soleil : il faudroit auſſi y ajouter une alidade avec deux pinnules au milieu de la partie inférieure du chaſſis, afin de s'aſſurer de la poſition du miroir par rapport au Soleil, & une autre alidade ſemblable, mais dans nn plan vertical au plan de la premiere, pour ſuivre le Soleil à ſes différentes hauteurs.

Au moyen de toutes ces attentions, je crois pouvoir aſſurer, par l'expérience que j'ai acquiſe en me ſervant de mon miroir, qu'on pourroit en réduire la grandeur à moitié, & qu'au lieu d'un miroir de ſept pieds avec lequel j'ai brûlé du bois à 150 pieds, on produiroit le même effet avec un miroir de cinq pieds $\frac{1}{2}$, ce qui n'eſt, comme l'on voit, qu'une très médiocre grandeur pour un très grand effet ; & de même je crois pouvoir aſſurer qu'il ne faudroit alors qu'un miroir de quatre pieds $\frac{1}{2}$ pour brûler à 100 pieds, & qu'un miroir de trois pieds $\frac{1}{2}$ brûleroit à 60 pieds, ce qui eſt une diſtance bien conſidérable en comparaiſon du diamètre du miroir.

Avec un aſſemblage de petits miroirs plans hexagones & d'acier poli, qui auroient plus de ſolidité, plus de durée que les glaces étamées, & qui ne ſeroient point ſu-

jets aux altérations que la lumiere du Soleil fait ſubir à la longue à l'étamage, on pourroit produire des effets très utiles, & qui dédommageroient amplement des dépenſes de la conſtruction du miroir.

1°. Pour toutes les évaporations des eaux ſalées, où l'on eſt obligé de conſommer du bois & du charbon ou d'employer l'art des bâtimens de graduation qui coûtent beaucoup plus que la conſtruction de pluſieurs miroirs tels que je les propoſe. Il ne faudroit pour l'évaporation des eaux ſalées, qu'un aſſemblage de douze miroirs plans d'un pied quarré chacun ; la chaleur qu'ils réfléchiront à leur foyer, quoique dirigée au-deſſous de leur niveau, & à 15 ou 16 pieds de diſtance, ſera encore aſſez grande pour faire bouillir l'eau, & produire par conſéquent une prompte évaporation, car la chaleur de l'eau bouillante n'eſt que triple de la chaleur du Soleil d'été ; & comme la réflexion d'une ſurface plane bien polie ne diminue la chaleur que de moitié, il ne faudroit que ſix miroirs pour produire au foyer une chaleur égale à celle de l'eau bouillante : mais j'en double le nombre afin que la chaleur ſe communique plus vîte, & auſſi à cauſe de la perte occaſionnée par l'obliquité ſous laquelle le faiſceau de la lumiere tombe ſur la ſurface de l'eau qu'on veut faire évaporer, & encore parce que l'eau ſalée s'échauffe plus lentement que l'eau douce. Ce miroir dont l'aſſemblage ne formeroit qu'un quarré de quatre pieds de largeur ſur trois de hauteur, ſeroit aiſé à manier & à

transporter ; & si l'on vouloit en doubler ou en tripler les effets dans le même temps, il vaudroit mieux faire plusieurs miroirs semblables, c'est-à-dire, doubler ou tripler le nombre de ces mêmes miroirs de quatre pieds sur trois, que d'en augmenter l'étendue ; car l'eau ne peut recevoir qu'un certain degré de chaleur déterminée, & l'on ne gagneroit presque rien à augmenter ce degré & par conséquent la grandeur du miroir ; au lieu qu'en faisant deux foyers par deux miroirs égaux, on doublera l'effet de l'évaporation, & on le triplera par trois miroirs dont les foyers tomberont séparément les uns des autres sur la surface de l'eau qu'on veut faire évaporer. Au reste, l'on ne peut éviter la perte causée par l'obliquité ; & si l'on veut y remédier, ce ne peut être que par une autre perte encore plus grande, en recevant d'abord les rayons du soleil sur une grande glace qui les réfléchiroit sur le miroir brisé ; car alors il brûleroit en bas au lieu de brûler en haut ; mais il perdroit moitié de la chaleur par la premiere réflexion, & moitié du reste par la seconde, en sorte qu'au lieu de six petits miroirs, il en faudroit douze pour obtenir une chaleur égale à celle de l'eau bouillante.

Pour que l'évaporation se fasse avec plus de succès, il faudra diminuer l'épaisseur de l'eau autant qu'il sera possible. Une masse d'eau d'un pied d'épaisseur ne s'évaporera pas aussi vite, à beaucoup près, que la même masse réduite à six pouces d'épaisseur & augmentée du double en superficie. D'ailleurs

le

le fond étant plus près de la surface, il s'échauffe plus promptement ; & cette chaleur que reçoit le fond du vaisseau, contribue encore à la célérité de l'évaporation.

2°. On pourra se servir avec avantage de ces miroirs pour calciner les plâtres & même les pierres calcaires ; mais il les faudroit plus grands, & placer les matieres en haut afin de ne rien perdre par l'obliquité de la lumiere. On a vu par les expériences détaillées dans le second de ces mémoires, que le gyps s'échauffe plus d'une fois plus vîte que la pierre calcaire tendre, & près de deux fois plus vîte que le marbre ou la pierre calcaire dure : leur calcination respective doit être en même raison. J'ai trouvé par une expérience répétée trois fois, qu'il faut un peu plus de chaleur pour calciner le gyps blanc qu'on appelle *albâtre*, que pour fondre le plomb. Or la chaleur nécessaire pour fondre le plomb, est, suivant les expériences de Newton, huit fois plus grande que la chaleur du soleil d'été : il faudroit donc au moins seize petits miroirs pour calciner le gyps ; & à cause des pertes occasionnées, tant par l'obliquité de la lumiere que par l'irrégularité du foyer qu'on n'éloignera pas au-delà de quinze pieds, je présume qu'il faudroit vingt & peut-être vingt-quatre miroirs d'un pied quarré chacun, pour calciner le gyps en peu de temps : par conséquent il faudroit un assemblage de quarante-huit de ces petits miroirs pour opérer la calcination sur la pierre calcaire la plus tendre, & soixan-

te-douze des mêmes miroirs d'un pied en quarré pour calciner les pierres calcaires dures. Or un miroir de douze pieds de largeur sur six pieds de hauteur, ne laisse pas d'être une grosse machine embarrassante & difficile à mouvoir, à monter & à maintenir. Cependant on viendroit à bout de ces difficultés, si le produit de la calcination étoit assez considérable pour équivaloir & même surpasser la dépense de la consommation du bois : il faudroit pour s'en assurer, commencer par calciner le plâtre avec un miroir de vingt-quatre pièces ; & si cela réussissoit, faire deux autres miroirs pareils, au lieu d'en faire un grand de soixante-douze pièces ; car en faisant coïncider les foyers de ces trois miroirs de vingt-quatre pièces, on produira une chaleur égale, & qui seroit assez forte pour calciner le marbre ou la pierre dure.

Mais une chose très essentielle reste douteuse, c'est de savoir combien il faudroit de temps pour calciner, par exemple, un pied cube de matiere, surtout si ce pied cube n'étoit frappé de chaleur que par une face ? Je vois qu'il se passeroit du temps avant que la chaleur n'eût pénétré toute son épaisseur ; je vois que pendant tout ce temps, il s'en perdroit une assez grande partie qui sortiroit de ce bloc de matiere après y être entrée ; je crains donc beaucoup que la pierre n'étant pas saisie par la chaleur de tous les côtés à la fois, la calcination ne fût très lente, & le produit en chaux très petit.

L'expérience ſeule peut ici décider; mais il faudroit au moins la tenter ſur les matieres gypſeuſes, dont la calcination doit être une fois plus prompte que celle des pierres calcaires (*f*).

En concentrant cette chaleur du Soleil dans un four qui n'auroit d'autre ouverture que celle qui laiſſeroit entrer la lumiere, on empêcheroit en grande partie la chaleur de s'évaporer; & en mêlant avec les pierres calcaires une petite quantité de braſque ou poudre de charbon qui de toutes les matieres combuſtibles eſt la moins chere, cette légere quantité d'alimens ſuffiroit pour nourrir & augmenter de beaucoup la quantité de chaleur, ce qui produiroit une plus ample & plus prompte calcination, & à très peu de frais, comme on l'a vu par la ſeconde expérience du quatrième Mémoire.

3°. Ces miroirs d'Archimède peuvent ſervir en effet à mettre le feu dans des voiles de vaiſſeaux, & même dans le bois goudronné, à plus de 150 pieds de diſtance; on pourroit s'en ſervir auſſi contre ſes ennemis en brûlant les blés & les autres productions de la terre; cet effet qui ſeroit aſſez

(*f*) Il vient de paroître un petit Ouvrage rempli de grandes vues, de M. l'Abbé Scipion Bexon, qui a pour titre: *Syſtême de la Fertiliſation.* Il propoſe mes miroirs comme un moyen facile pour réduire en chaux toutes les matieres; mais il leur attribue plus de puiſſance qu'ils n'en ont réellement; & ce n'eſt qu'en les multipliant qu'on pourroit obtenir les grands effets qu'il s'en promet.]

prompt, feroit très dommageable. Mais ne nous occupons pas des moyens de faire du mal, & ne penfons qu'à ceux qui peuvent procurer quelque bien à l'humanité.

4°. Ces miroirs fourniffent le feul & unique moyen qu'il y ait de mefurer exactement la chaleur; il eft évident que deux miroirs dont les images lumineufes fe réuniffent, produifent une chaleur double dans tous les points de la furface qu'elles occupent; que trois, quatre, cinq, &c. miroirs donneront de même une chaleur triple, quadruple, quintuple, &c, & que par conféquent on peut par ce moyen faire un thermomètre dont les divifions ne feront point arbitraires, & les échelles différentes, comme le font celles de tous les thermomètres dont on s'eft fervi jufqu'à ce jour. La feule chofe arbitraire qui entreroit dans la conftruction de ce thermomètre, feroit la fuppofition du nombre total des parties du mercure en partant du degré du froid abfolu; mais en le prenant à 10000 au-deffous de la congélation de l'eau, au lieu de 1000, comme dans nos thermomètres ordinaires, on approcheroit beaucoup de la réalité, fur-tout en choififfant les jours de l'hiver les plus froids pour graduer le thermomètre; chaque image du Soleil lui donneroit un degré de chaleur au-deffus de la température que nous fuppoferons à celui de la glace. Le point auquel s'éleveroit le mercure par la chaleur de la premiere image du Soleil, feroit marqué 1. Le point ou il s'éleveroit par la chaleur de deux images égales & réunies, fera

marqué 2. Celui où trois images le feront monter, fera marqué 3, & ainfi de fuite jufqu'à la plus grande hauteur qu'on pourroit étendre jufqu'au degré 36. On auroit à ce degré une augmentation de chaleur trente-fix fois plus grande que celle du premier degre; dix-huit fois plus grande que celle du fecond; douze fois plus grande que celle du troifième; neuf fois plus grande que celle du quatrième, &c. Cette augmentation 36 de chaleur au-deffus de celle de la glace, feroit affez grande pour fondre le plomb, & il y a toute apparence que le mercure qui fe volatilife à une bien moindre chaleur, feroit par fa vapeur caffer le thermomètre. On ne pourra donc étendre la divifion que jufqu'à 12, & peut-être même à 9 degrés, fi l'on fe fert du mercure pour ces thermomètres; & l'on n'aura par ce moyen que les degrés d'une augmentation de chaleur jufqu'à 9. C'eft une des raifons qui avoient déterminé Newton à fe fervir d'huile de lin au lieu de mercure; & en effet on pourra, en fe fervant de cette liqueur, étendre la divifion non-feulement à 12 degrés, mais jufqu'au point de cette huile bouillante. Je ne propofe pas de remplir ces thermomètres avec de l'efprit-de-vin coloré; il eft univerfellement reconnu que cette liqueur fe décompofe au bout d'un affez petit temps (g), & que d'ailleurs elle ne peut fervir

(g) Plufieurs Voyageurs m'ont écrit que les thermomètres à l'efprit-de-vin de Reaumur, leur étoient de-

aux expériences d'une chaleur un peu forte.

Lorsqu'on aura marqué sur l'échelle de ces thermomètres remplis d'huile ou de mercure, les premieres divisions 1, 2, 3, 4, &c. qui indiqueront le double, le triple, le quadruple, &c. des augmentations de la chaleur, il faudra chercher les parties aliquotes de chaque division, par exemple, les points de $1\frac{1}{4}$, $2\frac{1}{4}$, $3\frac{1}{4}$, &c. ou de $1\frac{1}{2}$, $2\frac{1}{2}$, $3\frac{1}{2}$, &c. & de $1\frac{3}{4}$, $2\frac{3}{4}$, $3\frac{3}{4}$, &c. ce que l'on obtiendra par un moyen facile, qui sera de couvrir la moitié, ou le quart, ou les trois quarts de la superficie d'un des petits miroirs; car alors l'image qu'il réfléchira, ne contiendra que le quart, la moitié ou les trois quarts de la chaleur que contient l'image entiere; & par conséquent les divisions des parties aliquotes seront aussi exactes que celles des nombres entiers.

Si l'on réussit une fois à faire ce thermomètre réel, & que j'appelle ainsi, parce qu'il marqueroit réellement la proportion de la chaleur, tous les autres thermomètres, dont les échelles sont arbitraires & différentes entr'elles, deviendroient non-seulement superflus, mais même nuisibles, dans bien des cas, à la précision des vérités physiques qu'on cherche par leur moyen. On peut se rappeller l'exemple que j'en ai donné, en parlant de l'estimation de la chaleur qui

---

venus tout-à-fait inutiles, parce que cette liqueur se décolore & se charge d'une espèce de boue en assez peu de temps.

émane du globe de la Terre, comparée à la chaleur qui nous vient du Soleil.

5°. Au moyen de ces miroirs brisés, on pourra aisément recueillir dans leur entiere pureté, les parties volatiles de l'or & de l'argent, & des autres métaux & minéraux; car en exposant au large foyer de ces miroirs une grande plaque de métal, comme une assiette ou un plat d'argent, on en verra sortir une fumée très abondante pendant un temps considérable, jusqu'au moment où le métal tombe en fusion; & en ne donnant qu'une chaleur un peu moindre que celle qu'exige la fusion, on fera évaporer le métal au point d'en diminuer le poids assez considérablement. Je me suis assuré de ce premier fait, qui peut fournir des lumieres sur la composition intime des métaux: j'aurois bien desiré recueillir cette vapeur abondante que le feu pur du Soleil fait sortir du métal; mais je n'avois pas les instrumens nécessaires, & je ne puis que recommander aux Chimistes & aux Physiciens, de suivre cette expérience importante, dont les résultats seroient d'autant moins équivoques que la vapeur métallique est ici très pure; au lieu que dans toute opération semblable qu'on voudroit faire avec le feu commun, la vapeur métallique seroit nécessairement mêlée d'autres vapeurs provenant des matieres combustibles qui servent d'aliment à ce feu.

D'ailleurs ce moyen est peut-être le seul que nous ayons pour volatiliser les métaux fixes, tels que l'or & l'argent; car je pré-

ſume que cette vapeur que j'ai vu s'élever en ſi grande quantité de ces métaux échauffés au large foyer de mon miroir, n'eſt pas de l'eau ni quelqu'autre liqueur, mais des parties mêmes du métal que la chaleur en détache en les volatiliſant. On pourroit en recevant ainſi les vapeurs pures des différens métaux les mêler enſemble, & faire par ce moyen des alliages plus intimes & plus purs qu'on ne l'a fait par la fuſion & par la mixtion de ces mêmes métaux fondus, qui ne ſe marient jamais parfaitement à cauſe de l'inégalité de leur peſanteur ſpécifique, & de pluſieurs autres circonſtances qui s'oppoſent à l'intimité & à l'égalité parfaite du mêlange. Comme les parties conſtituantes de ces vapeurs métalliques ſont dans un état de diviſion bien plus grande que dans l'état de fuſion, elles ſe joindroient & ſe réuniroient de bien plus près & plus facilement. Enfin on arriveroit peut-être par ce moyen à la connoiſſance d'un fait général, & que pluſieurs bonnes raiſons me font ſoupçonner depuis long-temps, c'eſt qu'il y auroit pénétration dans tous les alliages faits de cette maniere, & que leur peſanteur ſpécifique ſeroit toujours plus grande que la ſomme des peſanteurs ſpécifiques des matieres dont ils ſeroient compoſés ; car la pénétration n'eſt qu'un degré plus grand d'intimité, & l'intimité, toutes choſes égales d'ailleurs, ſera d'autant plus grande que les matieres ſeront dans un état de diviſion plus parfaite.

En réfléchiſſant ſur l'appareil des vaiſſeaux

qu'il faudroit employer pour recevoir & recueillir ces vapeurs métalliques, il m'est venu une idée qui me paroît trop utile pour ne la pas publier; elle est aussi trop aisée à réaliser, pour que les bons Chimistes ne la saisissent pas. Je l'ai même communiquée à quelques-uns d'entr'eux qui m'en ont paru très satisfaits. Cette idée est de geler le mercure dans ce climat-ci & avec un degré de froid beaucoup moindre que celui des expériences de Pétersbourg ou de Sibérie : il ne faut pour cela que recevoir la vapeur du mercure, qui est le mercure même volatilisé par une très médiocre chaleur dans une cucurbite, ou dans un vase auquel on donnera un certain degré de froid artificiel; ce mercure en vapeur, c'est-à-dire, extrêmement divisé, offrira à l'action de ce froid des surfaces si grandes & des masses si petites, qu'au lieu de 187 degrés de froid qu'il faut pour geler le mercure en masse, il n'en faudroit peut-être que 18 ou 20 degrés, peut-être même moins, pour le geler en vapeurs. Je recommande cette expérience importante à tous ceux qui travaillent de bonne foi à l'avancement des Sciences.

Je pourrois ajouter à ces usages principaux du miroir d'Archimède, plusieurs autres usages particuliers; mais j'ai cru devoir me borner à ceux qui m'ont paru les plus utiles & les moins difficiles à réduire en pratique. Néanmoins je crois devoir joindre ici quelques expériences que j'ai faites sur la transmission de la lumiere

à travers les corps transparens, & donner en même temps quelques idées nouvelles sur les moyens d'appercevoir de loin les objets à l'œil simple, ou par le moyen d'un miroir semblable à celui dont les Anciens ont parlé, par l'effet duquel on appercevoit du port d'Alexandrie les vaisseaux d'aussi loin que la courbure de la Terre pouvoit le permettre.

Tous les Physiciens savent aujourd'hui qu'il y a trois causes qui empêchent la lumiere de se réunir dans un point lorsque ses rayons ont traversé le verre objectif d'une lunette ordinaire. La premiere est la courbure sphérique de ce verre qui répand une partie des rayons dans un espace terminé par une courbe. La seconde, est l'angle sous lequel nous paroît à l'œil simple l'objet que nous observons; car la largeur du foyer de l'objectif a toujours à très peu près pour diamètre une ligne égale à la corde de l'arc qui mesure cet angle. La troisième, est la différente réfrangibilité de la lumiere; car les rayons les plus réfrangibles ne se rassemblent pas dans le même lieu où se rassemblent les rayons les moins réfrangibles.

On peut remédier à l'effet de la premiere cause en substituant, comme Descartes l'a proposé, des verres elliptiques ou hyperboliques aux verres sphériques. On remédie à l'effet de la seconde par le moyen d'un second verre placé au foyer de l'objectif, dont le diamètre est à-peu-près égal à la largeur de ce foyer, & dont la surface est travaillée sur une sphère d'un rayon fort

court. On a trouvé de nos jours le moyen de remédier à la troisième, en faisant des lunettes qu'on appelle *achromatiques*, & qui sont composées de deux sortes de verres qui dispersent différemment les rayons colorés, de maniere que la dispersion de l'un est corrigée par la dispersion de l'autre, sans que la réfraction générale moyenne qui constitue la lunette, soit anéantie. Une lunette de 3 pieds $\frac{1}{2}$ de longueur faite sur ce principe, équivaut pour l'effet aux anciennes lunettes de 25 pieds de longueur.

Au reste, le remède à l'effet de la premiere cause, est demeuré tout-à-fait inutile jusqu'à ce jour, parce que l'effet de la derniere étant beaucoup plus considérable, influe si fort sur l'effet total qu'on ne pouvoit rien gagner à substituer des verres hyperboliques ou elliptiques à des verres sphériques, & que cette substitution ne pouvoit devenir avantageuse que dans le cas où l'on pourroit trouver le moyen de corriger l'effet de la différente réfrangibilité des rayons de la lumiere ; il semble donc qu'aujourd'hui l'on feroit bien de combiner les deux moyens, & de substituer dans les lunettes achromatiques des verres elliptiques aux sphériques.

Pour rendre ceci plus sensible, supposons que l'objet qu'on observe soit un point lumineux sans étendue, telle qu'est une étoile fixe par rapport à nous ; il est certain qu'avec un objectif, par exemple, de 30 pieds de foyer, toutes les images de ce point lumineux, s'étendront en forme de courbe au foyer de

ce verre s'il est travaillé sur une sphère, & qu'au contraire elles se réuniront en un point si ce verre est hyperbolique ; mais si l'objet qu'on observe a une certaine étendue, comme la Lune qui occupe environ un demi-degré d'espace à nos yeux, alors l'image de cet objet occupera un espace d'environ trois pouces de diamètre au foyer de l'objectif de 30 pieds ; & l'aberration causée par la sphéricite produisant une confusion dans un point lumineux quelconque, elle la produit de même sur tous les points lumineux du disque de la Lune, & par conséquent la défigure en entier. Il y auroit donc dans tous les cas beaucoup d'avantage à se servir de verres elliptiques ou hyperboliques pour de longues lunettes, puisqu'on a trouvé le moyen de corriger en grande partie le mauvais effet produit par la différente réfrangibilité des rayons.

Il suit de ce que nous venons de dire, que si l'on veut faire une lunette de 30 pieds pour observer la Lune & la voir en entier, le verre oculaire doit avoir au moins 3 pouces de diamètre pour recueillir l'image entiere que produit l'objectif à son foyer, & que si on vouloit observer cet astre avec une lunette de 60 pieds, l'oculaire doit avoir au moins six pouces de diamètre, parce que la corde de l'arc qui mesure l'angle sous lequel nous paroît la Lune, est dans ce cas de trois pouces & de six pouces à-peu-près ; aussi les Astronomes ne font jamais usage de lunettes qui renferment le

disque entier de la Lune, parce qu'elles grossiroient trop peu : mais si on veut observer Vénus avec une lunette de 60 pieds, comme l'angle sous lequel elle nous paroît n'est que d'environ 60 secondes, le verre oculaire pourra n'avoir que 4 lignes de diamètre ; & si on se sert d'un objectif de 120 pieds, un oculaire de 8 lignes de diamètre suffiroit pour réunir l'image entiere que l'objectif forme à son foyer.

De-là on voit que quand même les rayons de lumiere seroient également réfrangibles, on ne pourroit pas faire d'aussi fortes lunettes pour voir la Lune en entier que pour voir les autres planètes, & que plus une planète est petite à nos yeux, & plus nous pouvons augmenter la longueur de la lunette avec laquelle on peut la voir en entier. Dès-lors on conçoit bien que dans cette même supposition des rayons également réfrangibles, il doit y avoir une certaine longueur déterminée plus avantageuse qu'aucune autre pour telle ou telle planète, & que cette longueur de la lunette dépend non-seulement de l'angle sous lequel la planète paroît à notre œil, mais encore de la quantité de lumiere dont elle est éclairée.

Dans les lunettes ordinaires, les rayons de la lumiere étant différemment réfrangibles, tout ce qu'on pourroit faire dans cette vue pour les perfectionner ne seroit pas fort avantageux, parce que sous quelqu'angle que paroisse à notre œil l'objet ou l'astre que nous voulons observer, & quelque

intensité de lumiere qu'il puisse avoir, les rayons ne se rassembleront jamais dans le même endroit; plus la lunette sera longue, plus il y aura d'intervalle (*h*) entre le foyer des rayons rouges & celui des rayons violets, & par conséquent plus sera confuse l'image de l'objet observé.

On ne peut donc perfectionner les lunettes par réfraction qu'en cherchant, comme on l'a fait, les moyens de corriger cet effet de la différente réfrangibilité, soit en composant la lunette de verres de différente densité, soit par d'autres moyens particuliers, & qui seroient différens selon les différens objets & les différentes circonstances : supposons, par exemple, une courte lunette composée de deux verres, l'un convexe & l'autre concave des deux côtés; il est certain que cette lunette peut se réduire à une autre, dont les deux verres soient plans d'un côté, & travaillés de l'autre côté sur des sphères dont le rayon seroit une fois plus court que celui des sphères sur lesquelles auroient été travaillés les verres de la premiere lunette. Maintenant, pour éviter une grande partie de l'effet de la différente réfrangibilité des rayons, on peut faire cette seconde lunette d'une seule pièce de verre massif, comme je l'ai fait exécuter avec deux morceaux de verre blanc, l'un de deux pouces & demi de longueur, & l'autre d'un pouce & demi; mais alors la perte de la transparence est un plus grand

---

(*h*) Cet intervalle est d'un pied sur 27 de foyer.

inconvénient que celui de la différente réfrangibilité qu'on corrige par ce moyen ; car ces deux petites lunettes maſſives de verre, ſont plus obſcures qu'une petite lunette ordinaire du même verre & des mêmes dimenſions : elles donnent à la vérité moins d'iris, mais elles n'en ſont pas meilleures ; & ſi on les faiſoit plus longues, toujours en verre maſſif, la lumiere après avoir traverſé cette épaiſſeur de verre, n'auroit plus aſſez de force pour peindre l'image de l'objet à notre œil. Ainſi pour faire des lunettes de 10 ou 20 pieds, je ne vois que l'eau qui ait aſſez de tranſparence pour laiſſer paſſer la lumiere ſans l'éteindre en entier dans cette grande épaiſſeur. En employant donc de l'eau pour remplir l'intervalle entre l'objectif & l'oculaire, on diminuera en partie l'effet de la différente réfrangibilité (*i*), parce que celle de l'eau appproche plus de celle du verre que celle de l'air ; & ſi on pouvoit, en chargeant l'eau de différens ſels, lui donner le même degré de puiſſance réfringente qu'au verre,

---

(*i*) M. de La Lande, l'un de nos plus ſavans Aſtronomes, après avoir lu cet article, a bien voulu me communiquer quelques remarques qui m'ont paru très juſtes, & dont j'ai profité. Seulement je ne ſuis pas d'accord avec lui ſur ces lunettes remplies d'eau ; il croit *qu'on diminueroit très peu la différente réfrangibilité, parce que l'eau d'ſperſe les rayons colorés d'une maniere différente du verre, & qu'il y auroit des couleurs qui proviendroient de l'eau, & d'autres du verre.* Mais en ſe ſervant du verre le moins denſe, & en augmentant par les ſels la denſité de l'eau, on rapprocheroit de très près leur puiſſance réfractive.

il n'est pas douteux qu'on ne corrigeât davantage par ce moyen l'effet de la différente rétrangibilité des rayons. Il s'agiroit donc d'employer une liqueur transparente qui auroit à-peu-près la même puissance réfrangible que le verre ; car alors il sera sûr que les deux verres avec cette liqueur entre-deux corrigeront en partie l'effet de la différente réfrangibilité des rayons, de la même façon qu'elle est corrigée dans la petite lunette massive dont je viens de parler.

Suivant les expériences de M. Bouguer, une ligne d'épaisseur de verre détruit $\frac{2}{7}$ de la lumiere, & par conséquent la diminution s'en feroit dans la proportion suivante :

Epaiss. 1, 2, 3, 4, 5, 6 lignes ;
Dimin. $\frac{2}{7}$, $\frac{10}{49}$, $\frac{50}{343}$, $\frac{250}{2401}$, $\frac{1250}{16807}$, $\frac{6250}{117649}$,

en sorte que par la somme de ces six termes on trouveroit que la lumiere qui passe à travers six lignes de verre, auroit déjà perdu $\frac{\text{[illegible]}}{117649}$, c'est-à-dire, environ le $\frac{10}{11}$ de sa quantité. Mais il faut considérer que M. Bouguer s'est servi de verres bien peu transparens, puisqu'il a vu qu'une ligne d'épaisseur de ces verres détruisoit $\frac{2}{7}$ de la lumiere. Par les expériences que j'ai faites sur différentes espèces de verre blanc, il m'a paru que la lumiere diminuoit beaucoup moins. Voici ces expériences qui sont assez faciles à faire, & que tout le monde est en état de répéter.

Dans une chambre obscure, dont les murs étoient noircis, qui me servoit à faire des expériences d'optique, j'ai fait allumer une bougie de cinq à la livre ; la chambre étoit fort

fort vaſte & la lumiere de la bougie étoit la ſeule dont elle fût éclairée. J'ai d'abord cherché à quelle diſtance je pouvois lire un caractere d'impreſſion, tel que celui de la gazette de Hollande, à la lumiere de cette bougie, & j'ai trouvé que je liſois aſſez facilement ce caractere à 24 pieds 4 pouces de diſtance de la bougie. Enſuite ayant placé devant la bougie, à deux pouces de diſtance, un morceau de verre provenant d'une glace de Saint-Gobin, réduite à une ligne d'épaiſſeur, j'ai trouvé que je liſois encore tout auſſi facilement à 22 pieds 9 pouces; & en ſubſtituant à cette glace d'une ligne d'épaiſſeur, un autre morceau de 2 lignes d'épaiſſeur & du même verre, j'ai lu auſſi facilement à 21 pieds de diſtance de la bougie. Deux de ces mêmes glaces de 2 lignes d'épaiſſeur, jointes l'une contre l'autre & miſes devant la bougie, en ont diminué la lumiere au point que je n'ai pu lire avec la même facilité qu'à 17 pieds & demi de diſtance de la bougie. Et enfin avec trois glaces de 2 lignes d'épaiſſeur chacune je n'ai lu qu'à la diſtance de 15 pieds. Or la lumiere de la bougie diminuant comme le quarré de la diſtance augmente, ſa diminution auroit été dans la progreſſion ſuivante s'il n'y avoit point eu de glaces interpoſées :

$\overline{24\frac{1}{3}}^2$.	$\overline{22\frac{3}{4}}^2$.	$\overline{21}^2$.	$\overline{17\frac{1}{2}}^2$.	$\overline{15}^2$. ou
$592\frac{1}{9}$.	$517\frac{9}{16}$.	441.	$306\frac{1}{4}$.	225.

Donc les pertes de la lumiere par l'interpoſition des glaces ſont dans la progreſſion ſuivante : $84\frac{79}{144}$. 151. $285\frac{7}{9}$. $367\frac{1}{4}$.

D'où l'on doit conclure qu'une ligne d'épaisseur de ce verre ne diminue la lumiere que de $\frac{84}{592}$ ou d'environ $\frac{1}{7}$; que deux lignes d'épaisseur la diminuent de $\frac{168}{592}$, pas tout-à-fait de $\frac{1}{4}$; & trois glaces de 2 lignes de $\frac{247}{592}$, c'est-à-dire, moins de $\frac{2}{3}$.

Comme ce résultat est très différent de celui de M. Bouguer, & que néanmoins je n'avois garde de douter de la vérité de ses expériences, je répétai les miennes en me servant de verre à vitre commun, je choisis des morceaux d'une épaisseur égale, de $\frac{3}{4}$ de ligne chacun. Ayant lu de même à 24 pieds 4 pouces de la distance de la bougie, l'interposition d'un de ces morceaux de verre me fit rapprocher à 21 pieds & demi ; avec deux morceaux interposés & appliqués l'un sur l'autre, je ne pouvois plus lire qu'à 18 pieds $\frac{1}{4}$, & avec trois morceaux, à 16 pieds ; ce qui, comme l'on voit, se rapproche de la détermination de M. Bouguer ; car la perte de la lumiere, en traversant ce verre de $\frac{3}{4}$ de ligne, étant ici de $592\frac{1}{4} - 462\frac{1}{4} = 130$, le résultat $\frac{130}{592}$ ou $\frac{65}{296}$, ne s'éloigne pas beaucoup de $\frac{3}{14}$, à quoi l'on doit réduire les $\frac{2}{3}$ donnés par M. Bouguer pour une ligne d'épaisseur, parce que mes verres n'avoient que $\frac{3}{4}$ de ligne, car $3 : 14 :: 65 : 303\frac{1}{3}$, terme qui ne diffère pas beaucoup de 296.

Mais avec du verre communément appellé *verre de Bohème*, j'ai trouvé par les mêmes essais, que la lumiere ne perdoit qu'un huitième en traversant une épaisseur d'une li-

gne, & qu'elle diminuoit dans la progreſſion ſuivante :

Epaiſſ.	1,	2,	3,	4,	5,	6....	n.
Dimin.	$\frac{1}{8}$	$\frac{7}{64}$	$\frac{49}{512}$	$\frac{343}{4096}$	$\frac{2401}{32768}$	$\frac{16807}{262164}$.	
	0	1	2	3	4	5	$n-1$
ou . .	$\frac{7}{8^1}$	$\frac{7}{8^2}$	$\frac{7}{8^3}$	$\frac{7}{8^4}$	$\frac{7}{8^5}$	$\frac{7}{8^6}$	$\frac{7}{8^n}$.

Prenant la ſomme de ces termes, on aura le total de la diminution de la lumiere à travers une épaiſſeur de verre d'un nombre donné de lignes, par exemple : la ſomme des ſix premiers termes eſt $\frac{144493}{262164}$. Donc la lumiere ne diminue que d'un peu plus de moitié en traverſant une épaiſſeur de ſix lignes de verre de Bohème ; & elle en perdroit encore moins, ſi au lieu de trois morceaux de deux lignes appliqués l'un ſur l'autre, elle n'avoit à traverſer qu'un ſeul morceau de ſix lignes d'épaiſſeur.

Avec le verre que j'ai fait fondre en maſſe épaiſſe, j'ai vu que la lumiere ne perdoit pas plus à travers 4 pouces $\frac{1}{2}$ d'épaiſſeur de ce verre, qu'à travers une glace de Saint-Gobin de deux lignes $\frac{1}{2}$ d'épaiſſeur ; il me ſemble donc qu'on pourroit en conclure que la tranſparence de ce verre étant à celle de cette glace, comme 4 pouces $\frac{1}{2}$ ſont à 2 lignes $\frac{1}{2}$, ou 54 à 2 $\frac{1}{2}$, c'eſt-à-dire, plus de vingt-une fois plus grande, on pourroit faire de très bonnes petites lunettes maſſives de 5 ou 6 pouces de longueur avec ce verre.

Mais pour des lunettes longues, on ne peut employer que de l'eau, & encore eſt-il à craindre que le même inconvénient ne ſubſiſte ;

car quelle sera l'opacité qui résultera de cette quantité de liqueur que je suppose remplir l'intervalle entre les deux verres? Plus les lunettes seront longues & plus on perdra de lumiere; en sorte qu'il paroît au premier coup-d'œil qu'on ne peut pas se servir de ce moyen, surtout pour les lunettes un peu longues; car en suivant ce que dit M. Bouguer dans son Essai d'Optique, sur la gradation de la lumiere, 9 pieds 7 pouces d'eau de mer, font diminuer la lumiere dans le rapport de 14 à 5; ou, ce qui revient à-peu-près au même, supposons que dix pieds d'épaisseur d'eau diminuent la lumiere dans le rapport de 3 à 1; alors vingt pieds d'épaisseur d'eau la diminueront dans le rapport de 9 à 1; trente pieds la diminueront dans celui de 27 à 1, &c.. Il paroît donc qu'on ne pourroit se servir de ces longues lunettes pleines d'eau que pour observer le Soleil, & que les autres astres n'auroient pas assez de lumiere pour qu'il fût possible de les appercevoir à travers une épaisseur de 20 à 30 pieds de liqueur intermédiaire.

Cependant si l'on fait attention qu'en ne donnant qu'un pouce ou un pouce & demi d'ouverture à un objectif de 30 pieds, on ne laisse pas d'appercevoir très nettement les planètes dans les lunettes ordinaires de cette longueur, on doit penser qu'en donnant un plus grand diamètre à l'objectif, on augmenteroit la quantité de lumiere dans la raison du quarré de ce diamètre; & par conséquent si un pouce d'ouverture suffit pour voir distinctement un astre dans une lunette ordi-

naire, $\sqrt{3}$ pouces d'ouverture, c'eſt-à-dire 21 lignes environ de diamètre ſuffiront pour qu'on le voie auſſi diſtinctement à travers une épaiſſeur de dix pieds d'eau; & qu'avec un verre de 3 pouces de diamètre, on le verroit également à travers une épaiſſeur de 20 pieds d'eau; qu'avec un verre de $\sqrt{27}$ ou 5 pouces $\frac{1}{2}$ de diamètre, on le verroit à travers une épaiſſeur de 30 pieds, & qu'il ne faudroit qu'un verre de 9 pouces de diamètre pour une lunette remplie de 40 pieds d'eau, & un verre de 27 pouces pour une lunette de 60 pieds.

Il ſemble donc qu'on pourroit, avec eſpérance de réuſſir, faire conſtruire une lunette ſur ces principes; car en augmentant le diamètre de l'objectif, on regagne en partie la lumiere que l'on perd par le défaut de tranſparence de la liqueur.

On ne doit pas craindre que les objectifs, quelque grands qu'ils ſoient, faſſent une trop grande partie de la ſphère ſur laquelle ils ſeront travaillés, & que par cette raiſon les rayons de la lumiere ne puiſſent ſe réunir exactement; car en ſuppoſant même ces objectifs ſept ou huit fois plus grands que je ne les ai déterminés, ils ne feroient pas encore à beaucoup près une aſſez grande partie de leur ſphère pour ne pas réunir les rayons avec exactitude.

Mais ce qui ne me paroît pas douteux, c'eſt qu'une lunette conſtruite de cette façon, ſeroit très utile pour obſerver le Soleil; car en la ſuppoſant même longue de cent pieds, la lumiere de cet aſtre ne ſeroit en-

core que trop forte après avoir traversé cette épaisseur d'eau, & on observeroit à loisir & aisément la surface de cet astre immédiatement, sans qu'il fût nécessaire de se servir de verres enfumés ou d'en recevoir l'image sur un carton, avantage qu'aucune autre espèce de lunette ne peut avoir.

Il y auroit seulement quelque petite différence dans la construction de cette lunette solaire, si l'on veut qu'elle nous présente la face entiere du Soleil; car en la supposant longue de cent pieds, il faudra dans ce cas que le verre oculaire ait au moins dix pouces de diamètre, parce que le Soleil occupant plus d'un demi-degré céleste, l'image formée par l'objectif à son foyer à 100 pieds, aura au moins cette longueur de dix pouces, & que pour la réunir toute entiere, il faudra un oculaire de cette largeur auquel on ne donneroit que vingt pouces de foyer pour le rendre aussi fort qu'il se pourroit. Il faudroit aussi que l'objectif, ainsi que l'oculaire, eût dix pouces de diamètre, afin que l'image de l'astre & l'image de l'ouverture de la lunette se trouvassent d'égale grandeur au foyer.

Quand même cette lunette que je propose ne serviroit qu'à observer exactement le Soleil, ce seroit déjà beaucoup; il seroit, par exemple, fort curieux de pouvoir reconnoître s'il y a dans cet astre des parties plus ou moins lumineuses que d'autres, s'il y a sur sa surface des inégalités, & de quelle espèce elles seroient, si les taches flottent sur

ſa ſurface (*k*), ou ſi elles y ſont toutes conſtamment attachées, &c. La vivacité de ſa lumiere nous empêche de l'obſerver à l'œil ſimple, & la différente réfrangibilité de ſes rayons rend ſon image confuſe lorſqu'on la reçoit au foyer d'un objectif ſur un carton; auſſi la ſurface du Soleil nous eſt-elle moins connue que celle des autres planètes. Cette différente réfrangibilité des rayons ne ſeroit pas à beaucoup près entiérement corrigée dans cette longue lunette remplie d'eau : mais ſi cette liqueur pouvoit, par l'addition des ſels, être rendue auſſi denſe que le verre, ce ſeroit alors la même choſe que s'il n'y avoit qu'un ſeul verre à traverſer, & il me ſemble qu'il y auroit plus d'avantage à ſe ſervir de ces lunettes remplies d'eau, que de lunettes ordinaires avec des verres enfumés.

Quoi qu'il en ſoit, il eſt certain qu'il faut pour obſerver le Soleil une lunette bien différente de celles dont on doit ſe ſervir

---

(*k*) M. de La Lande m'a fait ſur ceci la remarque qui ſuit : » Il eſt conſtant, dit-il, qu'il n'y a ſur le ſoleil que des taches qui changent de forme & diſparoiſſent entiérement, mais qui ne changent point de place, ſi ce n'eſt par la rotation du ſoleil ; ſa ſurface eſt très unie & homogène «. Ce ſavant Aſtronome pouvoit même ajouter que ce n'eſt que par le moyen de ces taches, toujours ſuppoſées fixes, qu'on a déterminé le temps de la révolution du ſoleil ſur ſon axe : mais ce point d'Aſtronomie phyſique ne me paroît pas encore abſolument démontré ; car ces taches qui toutes changent de figure, pourroient bien auſſi quelquefois changer de lieu.

pour les autres astres, & il est encore très certain qu'il faut pour chaque planète une lunette particuliere, & proportionnée à leur intensité de lumiere, c'est-à-dire, à la quantité réelle de lumiere dont elles nous paroissent éclairées. Dans toutes les lunettes il faudroit donc l'objectif aussi grand, & l'oculaire aussi fort qu'il est possible, & en même temps proportionner la distance du foyer à l'intensité de la lumiere de chaque planète. Par exemple, Vénus & Saturne sont deux planètes dont la lumiere est fort différente; lorsqu'on les observe avec la même lunette on augmente également l'angle sous lequel on les voit, dès-lors la lumiere totale de la planète paroît s'étendre sur toute sa surface d'autant plus qu'on la grossit davantage; ainsi à mesure qu'on agrandit son image on la rend sombre, à-peu-près dans la proportion du quarré de son diamètre; Saturne ne peut donc sans devenir obscur être observé avec une lunette aussi forte que Vénus. Si l'intensité de lumiere de celle-ci permet de la grossir cent ou deux cents fois avant de devenir sombre, l'autre ne souffrira peut-être pas la moitié ou le tiers de cette augmentation sans devenir tout-à-fait obscure. Il s'agit donc de faire une lunette pour chaque planète proportionnée à leur intensité de lumiere; & pour le faire avec plus d'avantage il me semble qu'il n'y faut employer qu'un objectif d'autant plus grand, & d'un foyer d'autant moins long que la planète a moins de lumiere. Pourquoi jusqu'à ce jour n'a-t-on pas fait des objectifs de deux & trois

pieds

pieds de diamètre ? l'aberration des rayons causée par la sphéricité des verres en est la seule cause, elle produit une confusion qui est comme le quarré du diamètre de l'ouverture (*l*), & c'est par cette raison que les verres sphériques qui sont très bons avec une petite ouverture ne valent plus rien quand on l'augmente ; on a plus de lumiere, mais moins de distinction & de netteté. Néamoins les verres sphériques larges sont très bons pour faire des lunettes de nuit ; les Anglois ont construit des lunettes de cette espèce, & ils s'en servent avec grand avantage pour voir de fort loin les vaisseaux dans une nuit obscure. Mais maintenant que l'on sait corriger en grande partie les effets de la différente réfrangibilité des rayons ; il me semble qu'il faudroit s'attacher à faire des verres elliptiques ou hyperboliques qui ne produiroient pas cette aberration causée par la sphéricité, & qui par conséquent pourroient être trois ou quatre fois plus larges que les verres sphériques. Il n'y a que ce moyen d'augmenter à nos yeux la quantité de lumiere que nous envoient les planètes ; car nous ne pouvons pas porter sur les planètes une lumiere additionnelle comme nous le faisons sur les objets que nous observons au microscope, mais il faut au moins employer le plus avantageusement qu'il est possible, la quantité de lumiere dont elles

(*l*) Smith's Optick. *Boock.* 2, *cap.* VII, *art.* 346.

sont éclairées, en la recevant sur une surface aussi grande qu'il se pourra. Cette lunette hyperbolique qui ne seroit composée que d'un seul grand verre objectif, & d'n oculaire proportionné, exigeroit une matiere de la plus grande transparence. On réuniroit par ce moyen tous les avantages possibles, c'est-à-dire, ceux des lunettes achromatiques à celui des lunettes elliptiques ou hyperboliques, & l'on metttoit à profit toute la quantité de lumiere que chaque planète réfléchit à nos yeux. Je puis me tromper, mais ce que je propose me paroit assez fondé ponr en recommander l'exécution aux personnes zélées pour l'avancement des Sciences.

Me laissant aller à ces espèces de rêveries, dont quelques-unes néanmoins se réaliseront un jour, & que je ne publie que dans cette espérance, j'ai songé au miroir du port d'Alexandrie, dont quelques Auteurs anciens ont parlé, & par le moyen duquel on voyoit de très loin les vaisseaux en pleine mer. Le passage le plus positif qui me soit tombé sous les yeux est celui que je vai rapporter: *Alexandria. . . . in Pharo verò erat speculum e ferro* sinico. *Per quod a longè videbantur naves Græcorum advenientes; sed paulò postquam Islamismus invaluit, scilicet tempore califatûs Walid-fil: Abdi-l-melec, Christiani, fraude adhibitá illud deleverunt.* Abu-l-feda, &c. Descriptio Ægypti.

J'ai pensé 1°. que ce miroir par lequel on voyoit de loin les vaisseaux arriver, n'étoit pas impossible; 2°. que même sans miroir ni

lunette, on pourroit par de certaines dispositions obtenir le même effet, & voir depuis le port les vaisseaux peut-être d'aussi loin que la courbure de la Terre le permet. Nous avons dit que les personnes qui ont bonne vue, apperçoivent les objets éclairés par le Soleil à plus de trois mille quatre cents fois leur diamètre, & en même temps nous avons remarqué que la lumiere intermédiaire nuisoit si fort à celle des objets éloignés, qu'on appercevoit la nuit un objet lumineux de dix, vingt & peut-être cent fois plus de distance qu'on ne le voit pendant le jour. Nous savons que du fond d'un puits très profond l'on voit les étoiles en plein jour (*m*), pourquoi donc ne verroit-on pas de même les vaisseaux éclairés des rayons du Soleil, en se mettant au fond d'une longue galerie fort obscure, & située sur le bord de la mer, de maniere qu'elle ne recevroit aucune lumiere que celle de la mer lointaine & des vaisseaux qui pourroient s'y trouver; cette galerie n'est qu'un puits horizontal qui feroit le même effet pour la vue des vaisseaux, que le puits vertical pour la vue des étoiles, & cela me paroît si simple, que je suis étonné qu'on n'y ait pas songé. Il me semble qu'en prenant, pour faire l'observation, les heures du jour où le Soleil feroit der-

(*m*) Aristote est, je crois, le premier qui ait fait mention de cette observation, & j'en ai cité le passage à l'article du *Sens de la vue*, *tome IV de cette Histoire naturelle*.

riere la galerie, c'est-à-dire le temps où les vaisseaux seroient bien éclairés, on les verroit du fond de cette galerie obscure, dix fois au moins mieux qu'on ne peut les voir en pleine lumiere. Or, comme nous l'avons dit, on distingue aisément un homme ou un cheval à une lieue de distance lorsqu'ils sont éclairés des rayons du Soleil; & en supprimant la lumiere intermédiaire qui nous environne & offusque nos yeux, nous les verrions au moins dix fois plus loin, c'est-à-dire, à dix lieues; donc on verroit les vaisseaux qui sont beaucoup plus gros, d'aussi loin que la courbure de la Terre le permettroit (*n*), sans autre instrument que nos yeux.

Mais un miroir concave d'un assez grand diamètre, & d'un foyer quelconque, placé au fond d'un long tuyau noirci, feroit, pendant le jour, à-peu-près le même effet que nos grands objectifs de même diamètre & de même foyer feroient pendant la nuit, & c'étoit probablement un de ces miroirs concaves d'acier

---

(*n*) La courbure de la terre pour un degré ou 25 lieues de 2283 toises, est de 2988 pieds; elle croît comme le quarré des distances, ainsi pour cinq lieues elle est vingt-cinq fois moindre, c'est-à-dire, d'environ 120 pieds. Un vaisseau qui a plus de 120 pieds de mâture, peut donc être vu de cinq lieues étant même au niveau de la mer; mais si l'on s'élevoit de 120 pieds au-dessus du niveau de la mer, on verroit de cinq lieues le corps entier du vaisseau jusqu'à la ligne de l'eau; & en s'élevant encore davantage, on pourroit appercevoir le haut des mâts à plus de dix lieues.

poli (*e fero finico*) qu'on avoit établi au port d'Alexandrie (*o*), pour voir de loin arriver les vaiſſeaux Grecs. Au reſte, ſi ce miroir d'acier ou de fer poli a réellement exiſté, comme il y a toute apparence, on ne peut refuſer aux Anciens la gloire de la premiere invention des téleſcopes ; car ce miroir de métal poli ne pouvoit avoir d'effet qu'autant que la lumiere réfléchie par ſa ſurface, étoit recueillie par un autre miroir concave placé à ſon foyer, & c'eſt en cela que conſiſte l'eſſence du téleſcope & la facilité de ſa conſtruction. Néanmoins cela n'ôte rien à la gloire du grand Newton, qui, le premier, a reſſuſcité cette invention entiérement oubliée. Il paroît même que ce ſont ſes belles découvertes ſur la différente réfrangiblité des rayons de la lumiere qui l'on conduit à celle du téleſcope. Comme les rayons de la lumiere ſont par leur nature différemment réfrangibles, il étoit fondé à croire qu'il n'y avoit nul moyen de corriger cet effet ; ou s'il a entrevu ces moyens, il les a jugés ſi difficiles, qu'il a mieux aimé tourner ſes vues d'un autre côté, & produire par le moyen de la réflexion des rayons, les grands effets qu'il ne pouvoit obtenir par leur réfraction. Il a donc fait conſtruire ſon téleſcope, dont l'effet eſt réellement bien

---

(*o*) De temps immémorial les Chinois, & ſurtout les Japonois, ſavent trvailler & polir l'acier en grand & en petit volume ; & c'eſt ce qui m'a fait penſer qu'on doit interpréter *e fero finico* par acier poli.

ſupérieur à celui des lunettes ordinaires; mais les lunettes achromatiques inventées de nos jours, ſont auſſi ſupérieures au téleſcope qu'il l'eſt aux lunettes ordinaires. Le meilleur téleſcope eſt toujours ſombre en comparaiſon de la lunette achromatique, & cette obſcurité dans les téleſcopes ne vient pas ſeulement du défaut de poli ou de la couleur du métal des miroirs, mais de la nature même de la lumiere, dont les rayons différemment réfrangibles, ſont auſſi différemment réflexibles, quoiqu'en degrés beaucoup moins inégaux. Il reſte donc pour perfectionner les téleſcopes, autant qu'ils peuvent l'être, à touver le moyen de compenſer cette différente réflexibilité, comme l'on a trouvé celui de compenſer la différente réfrangibilité.

Aprés tout ce qui vient d'être dit, je crois qu'on ſentira bien que l'on peut faire une très bonne lunette de jour, ſans employer ni verres ni miroirs, & ſimplement en ſupprimant la lumiere environnante, au moyen d'un tuyau de 150 ou 200 pieds de long, & en ſe plaçant dans un lieu obſcur où aboutiroit l'une des extrémités de ce tuyau; plus la lumiere du jour ſeroit vive, plus ſeroit grand l'effet de cette lunette ſi ſimple & ſi facile à exécuter. Je ſuis perſuadé qu'on verroit diſtinctement à quinze & peut être vingt lieues les bâtimens & les arbres ſur le haut des montagnes. La ſeule différence qu'il y ait entre ce long tuyau & la galerie obſcure que j'ai propoſée, c'eſt que le *champ*, c'eſt-à-dire, l'eſpace vu ſeroit bien plus petit, & préciſément dans la raiſon du quarré de l'ouverture du tuyau à celle de la galerie.

ARTICLE TROISIEME.

Invention d'autres miroirs pour brûler à de moindres distances.

I.

Miroirs d'une seule pièce à foyer mobile.

J'ai remarqué que le verre fait ressort, & qu'il peut plier jusqu'à un certain point; & comme pour brûler à des distances un peu grandes, il ne faut qu'une légère courbure, & que toute courbure régulière y est à-peu-près également convenable, j'ai imaginé de prendre des glaces de miroir ordinaire d'un pied & demi, de deux pieds & trois pieds de diamètre, de les faire arrondir, & de les soutenir sur un cercle de fer bien égal & bien tourné, après avoir fait dans le centre de la glace un trou de deux ou trois lignes de diamètre pour y passer une vis (*q*), dont les pas sont très fins, & qui entre dans un petit écrou posé de l'autre côté de la glace. En serrant cette vis, j'ai courbé assez les glaces de trois pieds, pour brûler depuis 50 pieds jusqu'à 30, & les glaces de

(*p*) *Voyez* la planche III, fig. 2, 3, 4 & suiv. jusqu'à 8.

18 pouces ont brûlé à 25 pieds ; mais ayant répété plusieurs fois ces expériences, j'ai cassé les glaces de trois pieds & de deux pieds, & il ne m'en reste qu'une de 18 pouces que j'ai gardée pour modèle de ce miroir (*q*).

Ce qui fait casser ces glaces si aisément, c'est le trou qui est au milieu ; elles se courberoient beaucoup plus sans rompre, s'il n'y avoit point de solution de continuité, & qu'on pût les presser également sur toute la surface : cela m'a conduit à imaginer de les faire courber par le poids même de l'atmosphère ; & pour cela il ne faut que mettre une glace circulaire sur une espèce de tambour de fer ou de cuivre, & ajouter à ce tambour une pompe pour en tirer de l'air ; on fera de cette maniere courber la glace plus ou moins, & par conséquent elle brûlera à de plus & moins grandes distances.

Il y auroit encore un autre moyen ce seroit d'ôter l'étamage dans le centre de la glace, de la largeur de 9 ou 10 lignes, façonner avec une molette cette partie du centre en portion de sphère, comme un verre convexe, d'un pouce de foyer, mettre dans le tambour une petite mêche sou-

---

(*q*) Ces glaces de 3 pieds ont mis le feu à des matieres légeres jusqu'à 50 pieds de distance, & alors elles n'avoient plié que d'une ligne $\frac{1}{8}$; pour brûler à 40 pieds ; il falloit les faire plier de 2 lignes, pour brûler à 30 pieds, de 2 lignes $\frac{3}{4}$, & c'est en voulant les faire brûler à 20 pieds qu'elles se sont cassées.

frée ; il arriveroit que quand on présenteroit ce miroir au Soleil, les rayons transmis à travers cette partie du centre de la glace & réunis au foyer d'un pouce, allumeroient la mèche soufrée dans le tambour ; cette mèche en brûlant absorberoit de l'air, & par conséquent le poids de l'atmosphère feroit plier la glace plus ou moins, selon que la mèche soufrée brûleroit plus ou moins de temps. Ce miroir seroit fort singulier, parce qu'il se courberoit de lui-même à l'aspect du Soleil sans qu'il fût nécessaire d'y toucher ; mais l'usage n'en seroit pas facile, & c'est pour cette raison que je ne l'ai pas fait exécuter, la seconde maniere étant préférable à tous égards.

Ces miroirs d'une seule pièce à foyer mobile peuvent servir à mesurer plus exactement que par aucun autre moyen, la différence des effets de la chaleur du soleil reçue dans des foyers plus ou moins grands. Nous avons vu que les grands foyers font toujours proportionnellement beaucoup plus d'effet que les petits, quoique l'intensité de chaleur soit égale dans les uns & les autres ; on auroit ici, en contractant successivement les foyers, toujours une égale quantité de lumiere ou de chaleur, mais dans des espaces successivement plus petits ; & au moyen de cette quantité constante, on pourroit déterminer par l'expérience le *minimum* de l'espace du foyer, c'est-à-dire, l'étendue nécessaire, pour qu'avec la même quantité de lumiere on eût le plus grand effet ; cela nous conduiroit en même temps à une esti-

mation plus précise de la déperdition de la chaleur dans les différentes substances, sous un même volume ou dans une égale étendue.

A cet usage près, il m'a paru que ces miroirs d'une seule pièce à foyer mobile étoient plus curieux qu'utiles; celui qui agit seul & se courbe à l'aspect du soleil, est assez ingénieusement conçu pour avoir place dans un cabinet de Physique.

II.

Miroirs d'une seule pièce pour brûler très vivement à des distances médiocres & à de petites distances.

J'ai cherché les moyens de courber régulièrement de grandes glaces, & après avoir fait construire deux fourneaux différens qui n'ont pas réussi, je suis parvenu à en faire un troisième (*r*), dans lequel j'ai courbé très régulièrement des glaces circulaires de trois, quatre, & quatre pieds & demi de diamètre; j'en ai même fait courber deux de 56 pouces; mais quelque précaution qu'on ait prise pour laisser refroidir lentement ces grandes glaces de 56 & 54 pouces de diamètre, & pour les manier doucement, elles se sont cassées en les appli-

(*r*) *Voyez* les planches I & II jusqu'à la fig. 6.

quant ſur les moules ſphériques que j'avois fait conſtruire pour leur donner la forme réguliere & le poli néceſſaire ; la même choſe eſt arrivée à trois autres glaces de 48 & 50 pouces de diamètres, & je n'en ai conſervé qu'une ſeule de 46 pouces & deux de 37 pouces. Les gens qui connoiſſent les Arts n'en ſeront pas ſurpris, ils ſavent que les grandes pièces de verre exigent des précautions infinies pour ne pas ſe féler au ſortir du fourneau où on les laiſſe recuire & refroidir, ils ſavent que plus elles ſont minces, & plus elles ſont ſujettes à ſe fendre, non-ſeulement par le premier coup de l'air, mais encore par ſes impreſſions ultérieures. J'ai vu pluſieurs de mes glaces courbées ſe fendre toutes ſeules au bout de trois, quatre & cinq mois, quoiqu'elles euſſent réſiſté aux premieres impreſſions de l'air, & qu'on les eût placées ſur des moules de plâtre bien ſéché, ſur leſquels la ſurface concave de ces glaces portoit également par-tout ; mais ce qui m'en a fait perdre un grand nombre, c'eſt le travail qu'il falloit faire pour leur donner une forme réguliere. Ces glaces que j'ai achetées toutes polies à la manufacture du faubourg Saint-Antoine, quoique choiſies parmi les plus épaiſſes, n'avoient que cinq lignes d'épaiſſeur ; en les courbant, le feu leur faiſoit perdre en partie leur poli. Leur épaiſſeur d'ailleurs n'étoit pas bien égale par-tout, & néanmoins il étoit néceſſaire pour l'objet auquel je les deſtinois, de rendre les deux ſurfaces concave & convexe parfaitement concentriques, & par conſé-

quent de les travailler avec des molettes convexes dans des moules creux, & des molettes concaves sur des moules convexes. De vingt-quatre glaces que j'avois courbées, & dont j'en avois livré quinze à feu M. Passemant, pour les faire travailler par ses ouvriers, je n'en ai conservé que trois; toutes les autres, dont les moindres avoient au moins trois pieds de diamètre, se sont cassées, soit avant d'être travaillées, soit après. De ces trois glaces que j'ai sauvées, l'une a 46 pouces de diamètre, & les deux autres 37 pouces; elles étoient bien travaillées, leurs surfaces bien concentriques, & par conséquent l'épaisseur bien égale; il ne s'agissoit plus que de les étamer sur leur surface convexe, & je fis pour cela plusieurs essais en un assez grand nombre d'expériences qui ne me réussirent point. M. de Bernieres, beaucoup plus habile que moi dans cet art de l'étamage, vint à mon secours, & me rendit en effet deux de mes glaces étamées; j'eus l'honneur d'en présenter au Roi la plus grande, c'est-à-dire, celle de 46 pouces, & de faire devant Sa Majesté les expériences de la force de ce miroir ardent qui fond aisément tous les métaux; on l'a déposé au château de la Muette, dans un cabinet qui est sous la direction du Pere Noël; c'est certainement le plus fort miroir ardent qu'il y ait en Europe (*s*). J'ai déposé

(*s*) On m'a dit que l'étamage de ce miroir, qui a été fait il y a plus de vingt ans, s'étoit gâté; il faudroit

au Jardin du Roi, dans le Cabinet d'Histoire Naturelle, la glace de 37 pouces de diamètre, dont le foyer est beaucoup plus court que celui du miroir de 46 pouces. Je n'ai pas encore eu le temps d'essayer la force de ce second miroir que je crois aussi très bon. Je fis dans le temps quelques expériences au château de la Muette, sur la lumiere de la lune, reçue par le miroir de 46 pouces, & réfléchie sur un thermomètre tres sensible ; je crus d'abord m'appercevoir de quelque mouvement, mais cet effet ne se soutint pas, & depuis je n'ai pas eu occasion de répéter l'expérience. Je ne sais même si l'on obtiendroit un degré de chaleur sensible en réunissant les foyers de plusieurs miroirs, & les faisant tomber ensemble sur un thermomètre aplati & noirci ; car il se peut que la lune nous envoye du froid plutôt que du chaud, comme nous l'expliquerons ailleurs. Du reste ces miroirs sont supérieurs à tous les miroirs de réflexion dont on avoit connoissance : ils servent aussi à voir en grand les petits tableaux, & à en distinguer toutes les beautés & tous les dédéfauts ; & si on en fait étamer de pareils dans leur concavité, ce qui seroit bien plus aisé que sur la convexité, ils serviroient à voir les plafonds & autres peintures qui sont trop grandes & trop perpendiculaires sur la tête, pour pouvoir être regardées aisément.

---

le remettre entre les mains de M. de Bernieres, qui seul a le secret de cet étamage, pour le bien réparer.

Mais ces miroirs ont l'inconvénient commun à tous les miroirs de ce genre, qui est de brûler en haut, ce qui fait qu'on ne peut travailler de suite à leur foyer, & qu'ils deviennent presque inutiles pour toutes les expériences qui demandent une longue action du feu & des opérations suivies. Néanmoins en recevant d'abord les rayons du soleil sur une glace plane de quatre pieds & demi de hauteur & d'autant de largeur qui les réfléchit contre ces miroirs concaves, ils sont assez puissans pour que cette perte qui est de la moitié de la chaleur ne les empêche pas de brûler très vivement à leur foyer, qui par ce moyen se trouve en bas comme celui des miroirs de réfraction, & auquel par conséquent on pourroit travailler de suite & avec une égale facilité. Seulement il seroit nécessaire que la glace plane & le miroir concave fussent tous deux montés parallèlement sur un même support, où ils pourroient recevoir également les mêmes mouvemens de direction & d'inclinaison, soit horizontalement, soit verticalement. L'effet que le miroir de 46 pouces de diamètre feroit en bas, n'étant que de moitié de celui qu'il produit en haut, c'est comme si la surface de ce miroir étoit réduite de moitié, c'est-à-dire, comme s'il n'avoit qu'un peu plus de 32 pouces de diamètre au lieu de 46, & cette dimension de 32 pouces de diamètre pour un foyer de 6 pieds, ne laisse pas de donner une chaleur plus grande que celle des lentilles de Tschirnaüs ou du sieur Segard, dont je me suis

autrefois ſervi, & qui ſont les meilleures que l'on connoiſſe.

Enfin par la réunion de ces deux miroirs, on auroit aux rayons du ſoleil une chaleur immenſe à leur foyer commun, ſurtout en le recevant en haut, qui ne ſeroit diminuée que de moitié en le recevant en bas, & qui par conſéquent ſeroit beaucoup plus grand qu'aucune autre chaleur connue, & pourroit produire des effets dont nous n'avons aucune idée.

III.

Lentilles ou Miroirs à l'eau.

Au moyen des glaces courbées & travaillées régulièrement dans leur concavité & ſur leur convexité, on peut faire un miroir réfringent, en joignant par oppoſition deux de ces glaces, & en rempliſſant d'eau tout l'eſpace qu'elles contiennent.

Dans cette vue, j'ai fait courber deux glaces de 37 pouces de diamètre, & les ai fait uſer de 8 ou 9 lignes ſur les bords pour les bien joindre. Par ce moyen l'on n'aura pas beſoin de maſtic pour empêcher l'eau de fuir.

Au zénith du miroir il faut pratiquer un petit goulot (*t*), par lequel on en remplira la capacité avec un entonnoir; & comme les vapeurs de l'eau échauffée par le ſoleil, pourroient faire caſſer les glaces, on laiſ-

(*t*) *Voyez* la planche III, fig. 5 & ſuiv.

sera ce goulot ouvert pour laisser échapper les vapeurs; & afin de tenir le miroir toujours absolument plein d'eau, on ajustera dans ce goulot une petite bouteille pleine d'eau, & cette bouteille finira elle-même en haut par un goulot étroit, afin que dans les différentes inclinaisons du miroir, l'eau qu'elle contiendra ne puisse pas se répandre en trop grande quantité.

Cette lentille composée de deux glaces de 37 pouces, chacune de deux pieds & demi de foyer, brûleroit à cinq pieds, si elle étoit de verre; mais l'eau ayant une moindre réfraction que le verre, le foyer sera plus éloigné; il ne laissera pas néanmoins de brûler vivement: j'ai supputé qu'à la distance de 5 pieds $\frac{1}{2}$, cette lentille à l'eau produiroit au moins deux fois autant de chaleur que la lentille du Palais-Royal, qui est de verre solide, & dont le foyer est à douze pieds.

J'avois conservé une assez forte épaisseur aux glaces, afin que le poids de l'eau qu'elles devoient renfermer ne pût en altérer la courbure: on pourroit essayer de rendre l'eau plus réfringente, en y faisant fondre des sels; comme l'eau peut successivement fondre plusieurs sels, & s'en charger en plus grande quantité qu'elle ne se chargeroit d'un seul sel, il faudroit en fondre de plusieurs espèces, & on rendroit par ce moyen la réfraction de l'eau plus approchante de celle du verre.

Tel étoit mon projet; mais après avoir travaillé & ajusté ces glaces de 37 pouces, celle

celle du dessous s'est cassée dès la premiere expérience ; & comme il ne m'en restoit qu'une, j'en ai fait le miroir concave de 37 pouces dont j'ai parlé dans l'article précédent.

Ces loupes composées de deux glaces sphériquement courbées & remplies d'eau, brûleront en bas, & produiront de plus grands effets que les loupes de verre massif, parce que l'eau laisse passer plus aisément la lumiere que le verre le plus transparent ; mais l'exécution ne laisse pas d'en être difficile, & demande des attentions infinies. L'expérience m'a fait connoître qu'il falloit des glaces épaisses de neuf ou huit lignes au moins, c'est-à-dire, des glaces faites exprès, car on n'en coule point aux manufactures d'aussi épaisses à beaucoup près, toutes celles qui sont dans le commerce n'ont qu'environ moitié de cette épaisseur ; il faut ensuite courber ces glaces dans un fourneau pareil à celui dont j'ai donné la figure, *pl. 1, fig. 1 & suivantes ;* avoir attention de bien sécher le fourneau, de ne pas presser le feu, & d'employer au moins trente heures à l'opération. La glace se ramollira & pliera par son poids sans se dissoudre, & s'affaissera sur le moule concave qui lui donnera sa forme : on la laissera recuire & refroidir par degrés dans ce fourneau qu'on aura soin de boucher au moment qu'on aura vu la glace bien affaissée par-tout également. Deux jours après, lorsque le fourneau aura perdu toute sa chaleur, on en tirera la glace qui ne sera que légèrement dépolie, on examinera avec

un grand compas courbe si son épaisseur est à-peu-près égale par-tout, & si cela n'étoit pas, & qu'il y eût dans de certaines parties de la glace une inégalité sensible, on commencera par l'atténuer avec une molette de même sphere que la courbure de la glace. On continuera de travailler de même les deux surfaces concave & convexe, qu'il faut rendre parfaitement concentriques, en sorte que la glace ait par-tout exactement la même épaisseur. Et pour parvenir à cette précision, qui est absolument nécessaire, il faudra faire courber de plus petites glaces de deux ou trois pieds de diamètre, en observant de faire ces petits moules sur un rayon de quatre ou cinq lignes plus long que ceux du foyer de la grande glace; par ce moyen on aura des glaces courbes dont on se servira au lieu de molettes pour travailler les deux surfaces concave & convexe, ce qui avancera beaucoup le travail; car ces petites glaces, en frottant contre la grande, l'useront, & s'useront également; & comme leur courbure est plus forte de 4 lignes, c'est-à-dire, de moitié de l'épaisseur de la grande glace, le travail de ces petites glaces, tant au dedans qu'au dehors, rendra concentriques les deux surfaces de la grande glace aussi précisément qu'il est possible. C'est là le point le plus difficile, & j'ai souvent vu que pour l'obtenir on étoit obligé d'user la glace de plus d'une ligne & demie sur chaque surface, ce qui la rendoit trop mince & dès-lors inutile, du moins pour notre objet. Ma glace de 37 pouces que le poids de

l'eau joint à la chaleur du ſoleil a fait caſſer, avoit néanmoins, toute travaillée, plus de 3 lignes & demie d'épaiſſeur, & c'eſt pour cela que je recommande de les tenir encore plus épaiſſes.

J'ai obſervé que ces glaces courbées ſont plus caſſantes que les glaces ordinaires ; la ſeconde fuſion ou demi-fuſion que le verre éprouve pour ſe courber, eſt peut-être la cauſe de cet effet, d'autant que pour prendre la forme ſphérique, il eſt néceſſaire qu'il s'étende inégalement dans chacune de ſes parties, & que leur adhérence entr'elles change dans des proportions inégales & même différentes pour chaque point de la courbe, relativement au plan horizontal de la glace qui s'abaiſſe ſucceſſivement pour prendre la courbure ſphérique.

En général le verre a du reſſort & peut plier ſans ſe caſſer, d'environ un pouce par pied, ſurtout quand il eſt mince ; je l'ai même éprouvé ſur des glaces de deux & trois lignes d'épaiſſeur & de cinq pieds de hauteur ; on peut les faire plier de plus de 4 pouces ſans les rompre, ſurtout en ne les comprimant qu'en un ſens ; mais ſi on les courbe en deux ſens à la fois, comme pour produire une ſurface ſphérique, elles caſſent à moins d'un demi-pouce par pied ſous cette double flexion : la glace inférieure de ces lentilles à l'eau, obéiſſant donc à la preſſion cauſée par le poids de l'eau, elle caſſera ou prendra une plus forte courbure, à moins qu'elle ne ſoit fort épaiſſe, ou qu'elle ne ſoit ſoutenue par une croix de fer, ce qui fait om-

bre au foyer & rend désagréable l'aspect de ce miroir. D'ailleurs le foyer de ces lentilles à l'eau n'est jamais franc, ni bien terminé, ni réduit à sa plus petite étendue; les différentes réfractions que souffre la lumiere en passant du verre dans l'eau, & de l'eau dans le verre, causent une aberration des rayons beaucoup plus grande qu'elle ne l'est par une réfraction simple dans les loupes de verre massif; tous ces inconvéniens m'ont fait tourner mes vues sur les moyens de perfectionner les lentilles de verre, & je crois avoir enfin trouvé tout ce qu'on peut faire de mieux en ce genre, comme je l'expliquerai dans les paragraphes suivans.

Avant de quitter les lentilles à l'eau, je crois devoir encore proposer un moyen de construction nouvelle qui seroit sujette a moins d'inconvéniens, & dont l'exécution seroit assez facile. Au lieu de courber, travailler & polir de grandes glaces de quatre ou cinq pieds de diamètre, il ne faudroit que des petits morceaux quarrés de deux pouces, qui ne coûteroient presque rien, & les placer dans un chassis de fer traversé de verges minces de ce même métal, & ajustées comme les vitres en plomb; ce chassis & ces verges de fer auxquelles on donneroit la courbure sphérique & quatre pieds de diamètre, contiendroient chacun trois cent quarante-six de ces petits morceaux de 2 pouces; & en laissant quarante-six pour l'équivalent de l'espace que prendroient les verges de fer, il y auroit toujours trois cents disques du soleil qui com-

cideroient au même foyer que je ſuppoſe à dix pieds : chaque morceau laiſſeroit paſſer un diſque de 2 pouces de diamètre, auquel ajoutant la lumiere des parties du quarré circonſcrit à ce cercle de 2 pouces de diamètre, le foyer n'auroit à dix pieds que 2 pouces $\frac{1}{2}$ ou 2 pouces $\frac{3}{4}$ ſi la monture de ces petites glaces étoit régulièrement exécutée. Or, en diminuant la perte que ſouffre la lumiere en paſſant à travers l'eau & les doubles verres qui la contiennent, & qui ſeroit ici à-peu-près de moitié, on auroit encore au foyer de ce miroir tout compoſé de facettes planes, une chaleur cent cinquante fois plus grande que celle du ſoleil. Cette conſtruction ne ſeroit pas chère, & je n'y vois d'autre inconvénient que la fuite de l'eau qui pourroit percer par les joints des verges de fer qui ſoutiendroient les petits trapèzes de verre; il faudroit prévenir cet inconvénient en pratiquant des petites rainures de chaque côté dans ces verges, & enduire ces rainures de maſtic ordinaire des vitriers qui eſt impénétrable à l'eau.

IV.

Lentilles de verre ſolide.

J'ai vu deux de ces lentilles, celle du Palais-Royal, & celle du ſieur Segard; toutes deux ont été tirées d'une maſſe de verre d'Allemagne, qui eſt beaucoup plus tranſparent que le verre de nos glaces de miroirs. Mais perſonne ne ſait en France fondre le

verre en larges masses épaisses ; & la composition d'un verre transparent comme celui de Bohème, n'est connue que depuis peu d'années.

J'ai donc d'abord cherché les moyens de fondre le verre en masses épaisses, & j'ai fait en même temps différens essais pour avoir une matiere bien transparente. M. de Romilly, qui dans ce temps étoit l'un des Directeurs de la manufacture de Saint-Gobin, m'ayant aidé de ses conseils, nous fondimes deux masses de verre d'environ sept pouces de diamètre sur cinq à six pouces d'épaisseur dans des creusets à un fourneau où l'on cuisoit de la fayence au faubourg Saint-Antoine. Après avoir fait user & polir les deux surfaces de ces morceaux de verre pour les rendre parallèles, je trouvai qu'il n'y en avoit qu'un des deux qui fût parfaitement net. Je livrai le second morceau qui étoit le moins parfait à des ouvriers qui ne laisserent pas que d'en tirer d'assez bons prismes de toute grosseur, & j'ai gardé pendant plusieurs années le premier morceau qui avoit 4 pouces ½ d'épaisseur, & dont la transparence étoit telle qu'en posant ce verre de 4 pouces ½ d'épaisseur sur un livre, on pouvoit lire à travers très aisément les caracteres les plus petits & les écritures de l'encre la plus blanche ; je comparai le degré de transparence de cette matiere avec celle des glaces de Saint-Gobin, prises & réduites à différentes épaisseurs ; un morceau de la matiere de ces glaces de 2 pouces ½ d'épaisseur sur environ un pied de longueur & de

lageur, que M. de Romilly me procura, étoit vert comme du marbre vert, & l'on ne pouvoit lire à travers; il fallut le diminuer de plus d'un pouce pour commencer à distingur les caracteres à travers son épaisseur, & enfin le réduire à 2 lignes $\frac{1}{2}$ d'épaisseur pour que sa transparence fût égale à celle de mon morceau de 4 pouces $\frac{1}{2}$ d'épaisseur; car on voyoit aussi clairement les caracteres du livre à travers ces 4 pouces $\frac{1}{2}$, qu'à travers la glace qui n'avoit que 2 lignes $\frac{1}{2}$. Voici la composition de ce verre dont la transparence est si grande.

Sable blanc cristallin, *une livre.*

Minium ou chaux de plomb, *une livre.*

Potasse, *une demi-livre.*

Salpêtre, *une demi once.*

Le tout mêlé & mis au feu suivant l'art.

J'ai donné à M. Cassini de Thury ce morceau de verre, dont on pouvoit espérer de faire d'excellens verres de lunette achromatique, tant à cause de sa très grande transparence que de sa force réfringente, qui étoit très considérable, vu la quantité de plomb qui étoit entrée dans sa composition; mais M. de Thury ayant confié ce beau morceau de verre à des ouvriers ignorans, ils l'ont gâté au feu où ils l'ont remis mal-à-propos; je me suis repenti de ne l'avoir pas fait travailler moi-même, car il ne s'agissoit que de le trancher en lames, & la matiere en étoit encore plus transparente &

plus nette que celle *flintglass* d'Angleterre ; & elle avoit plus de force de réfraction.

Avec 600 livres de cette même composition, je voulois faire une lentille de 26 ou 27 pouces de diamètre & de 5 pieds de foyer. J'espérois pouvoir la fondre dans mon fourneau, dont à cet effet j'avois fait changer la disposition intérieure ; mais je reconnus bientôt que cela n'étoit possible que dans les plus grands fourneaux de verrerie ; il me falloit une masse de 3 pouces d'épaisseur sur 27 ou 28 pouces de diamètre, ce qui fait environ un pied cube de verre ; je demandai la liberté de la faire couler à mes frais à la manufacture de Saint-Gobin, mais les Administrateurs de cet établissement ne voulurent pas me le permettre, & la lentille n'a pas été faite. J'avois supputé que la chaleur de cette lentille de 27 pouces seroit à celle de la lentille du Palais-Royal, comme 19 sont à 6 ; ce qui est un très grand effet, attendu la petitesse du diamètre de cette lentille, qui auroit eu 11 pouces de moins que celle du Palais-Royal.

Cette lentille, dont l'épaisseur au point du milieu ne laisse pas d'être considérable, est néanmoins ce qu'on peu faire de mieux pour brûler à 5 pieds : on pourroit même en augmenter le diamètre ; car je suis persuadé qu'on pourroit fondre & couler également des pièces plus larges & plus épaisses dans les fourneaux où l'on fond les grandes glaces, soit à Saint-Gobin, soit à Rouelle en Bourgogne ; j'observe seulement ici qu'on perdroit plus par l'augmentation de l'épais-

seur

ſeur qu'on ne gagneroit par celle de la ſurface du miroir, & que c'eſt pour cela que tout compenſé, je m'étois borné à 26 ou 27 pouces.

Newton a fait voir que quand les rayons de lumiere tomboient ſur le verre, ſous un angle de plus de 47 ou 48 degrés, ils ſont réfléchis au lieu d'être réfractés; on ne peut donc pas donner à un miroir réfringent un diamètre plus grand que la corde d'un arc de 47 ou de 48 degrés de la ſphere ſur laquelle il a été travaillé; ainſi dans le cas préſent pour brûler à 5 pieds, la ſphere ayant environ 32 pieds de circonférence, le miroir ne peut avoir qu'un peu plus de 4 pieds de diamètre; mais dans ce cas il auroit le double d'épaiſſeut de ma lentille de 26 pouces, & d'ailleurs les rayons trop obliques ne ſe réuniſſent jamais bien.

Ces loupes de verre ſolide ſont, de tous les miroirs que je viens de propoſer, les plus commodes, les plus ſolides, les moins ſujets à ſe gâter, & même les plus puiſſans lorſqu'ils ſont bien tranſparens, bien travaillés, & que leur diamètre eſt bien proportionné à la diſtance de leur foyer. Si l'on veut donc ſe procurer une loupe de cette eſpèce, il faut combiner ces différens objets, & ne lui donner, comme je l'ai dit, que 27 pouces de diamètre pour brûler à 5 pieds, qui eſt une diſtance commode pour travailler de ſuite & fort à l'aiſe au foyer: plus le verre ſera tranſparent & peſant, plus ſeront grands les effets; la lumiere paſſera

en plus grande quantité en raison de la transparence, & sera d'autant moins dispersée, d'autant moins réfléchie, & par conséquent d'autant mieux saisie par le verre, & d'autant plus réfractée qu'il sera plus massif, c'est-à-dire, spécifiquement plus pesant : ce sera donc un avantage que de faire entrer dans la composition de ce verre une grande quantité de plomb; & c'est par cette raison que j'en ai mis moitié, c'est-à-dire, autant de minium que de sable. Mais quelque transparent que soit le verre de ces lentilles, leur épaisseur dans le milieu est non-seulement un très grand obstacle à la transmission de la lumiere, mais encore un empêchement aux moyens qu'on pourroit trouver pour fondre des masses aussi épaisses & aussi grandes qu'il le faudroit; par exemple, pour une loupe de 4 pieds de diamètre, à laquelle on donneroit un foyer de cinq ou six pieds, qui est la distance la plus commode, & à laquelle la lumiere plongeant avec moins d'obliquité, aura plus de force qu'à de plus grandes distances, il faudroit fondre une masse de verre de quatre pieds sur six pouces & demi ou sept pouces d'épaisseur, parce qu'on est obligé de la travailler & de l'user même dans la partie la plus épaisse. Or, il seroit très difficile de fondre & couler d'un seul jet ce gros volume, qui seroit, comme l'on voit, de cinq ou six pieds cubes, car les plus amples cuvettes des manufactures de glaces ne contiennent pas deux pieds cubes; les plus grandes glaces de 60 pouces

ſur 120, en leur ſuppoſant 5 lignes d'épaiſſeur, ne font qu'un volume d'environ un pied cube trois quarts; l'on ſera donc forcé de ſe réduire à ce moindre volume, & à n'employer en effet qu'un pied cube & demi, ou tout au plus un pied cube trois quarts de verre pour en former la loupe, & encore aura-t-on bien de la peine à obtenir des maîtres de ces manufactures, de faire couler du verre à cette grande épaiſſeur, parce qu'ils craignent, avec quelque raiſon, que la chaleur trop grande de cette maſſe épaiſſe de verre ne faſſe fendre ou bourſoufler la table de cuivre ſur laquelle on coule les glaces, leſquelles n'ayant au plus que 5 lignes d'épaiſſeur (*u*), ne communiquent à la table qu'une chaleur très médiocre en comparaiſon de celle que lui feroit ſubir une maſſe de ſix pouces d'épaiſſeur.

(*u*) On a néanmoins coulé à Saint-Gobin, & à ma priere, des glaces de ſept lignes, dont je me ſuis ſervi pour différentes expériences, il y a plus de vingt ans; j'ai remis dernierement une de ces glaces de 38 pouces en quarré & de 7 lignes d'épaiſſeur, à M. de Bernieres, qui a entrepris de faire des loupes à l'eau pour l'Académie des Sciences, & j'ai vu chez lui des glaces de 10 lignes d'épaiſſeur qui ont été coulées de même à Saint-Gobin: cela doit faire préſumer qu'on pourroit, ſans aucun riſque pour la table, en couler d'encore plus épaiſſes.

V.

Lentilles à échelons pour brûler avec la plus grande vivacité possible (x).

Je viens de dire que les fortes épaisseurs qu'on est obligé de donner aux lentilles lorsqu'elles ont un grand diamètre & un foyer court, nuisent beaucoup à leur effet; une lentille de 6 pouces d'épaisseur dans le milieu & de la matiere des glaces ordinaires ne brûle, pour ainsi dire, que par les bords. Avec du verre plus transparent, l'effet sera plus grand, mais la partie du milieu reste toujours en pure perte, la lumiere ne pouvant en pénétrer & traverser la trop grande épaisseur; j'ai rapporté les expériences que j'ai faites sur la diminution de la lumiere qui passe à travers différentes épaisseurs du même verre, & l'on a vu que cette diminution est très considérable: j'ai donc cherché les moyens de parer à cet inconvénient, & j'ai trouvé une maniere simple & assez aisée de diminuer réellement les épaisseurs des lentilles autant qu'il me plaît, sans pour cela diminuer sensiblement leur diamètre, & sans alonger leur foyer.

Ce moyen consiste à travailler ma pièce de verre par échelons. Supposons, pour me faire mieux entendre, que je veuille dimi-

---

(x) *Voyez* le planche III, fig. 12; & la planche IV, fig. 13, 1, 2 & 3.

nuer de deux pouces l'épaiſſeur d'une lentille de verre qui a 26 pouces de diamètre, 5 pieds de foyer, & 3 pouces d'épaiſſeur au centre, je diviſe l'arc de cette lentille en trois parties, & je rapproche concentriquement chacune de ces portions d'arc, en ſorte qu'il ne reſte qu'un pouce d'épaiſſeur au centre; & je forme de chaque côté un échelon d'un demi-pouce, pour rapprocher de même les parties correſpondantes; par ce moyen, en faiſant un ſecond échelon, j'arrive à l'extrémité du diamètre, & j'ai une lentille à échelons qui eſt à très peu près du même foyer, & qui a le même diamètre, & près de deux fois moins d'épaiſſeur que la premiere, ce qui eſt un très grand avantage.

Si l'on vient à bout de fondre une pièce de verre de 4 pieds de diamètre ſur deux pouces & demi d'épaiſſeur, & de la travailler par échelons ſur un foyer de 8 pieds, j'ai ſupputé qu'en laiſſant même un pouce & demi d'épaiſſeur au centre de cette lentille & à la couronne intérieure des échelons, la chaleur de cette lentille ſera à celle de la lentille du Palais-Royal, comme 28 ſont à 6, ſans compter l'effet de la différence des épaiſſeurs qui eſt très conſidérable, & que je ne puis eſtimer d'avance.

Cette derniere eſpèce de miroir réfringent eſt tout ce qu'on peut faire de plus parfait en ce genre; & quand même nous le réduirions à 3 pieds de diamètre ſur 15 lignes d'épaiſſeur au centre, & 6 pieds de foyer, ce qui en rendra l'exécution moins difficile,

on auroit toujours un degré de chaleur quatre fois au moins plus grand que celui des plus fortes lentilles que l'on connoisse. J'ose dire que ce miroir à échelons seroit l'un des plus utiles instrumens de Physique ; je l'ai imaginé il y a plus de vingt-cinq ans, & tous les Savans auxquels j'en ai parlé desireroient qu'il fût exécuté. On en tireroit de grands avantages pour l'avancement des Sciences; & y adaptant un héliomètre, on pourroit faire à son foyer toutes les opérations de la Chimie aussi commodément qu'on le fait au feu des fourneaux, &c.

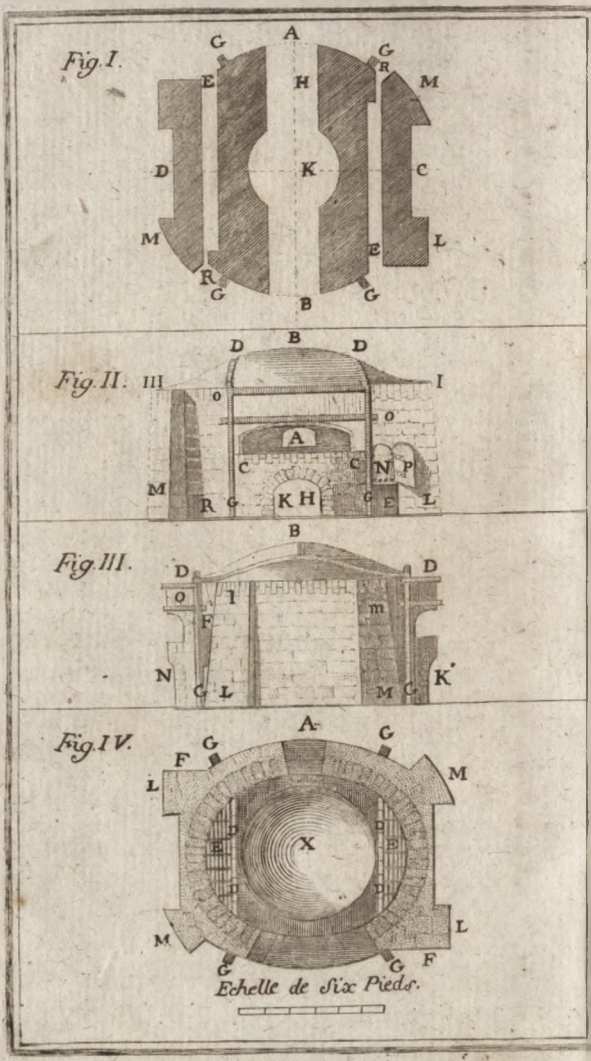
Fig. I.
A
G
G
E
H
R
M
D
K
C
M
E
L
R
G
B
G
Fig. II.
D
B
D
III
I
O
O
A
C
C
N
P
M
R
G
K H
G
E
L
Fig. III.
B
D
D
O
I
F
m
N
G
L
M
G
K
Fig. IV.
A
G
G
F
M
L
D
E
X
E
D
D
L
M
G
G
F
Echelle de Six Pieds.

Explication des Figures qui représentent le fourneau dans lequel j'ai fait courber des Glaces pour faire les miroirs ardens de différentes espèces.

La *planche 1*, *fig. 1*, est le plan du fourneau, au rez-de-chaussée, où l'on voit *HKB* un vide qui sauve les inconvéniens du terre-plein sous l'âtre du fourneau; ce vide est couvert d'une voûte, comme on le verra dans les figures suivantes.

E R les cendriers disposés en sorte que l'ouverture de l'un est dans la face où se trouve le vent de l'autre.

L L deux contre-forts qui affermissent la maçonnerie du fourneau.

MM deux autres contre-forts dont l'usage est le même que celui de ceux ci-dessus, & qui n'en diffèrent que parce qu'ils sont un peu arrondis.

GGGG plans de quatre barres de fer qui affermissent le fourneau, ainsi qu'il sera expliqué ci-après.

La *fig. 11*, *planche 1*, est l'élévation d'une des faces parallèles à la ligne *CD* du plan précédent.

HK l'ouverture pratiquée dans l'âtre du fourneau, afin qu'il ne s'y trouve point d'humidité.

CC la bouche ou grande ouverture du fourneau.

A la petite ouverture pratiquée dans la face

opposée, laquelle est toute semblable à celle que la *même planche* représente, à cette différence près que l'ouverture est plus petite.

M m un des contre-forts arrondis, à côte duquel on voit le vent.

R ouverture par où l'air extérieur passe sous la grille du foyer.

E le cendrier; *N* le foyer; *P* la porte qui le ferme.

L l un contrefort quarré.

GO, *GO* deux des barres de fer scellées en terre, & qui sont unies à celles qui sont posées à l'autre face par les liens de fer *D*, ainsi que l'on verra dans une des figures suivantes.

O O deux barres de fer qui unissent ensemble les deux barrres *GO*, *GO*, & retiennent la voûte de l'ouverture *CC* qui est bombée.

m D B D l la voûte commune du fourneau & des foyers, dont la figure est ellipsoïde; l'arrangement des briques & autres matériaux qui composent le fourneau, se connoît aisément par la figure.

La *fig. 111*, *planche 1*, est la vue extérieure du fourneau par une des faces parallèles à la ligne *A B* du plan.

L L, *M M* contreforts.

H K extrémités de l'ouverture sous l'âtre du fourneau.

A la petite ouverture; *C* la grande.

GOD, *GOD* les barres de fer dont on a parlé, qui sont unies ensemble par le lien *D D*.

Les liens *D D* couchés sur la voûte *DBD*, sont unis ensemble par un troisième lien de fer.

P est la porte de fer qui ferme le foyer.

Les figures précédentes font connoître l'exté-

rieur du fourneau. L'intérieur, plus intéressant, est représenté dans les planches suivantes.

La *fig. IV*, *plancge I*, est une coupe horizontale du fourneau par le milieu de la grande bouche.

X est l'âtre que l'on a rendu concave sphérique.

E E les deux grilles qui séparent le foyer du cendrier, & sur lesquelles on met le charbon : on a supposé que la voûte étoit transparente, pour mieux faire voir la direction des barreaux qui composent les grilles.

A la petite ouverture, *CC* la grande.

DD les marges, *LM*, *LM* les contreforts.

La *fig. V*, *planche II*, est la coupe verticale du fourneau suivant la ligne *CD* du plan, ou selon le grand axe de l'ellipsoïde dont la voûte a la figure.

Z le vide sous l'âtre du fourneau.

GXK cavité sphérique pratiquée dans l'âtre du fourneau, & sur laquelle la glace *GK* qui a été arrondie est posée, & dont elle doit prendre exactement la figure après qu'elle aura été ramollie par le feu.

FF les grilles ou foyers au dessous desquels sont les cendriers.

DD les marges qui empêchent les bords de la glace du côté des foyers d'être trop tôt atteints par le feu.

CBC la voûte, *CC* lunettes que l'on ouvre ou ferme à volonté en les couvrant d'un carreau de terre cuite, *LM* contre-forts.

La *fig. VI*, *planche II*, représente la coupe du fourneau par un plan vertical qui passe par la ligne *AB* du plan.

HKL le vide sous l'âtre du fourneau.

GXK cavité sphérique pratiquée dans l'âtre du fourneau, & sur laquelle la glace X est déjà appliquée.

DD une des marges, *P* la grande ouverture, *Q* la petite, *CCC* lunettes.

CBC la voûte coupée transversalement ou selon le petit axe de l'ellipsoïde. On jugera de la grandeur de chaque partie de ce fourneau par les échelles qui sont au bas de chaque figure, qui ont été exactement levées sur le fourneau qui étoit au jardin royal des plantes, par M. Gouffier.

Grand Miroir de réflexion, appellé *Miroir d'Archimede.*

Planche II, fig. 1.

CE miroir est composé de trois cent soixante glaces montées sur un chassis de fer *CDEF*; chaque glace est mobile, pour que les images réfléchies par chacune puissent être renvoyées vers le même point, & coïncider dans le même espace.

Le chassis qui a deux tourillons, est porté par une pièce de fer composée de deux montans *MB*, *LA* assemblés à tenons & mortoises dans la couche *ZO*; ils sont assujettis dans cette situation par la traverse *ab* & par trois étais à chacun *NP*, *QP*, *OP*, fixés en *P* dans le corps du montant *MB*, & assemblés par le bas dans une courbe *NOQ* qui leur sert d'empattement; ces courbes ont des entailles *NQ*. *IU* qui reçoivent des roulettes au moyen desquelles cette machine, quoique fort pesante, peut tourner librement sur

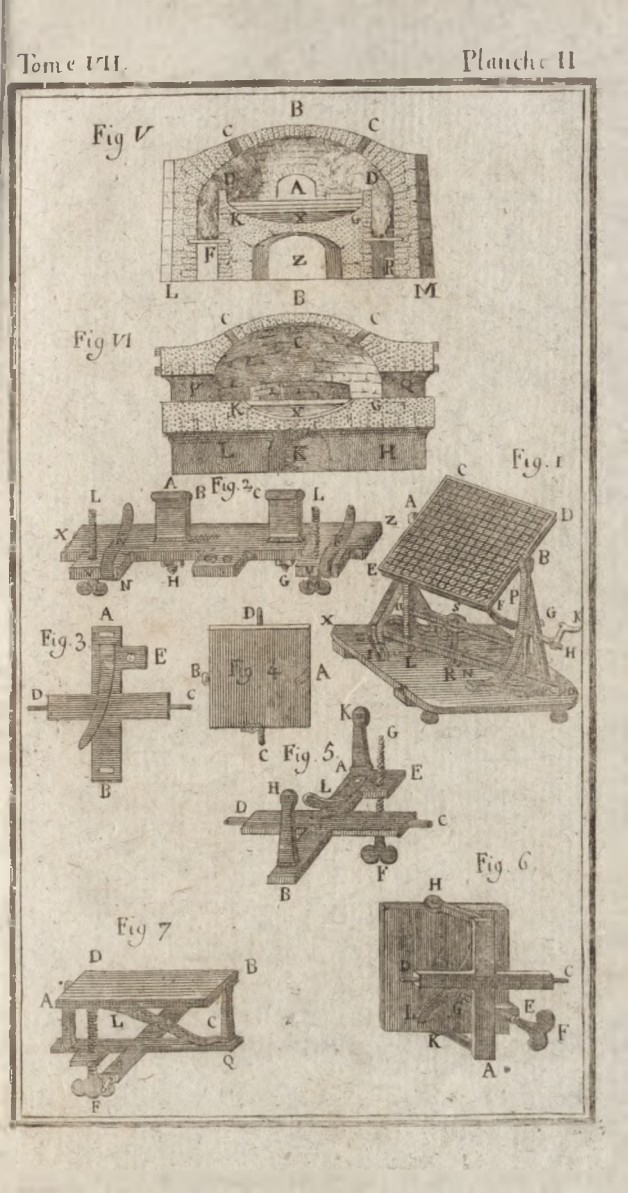
Fig V
Fig VI
Fig. 1
Fig. 2
Fig. 3
Fig. 4
Fig. 5
Fig. 6
Fig 7

le plancher de bois *XXY* étant assujettie au centre de cette plate-forme par l'axe *RS* qui passe dans les deux traverses *ZO*, *ab*; chaque montant porte aussi à sa partie inférieure une roulette, en sorte que toute la machine est portée par dix roulettes; la plate-forme de bois est recouverte de bandes de fer dans la rouette des roulettes; sans cette attention la plate-forme ne seroit pas de longue durée.

La plate-forme est portée par quatre fortes roulettes de bois dont l'usage est de faciliter le transport de toute la machine d'un lieu à un autre.

Pour pouvoir varier à volonté les inclinaisons du miroir, & pouvoir l'assujettir dans la situation que l'on juge à propos, on a adapté la cremaillere *FG* qui est unie avec des cercles dont le tourillon *B* est le centre; cette cremaillere est menée par un pignon en lanterne dont la tige *b H* traverse le montant & un des étais, & est terminée par une manivelle *HK*, au moyen de laquelle on incline ou on redresse le miroir à discrétion.

Jusqu'à présent nous n'avons expliqué que la construction générale du miroir; reste à expliquer par quel artifice on parvient à faire que que les images différentes réfléchies par les différens miroirs, sont toutes renvoyées au même point, & c'est à quoi sont destinées les figures suivantes.

Planche 11, figure 2.

XZ une portion des barres qui occupent le derriere du miroir; ces barres sont au nombre de vingt, & disposées horizontalement, en sorte

que leur plan est parallèle au plan du miroir ; chacune de ces barres a dix-huit entailles *TT*, & le même nombre d'éminences *VV* qui les séparent : ces barres sont assujetties aux côtés verticaux du chassis du miroir par des vis, & entr'elles par trois ou quatre barres verticales, auxquelles elles sont assujetties par des vis ; vis-à-vis de chaque entaille *TT* il y a des poupées *TA*, *TD* qui sont fixées par les écrous *GA* qui prennent la partie taraudée de la queue de la poupée après qu'elle a traversé l'épaisseur de la barre ; les parties supérieures de chaque poupée, qui sont fermées, servent de collets aux tourillons de la croix dont nous allons parler ; cette croix, représentée *figures 3 & 5*, est un morceau de cuivre ou de fer dont la figure fait connoître la forme.

CD les tourillons qui entrent dans les trous pratiqués à chaque poupée, en sorte qu'elle se peut mouvoir librement dans ces trous.

La vis *ML*, après avoir traversé l'éminence *V*, va s'appuyer en-dessous contre l'extrémité inférieure *B* du croisillon *BA*, en même temps le ressort *K* va s'appliquer contre l'autre extrémité *A* du même croisillon ; en sorte que lorsque l'on fait tourner la vis en montant, le ressort en se rétablissant, fait que la partie *B* du croisillon se trouve toujours appliquée sur la pointe de la vis : il résulte de cette construction un mouvement de ginglime ou charniere, dont l'axe est *BC*, *fig. 2.*

Ce seul mouvement ne suffisant pas, on en a pratiqué un autre dont l'axe de mouvement croise à angle droit le premier.

Aux deux extrémités *A* & *B* du croisillon *AB*,

on a adapté deux petites poupées *B H*, *AK*, *figure 5*, retenues comme les précédentes par des vis & des écrous.

Les trous *H K* qui sont aux parties supérieures de ces poupées, reçoivent les tourillons *DC*, *fig. 4*, d'une plaque de fer que nous avons appellée *porte-glace*, qui peut se mouvoir librement sur les poupées, & s'incliner à l'axe *C D* du premier mouvement par le moyen de la vis *F G*, pour laquelle on a réservé un bossage *E* dans le croisillon *A B*, afin de lui servir d'écrous dormans; cette vis s'applique par *E* contre la partie *DBC* du porte-glace, & force cette partie à monter lorsqu'on tourne la vis; mais lorsqu'on vient à lâcher cette vis, le ressort *A L* qui qui s'applique contre la partie *DAC* du porte-glace, le force à suivre toujours la pointe de la vis : au moyen de ces deux mouvemens de ginglime, on peut donner à la glace qui est reçue par les crochets *A CB* du porte-glace, telle direction que l'on souhaite, & par ce moyen faire coïncider l'image du soleil réfléchie par une glace, avec celle qui est réfléchie par une autre.

La *figure 6*, *planche 11*, représente le porte-glace vu par-derriere, où l'on voit la vis *F E G* qui s'applique en *G* hors de l'axe du mouvement *H K*, & le ressort *L* qui s'applique en *L* de l'autre côté de l'axe du mouvement.

La *figure 7*, *planche 11*, représente le porte-glace vu en-dessus, & garni de la glace *ACBD*, le reste est expliqué dans les autres figures.

MIROIR DE RÉFLEXION rendu concave par la pression d'une vis appliquée au centre.

Planche III.

LA *figure 1* représente le miroir monté sur son pied, *BDC* la fourchette qui porte le miroir ; cette fourchette est mobile dans l'axe vertical, & est retenue sur le pied à trois branches *FFF* par l'écrou *G*.

DE le régulateur des inclinaisons.

A la tête de la vis placée au centre du miroir, & rendu concave par son moyen.

La *figure 2* représente le miroir vu par sa partie postérieure, *BC* les tourillons qui entrent dans les collets de la fourchette.

FG une barre de fer fixée sur l'anneau de même métal, qui entoure la glace : cette barre sert de point d'appui à la vis *DE* qui comprime la glace.

BHCK l'anneau ou cercle de fer sur lequel la glace est appliquée ; ce cercle doit être exactement plan & parfaitement circulaire : on couvre la partie sur laquelle la glace s'applique avec de la peau, du cuir ou de l'étoffe, pour que le contact soit plus immédiat, & que la glace ne soit point exposée à rompre.

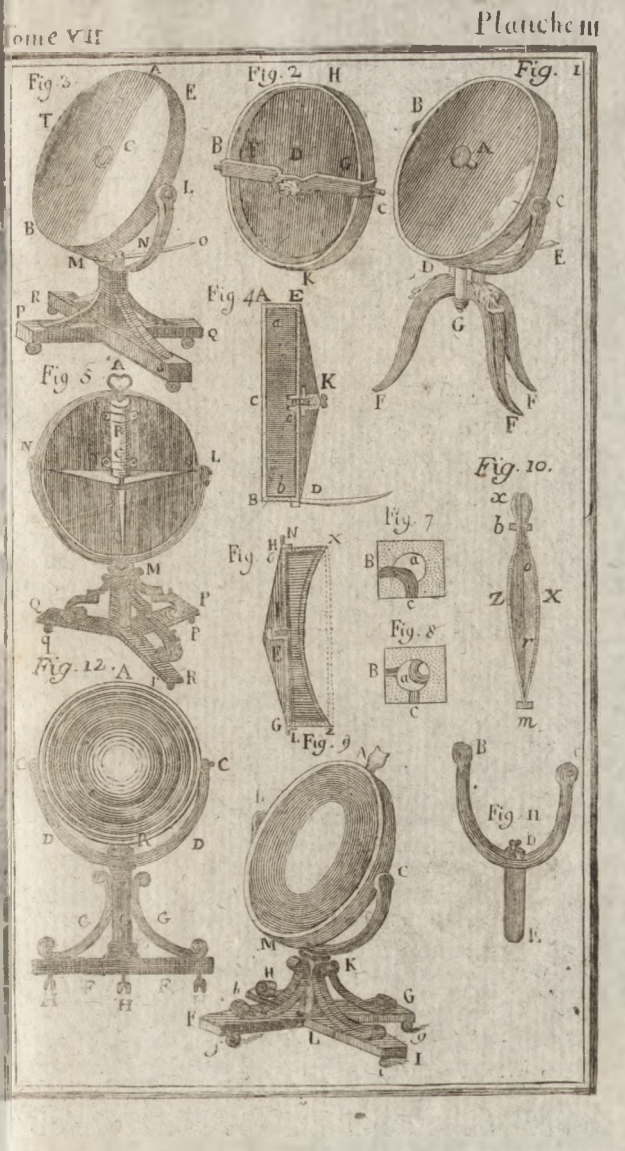
Fig 3
Fig. 2
Fig. 1
Fig 4
Fig 5
Fig. 10.
Fig. 7
Fig. 8
Fig. 12.
Fig. 9
Fig. 11

MIROIR DE RÉFLEXION rendu concave par la pression de l'Atmosphere.

Planche III, figure 3 & 4.

CE miroir consiste en un tambour ou cylindre dont une des bases est la glace, & l'autre une plaque de fer.

AB, *figure 3*, la glace parfaitement plane, *C* une lentille taillée dans l'épaisseur même de la glace.

AE ou *BM* la hauteur du cylindre aux extrémités du diamètre horizontal *TL*, duquel sortent deux tourillons qui entrent dans les yeux de la fourchette, ainsi qu'il est expliqué en parlant du miroir de réfraction.

MO le régulateur des inclinaisons.

N le collet par lequel il passe & la vis qui sert à l'y fixer.

NRSPQ le pied qui est semblable à celui du miroir de réfraction, à cette différence près, qu'il est de bois, & que les pièces ont un contour moins orné, du reste sa fonction est la même.

Figure 4 est le profil du miroir coupé par un plan qui passe par l'axe du cylindre, & auquel on suppose que l'œil est perpendiculaire.

AB la glace dont on voit l'épaisseur.

C la lentille qui y est entaillée & dont le foyer tombe sur le point *c*.

ED la base du cylindre qui est une plaque de fer.

AE, *BD* la hauteur & la coupe de la surface cylindrique.

cm une mèche soufrée que l'on fait entrer dans

la cavité du miroir après avoir ôté la vis *K* dont l'écrou est un cube solidement attaché à la plaque de fer qui sert de fond au miroir.

G la même vis représentée séparément, *H* une rondelle de cuir que l'on met entre la tête de la vis & son écrou pour fermer entiérement le passage à l'air.

a b c la courbure que la glace prend après que l'air que le cylindre contient, a été consommé par la flamme de la bougie *cm* à laquelle la lentille *C* a mis le feu.

D F le régulateur des inclinaisons, qui est assemblé à charniere au point *D*.

EmK, *KmD*, règles de fer posées de champ sur la base du cylindre & qui y sont fortement assujetties : leur usage est pour fortifier la plaque & la mettre en état de résister au poids de l'atmosphere qui la comprime aussi-bien que la glace ; cette construction est représentée dans une autre figure, *planche III*, *figure 6*.

Autre Miroir de Réflexion.

Planche III, figure 5, 6.

Il consiste aussi en un cylindre ou tambour de fer, dont une des bases est une glace parfaitement plane ; la base opposée, & qui est celle que la *fig.* 5 présente, est une plaque de fer qui est fortifiée par les règles de fer posées de champ *EG*, *FH*, *EK*. On vide l'air que le cylindre contient par la pompe *BC* qui est affermie sur la plaque de fer par les collets *xx*.

A l'extrémité supérieure du piston.

E un cube de cuivre ſolidement fixé ſur la plaque ; ce cube eſt porté en travers pour recevoir le robinet *F*, au moyen duquel on ouvre ou on ferme la communication de l'intérieur du cylindre avec la pompe.

LM, *mn* la fourchette ſur laquelle le miroir eſt monté & qui eſt mobile dans l'arbre *MO*.

MPRQ le pied qui a ſeulement trois branches, ce qui fait qu'il porte toujours à plomb, même ſur un plan inégal.

La *figure* 6 repréſente le miroir coupé ſuivant la ligne *G H*, & duquel on ſuppoſe qu'on a pompé l'air.

XVZ la glace que la preſſion de l'atmoſphere a rendue concave.

H G la plaque de fer qui ſert de fond au cylindre.

LN les tourillons.

FE le robinet.

EG, *FH* les règles de champ qui maintiennent la plaque.

Les *figures* 7 & 8 repréſentent en grand la coupe du cube dans lequel paſſe le robinet ; ce cube eſt ſuppoſé coupé par un plan perpendiculaire à la plaque & qui paſſe par la pompe.

c partie du canal coudé pratiqué dans le cube qui communique à l'intérieur du miroir.

b portion du canal qui communique à la pompe.

a le robinet qui ſe trouve coupé perpendiculairement à ſon axe.

La *figure* 7 repreſente la ſituation du robinet lorſque la communication eſt ouverte, la portion *m* du canal ſe préſente vis-à-vis les ouvertures *b c*.

La *figure* 8 représente la situation du robinet lorsque la communication est fermée, alors la partie *m* du canal ne se présente plus vis-à-vis les mêmes ouvertures.

LENTILLE A L'EAU.

Planche III, figures 9, 10, 11.

FIGURE 9 le miroir entier monté sur son pied.

ABMC le miroir composé de deux glaces convexes assujetties l'une contre l'autre par le chassis ou cadre circulaire *ABMC*.

BC extrémités de la fourchette de fer qui porte ce miroir. Les extrémités de cette fourchette sont percées d'un trou cylindrique pour recevoir les tourillons dont le chassis du miroir est garni & sur lesquelles il se meut pour varier les inclinaisons.

BKC la fourchette.

KFiGH le pied qui porte le miroir ; il est composé de plusieurs pièces.

KL l'arbre ou poinçon qui s'appuie par sa partie inférieure sur la croix *HI*, *FG*; il est fixé dans la situation verticale par les quatre étais ou jambes de forces *KG*, *KH*, *KF*, *KI*, qui sont de fer, & auxquelles on a donné un contour agréable.

f g h i les roulettes.

Figure 10. Coupe ou profil du miroir dans laquelle on supppse que l'œil est placé dans le plan qui sépare les deux glaces.

XZ les deux glaces qui étant réunies forment une lentille.

o r le plan qui ſépare les deux glaces.

b m coupe du chaſſis ou anneau qui retient les glaces unies enſemble ; cet anneau eſt compoſé de deux pièces qui s'aſſujettiſſent l'une à l'autre par des vis, & entre leſquelles les glaces ſont maſtiquées.

a une petite bouteille à deux cols, l'un deſquels communique au vide que les deux glaces laiſſent entr'elles par un canal pratiqué entre les deux glaces, & qui eſt entaillé moitié dans l'une & moitié dans l'autre.

Figure 11. BDC la fourchette de fer qui porte le miroir.

DE tige de la fourchette qui entre dans un trou vertical pratiqué à l'axe ou arbre *KL* du pied, en ſorte que l'on peut préſenter ſucceſſivement la face du miroir à tous les poinss de l'horizon.

D collet dans lequel paſſe le régulateur des inclinaiſons que l'on y fixe par une vis.

LENTILLE A ECHELON.

Planche III, fig. 12.

AB bordure circulaire pour contenir ce miroir à échelons.

CC tourillons qui paſſent dans les trous percés horizontalement à la partie ſupérieure de la fourchette *DD*; à ſa partie inferieure tient une tige auſſi de fer, que l'on ne voit point ici, étant entrée perpendiculairement mais un peu à l'aiſe dans l'arbre *E* afin de pouvoir tourner à droite & à gauche.

L'arbre *E* eſt attaché ſolidement à ſon pied

qui est fait en croix, dont on ne peut voir ici que trois de ses côtés indiqués *FFF*.

GGG jambages de force ou étais de fer pour la solidité.

HHH roulettes dessous les pieds pour ranger facilement ce miroir à la direction que l'on juge à propos.

La *planche IV*, *figure 13* représente ce même miroir à échelons en perspective, tourné vers le soleil pour mettre le feu.

AB bordure circulaire qui contient la glace à échelons.

CC tourillons qui passent dans les trous percés à la partie supérieure de la fourchette *DD*.

A la partie inférieure de la fourchette, qui est de fer, tient une tige cylyndrique de même métal qui entre juste dans l'arbre, mais non trop serrée pour qu'elle puisse avoir un jeu doux, propre à pouvoir tourner à droite ou à gauche pour la diriger comme on le desire.

E l'arbre dans lequel entre cette tige.

FFFF les quatre pieds en croix sur laquelle est attaché solidement l'arbre.

GGGG les quatre jambes de force aussi de fer.

H le feu actif tiré du soleil par la construction de ce miroir.

III roulettes de dessous les pieds du porte-miroir.

La *planche IV*, *figures 1, 2, 3*, représente les coupes de trois miroirs à échelons ; dont le plus facile à exécuter seroit celui de la *figure 1ere*. Leur échelle est de six pouces de pied-de-roi pour pied-de-roi.

Fig. 13.
A
C
C
B
D
D
G
G
G
F
E
G
F
F
I
F
I
I
H
Fig. 1.
6. pieds de Foyer.
Fig. 2.
8. pieds de Foyer.
Fig. 3.
Echelle de deux pieds.
2
1

SEPTIEME MÉMOIRE.

Observations sur les Couleurs accidentelles & sur les Ombres colorées.

QUOIQU'ON se soit beaucoup occupé dans ces derniers temps de la physique des couleurs, il ne paroît pas qu'on ait fait de grands progrès depuis Newton : ce n'est pas qu'il ait épuisé la matiere, mais la plupart des Physiciens ont plus travaillé à le combattre qu'à l'entendre ; & quoique ses principes soient clairs, & ses expériences incontestables, il y a si peu de gens qui se soient donné la peine d'examiner à fond les rapports & l'ensemble de ses découvertes, que je ne crois pas devoir parler d'un nouveau genre de couleurs, sans avoir auparavant donné des idées nettes sur la production des couleurs en général.

Il y a plusieurs moyens de produire des couleurs, le premier est la réfraction : un trait de lumiere qui passe à travers un prisme se rompt & se divise de façon qu'il produit une image colorée, composée d'un nombre infini de couleurs ; & les recherches qu'on a faites sur cette image colorée du Soleil, ont appris que la lumiere de cet astre est l'assemblage d'une infinité de rayons de lumiere différemment colorés ; que ces rayons ont autant de différens degrés de ré-

frangibilité que de couleurs différentes, & que la même couleur a constamment le même degré de réfrangibilité. Tous les corps diaphanes dont les surfaces ne sont pas parallèles, produisent des couleurs par la réfraction ; l'ordre de ces couleurs est invariable, & leur nombre, quoiqu'infini, a été réduit à sept dénominations principales, *violet*, *indigo*, *bleu*, *vert*, *jaune*, *orangé*, *rouge* ; chacune de ces dénominations répond à un intervalle déterminé dans l'image colorée qui contient toutes les nuances de la couleur dénommée ; de sorte que dans l'intervalle rouge on trouve toutes les nuances de rouge, dans l'intervalle jaune toutes les nuances de jaune, &c ; & dans les confins de ces intervalles les couleurs intermédiaires qui ne sont ni jaunes ni rouges, &c. C'est par de bonnes raisons que Newton a fixé à sept le nombre des dénominations des couleurs ; l'image colorée du Soleil qu'il appelle *le spectre solaire*, n'offre à la premiere vue que cinq couleurs, violet, bleu, vert, jaune & rouge, ce n'est encore qu'une décomposition imparfaite de lumiere, & une représentation confuse des couleurs. Comme cette image est composée d'une infinité de cercles différemment colorés qui répondent à autant de disques du Soleil, & que ces cercles anticipent beaucoup les uns sur les autres, le milieu de tous ces cercles est l'endroit ou le mélange des couleurs est le plus grand, & il n'y a que les côtés rectilignes de l'image où les couleurs soient pures ; mais comme elles sont en même temps très foi-

bles, on a peine à les diſtinguer, & on ſe ſert d'un autre moyen pour épurer les couleurs: c'eſt en rétréciſſant l'image du diſque du Soleil, ce qui diminue l'anticipation des cercles colorés les uns ſur les autres, & par conſéquent le mêlange des couleurs; dans ce ſpectre de lumiere épurée & homogène, on voit très bien les ſept couleurs; on en voit même beaucoup plus de ſept avec un peu d'art, car en recevant ſucceſſivement ſur un fil blanc les différentes parties de ce ſpectre de lumiere épuré, j'ai compté ſouvent juſqu'à dix-huit ou vingt couleurs dont la différence étoit ſenſible à mes yeux. Avec de meilleurs organes ou plus d'attention, on pourroit encore en compter davantage; cela n'empêche pas qu'on ne doive fixer le nombre de leur dénomination à ſept, ni plus ni moins; & cela par une raiſon bien fondée, c'eſt qu'en diviſant le ſpectre de lumiere épurée en ſept intervalles, & ſuivant la proportion donnée par Newton, chacun de ces intervalles contient des couleurs qui, quoique priſes toutes enſemble, ſont indécompoſables par le priſme & par quelqu'art que ce ſoit, ce qui leur a fait donner le nom de *couleurs primitives.* Si au lieu de diviſer le ſpectre en ſept, on ne le diviſe qu'en ſix, ou cinq, ou quatre, ou trois intervalles, alors les couleurs contenues dans chacun de ces intervalles ſe décompoſent par le priſme, & par conſéquent ces couleurs ne ſont pas pures, & ne doivent pas être regardées comme couleurs primitives. On ne peut donc pas réduire les couleurs primitives à moins

de ſept dénominations, & on ne doit pas en admettre un plus grand nombre, parce qu'alors on diviſeroit inutilement les intervalles en deux ou pluſieurs parties, dont les couleurs ſeroient de la même nature, & ce ſeroit partager mal-à-propos une même eſpèce de couleur, & donner des noms différens à des choſes ſemblables.

Il ſe trouve par un haſard ſingulier, que l'étendue proportionnelle de ces ſept intervalles de couleurs, répond aſſez juſte à l'étendue proportionnelle des ſept tons de la muſique, mais ce n'eſt qu'un haſard dont on ne doit tirer aucune conſéquence; ces deux réſultats ſont indépendans l'un de l'autre, & il faut ſe livrer bien aveuglément à l'eſprit de ſyſtème pour prétendre, en vertu d'un rapport fortuit, ſoumettre l'œil & l'oreille à des loix communes, & traiter l'un de ces organes par les règles de l'autre, en imiginant qu'il eſt poſſible de faire un concert aux yeux ou un payſage aux oreilles.

Ces ſept couleurs, produites par la réfraction, ſont inaltérables, & contiennent toutes les couleurs & toutes les nuances de couleurs qui ſont au monde; les couleurs du priſme, celles des diamans, celles de l'ac-en-ciel, des images des halos, dépendent toutes de la réfraction, & en ſuivent exactement les loix.

La réfraction n'eſt cependant pas le ſeul moyen pour produire des couleurs; la lumiere a de plus que ſa qualité réfrangible d'autres propriétés qui, quoique dépendan-

tes

tes de la même cause générale, produise des effets différens ; de la même façon que la lumiere se rompt & se divise en couleurs en passant d'un milieu dans un autre milieu transparent, elle se rompt aussi en passant auprès des surfaces d'un corps opaque : cette espèce de réfraction qui se fait dans le même milieu, s'appelle *inflexion*, & les couleurs qu'elle produit, sont les mêmes que celles de la réfraction ordinaire, les rayons violets qui sont les plus réfrangibles sont aussi les plus flexibles, & la frange colorée par l'inflexion de la lumiere ne diffère du spectre coloré produit par la réfraction, que dans la forme ; & si l'intensité des couleurs est différente, l'ordre en est le même, les propriétés toutes semblables, le nombre égal, la qualité primitive & inaltérable commune à toutes, soit dans la réfraction, soit dans l'inflexion qui n'est en effet qu'une espèce de réfraction.

Mais le plus puissant moyen que la Nature emploie pour produire des couleurs, c'est la réflexion (*a*) ; toutes les couleurs mate-

---

(*a*) J'avoue que je ne pense pas comme Newton au sujet de la réflexibilité des différens rayons de la lumiere. Sa définition de la réflexibilité n'est pas assez générale pour être satisfaisante ; il est sûr que la plus grande facilité à être réfléchi, est la même chose que la plus grande réflexibilité, il faut que cette plus grande facilité soit générale pour tous les cas : or qui sait si le rayon violet se réfléchit le plus aisément dans tous les cas, à cause que dans un cas particulier il rentre plutôt dans le verre que les autres rayons ; la réflexion

rielles en dépendent, le vermillon n'est rouge que parce qu'il réfléchit abondamment les rayons rouges de la lumiere, & qu'il absorbe les autres; l'outremer ne paroît bleu que parce qu'il réfléchit fortement les rayons bleus, & qu'il reçoit dans ses pores tous les autres rayons qui s'y perdent. Il en est de même des autres couleurs des corps opaques & transparens; la transparence dépend de l'uniformité de densité; lorsque les parties composantes d'un corps sont d'égale densité, de quelque figure que soient ces mê-

---

de la lumiere suit les mêmes loix que le rebondissement de tous les corps à ressort; de là on doit conclure que les particules de lumiere sont élastiques, & par conséquent la réflexibilité de la lumiere sera toujours proportionnelle à son ressort, & dès-lors les rayons les plus réflexibles seront ceux qui auront le plus de ressort; qualité difficile à mesurer dans la matiere de la lumiere, parce qu'on ne peut mesurer l'intensité d'un ressort que par la vitesse qu'il produit; il faudroit donc, pour qu'il fût possible de faire une expérience sur cela, que les satellites de Jupiter fussent illuminés successivement par toutes les couleurs du prisme, pour reconnoître par leurs éclipses s'il y auroit plus ou moins de vitesse dans le mouvement de la lumiere violette que dans le mouvement de la lumiere rouge; car ce n'est que par la comparaison de la vitesse de ces deux différens rayons qu'on peut savoir si l'un a plus de ressort que l'autre ou plus de réflexibilité. Mais on n'a jamais observé que les satellites, au moment de leur émersion, ayent d'abord paru violets, & ensuite éclairés successivement de toutes les couleurs du prisme; donc il est à présumer que les rayons de lumiere ont à-peu-près tous un ressort égal, & par conséquent autant de réflexibilité. D'ailleurs le cas particulier où le violet paroît être plus réflexible, ne vient que de la

mes parties, le corps sera toujours transparent. Si l'on réduit un corps transparent à une fort petite épaisseur, cette plaque mince produira des couleurs dont l'ordre & les principales apparences sont fort différentes des phénomènes du spectre ou de la frange colorée; aussi ce n'est pas par la réfraction que ces couleurs sont produites, c'est par la réflexion : les plaques minces des corps transparens, les bulles de savon, les plumes des oiseaux, &c. paroissent colorées parce qu'elles réfléchissent certains

---

réfraction, & ne paroît pas tenir à la réflexion, cela est aisé à démontrer. Newton a fait voir, à n'en pouvoir douter, que les rayons différens sont inégalement réfrangibles, que le rouge l'est le moins & le violet le plus de tous; il n'est donc pas étonnant qu'à une certaine obliquité le rayon violet se trouvant, en sortant du prisme, plus oblique à la surface que tous les autres rayons, il soit le premier saisi par l'attraction du verre, & contraint d'y rentrer, tandis que les autres rayons, dont l'obliquité est moindre, continuent leur route sans être attirés, pour être obligés de rentrer dans le verre; ceci n'est pas, comme le prétend Newton, une vraie réflexion, c'est seulement une suite de la réfraction. Il me semble qu'il ne devoit donc pas assurer en général que les rayons les plus réfrangibles, étoient les plus réflexibles. Cela ne me paroît vrai qu'en prenant cette suite de la réfraction pour une réflexion, ce qui n'en est pas une; car il est évident qu'une lumiere qui tombe sur un miroir & qui en rejaillit en formant un angle de réflexion égal à celui d'incidence, est dans un cas bien différent de celui où elle se trouve au sortir d'un verre si oblique à la surface, qu'elle est contrainte d'y rentrer : ces deux phénomènes n'ont rien de commun, & ne peuvent, à mon avis, s'expliquer par le même cause.

rayons & laissent passer ou absorbent les autres ; ces couleurs ont leurs loix & dépendent de l'épaisseur de la plaque mince ; une certaine épaisseur produit constamment une certaine couleur, toute autre épaisseur ne peut la produire, mais en produit une autre ; & lorsque cette épaisseur est diminuée à l'infini, en sorte qu'au lieu d'une plaque mince & transparente on n'a plus qu'une surface polie sur un corps opaque, ce poli, qu'on peut regarder comme le premier degré de la transparence, produit aussi des couleurs par la réflexion, qui ont encore d'autres loix ; car lorsqu'on laisse tomber un trait de lumiere sur un miroir de métal, ce trait de lumiere ne se réfléchit pas tout entier sous le même angle, il s'en disperse une partie qui produit des couleurs dont les phénomènes, aussi-bien que ceux des plaques minces, n'ont pas encore été assez observés.

Toutes les couleurs dont je viens de parler sont naturelles & dépendent uniquement des propriétés de la lumiere ; mais il en est d'autres qui me paroissent accidentelles & qui dépendent autant de notre organe que de l'action de la lumiere. Lorsque l'œil est frappé ou pressé, on voit des couleurs dans l'obscurité, lorsque cet organe est mal disposé ou fatigué, on voit encore des couleurs ; c'est ce genre de couleurs que j'ai cru devoir appeller *couleurs accidentelles*, pour les distinguer des couleurs naturelles ; & parce qu'en effet elles ne paroissent jamais que lorsque l'organe est forcé ou qu'il a été trop fortement ébranlé.

Perſonne n'a fait avant le Dr. Jurin (*b*) la moindre obſervation ſur ce genre de couleurs, cependant elles tiennent aux couleurs naturelles par pluſieurs rapports ; & j'ai découvert une ſuite de phénomènes ſinguliers ſur cette matiere, que je vais rapporter le plus ſuccinctement qu'il me ſera poſſible.

Lorſqu'on regarde fixement & long-temps une tache ou une figure rouge ſur un fond blanc, comme un petit quarré de papier rouge ſur un papier blanc, on voit naître autour du petit quarré rouge une eſpèce de couronne d'un vert foible ; en ceſſant de regarder le quarré rouge ſi on porte l'œil ſur le papier blanc, on voit très diſtinctement un quarré d'un vert tendre, tirant un peu ſur le bleu ; cette apparence ſubſiſte plus ou moins long-temps, ſelon que l'impreſſion de la couleur rouge a été plus ou moins forte. La grandeur du quarré vert imaginaire, eſt la même que celle du quarré réel rouge, & ce vert ne s'évanouit qu'après que l'œil s'eſt raſſuré & s'eſt porté ſucceſſivemet ſur pluſieurs autres objets dont les images détruiſent l'impreſſion trop forte cauſée par le rouge.

En regardant fixement & long-temps une tache jaune ſur un fond blanc, on voit naître autour de la tache une couronne d'un bleu pâle, & en ceſſant de regarder la tache jaune & portant ſon œil ſur un autre

---

(*b*) Eſſai *Upon diſtinct and indiſtinct viſion*, *page 115* des notes ſur l'Optique de Smith, tome II, imprimé à Cambridge en 1738.

endroit du fond blanc, on voit distinctement une tache bleue de la même figure & de la même grandeur que la tache jaune, & cette apparence dure au moins aussi long-temps que l'apparence du vert produit par le rouge. Il m'a même paru, après avoir fait moi-même, & après avoir fait répéter cette expérience à d'autres dont les yeux étoient meilleurs & plus forts que les miens, que cette impression du jaune étoit plus forte que celle du rouge, & que la couleur bleue qu'elle produit s'effaçoit plus difficilement & subsistoit plus long-temps que la couleur verte produite par le rouge; ce qui semble prouver ce qu'a soupçonné Newton, que le jaune est de toutes les couleurs celle qui fatigue le plus nos yeux.

Si l'on regarde fixement & long-temps une tache verte sur un fond blanc, on voit naître au tour de la tache verte une couleur blanchâtre, qui est à peine colorée d'un petite teinte de pourpre; mais en cessant de regarder la tache verte & en portant l'œil sur un autre endroit du fond blanc, on voit distinctement une tache d'un pourpre pâle, semblable à la couleur d'une améthiste pâle; cette apparence est plus foible & ne dure pas, à beaucoup près, aussi long-temps que les couleurs bleues & vertes produites par le jaune & par le rouge.

De même en regardant fixement & long-temps une tache bleue sur un fond blanc, on voit naître autour de la tache bleue une couronne blanchâtre un peu teinte de rouge; & en cessant de regarder la tache bleue

& portant l'œil ſur le fond blanc, on voit une tache d'un rouge pâle, toujours de la même figure & de la même grandeur que la tache bleue, & cette apparence ne dure pas plus long-temps que l'apparence pourpre produite par la tache verte.

En regardant de même avec attention une tache noire ſur un fond blanc, on voit naître autour de la tache noire une couronne d'un blanc vif; & ceſſant de regarder la tache noire & portant l'œil ſur un autre endroit du fond blanc, on voit la figure de la tache exactement deſſinée & d'un blanc beaucoup plus vif que celui du fond; ce blanc n'eſt pas mat, c'eſt un blanc brillant ſemblable au blanc du premier ordre des anneaux colorés décrits par Newton; & au contraire, ſi on regarde long-temps une tache blanche ſur un fond noir, on voit la tache blanche ſe décolorer; & en portant l'œil ſur un autre endroit du fond noir, on y voit une tache d'un noir plus vif que celui du fond.

Voilà donc une ſuite de couleurs accidentelles qui a des rapports avec la ſuite des couleurs naturelles; le rouge naturel produit le vert accidentel, le jaune produit le bleu, le vert produit le pourpre, le bleu produit le rouge, le noir produit le blanc, & le blanc produit le noir. Ces couleurs accidentelles n'exiſtent que dans l'organe fatigué, puiſqu'un autre œil ne les apperçoit pas; elles ont même une apparence qui les diſtingue des couleurs naturelles,

c'est qu'elles sont tendres, brillantes, & qu'elles paroissent être à différentes distances, selon qu'on les rapporte à des objets voisins ou éloignés.

Toutes ces expériences ont été faites sur des couleurs mattes avec des morceaux de papier ou d'étoffes colorées, mais elles réussissent encore mieux lorsqu'on les fait sur des couleurs brillantes, comme avec de l'or brillant & poli, au lieu de papier ou d'étoffe jaune; avec de l'argent brillant, au lieu de papier blanc; avec du lapis, au lieu de papier bleu, &c. l'impression de ces couleurs brillantes est plus vive & dure beaucoup plus long-temps.

Tout le monde sait qu'après avoir regardé le Soleil, on porte quelquefois pendant long-temps l'image colorée de cet astre sur tous les objets, la lumiere trop vive du Soleil produit en un instant ce que la lumiere ordinaire des corps ne produit qu'au bout d'une minute ou deux d'application fixe de l'œil sur les couleurs; ces images colorées du Soleil que l'œil ébloui & trop fortement ébranlé porte par-tout, sont des couleurs du même genre que celles que nous venons de décrire, & l'explication de leurs apparences dépend de la même théorie.

Je n'entreprendrai pas de donner ici les idées qui me sont venues sur ce sujet; quelqu'assuré que je sois de mes expériences, je ne suis pas assez certain des conséquences qu'on en doit tirer, pour oser rien hasarder encore sur la théorie de ces couleurs, &

je me contenterai de rapporter d'autres observations qui confirment les expériences précédentes, & qui serviront sans doute à éclairer cette matiere.

En regardant fixement & fort long-temps un quarré d'un rouge vif sur un fond blanc, on voit d'abord naître la petite couronne de vert tendre, dont j'ai parlé ; ensuite en continuant à regarder fixement le quarré rouge, on voit le milieu du quarré se décolorer, & les côtés se charger de couleur, & former comme un cadre d'un rouge plus fort & beaucoup plus foncé que le milieu; ensuite en s'éloignant un peu & continuant à regarder toujours fixement, on voit le cadre de rouge foncé se partager en deux dans les quatre côtés, & former une croix d'un rouge aussi foncé ; le quarré rouge paroît alors comme une fenêtre traversée dans son milieu par une grosse croisée & quatre panneaux blancs; car le cadre de cette espèce de fenêtre est d'un rouge aussi fort que la croisée ; continuant toujours à regarder avec opiniâtreté, cette apparence change encore, & tout ce réduit à un rectangle d'un rouge si foncé, si fort & si vif, qu'il offusque entiérement les yeux; ce rectangle est de la même hauteur que le quarré, mais il n'a pas la sixième partie de sa largeur : ce point est le dernier degré de fatigue que l'œil peut supporter ; & lorsqu'enfin on détourne l'œil de cet objet, & qu'on le porte sur un autre endroit du fond blanc, on voit au lieu du quarré rouge réel, l'image du rec-

tangle rouge imaginaire, exactement dessinée & d'une couleur verte brillante; cette impression subsiste fort long-temps, ne se décolore que peu-à-peu, elle reste dans l'œil même après l'avoir fermé. Ce que je viens de dire du quarré rouge, arrive aussi lorsqu'on regarde très long-temps un quarré jaune ou noir, ou de tout autre couleur, on voit de même le cadre jaune ou noir, la croix & le rectangle; & l'impression qui reste, est un rectangle bleu, si on a regardé du jaune; un rectangle brillant, si on a regardé un quarré noir, &c.

J'ai fait faire les expériences que je viens de rapporter à plusieurs personnes, elles ont vu comme moi les mêmes couleurs & les mêmes apparences. Un de mes amis m'a assuré à cette occasion, qu'ayant regardé un jour une éclipse de Soleil par un petit trou, il avoit porté pendant plus de trois semaines l'image colorée de cette astre sur tous les objets; que quand il fixoit ses yeux sur du jaune brillant, comme sur une bordure dorée, il voyoit une tache pourpre, & sur du bleu comme sur un toît d'ardoises, une tache verte. J'ai moi-même souvent regardé le Soleil & j'ai vu les mêmes couleurs; mais comme je craignois de me faire mal aux yeux en regardant cet astre, j'ai mieux aimé continuer mes expériences sur des étoffes colorées, & j'ai trouvé qu'en effet ces couleurs accidentelles changent en se mêlant avec les couleurs naturelles, qu'elles suivent les mêmes règles pour les apparences; car lorsque la couleur verte accidentelle, pro-

duite par le rouge naturel, tombe ſur un fond rouge brillant, cette couleur verte devient jaune; ſi la couleur accidentelle bleue, produite par le jaune vif, tombe ſur un fond jaune, elle devient verte; en ſorte que les couleurs qui réſultent du mêlange de ces couleurs accidentelles avec les couleurs naturelles, ſuivent les mêmes règles & ont les mêmes apparences que les couleurs naturelles dans leur compoſition & dans leur mêlange avec d'autres couleurs naturelles.

Ces obſervations pourront être de quelque utilité pour la connoiſſance des incommodités des yeux, qui viennent probablement d'un grand ébranlement cauſé par l'impreſſion trop vive de la lumiere; une de ces incommodités, eſt de voir toujours devant ſes yeux des taches colorées, des cercles blancs ou des points noirs comme des mouches qui voltigent. Jai oui bien des perſonnes ſe plaindre de cette eſpèce d'incommodité; & j'ai lu dans quelques Auteurs de Médecine, que la goutte ſereine eſt toujours précédée de ces points noirs. Je ne ſais pas ſi leur ſentiment eſt fondé ſur l'expérience, car j'ai éprouvé moi-même cette incommodité, j'ai vu des points noirs pendant plus de trois mois en ſi grande quantité que j'en étois fort inquiet; j'avois apparemment fatigué mes yeux en faiſant & en répétant trop ſouvent les expériences précédentes, & en regardant quelquefois le Soleil; car les points noirs ont paru dans ce même temps, & je n'en avois jamais vu de ma vie; mais enfin ils m'incommodoient tellement, ſurtout lorſque

je regardois au grand jour des objets fortement éclairés, que j'étois contraint de détourner les yeux; le jaune surtout m'étoit insupportable, & j'ai été obligé de changer des rideaux jaunes dans la chambre que j'habitois & d'en mettre de verts; j'ai évité de regarder toutes les couleurs trop fortes & tous les objets brillans, peu-à-peu le nombre des points noirs a diminué, & actuellement je n'en suis plus incommodé. Ce qui m'a convaincu que ces points noirs viennent de la trop forte impression de la lumiere, c'est qu'après avoir regardé le Soleil, j'ai toujours vu une image colorée que je portois plus ou moins long-temps sur tous les objets; & suivant avec attention les différentes nuances de cette image colorée, j'ai reconnu qu'elle se décoloroit peu-à-peu, & qu'à la fin je ne portois plus sur les objets qu'une tache noire, d'abord assez grande, qui diminuoit ensuite peu-a-peu, & se réduisoit enfin à un point noir.

Je vais rapporter à cette occasion un fait qui est assez remarquable, c'est que je n'étois jamais plus incommodé de ces points noirs que quand le ciel étoit couvert de nuées blanches, ce jour me fatiguoit beaucoup plus que la lumiere d'un ciel serein, & cela parce qu'en effet la quantité de lumiere réfléchie par un ciel couvert de nuées blanches, est beaucoup plus grande que la quantité de lumiere réfléchie par l'air pur; & qu'à l'exception des objets éclairés imédiatement par les rayons du Soleil, tous les autres objets qui sont dans l'ombre, sont beaucoup moins éclairés

que ceux qui le ſont par la lumiere réfléchie d'un ciel couvert de nuées blanches.

Avant que de terminer ce Mémoire, je crois devoir encore annoncer un fait qui paroîtra peut-être extraordinaire, mais qui n'en eſt pas moins certain, & que je ſuis fort étonné qu'on n'ait pas obſervé ; c'eſt que les ombres des corps qui par leur eſſence doivent être noires, puiſqu'elles ne ſont que la privation de la lumiere, que les ombres, dis-je, ſont toujours colorées au lever & au coucher du Soleil ; j'ai obſervé pendant l'été de l'année 1743, plus de trente aurores & autant de ſoleils couchans ; toutes les ombres qui tomboient ſur du blanc, comme ſur une muraille blanche, étoient quelquefois vertes, mais le plus ſouvent bleues, & d'un bleu auſſi vif que le plus bel azur. J'ai fait voir ce phénomène à pluſieurs perſonnes qui ont été auſſi ſurpriſes que moi ; la ſaiſon n'y fait rien, car il n'y a pas huit jours (15 novembre 1743) que j'ai vu des ombres bleues ; & quiconque voudra ſe donner la peine de regarder l'ombre de l'un de ſes doigts au lever ou au coucher du Soleil ſur un morceau de papier blanc, verra comme moi cette ombre bleue. Je ne ſache pas qu'aucun Aſtronome, qu'aucun Phyſicien, que perſonne, en un mot, ait parlé de ce phénomène ; j'ai cru qu'en faveur de la nouveauté on me permettroit de donner le précis de cette obſervation.

Au mois de juillet 1743, comme j'étois occupé de mes couleurs accidentelles, & que je cherchois à voir le Soleil, dont l'œil

soutient mieux la lumiere à son coucher qu'à toute autre heure du jour, pour reconnoitre ensuite les couleurs & les changemens de couleurs causés par cette impression, je remarquai que les ombres des arbres qui tomboient sur une muraille blanche étoient vertes; j'étois dans un lieu élevé & le Soleil se couchoit dans une gorge de montagnes, en sorte qu'il me paroissoit fort abaissé au-dessous de mon horizon; le ciel étoit serein, à l'exception du couchant, qui, quoiqu'exempt de nuages, étoit chargé d'un rideau transparent de vapeurs d'un jaune rougeâtre, le Soleil lui-même fort rouge, & sa grandeur apparente au moins quadruple de ce qu'elle est à midi; je vis donc très distinctement les ombres des arbres qui étoient à 20 & 30 pieds des la muraille blanche, colorés d'un vert tendre tirant un peu sur le bleu; l'ombre d'un treillage qui étoit à 3 pieds de la muraille, étoit parfaitement dessiné sur cette muraille, comme si on l'avoit nouvellement peinte en vert-de-gris: cette apparence dura près de 5 minutes, après quoi la couleur s'affoiblit avec la lumiere du Soleil, & ne disparut entièrement qu'avec les ombres. Le lendemain, au lever du Soleil, j'allai regarder d'autres ombres sur une muraille blanche, mais au lieu de les trouver vertes, comme je m'y attendois, je les trouvai bleues ou plutôt de la couleur de l'indigo le plus vif; le ciel étoit serein, il n'y avoit qu'un petit rideau de vapeurs jaunâtres au levant, le Soleil se levoit sur une colline, en sorte qu'il me paroissoit élevé au-dessus

de mon horizon, les ombres bleues ne durèrent que 3 minutes, après quoi elles me parurent noires; le même jour je revis au coucher du Soleil les ombres vertes, comme je les avois vues la veille. Six jours se passèrent ensuite sans pouvoir observer les ombres au coucher du Soleil, parce qu'il étoit toujours couvert de nuages; le septième jour je vis le Soleil à son coucher, les ombres n'étoient plus vertes, mais d'un beau bleu d'azur, je remarquai que les vapeurs n'étoient pas fort abondantes, & que le Soleil ayant avancé pendant sept jours, se couchoit derriere un rocher qui le faisoit disparoître avant qu'il pût s'abaisser au-dessous de mon horizon. Depuis ce temps j'ai très souvent observé les ombres, soit au lever, soit au coucher du Soleil, & je ne les ai vues que bleues, quelquefois d'un bleu fort vif, d'un bleu pâle, d'un bleu foncé, mais constamment bleues.

Ce Mémoire a été imprimé dans ceux de l'Académie Royale des Sciences, *année 1743*, Voici ce que je crois devoir y ajouter aujourd'hui (*année 1773*).

Des observations plus fréquentes m'ont fait reconnoître que les ombres ne paroissent jamais vertes au lever ou au coucher du Soleil, que quand l'horizon est chargé de beaucoup de vapeurs rouges; dans tout autre cas les ombres sont toujours bleues, & d'autant plus bleues que le ciel est plus serein. Cette couleur bleue des ombres, n'est autre chose que la couleur même de l'air; & je ne sais

pourquoi quelques Physiciens ont défini l'air *un fluide invisible* (c), *inodore*, *insipide*, puisqu'il est certain que l'azur céleste n'est autre chose que la couleur de l'air, qu'à la vérité il faut une grande épaisseur d'air, pour que notre œil s'apperçoive de la couleur de cet élément, mais que néanmoins lorsqu'on regarde de loin des objets sombres, on les voit toujours plus ou moins bleus. Cette observation que les Physiciens n'avoient pas faite sur les ombres & sur les objets sombres vus de loin, n'avoit pas échappé aux habiles Peintres, & elle doit en effet servir de base à la couleur des objets lointains, qui tous auront une nuance bleuâtre d'autant plus sensible qu'ils seront supposés plus éloignés du point de vue.

On pourra me demander comment cette couleur bleue qui n'est sensible à notre œil que quand il y a une très grande épaisseur d'air, se marque néanmoins si fortement à quelques pieds de distance au lever & au coucher du Soleil ? comment il est possible que cette couleur de l'air, qui est à peine sensible à dix mille toises de distance, puisse donner à l'ombre noire d'un treillage, qui n'est éloigné de la muraille blanche que de trois pieds, une couleur du plus beau bleu : c'est en effet de la solution de cette question que dépend l'explication du phénomène. Il est

---

[c] Dictionnaire de Chimie, article *de l'Air*.

certain

certain que la petite épaiſſeur d'air qui n'eſt que de trois pieds entre le treillage & la muraille, ne peut pas donner à la couleur noire de l'ombre une nuance auſſi forte de bleu; ſi cela étoit, on verroit à midi & dans tous les autres temps du jour, les ombres bleues comme on les voit au lever & au coucher du Soleil. Ainſi cette apparence ne dépend pas uniquement, ni même preſque point du tout de l'épaiſſeur de l'air entre l'objet & l'ombre. Mais il faut conſidérer qu'au lever & au coucher du Soleil, la lumiere de cet aſtre étant affoiblie à la ſurface de la Terre, autant qu'elle peut l'être par la plus grande obliquité de cet aſtre, les ombres ſont moins denſes, c'eſt-à-dire, moins noires dans la même proportion, & qu'en même temps la Terre n'étant plus éclairée que par cette foible lumiere du Soleil qui ne fait qu'en raſer la ſuperficie, la maſſe de l'air qui eſt plus élevée, & qui par conſéquent reçoit encore la lumiere du Soleil bien moins obliquement, nous renvoie cette lumiere, & nous éclaire autant & peut-être plus que le Soleil. Or cet air pur & bleu ne peut nous éclairer qu'en nous renvoyant une grande quantité de ſa même couleur bleue, & lorſque ces rayons bleus que l'air réfléchit, tomberont ſur des objets privés de toute autre couleur comme les ombres, il les teindront d'une plus ou moins forte nuance de bleu, ſelon qu'il y aura moins de lumiere directe du Soleil, & plus de lumiere réfléchie de l'atmoſphère. Je pourrois ajouter plu-

ſieurs autres choſes qui viendroient à l'appui de cette explication, mais je penſe que ce que je viens de dire, eſt ſuffiſant pour que les bons eſprits l'entendent & en ſoient ſatisfaits.

Je crois devoir citer ici quelques faits obſervés par M. l'Abbé Millot, ancien Grand-Vicaire de Lyon, qui a eu la bonté de me les communiquer par ſes lettres des 18 août 1754 & 10 février 1755, dont voici l'extrait.
» Ce n'eſt pas ſeulement au lever & au cou-
» cher du Soleil, que les ombres ſe colo-
» rent. A midi, le ciel étant couvert de
» nuages, excepté en quelques endroits, vis-
» à-vis d'une de ces ouvertures que laiſſoient
» entr'eux les nuages, j'ai fait tomber des
» ombres d'un fort beau bleu ſur du papier
» blanc, à quelques pas d'une fenêtre. Les
» nuages s'étant joints, le bleu diſparut. J'a-
» jouterai en paſſant, que plus d'une fois j'ai
» vu l'azur du ciel ſe peindre, comme dans
» un miroir, ſur une muraille où la lumiere
» tomboit obliquement. Mais voici d'autres
» obſervations plus importantes à mon avis;
» avant que d'en faire le détail, je ſuis
» obligé de tracer la topographie de ma cham-
» bre : elle eſt à un troiſiéme étage ; la
» fenêtre près d'un angle au couchant, la
» porte preſque vis-à-vis. Cette porte donne
» dans une galerie, au bout de laquelle, à
» deux pas de diſtance, eſt une fenêtre
» ſituée au midi. Les jours des deux fenêtres
» ſe réuniſſent, la porte étant ouverte contre
» une des murailles; & c'eſt-là que j'ai vu

» des ombres colorées presque à toute heure ;
» mais principalement sur les dix heures du
» matin. Les rayons du Soleil que la fenêtre
» de la galerie reçoit encore obliquement, ne
» tombent point par celle de la chambre, sur
» la muraille dont je viens de parler. Je place
» à quelques pouces de cette muraille des
» chaises de bois à dossier percé. Les ombres
» en sont alors de couleurs quelquefois très
» vives. J'en ai vu qui, quoique projetées
» de même côté, étoient l'une d'un vert
» foncé, l'autre d'un bel azur. Quand la lu-
» miere est tellement ménagée, que les om-
» bres soient également sensibles de part &
» d'autre, celle qui est opposée à la fenêtre
» de la chambre est ou bleue ou violette ;
» l'autre tantôt verte, tantôt jaunâtre. Celle-
» ci est accompagnée d'une espèce de pé-
» nombre bien colorée, qui forme comme
» une double bordure bleue d'un côté, & de
» l'autre verte ou rouge ou jaune, selon
» l'intensité de la lumiere. Que je ferme les
» volets de ma fenêtre, les couleurs de cette
» pénombre n'en ont souvent que plus d'é-
» clat ; elles disparoissent si je ferme la porte
» à moitié. Je dois ajouter que le phénomène
» n'est pas à beaucoup près si sensible en hi-
» ver. Ma fenêtre est au couchant d'été, je
» fis mes premieres expériences dans cette sai-
» son, dans un temps où les rayons du Soleil
» tomboient obliquement sur la muraille qui
» fait angle avec celle où les ombres se colo-
» roient ».

On voit par ces observations de M. l'Abbé

Millot, qu'il suffit que la lumiere du Soleil tombe très obliquement sur une surface, pour que l'azur du ciel, dont la lumiere tombe toujours directement, s'y peigne & colore les ombres. Mais les autres apparences dont il fait mention, ne dépendent que de la position des lieux & d'autres circonstances accessoires.

Fin du Tome septieme.

TABLE

DES MATIERES

Contenues dans les deux Volumes.

A

ABSOLU. Il n'y a rien d'abſolu dans la Nature, rien de parfait, rien d'abſolument grand, rien d'abſolument petit, rien d'entiérement nul, rien de vraiment infini, Vol. VI, page 23.

ACIDES (les) viennent en grande partie de la décompoſition des ſubſtances minérales ou végétales, preuve de cette aſſertion, vol. VI, 56. Ils ne doivent leur liquidité qu'à la quantité d'air & de feu qu'ils contiennent, *ibid.* 123. Contiennent toujours une certaine quantité d'alkali, *ibid.* 124.

ACIDES & ALKALIS. Il y a plus de terre & moins d'eau dans les alkalis, & plus d'eau & moins de terre dans les acides, vol. VI, 123.

ACIDES *nitreux* (les) contiennent une grande quantité d'air & de feu fixes, vol. VI, 56.

AFFINITÉS. Le degré d'affinité de l'air avec l'eau, dépend en grande partie de celui de ſa

température ; ce degré dans ſon état de liquidité eſt à-peu-près le même que celui de la chaleur générale à la ſurface de la terre, vol. VI, 109. Les degrés d'affinité dépendent abſolument de la figure des parties intégrantes des corps, vol. VI, 124.

AFFINITÉS *chimiques* (les) n'ont point d'autres principes que celui de l'attraction univerſelle commune à toute la matiere. --- Cette grande loi toujours conſtante, toujours la même, ne paroit varier que par ſon expreſſion qui ne peut être la même dès que la figure des corps entre comme élément dans leur diſtance, vol. VI, 85 *& ſuiv.*

AIR (l') eſt le premier aliment du feu, aliment néceſſaire, ſans lequel le feu ne peut ſubſiſter. --- Un petit point de feu, tel que celui d'une bougie allumée, abſorbe une grande quantité d'air, & la bougie s'éteint au moment que la quantité ou la qualité de cet élément lui manque, vol. VI, 44. L'air eſt le plus fluide de toutes les matieres connues, à l'exception du feu qui eſt la cauſe de toute fluidité, & qu'on doit regarder comme plus fluide que l'air. --- Inductions tirées de la grande fluidité de l'air, *ibid. & ſuiv.* L'air eſt de toutes les matieres connues, celle que la chaleur met le plus aiſément en mouvement expanſif. — Il eſt tout près de la nature du feu. — Pourquoi il augmente ſi fort l'activité du feu, & pourquoi il eſt néceſſaire à ſa ſubſiſtance, *ibid.* 46. Maniere dont le feu détruit le reſſort de l'air. — Explication de la façon dont l'air élaſtique devient fixe. —

L'air étant raréfié par la chaleur, peut occuper un espace treize fois plus grand que celui de son volume ordinaire, *ibid.* 51. L'air paroît être de toutes les matieres, celle qui peut exister le plus, indépendamment du feu. — Il lui faut infiniment moins de chaleur qu'à tout autre matiere pour entretenir sa fluidité. — Les plus grands froids & les plus fortes condensations ne peuvent détruire son ressort, la chaleur seule en le raréfiant est capable de cet effet, vol. VI, 88. Dans quelles circonstances l'air peut reprendre son élasticité. — Comment il la perd & la recouvre. — Comment il devient une substance fixe, & s'incorpore avec les autres corps, *ibid.* 89. Maniere dont il contribue à la chaleur animale, *ibid.* 93. Explication de la maniere dont l'air que les animaux respirent, contribue à l'entretien de la chaleur animale. — Comment il passe dans le sang des animaux, *ibid*, 96. & *f.* Il fait partie très sensible de la nourriture des végétaux, & se fixe dans leur intérieur, *ibid.* 101. L'air contenu dans l'eau, est dans un état moyen entre la fixité & l'élasticité, *ibid.* 108. Il se sépare plus aisément de l'eau que de tout autre matiere, *ibid.* 109. Explication de la maniere dont le froid & le chaud dégagent également l'air contenu dans l'eau, *ibid.* Il y a beaucoup moins d'air dans l'eau que d'eau dans l'air. — Il s'imbibe très aisément de l'eau, & paroît aussi la rendre aisément, *ibid.* 111.

AIR FIXE. Sa différence avec l'air disséminé dans les corps, vol. VI, 51 & *suiv.* Il faut une assez longue résidence de l'air devenu fixe dans les substances terrestres pour qu'il s'établisse à

demeure ſous cette nouvelle forme. Mais il n'eſt pas néceſſaire que le feu ſoit violent pour faire perdre à l'air ſon élaſticité; le plus petit feu & même une chaleur très médiocre ſuffit, pourvu qu'elle ſoit appliquée long temps ſur une petite quantité d'air, *ibid.* 90. L'air fixe exiſte en grande quantité ſur toutes les ſubſtances animales ou végétales, & dans un grand nombre de matieres brutes, vol VI, 102.

ALKALI (l') eſt produit par le feu; expérience qui le démontre, vol. VI, 124. Le feu eſt le principe de la formation de l'alkali minéral, & les autres alkalis doivent également leur formation à la chaleur conſtante de l'animal & du végétal dont on les tire, *ibid.*

ANIMAUX. La chaleur dans les différens genres d'animaux n'eſt pas égale; les oiſeaux ſont les plus chauds de tous, les quadrupèdes enſuite, l'homme après les quadrupèdes, les cétacées après l'homme, les reptiles beaucoup après, & enfin les poiſſons, les inſectes & les coquillages, ſont de tous les animaux ceux qui ont le moins de chaleur, vol. VI, 91. Les animaux qui ont des poumons, & qui par conſéquent reſpirent l'air, ont toujours plus de chaleur que ceux qui en ſont privés; & plus la ſurface des poumons eſt étendue, plus auſſi leur ſang devient chaud. — Les oiſeaux ont, relativement au volume de leur corps, les poumons conſidérablement plus étendus que l'homme ou les quadrupèdes, & c'eſt par cette raiſon qu'ils ont plus de chaleur; ceux qui les ont moins étendus, ont auſſi beaucoup moins de chaleur,

&

& elle dépend en général de la force & de l'étendue des poumons, *ibid.* 93 & suiv. — Les animaux fixent & transforment l'air, l'eau & le feu en plus grande quantité que les végétaux. — Les fonctions des corps organisés, sont l'un des plus puissans moyens que la Nature emploie pour la conversion des élémens, *ibid.* 120.

ANIMAUX *à coquilles.* Les animaux à coquilles ou à transudation pierreuse, sont plus nombreux dans la mer que les insectes ne le sont sur la terre, Vol VI, 115.

ANTIMOINE. Différence de fusibilité entre le régule d'antimoine ou antimoine natif, & l'antimoine qui a déjà été fondu, vol VI, 317.

ARBRES. La chaleur de l'Atmosphere en été est plus grande que la chaleur propre de l'arbre; mais en hiver cette chaleur propre de l'arbre est plus grande que celle de l'atmosphere, vol. VI, 91. Causes de la chaleur intérieure des arbres & des autres végétaux, *ibid.* 92.

B

BALANCE *hidrostatique.* On ne peut rien conclure de positif des expériences faites à la balance hidrostatique sur des volumes trop petits, vol. VII, 15.

BOULETS *de canon.* C'est une très mauvaise pratique que de faire chauffer à blanc & plusieurs fois les boulets de canon pour en diminuer le volume; ils deviennent par cette opéra-

tion réitérée très légers & caſſans, vol. VII, 49.

BURE. C'eſt ainſi qu'on appelle la partie ſupérieure du fourneau à fondre les mines de fer, qui s'élève au-deſſus de ſon terre-plein, vol. VII, 81.

C

CALCAIRE. Les matieres calcaires ſe réduiroient en verre comme toutes les autres matieres terreſtres, par l'augmentation du feu, ſoit des fourneaux, ſoit des miroirs ardens, vol. VI, 72.

CALCINATION. Par la ſimple calcination l'on augmente le poids du plomb de près d'un quart, & l'on diminue celui du marbre de près de moitié; il y a donc un quart de matiere inconnue que le feu donne au premier, & une moitié d'autre matiere également inconnue qu'il enlève au ſecond; & lorſqu'après cette calcination l'on travaille ſur ces matieres calcinées, il eſt évident que ce n'eſt plus ſur le plomb ou ſur le marbre que l'on travaille, mais ſur des matières dénaturées ou décompoſées par l'action du feu, vol. VI, 63. La calcination eſt pour les corps fixes & incombuſtibles, ce qu'eſt la combuſtion pour les matieres volatiles & inflammables. — Elle a beſoin, comme la combuſtion, du ſecours de l'air. — Comparaiſon de la calcination & de la combuſtion, *ibid.* 79 *& ſuiv.* Toute calcination eſt toujours accompagnée d'un peu de combuſtion, & de même toute combuſtion eſt toujours accompagnée d'un peu de calcination, *ibid.* 80. Explication de la maniere dont certaines matieres augmentent de peſanteur par l'effet

de la calcination, *ibid.* 81. Calcination produite par la chaleur obſcure dans la pierre calcaire juſqu'à deux pieds & deux pieds & demi de profondeur, vol. VII, 95. La calcination eſt plus grande par la chaleur obſcure & concentrée que par le feu libre & lumineux. --- Moyen de faire à peu de frais la calcination du plâtre & des pierres, *ibid.* 170.

CALCUL. On peut tout repréſenter avec le calcul, mais on ne réaliſe rien, vol. VI, 148.

CANONS *de fuſil.* La ſoudure eſt l'opération la plus importante dans la fabrication des canons de fuſil, & celle qui eſt en même temps la plus difficile. -- Précautions qu'il faudroit prendre pour la faire réuſſir, vol. VII, 73.

CHALEUR (la) paroît tenir encore de plus près que la lumiere à l'eſſence du feu, & on doit regarder la chaleur comme une choſe différente de la lumiere & du feu, vol. VI, 24. Elle exiſte auſſi très ſouvent ſans lumiere, *ibid.* On a fait moins de découvertes ſur la nature de la chaleur que ſur celle de la lumiere, *ibid.* 26. Siége de la chaleur différent de celui de la lumiere, *ibid.* 27. Le globe de la terre & en général toutes les matieres fluides & ſolides dont il eſt compoſé ou environné, ont toutes une chaleur propre très grande & plus grande que la chaleur qui nous vient du ſoleil, *ibid.* Toute la matiere connue eſt chaude, & dès-lors la chaleur eſt une affection bien plus générale que celle de la lumiere, *ibid.* Les molécules de la chaleur ſont bien plus groſſes que celles de la lumiere, *ibid.* 28. Son mouvement progreſſif eſt bien

plus lent que celui de la lumiere. --- Le principe de le chaleur eſt l'attrition des corps, *ibid.* Sa production & celle de la lumiere ; leur différence, *ibid.* Elle diminue dans ſa propagation beaucoup plus que la lumiere, *ibid.* 34. L'on doit reconnoître deux ſortes de chaleur ; l'une lumineuſe dont le ſoleil eſt le foyer immenſe ; & l'autre obſcure, dont le grand réſervoir eſt le globe terreſtre, *ibid.* 38. La chaleur qui émane du globe de la terre, eſt bien plus conſidérable que celle qui nous vient du ſoleil. --- Elle eſt dans le climat de Paris vingt-neuf fois plus grande en été, & quatre cent quatre-vingt-dix fois plus grande en hiver que celle qui nous vient de cet aſtre, & cette eſtimation eſt encore trop foible, *ibid.* 39. Effets de la chaleur du globe terreſtre ſur les matieres minérales, vol. VI, 42. La chaleur intérieure du globe a été originairement bien plus grande qu'elle ne l'eſt aujourd'hui ; on doit lui rapporter, comme à la cauſe premiere, toutes les ſublimations, précipitations, agrégations, ſéparations, en un mot, tous les mouvemens qui ſe ſont faits & ſe ſont chaque jour dans l'intérieur du globe, *ibid.* La chaleur ſeule & dénuée de toute apparence de lumiere & de feu, peut produire les mêmes effets que le feu le plus violent, *ibid.* 43. Elle chaſſe des corps toutes les parties humides, elle dilate les corps en les ſéchant & en augmente la dureté ; exemple de cette dureté acquiſe par la chaleur dans les pierres calcaires. --- Elle augmente la peſanteur ſpécifique de pluſieurs matieres, & ſe fixe dans leur intérieur lorſqu'elle leur eſt longtemps appliquée, *ibid.* 77. Les degrés de chaleur ſont différens dans les différens genres d'a-

nimaux, *ibid.* 91. La chaleur propre du globe terreſtre entre comme élément dans la combinaiſon de tous les autres élémens, *ibid.* 105. Progreſſion de la chaleur, tant pour l'entrée que pour la ſortie dans les boulets de fer de différens diamètres, déterminée par des expériences préciſes, *ibid.* 159 & *ſuiv.* La durée de la chaleur dans les globes, n'eſt rigoureuſement proportionnelle à leur diamètre, que dans la ſuppoſition mathématique que ces globes ſoient compoſés d'une matiere parfaitement perméable à la chaleur; en ſorte que la ſortie de la chaleur fût abſolument libre, & que les particules ignées ne trouvaſſent aucun obſtacles qui pût les arrêter ni changer le cours de leur direction. --- Mais les obſtacles qui réſultent de la perméabilité non abſolue, imparfaite & inégale de toute matiere ſolide, au lieu de diminuer le temps de la durée de la chaleur, doivent au contraire l'augmenter, vol. VI, 169. La durée de la chaleur dans différentes matieres expoſées au même feu pendant un temps égal, eſt toujours dans la même proportion, ſoit que le degré de chaleur ſoit plus grand ou plus petit; exemples, *ibid.* 185. Ce n'eſt pas proportionnellement à leur denſité que les corps reçoivent & perdent plus ou moins vîte la chaleur, mais dans un rapport bien différent & qui eſt en raiſon inverſe de leur ſolidité, c'eſt-à-dire, de leur plus ou moins grande non-fuſibilité : démonſtration de cette vérité par l'expérience, *ibid.* La denſité n'eſt pas relative à l'échelle du progrès de la chaleur dans les corps ſolides ni dans les fluides, *ibid.* 188. Ordre dans lequel les matieres minérales reçoivent & perdent la chaleur, à commencer par le fer qui

de toutes les matieres eſt celle à laquelle il faut le plus de temps pour s'échauffer & ſe refroidir.

Fer,	Plomb.
Emeril.	Etain.
Cuivre.	Pierre calcaire tendre.
Or.	Glaiſe.
Argent.	Biſmuth.
Zinc.	Porcelaine.
Marbre blanc.	Antimoine.
Marbre commun.	Ocre.
Pierre calcaire dure.	Craie.
Grès.	Gyps.
Verre.	Bois.

Vol. VI, 301 & *ſuiv.* Le progrès de la chaleur dans les métaux, demi-métaux & minéraux métalliques, eſt en même raiſon ou du moins en raiſon très voiſine de celle de leur fuſibilité, *ibid.* 420. Le progrès de la chaleur dans toutes les ſubſtances minérales, eſt toujours à très peu près en raiſon de leur plus ou moins grande facilité à ſe calciner ou à ſe fondre; mais quand leur calcination ou leur fuſion ſont également difficiles, & qu'elles exigent un degré de chaleur extrême, alors le progrès de la chaleur ſe fait ſuivant l'ordre de leur denſité, *ibid.* Lorſque la chaleur eſt appliquée long-temps, elle ſe fixe dans les pierres & autres matieres ſolides, & en augmente la peſanteur ſpécifique, vol. VII, 100. Eſtimation de la quantité de chaleur qui ſe fixe dans les pierres calcaires, *ibid.* 102.

CHALEUR *animale* (la) eſt une eſpèce de feu qui ne diffère du feu commun que du moins au

plus. --- Raiſon pourquoi ce feu ou cette chaleur animale ſont ſans flamme & ſans fumée apparente, vol. VI, 97 & *ſuiv.*

CHALEUR *concentrée.* La plus violente chaleur & la plus concentrée pendant un très long temps, ne peut ſans le ſecours & le renouvellement de l'air, fondre la mine de fer ni même le ſable vitreſcible, tandis qu'une chaleur de même eſpèce & beaucoup moindre peut calciner toutes les matières calcaires, vol. VII, 92. La chaleur la plus violente, dès qu'elle n'eſt pas nourrie, produit moins d'effet que la plus petite chaleur qui trouve de l'aliment, *ibid.* 94. Chaleur morte & feu vivant, leur différence, *ibid.*

CHALEUR *obſcure*, c'eſt-à-dire, chaleur privée de lumiere, de flamme & de feu libre; ſes effets. vol. VII. 78 & *ſuiv.* Petite quantité d'alimens qu'elle conſume, en comparaiſon de la très grande quantité d'alimens que conſume le feu libre. --- Comparaiſon des effets de la chaleur obſcure avec les effets du feu lumineux. *ibid.* 86 & *ſuiv.* En augmentant la maſſe de la chaleur obſcure, on peut produire de la lumiere, de la même maniere qu'en augmentant la maſſe de lumiere on produit de la chaleur, *ibid.* 95.

CHARBON. Il ne ſe dégage que peu ou point d'air du charbon dans ſa combuſtion, quoiqu'il s'en dégage plus d'un tiers du poids total du bois de chêne bien ſéché, vol. VII, 85. Expérience ſur la diminution de ſon volume & de ſa maſſe dans un grand fourneau clos où l'air n'a point d'accès, *ibid.* 90.

CHAUFFER & *refroidir*. Il faut environ la ſixième partie & demie du temps pour chauffer à blanc les globes de fer, de ce qu'il en faut pour les refroidir au point de pouvoir les tenir dans la main, & environ la quinzième partie & demie du temps qu'il faut pour les refroidir au point de la température actuelle, vol VI, 175.

CHAUX (la) faite avec des coquilles eſt plus foible que la chaux faite avec du marbre ou de la pierre dure. --- Explication des différens phénomènes que préſente la calcination de la chaux, vol. VI, 117. La chaux qui a ſubi uue longue calcination, contient une plus grande partie d'alkali, *ibid.* 124. Moyen facile de faire de la chaux à moindres frais, vol. VII, 96. Différence de la chaux faite à un feu lent ou ſimplement avec la chaleur obſcure, & de la chaux faite à la maniere ordinaire, vol. VII, 97.

CHIMIE. Défauts de ſa théorie, vol. VI, 62. D'où provient l'obſcurité de cette ſcience, *ibid.* 93 & *ſuiv.*

COMBUSTIBLES. Les matieres combuſtibles ne ſe conſument pas dans des vaiſſeaux bien clos, quoiqu'expoſées à l'action du plus grand feu, vol. VI, 45. On peut meſurer la célérité ou la lenteur avec laquelle le feu conſume les matieres combuſtibles, par la quantité plus ou moins grande de l'air qu'on lui fournit, *ibid.* 48. Matieres combuſtibles qui paroiſſent n'avoir pas beſoin d'air pour ſe conſumer, *ibid.* 49. Explication de la maniere dont ſe fait la combuſtion de ces matieres, *ibid.* Différences des matieres combuſtibles & non combuſtibles, *ibid.* Rapport

des matieres combuſtibles avec le feu, *ibid.* 50 & *ſuiv.* Différence eſſentielle entre les matieres volatiles & les matieres fixes, & entre les ſubſtances plus ou moins combuſtibles, *ibid.* Toutes les matieres combuſtibles viennent originairement des animaux ou des végétaux ; preuve de cette aſſertion, *ibid.* 53 & *ſuiv.*

COMBUSTION. Explication de la maniere dont s'opère la combuſtion, vol. VI, 48 & ſuiv. Ce qu'elle ſuppoſe de plus que la volatiliſation. *ibid.* 49. Ses effets comparés à ceux de la calcination, *ibid.* 79. La combuſtion & la calcination ſont des effets du même ordre, *ibid.*

COMETES Correction à faire à l'eſtime que Newton a faite de la chaleur que le ſoleil a communiquée à la comète de 1680, vol. VI, 176. Cette comète n'a pu recevoir le degré de chaleur aſſigné par Newton ; il auroit fallu pour cela qu'elle eût ſéjourné pendant un très long temps dans le point de ſon périhélie, vol VI, 177. Explication de l'origine de ce que l'on appelle les queues des comètes, *ibid.* 182. Lorſque les comètes approchent du ſoleil, elles ne reçoivent pas une chaleur immenſe ni très long-temps durable ; leur ſéjour eſt ſi court dans le voiſinage de cet aſtre, que leur maſſe n'a pas le temps de s'échauffer, il n'y a guere que la partie de la ſurface expoſée au ſoleil qui ſoit brûlée par cet inſtant de grande chaleur, *ibid.* 183.

CONGELATION (la) paroît préſenter d'une maniere inverſe les mêmes phénomènes que l'inflammation, vol. VI, 114.

COQUILLAGES (les) ont produit toute la matiere calcaire qui existe sur le globe terrestre, vol. VI, 115.

COQUILLES. Accroissement & multiplication des coquilles, vol. VI, 115.

CORPS. Un corps dur & absolument inflexible, seroit nécessairement immobile, c'est-à-dire, incapable de recevoir ou de communiquer le mouvement, vol. VI, 6. Les corps s'échauffent ou se refroidissent d'autant plus vite qu'ils sont plus fluides, & d'autant plus lentement qu'il sont plus solides, *ibid.* 188.

COUCHES *de la terre.* Les couches voisines de la surface du globe sont les seules qui étant exposées à l'action des causes extérieures, ont subi toutes les modifications que ces causes réunies à celle de la chaleur intérieure auront pu produire par leur action combinée, c'est-à-dire, toutes les formes des substances minérales, vol. VI, 43.

COULEURS *en général.* Moyens de les produire, vol. VII, 237. Chaque couleur différente a un degré différent de réfrangibilité. --- Pourquoi les dénominations de toutes les couleurs doivent être réduites à sept, ni plus ni moins, *ibid.* Le rapport entre les sept espaces qui contiennent les couleurs primitives & les intervalles des sept tons de la musique, n'est qu'une proportion de hasard dont on ne doit tirer aucune conséquence, *ibid.* 240. Elles sont produites par la réflexion de la lumiere aussi-bien que par la réfraction, *ibid.* 241 *& suiv.*

COULEURS (les), odeurs, ſaveurs, proviennent toutes de l'élément du feu; preuves de cette aſſertion, vol. VI, 123.

COULEURS *accidentelles*. Découverte des couleurs accidentelles, vol. VII, 246 & *ſuiv*. Rapports & différences des couleurs naturelles & accidentelles, *ib. & ſ.* Moyen de les produire, & expoſition des phénomènes qu'elles préſentent. *ibid.* Expériences ſur les couleurs accidentelles faites ſur des couleurs naturelles mattes & ſur des couleurs naturelles brillantes, *ibid.* 248. Les taches que l'œil porte ſur tous les objets après avoir regardé le ſoleil, ſont des phénomènes du même genre que ceux des couleurs accidentelles. --- Il en eſt de même des flammes & des points noirs que l'on voit lorſque l'organe de l'œil eſt trop fatigué, *ibid.* 250 & ſuiv. Autres expériences ſur les couleurs accidentelles, *ibid.* 251 & ſuiv.

CRISTALLISATION. Explication générale des phénomènes de la criſtalliſation, vol. VI, 129 & ſuiv. Elle peut ſe faire par l'intermède du feu auſſi-bien que par celui de l'eau, & quelquefois par le concours des deux, *ibid.*

CUIVRE (le) s'échauffe & ſe refroidit en moins de temps que le fer, & plus lentement que le plomb, vol. VI, 192.

CUVE. C'eſt ainſi qu'on appelle l'endroit de la plus grande capacité des grands fourneaux où l'on fond les mines de fer; cet endroit ſe trouve ordinairement à un quart ou à un tiers de la hauteur du fourneau priſe depuis le bas, c'eſt-à-dire, à deux tiers ou trois quarts depuis le deſſus du fourneau, vol VII, 78.

D

DÉCHET (le) du fer en gueuse est ordinairement d'un tiers, & souvent de plus d'un tiers si l'on veut obtenir du fer d'excellente qualité, & le déchet du fer fait avec des vieilles ferrailles n'est pas de moitié, c'est-à-dire, d'un sixième, vol. VII, 63.

DÉCOMPOSITION *du fer*. Deux manieres différentes dont s'opère la décomposition du fer, leur comparaison, vol. VII, 74.

DENSITÉ. Explication & développement de l'idée qu'on doit se former des causes de la densité, vol. VI, 314. Matiere dense : on peut démontrer que la matiere la plus dense contient encore plus de vide que de plein, *ibid.*

DÉVELOPPEMENT. Explication du développement & de la nutrition des animaux & des végétaux, vol. VI, 119.

DIAMANT. C'est mal-à-propos qu'on a donné le diamant pour la terre pure & élémentaire, vol. VI, 131.

DILATATION (la) par la chaleur, est générale dans tous les corps. --- La dilatation est le premier degré pour arriver à la fusion, vol VI, 50

DISSOLUTION. Toutes les explications que l'on donne de la dissolution, ne peuvent se soutenir si l'on n'admet pas deux forces opposées, l'une active & l'autre expansive, & par consé-

quent la présence des élémens de l'air & du feu, qui sont seuls doués de cette seconde force. Explication générale de la maniere dont s'opère la dissolution, vol. VI, 125.

DUCTILITÉ (la) des métaux paroît avoir autant de rapport à la densité qu'à la fusibilité, & cette qualité semble être en raison composée des deux autres, vol. VI, 315. Difficulté de prononcer affirmativement sur le plus ou moins de ductilité des substances minérales, *ibid. & suiv.*

DURÉE (la) de la chaleur n'est pas en raison plus petite, mais plutôt en raison plus grande que celle des diamètres ou des épaisseurs des corps, vol. VI 172.

E

EAU (l') a comme toutes les autres matieres du globe, un grand degré de chaleur qui lui appartient en propre, & qui est indépendante de celle du soleil, vol. VI, 41. Elle est aussi chaude à 100 & 200 brasses de profondeur dans la mer qu'elle l'est à la surface, *ibid.* Il suffit de faire chauffer de l'eau ou de la faire geler, pour que l'air qu'elle contient reprenne son élasticité & s'élève en bulles sensibles à sa surface, *ibid.* 106. L'eau, soit gelée, soit bouillie, reprend l'air qu'elle avoit perdue dès qu'elle se liquéfie ou qu'elle se refroidit, *ibid.* 109. Etant prise en masse, est incompressible, & néanmoins très élastique dès qu'elle est en petites parties, *ibid.* 110. Elle peut se changer en air lorsqu'elle est assez raréfiée pour s'élever en vapeur, *ibid.* 111. Sa

transformation en matiere ſolide par le filtre animal, *ibid.* 115. Elle s'unit de préférence avec avec l'air & enſuite avec les ſels, & c'eſt par leur moyen qu'elle entre dans la compoſition des minéraux, *ibid.* 110. La durée de la chaleur dans l'eau, eſt plus exactement proportionnelle à ſon épaiſſeur que dans les corps ſolides; raiſon de cet effet, vol. VI, 173.

ECROUISSEMENT. Conſidération de l'écrouiſſement des métaux; le fer s'écrouit comme tous les autres, vol. VI, 315.

EFFERVESCENCE. Le degré de diviſion de la matiere dans les effervescences eſt fort au-deſſus de celui de la diviſion de la matiere dans les criſtalliſations, vol. VI, 131.

EFFET *général.* Pourquoi on ne peut pas en donner la cauſe; les effets généraux de la nature doivent être pris pour les vraies cauſes, vol. VI, 10.

ELEMENS. Tous les élémens ſont convertibles; le feu, l'air, l'eau & la terre peuvent chacun devenir ſucceſſivement chaque autre; preuve de cette aſſertion, vol. VI, 22 & ſuiv. La terre, l'eau, l'air & le feu, entrent tous quatre dans tous les corps de la nature, mais en proportion très différente, vol. VI, 50. Dans l'ordre de la converſion des élémens, l'eau eſt pour l'air ce que l'air eſt pour le feu, & toutes les transformations de la nature dépendent de celles-ci. — L'eau raréfiée par la chaleur, ſe transforme en une eſpèce d'air capable d'alimenter le

feu comme l'air ordinaire, & le feu se convertit ultérieurement avec l'air en matiere fixe dans les substances terrestres qu'il pénètre par sa chaleur ou par sa lumiere, *ibid.* 113. Grandes bases sur lesquelles sont fondés les quatre élémens, la terre, l'eau, l'air & le feu, *ibid.* 131.

EMERIL (l') quoiqu'une fois moins dense que le bismuth, conserve sa chaleur une fois plus long-temps, vol. VI, 316.

ETAIN (l') exige pour se fondre plus du double de chaleur de ce qu'il en faut pour fondre le soufre, vol. VI, 194. L'étain est de tous les métaux celui qui se dilate le plus promptement, & qui se fond aussi le plus vîte, *ibid.* 315.

ETAMAGE (l') fait avec de l'or & du mercure, pourroit réfléchir plus puissamment la lumiere que l'étamage ordinaire, vol. VII, 169.

EVAPORATION. Une masse d'eau d'un pied d'épaisseur, ne s'évaporera pas aussi vîte que la même masse réduite à six pouces d'épaisseur, & augmentée du double en superficie. Ainsi pour accélérer l'évaporation, il faut diminuer autant qu'il est possible l'épaisseur du liquide, vol. VII, 172.

EXPÉRIENCES. Précision rigoureuse, presque impossible dans certaines expériences, vol. VI, 311. Expériences en grand pour reconnoître la force du fer de différentes qualités, vol, VII, 50 & suiv.

F

FER. A chaque fois que l'on chauffe le fer, il perd une partie de ſon poids, vol. VI, 166. Proportion de cette perte trouvée par les expériences, *ibid. & ſuiv.* Cette perte va en augmentant à meſure que les boulets de fer ſont plus gros ; raiſons de cet effet, *ibid.* 168. Le fer, qui de tous les métaux eſt celui qui ſe fond le plus difficilement, eſt auſſi celui qui ſe dilate le plus lentement, *ibid.* 315. Le fer entiérement & intimément rouillé n'eſt plus attirable par l'aimant, vol. VII, 10. Il perd non-ſeulement de ſa denſité à chaque fois qu'on le chauffe, mais il perd auſſi de ſa ſolidité, c'eſt-à-dire, de la cohérence de ſes parties, il devient à chaque chaude plus léger & plus caſſant, vol. VII, 47. Comment il faut traiter le fer pour lui conſerver ſa maſſe & ſa ſolidité, *ibid.* 49 Le bon fer, c'eſt-à-dire, le fer qui eſt preſque tout nerf, eſt cinq fois auſſi tenace & auſſi fort que le fer ſans nerf & à gros grains ; preuve par l'expérience, *ibid.* 54. Sa qualité ne dépend pas en entier, à beaucoup près, de celle de la mine ; la nature des mines n'y fait rien, c'eſt la maniere de les traiter qui fait tout, *ibid.* 55. Moyens d'arriver au point de donner au fer toute ſa perfection, *ibid.* Le fer chauffé trop ſouvent dégénere en mâcheſer, *ibid.* Il eſt comme le bois une matiere combuſtible à laquelle il ne faut qu'un plus grand feu pour brûler, vol. VII, 56. Comment on procure au fer de la conſiſtance & de la ténacité, *ibid.* Plus on preſſe le feu dans la fabrication du fer à l'affinerie, & plus il devient aigre

gre & mauvais, *ibid.* 58. Le fer en bandes plates eſt toujours plus nerveux que le fer en barreaux, *ibid.* 60. D'où provient le nerf du fer, & la différence de ſa force & de ſa cohérence; effets de la malléation, *ibid.* 60. Une des plus mauvaiſes pratiques dans la fabrication du fer, eſt de tremper dans l'eau, ſurtout dans l'eau froide, les barres de fer encore rouges au ſortir de deſſous le marteau; cette trempe perd le nerf & gâte le grain du meilleur fer, *ibid.* 62. Les écailles ou exfoliations qui ſe détachent de la ſurface du fer, donnent de très bons fers, *ibid.* 64. Indices par leſquels on doit juger les différentes qualités du fer, vol. VII, 67. Les fers ſans nerfs & à très gros grains, devroient être proſcrits, *ibid.* Le feu du charbon de bois, & à plus forte raiſon celui du charbon de terre, donnent de l'aigre au fer; ce que ne fait pas le feu de bois, qui pourroit l'améliorer & le rendre moins aigre, *ibid.* Le fer s'aimante par la percuſſion, & auſſi par la torſion ſans percuſſion, lorſqu'on le plie pluſieurs fois de ſuite en différens ſens, *ibid.* 72. Il ſe ſoude avec lui-même; précautions néceſſaires au ſuccès de cette opération, *ibid.* 73. Il ſe décompoſe par l'humidité comme par le feu, *ibid.* 74. Se conſerve ſans altération dans l'eau beaucoup plus long-temps qu'à l'air, *ibid.* Enumération des principaux uſages auxquels on emploie le fer, & proportion de la qualité qu'on doit donner pour chacun de ces uſages, vol. VII, 69 & ſuiv.

FERS *de charrue* (les) doivent être fabriqués avec du fer de la meilleure qualité, & ſi cela étoit, on pourroit ſe paſſer de les armer d'a-

cier, ainsi que les pioches & autres instrumens nécessaires à la culture des terres, vol. VII, 70 & suiv.

FERS *de tirerie.* Comment doivent être fabriqués les fers de tirerie pour faire le fil-de-fer, vol. VII, 60 & suiv.

FER *de vieilles ferrailles.* Maniere de travailler & de fabriquer ce fer, vol. VII, 62. C'est un fer de très bonne qualité, *ibid.*

FEU. Moyens généraux & particuliers de produire le feu, vol. VI, 13. Origine & production du feu, de la chaleur & de la lumiere, *ibid.* 15. Le feu, la chaleur & la lumiere peuvent être regardés comme trois choses différentes; examen de leurs propriétés différentes & de leurs propriétés communes, *ibid.* 24 & suiv. Il existe quelquefois sans lumiere, mais n'existe jamais sans chaleur, *ibid.* A besoin d'alimens pour subsister, & son premier aliment est l'air, *ibid.* 44. La différence la plus générale entre le feu, la chaleur & la lumiere, paroît consister dans la quantité & peut-être dans la qualité de leurs alimens — L'air est le premier aliment du feu, les matieres combustibles ne sont que le second, *ibid.* La chaleur propre du globe terrestre doit être regardée comme notre vrai feu élémentaire, *ibid.* 52. L'action du feu sur les différentes substances dépend beaucoup de la maniere dont on l'applique; le produit de son action sur une même substance, paroîtra différent selon la façon dont il est administré. — Le feu doit être considéré en trois états différens, le premier relatif à sa vîtesse, le second à son volume, & le troi-

ſième à ſa maſſe, vol. VI, 58. Trois moyens généraux d'augmenter l'action du feu. — Chacun de ces moyens donne ſouvent des produits différens, *ibid.* 59. On peut augmenter l'action du feu en accélérant ſa vîteſſe, en augmentant ſon volume, & en augmentant ſa maſſe & ſa denſité. Les inſtrumens du premier moyen ſont tous les fourneaux où l'on ſe ſert de ventilateurs, de ſoufflets, de trompes, de tuyaux d'aſpiration, &c; les inſtrumens du ſecond moyen, ſont tous les fourneaux de réverberes; & ceux du troiſième moyen, ſont les miroirs ardens; chacun de ces moyens employés ſur les mêmes matieres, donnent ſouvent des réſultats très différens, *ib.* L'adminiſtration du feu doit ſe diviſer en trois procédés généraux, le premier relatif à la vîteſſe, le ſecond au volume, & le troiſième à la maſſe de cet élément. — Les matieres qu'on ſoumet à l'action du feu, doivent être diviſées dans trois claſſes, celles qui perdent au feu de leur poids, celles qui au lieu de perdre du poids en acquièrent, & celles qui ne perdent ni n'acquièrent rien, *ibid.* 61 & ſuiv. Le feu eſt réellement peſant comme toute autre matiere, *ibid.* 64 & ſuiv. Matieres avec leſquelles le feu a le plus d'affinité, *ibid.* Le feu ſe trouve comme l'air ſous une forme fixe & concrète dans preſque tous les corps, *ibid.* Matieres indifférentes à l'action du feu, *ibid.* 65. C'eſt par la lumiere que le feu ſe communique, & la chaleur ſeule ne peut produire le même effet que quand elle devient aſſez forte pour être lumineuſe, vol. VI, 77.

FLAMME (la) n'eſt pas la partie du feu où l'intenſité de la chaleur eſt la plus grande, vol.

VI, 73. Sa principale propriété eſt de communiquer le feu. *Ibid.* Il y a de la flamme dans toute incandeſcence. *Ibid.* 75. Celle-ci n'obéit point à l'impulſion de l'air. *Ibid.*

FLUIDE. Le mercure ſeroit le plus fluide des corps ſi l'air ne l'étoit encore plus, vol. VI, 45. Tous les fluides, avec la même chaleur, quelque denſes qu'ils ſoient, s'échauffent & ſe refroidiſſent plus promptement qu'aucun ſolide quelque léger qu'il ſoit. *Ibid.* 186.

FLUIDITÉ. Toute fluidité a la chaleur pour cauſe, vol. VI, 45. La plus ou moins grande fluidité n'indique pas que les parties du fluide ſoient plus ou moins peſantes, mais ſeulement que leur adhérence eſt d'autant moindre, leur union d'autant moins intime & leur ſéparation d'autant plus aiſée. *Ibid.* 46. Moyen facile d'eſtimer le degré de fluidité ou de fuſibilité de chaque matiere différente, vol. VI, 189.

FONTE *de fer.* Moyens de corriger à l'affinerie la mauvaiſe qualité de la fonte de fer, vol. VII, 59. La bonne fonte de fer eſt la baſe de tout bon fer. *Ibid.* 61. Etant chauffée à un très grand feu pendant long-temps, acquiert plus de dureté & de ténacité. *Ibid.* 106. Elle acquiert auſſi plus de peſanteur ſpécifique. *Ibid.*

FORCE (la) qui produit la peſanteur & celle qui produit la chaleur, ſont les deux ſeules forces de la nature, vol. VI, 5 & *ſuiv.* Force attractive & force expanſive; leur différence & la combinaiſon de leurs effets, vol. VI, 9 & *ſuiv.* Ré-

duction des forces de la nature & de la puissance de l'expansion à celle de l'attraction. *Ibid.* 11. Force expansive, n'est point une force particuliere opposée à la force attractive, mais un effet qui en dérive, & qui se manifeste toutes les fois que les corps se choquent ou se frottent les uns contre les autres. *Ibid.* Force expansive, n'est que la réaction de la force attractive. *Ibid.* 13. La force attractive & la force expansive sont pour la nature deux instrumens de même espèce, ou plutôt ce n'est que le même instrument qu'elle manie dans deux sens opposés. *Ibid.* 20

FOURNEAUX. Le feu des fourneaux de verrerie, n'est qu'un feu foible en comparaison de celui des fourneaux à soufflets, vol. VI, 73. Description du fourneau pour courber des glaces, avec l'explication des figures, vol. VII, 222 & *suiv.*

FOYERS. Dans les miroirs ardens, les grands foyers sont toujours beaucoup plus d'effet que les petits à égale intensité de lumiere, vol. VII, 121. Evaluation & comparaison de leurs effets. *Ibid.* 159 & *suiv.*

FUSIBILITÉ. Explication des causes de la fusibilité, vol. VI, 314.

FUSION (la) est en général une opération prompte qui a plus de rapport avec la vîtesse du feu que la calcination qui est presque toujours lente, vol. VII, 88.

G

GLACE. Phénomènes remarquables dans la congélation, vol. VI, 114.

GLACES *ou* MIROIRS (les) de verre bien polis ou bien étamés, réfléchissent plus puissamment la lumiere que les miroirs de métal poli, vol. VII, 112.

GLACES *ou miroirs plans.* Maniere aisée de reconnoître si la surface de ces miroirs est parfaitement plane, vol. VII, 125.

GLOBE *terrestre.* L'intérieur du globe de la terre n'est qu'une matiere de verre ou concret ou discret, vol. VI, 42.

GRÈS (le) chauffé au plus grand feu ne perd que très peu de son poids, vol. VI, 184.

GUEULARD. C'est ainsi qu'on appelle l'ouverture du haut des grands fourneaux où l'on fond les mines de fer, vol. VII, 81.

GYPS & PLATRES (les) se calcinent à un moindre degré de chaleur que les pierres calcaires, vol. VI, 322. Ils ne suivent pas, comme les autres matieres calcaires ou vitrescibles, l'ordre de la densité, pour le progrès de la chaleur, mais celui de la facilité à la calcination, ce qui revient à l'ordre de la fusibilité, *ibid.*

I

IMPÉNÉTRABILITÉ (l') ne doit pas être regardée comme une force, mais comme une résistance essentielle à la matiere, vol. VI, 11 *& suiv.*

IMPULSION. La force d'impulsion est subordonnée à la force d'attraction, & en dépend comme un effet particulier dépend d'un effet général; preuve de cette assertion, vol. VI, 6 *& suiv.*

INCANDESCENCE. Toutes les matieres, lorsqu'elles sont dans un état d'incandescence, c'est-à-dire, lorsqu'elles sont blanches ou rouges de feu, sont alors environnées d'une flamme dense, qui ne s'étend qu'à une très petite distance, & qui, pour ainsi dire, est attachée à leur surface, vol. VI, 75. Cette couleur blanche ou rouge qui sort de tous les corps en incandescence & vient frapper nos yeux, est l'évaporation de cette flamme dense qui environne le corps en se renouvelant incessamment à sa surface, *ibid.* Incandescence produite par la chaleur obscure, vol. VII, 95.

INFLEXION (l') de la lumiere n'est qu'une réfraction qui s'opère dans le même milieu; elle est produite par l'attraction des corps, auprès desquels passe la lumiere, vol. VI, 240.

INTENSITÉ *de lumiere.* Cette intensité de la lumiere de chaque objet, est un élément que les Auteurs qui ont écrit sur l'Optique, n'ont point employé, & qui néanmoins fait plus que l'augmentation de l'angle sous lequel un objet doit nous paroître, en vertu de la courbure des verres, vol. VII, 152.

L

LENTILLES *de verre ſolide*, vol. VII, 214. Grandeur & proportion qu'on doit donner aux lentilles pour qu'elles puiſſent brûler le plus avantageuſement, vol. VII, 217 *& ſuiv.* Inconvéniens qui réſultent de l'épaiſſeur des lentilles ordinaires. La partie du milieu de la lentille ne fait preſque aucun effet, *ibid.* 218.

LENTILLES *à échelons*, eſt le miroir par réfraction le plus parfait qu'on puiſſe faire. Son invention & ſa deſcription avec le calcul de ſes effets, vol. VII, 220 *& ſuiv.* Comparaiſon des effets de cette lentille à échelons, avec l'effet des lentilles ordinaires, *ibid.* 221. Sa conſtruction & ſa deſcription, *ibid.* 236.

LIGNE brûlante à l'infini ou à l'indéfini, n'eſt pas une rêverie comme l'a dit Deſcartes, vol. VII, 144 *& ſuiv.*

LIMAILLE (la) de fer mêlée avec de l'eau, devient une maſſe ſolide difficile à caſſer, vol. VII, 76.

LUMIERE. Toute matiere peut devenir lumiere, chaleur & feu, vol. VI, 15. Preuve de cette aſſertion, *ibid. & ſuiv.* Elle conſerve toutes les qualités eſſentielles, & même la plupart des attributs de la matiere commune, *ibid.* Quoique compoſée de parties preſque infiniment petites, eſt encore réellement diviſible. 16. Eſt peſante comme toute autre matiere. — Sa ſubſtance n'eſt pas ſimple. — Elle eſt compoſée de parties de différentes

différentes pesanteurs, *ibid.* Elle est massive & agit dans quelques cas, comme agissent tous les autres corps, elle les pousse & déplace au foyer du miroir ardent. *Ibid.* 17 & *suiv.* La lumiere est mixte, & composée comme la matiere commune de parties plus grosses & plus petites, & différemment figurées. *Ibid.* 19. Les atomes qui composent la lumiere ont plusieurs faces & plusieurs angles. *Ibid.* La lumiere peut se convertir en toute autre matiere. *Ibid.* 22. La lumiere paroît exister souvent sans chaleur, *ibid.* 24. Expériences à faire, pour reconnoître si les rayons rouges ne sont pas plus chauds que les autres rayons, & en général pour reconnoître la proportion de chaleur des différens rayons qui composent la lumiere, vol. VI, 35. *Note.* La lumiere s'incorpore, s'amortit & s'éteint dans tous les corps qui ne la réfléchissent pas, ou qui ne la laissent pas passer librement, *ibid.* Elle paroît n'avoir pas besoin d'alimens, tandis que le feu ne peut subsister qu'en absorbant de l'air, *ibid.* 44. C'est par la lumiere que le feu se communique, *ibid.* 77. Expérience qui paroît démontrer que la lumiere a plus d'affinité avec les substances combustibles, qu'avec toutes les autres matieres, *ibid.* 103. *Note.* La lumiere ne perd qu'environ moitié de sa chaleur par une glace bien étamée & bien polie, vol. VII, 112. Elle ne perd presque rien de sa force par l'épaisseur de l'air qu'elle traverse, *ibid.* 113. Expérience de la perte de la lumiere d'une bougie, comparée à la perte de la lumiere du soleil, *ibid.* Diminution de la lumiere en traversant différentes épaisseurs du même verre, & les mêmes épaisseurs de différens verres; expériences à ce sujet, *ibid.* 184.

LUNE. Il se peut que la lune, quoique fort lumineuse, nous envoie plutôt du froid que de la chaleur, vol. VII, 205.

LUNETTES. Pour observer avec le plus grand avantage possible, il faudroit pour chaque planète une lunette différente, & proportionnée à leur intensité de lumiere, vol. VII, 150 *& suiv.* Les lunettes avec de très grands objectifs seroient fort avantageuses pour observer les planètes & autres astres qui n'ont que peu de lumiere, *ibid.* 189. Construction & avantages des lunettes solaires, *ib.*

LUNETTES *achromatiques*, dans lesquelles on compense la différente réfrangibilité des rayons de la lumiere par des verres de différentes densités. Moyens de les perfectionner, vol. VII, 143 *& s.*

LUNETTES *de jour*, sans aucun verre, vol. VII, 198.

LUNETTES *massives.* — Lunettes à l'eau, &c. Vol. VII, 182 *& suiv.*

LUNETTES *de nuit.* Vol. VII, 191 *& suiv.*

LUNETTES pour chaque planète, *ibid.*

LUNETTES pour le soleil, *ibid.*

M

MÂCHEFER. Lorsqu'on broye le mâchefer, il fournit une certaine quantité de fer ou de sablon ferrugineux, tout semblable à celui de la platine, vol. VII, 13. Le charbon & le bois brûlé en grande quantité produisent du mâchefer; preuve

de cette aſſertion, *ibid.* 56. Celui qu'on trouve dans les forêts; ſon origine, *ibid.*

MAGNÉTISME *du fer* (le) ſuppoſe l'action précédente du feu, vol. VII, 75.

MATIERE *brute* & matiere vive, leur différence, vol. VI, 8. Toutes les parties conſtitutives de la matiere ſont à reſſort parfait, *ibid.* 11. Comment toute matiere peut devenir lumiere, chaleur & feu; explication de cette grande opération de la nature, *ibid.* 22 *& ſuiv.*

MATIERES *calcaires* (les) ſuivent dans leur refroidiſſement l'ordre de la denſité, raiſon de cet effet, vol. VI, 323. Elles peuvent ſe réduire en verre au foyer d'un bon miroir ardent. — Le terme de leur fuſibilité eſt encore plus éloigné que celui des matieres vitreſcibles, *ibid. & ſuiv.*

MATIERES *vitrifiables* (les) forment le noyau des plus hautes montagnes, vol. VI, 135.

MERCURE. On pourroit geler & figer le mercure à un bien moindre degré de froid, ſi on le ſublimoit en vapeurs dans un air très froid, vol. VI, 115, & vol. VII, 177. Dans le mercure, qui eſt onze mille fois plus denſe que l'air, il ne faut, pour refroidir les corps qu'on y plonge, qu'environ neuf fois autant de temps de ce qu'il en faut pour produire le même effet dans l'air, vol. VI, 175.

MÉTAUX. Explication ſimple de leur réduction ou revivification, vol. VI, 82. L'ordre des ſix métaux, ſuivant leur denſité eſt, étain, fer, cui-

vre, argent, plomb, or; & l'ordre dans lequel ces métaux reçoivent & perdent la chaleur eſt, étain, plomb, argent, or, cuivre, fer. — Ce n'eſt point dans l'ordre de leur denſité, mais dans celui de leur fuſibilité que les métaux reçoivent & perdent la chaleur, *ibid.* 312 *& ſuiv.*

MÉTAUX, *demi-métaux* ou ſubſtances métalliques; l'ordre de leur denſité eſt, émeril, zinc, antimoine, biſmuth; & celui dans lequel ils perdent & reçoivent la chaleur eſt, antimoine, biſmuth, zinc, émeril, ce qui ne ſuit pas l'ordre de leur denſité, mais plutôt celui de leur fuſibilité, vol. VI, 316.

MINÉRAUX. L'air & le feu entrent dans la compoſition des minéraux; preuve de cette aſſertion, vol. VI, 121 *& ſuiv.* Point de vue auquel on doit s'élever pour ſe former une idée juſte de la formation des minéraux, *ibid.* 133 *& ſuiv.* Etabliſſement d'une théorie générale ſur la formation des minéraux, *ibid.* 135 *& ſuiv.*

MINES *de fer.* Expériences ſur la mine de fer, faites au plus grand feu de réverbere, vol. VI, 72 *& ſuiv.* Il y a des mines de fer formées par le feu, les autres par l'eau, *ibid.* 137. Celles qui ſont en grain ne ſont point attirables par l'aimant. — Celles qui ſont en roches ou en grandes maſſes ſolides, ſont preſque toutes magnétiques; raiſon de cette différence, vol. VII, 11 *& ſuiv.* Les mines de fer des pays du nord ſont aſſez magnétiques pour qu'on les cherche à la bouſſole, *ibid.* 12. Compoſition originaire des mines de fer en grain, *ibid.* 75.

MIROIR *ardent pour brûler au loin.* Sa description & sa construction, vol. VII, 124 & *suiv.* On a enflammé du bois jusqu'à deux cents pieds de distance, & il seroit très possible de porter le feu du soleil encore plus loin avec ce miroir, *ibid.* 128. On a fondu tous les métaux & minéraux métalliques à vingt-cinq, trente & quarante pieds de distance, *ibid.* Estimation de sa puissance & limites de ses effets, *ibid.* 133 & *suiv.* En quoi consiste essentiellement la théorie de ce miroir, *ibid.* 153 & *suiv.* Moyens & précautions pour rendre ce miroir encore plus parfait & en augmenter considérablement les effets, *ibid.* 168. Proportion de la grandeur des miroirs, suivant les différentes distances auxquelles on veut brûler, *ibid.*

MIROIR *du port d'Alexandrie*, dont les anciens ont fait mention & par le moyen duquel on voyoit de très loin les vaisseaux en mer, n'est point du tout impossible, vol. VII, 194 & *suiv.*

MIROIR *courbé* par la pression de l'atmosphere. Sa construction & sa description, vol. VII, 231.

MIROIRS *ardens.* Le feu produit par de bons miroirs ardens, est le plus violent de tous les feux, vol. VI, 73. Pourquoi des miroirs plans plus grands ou plus petits, forment, à une certaine distance, des images également grandes, & qui ne diffèrent que par l'intensité de la lumiere, vol. VII, 116.

MIROIRS *ardens*, soit par réflexion, soit par réfraction, font un effet toujours égal à quelque

distance du soleil qu'on puisse supposer. Par exemple, un miroir qui peut brûler du bois à cent cinquante pieds de distance sur le globe de la terre, brûleroit de même à cent cinquante pieds, & avec autant de force, du bois sur la planète de Saturne, vol. VII, 151.

MIROIRS *d'Archimède* (les) peuvent servir très utilement pour l'évaporation des eaux salées, vol. VII, 171. Attentions nécessaires pour procurer cet effet avec le plus grand avantage, *ibid.* 172. Ils peuvent servir utilement pour calciner les plâtres, les matieres gypseuses, &c. *ibid.* 173. On peut, par leur moyen, recueillir les parties volatiles de l'or & de l'argent, & des autres métaux & minéraux, *ibid.* 175. Ce moyen paroît être le seul que nous ayons pour volatiliser les métaux fixes, tels que l'or & l'argent, *ibid.* 176. Représentation & description de ce miroir, *ibid.* 226 *& suiv.*

MIROIRS *concaves*, faits par des glaces courbées, vol. VII, 204. Leur usage, *ibid.* 206. Maniere de produire une chaleur immense à leur foyer en les réunissant, *ibid.* 207.

MIROIRS *courbés* (les) de quelque espèce qu'ils soient, ne peuvent être employés avec avantage pour brûler de loin, vol. VII, 116. Le miroir le plus parfait n'aura jamais l'avantage que de dix-sept à dix sur un assemblage de miroirs plans, dès qu'il faudra brûler à une distance où le disque du soleil sera égal à la grandeur du miroir plan, *ibid.* 153.

MIROIRS *courbés* par le moyen d'une vis au centre, vol. VII, 199. Construction & description de ces miroirs, *ibid.* 230.

MIROIRS *courbés* par le moyen d'une pompe; vol. VII, 200. Et miroir très singulier que le soleil rend courbe & brûlant au moment qu'il y est exposé, *ibid.* 201. Leur construction & leur description, *ibid.* 232 & *s.*

MIROIRS *d'une seule pièce*, à foyer mobile pour brûler à de médiocres distances; construction & usage de cette espèce de miroirs, vol. VII, 199 & *suiv.* Ils peuvent servir à mesurer plus exactement que par aucun autre moyen, la différence des effets de la chaleur du soleil reçue dans des foyers plus ou moins grands, *ibid.* 201. Autres miroirs d'une seule pièce pour brûler très vivement à des distances médiocres & à de petites distances, *ibid.* 202. Construction d'un fourneau pour courber des glaces, *ibid.* 203.

MIROIRS *à l'eau* ou *Lentilles.* Maniere de les construire, vol. VII, 162. Précautions nécessaires pour les faire réussir, vol. VII, 207. Difficulté de les traiter, *ibid.* 208. Inconvénient qui résulte de la différente réfrangibilité du verre & de l'eau, *ibid.* 275. Etant composés d'un grand nombre de glaces planes, seroient presque autant d'effet que les glaces courbées, & seroient d'une exécution plus facile, & d'une moindre dépense, *ibid.* 212. Leur construction & description, *ib.* 232.

MOUVEMENT (le) appartient dans tous les cas encore plus à l'attraction qu'à l'impulsion vol. VI, 10.

N

NATURE (la) peut produire, par le moyen de l'eau, tout ce que nos Arts produisent par le moyen du feu, vol. VI, 127. Elle ne se dépouille jamais de ses propriétés en faveur d'une autre d'une maniere absolue, c'est-à-dire, de façon que la premiere n'influe en rien sur la seconde, *ibid.* 313.

NEWTON. Correction à faire d'un passage de Newton, au sujet du progrès de la chaleur, vol. VI, 169 *& suiv.*

NITRE (le) doit son origine aux matieres animales ou végétales, vol. VI, 56. Contient une prodigieuse quantité d'air & de feu fixes. — Explication de sa combustion, *ibid. & suiv.*

O

OBJETS. Moyens d'appercevoir sans lunettes les objets de très loin, vol. VII, 195.

OMBRES. Découverte des ombres colorées, vol. VII, 237 *& suiv.* Ombres colorées au lever & au coucher du soleil. — Les ombres, au lieu d'être noires, sont alors d'un bleu plus ou moins vif, & quelquefois verdâtres. — Ombres colorées à midi & à d'autres heures du jour, à de certaines inclinaisons de la lumiere, *ibid.* 253 *& suiv.* Explication de ce phénomène, *ibid.* 255.

OR (l') qui est deux fois & demi plus dense

que le fer, perd néanmoins ſa chaleur un demi-tiers plus vîte, vol. VI, 313. Etant fondu avec un quart de fer, prend la couleur griſe de la platine, vol. VII, 14. Cet or mêlé de fer, eſt plus dur, plus aigre, & ſpécifiquement moins peſant que l'or pur, *ibid.* Les paillettes d'or que les Arpailleurs ramaſſent dans les ſables, ne ſont pas de l'or pur, il s'en faut ſouvent plus de deux ou trois karats ſur vingt-quatre, *ibid.* 16. Un morceau d'or peſant ſoixante grains, avec lequel on avoit mêlé, par la fonte, ſix grains de fer, c'eſt-à-dire, un onzième étoit attirable à l'aimant, *ibid.* 18.

P

PERPENDICULARITÉ (la) de la tige des arbres & des plantes, a pour cauſe principale les émanations conſtantes de la chaleur propre du globe de la terre, vol. VI, 41.

PHLOGISTIQUE (le) des Chimiſtes n'eſt qu'un être de méthode & non pas de la nature, vol. VI, 51. Ce n'eſt point un principe ſimple, mais un compoſé d'air & de feu fixes dans les corps; preuve de cette aſſertion, *ibid. & ſuiv.*

PHOSPHORE *artificiel*, ſa combuſtibilité plus grande que celle d'aucune autre matiere. — Il s'enflamme de lui-même ſans communication d'aucune matiere ignée, ſans frottement, ſans autre addition que celle du contact de l'air. — Le feu eſt contenu dans le phoſphore dans un état moyen entre la fixité & la volatilité. — Il con-

tient en effet cet élément sous une forme obscure & condensée, vol. VI, 57.

PIERRES *calcaires* (les) perdent au feu près de la moitié de leur poids par la calcination, vol. VI, 117. Elles ne sont en très grande partie que de l'eau & de l'air contenus dans l'eau, transformés par le filtre animal en matiere solide, *ibid.* Les pierres augmentent de pesanteur par la longue application de la chaleur, vol. VII, 98 *& suiv.* La dureté que les pierres calcaires peuvent acquérir par la longue application de la chaleur, n'est pas durable; elles perdent cette dureté acquise au bout de quelque temps, *ibid.* 103. Elles perdent de même leur pesanteur acquise, *ibid.* 104.

PLATINE. Minéral nouveau, sa description; vol. VII, 6. Elle exige plus de chaleur pour se fondre que la mine ou la limaille de fer, *ibid.* N'ayant ni fusibilité, ni ductilité, elle ne doit pas être mise au nombre des métaux, dont les propriétés essentielles sont la fusibilité & la ductilité, *ibid.* 7. La platine est un mêlange ou un alliage de fer & d'or formé par la nature, *ibid.* Il y a beaucoup de fer dans ce minéral, & ce fer n'y est pas simplement mêlé, mais incorporé de la maniere la plus intime, *ibid.* On peut en enlever six septièmes du total par l'aimant, *ibid.* Sa composition & son mêlange, vol. VII, 8 *& suiv.* Le fer qui est uni à la platine & même celui qui n'y est que mêlangé, est dans un état différent de celui du fer ordinaire, *ibid.* 9. Ce minéral est très aigre, ce qui auroit dû faire soupçonner que ce n'est point un métal, mais un alliage, *ibid.* 14

& *suiv.* La pesanteur spécifique de la platine n'est pas à beaucoup près aussi grande que celle de l'or. — Diverses expériences à ce sujet, desquelles il résulte que la pesanteur spécifique de la platine est d'un douzième moindre que celle de l'or, *ibid.* & *suiv.* Expériences de M. le comte de Milly sur la platine, *ibid.* 19 & *suiv.* Il y a des espèces de platine qui sont mêlangées de parties cristallines comme de petits rubis, de petites topases, &c. & il y a d'autres espèces de platine qui ne contiennent rien de semblable, *ibid.* 29 Elle contient des grains hémisphériques qui paroissent indiquer qu'elle est le produit du feu, *ibid.* La mine de platine, même la plus pure, qui ne contient point de parties cristallines, est souvent mêlangée de quelques paillettes d'or, *ibid.* 30. L'or & le fer dont est composée la platine y sont unis d'une maniere plus étroite & plus intime que dans l'alliage ordinaire de ces deux métaux, & le fer qui est incorporé à la platine, est du fer dans un état différent de l'état du fer ordinaire, *ibid.* 32. Expériences de M. de Morveau sur ce minéral, *ibid.* 34 & *suiv.* On peut espérer de fondre la platine sans addition dans nos meilleurs fourneaux en lui appliquant le feu plusieurs fois de suite, parce que les meilleurs creusets ne pourroient résister à l'action d'un feu aussi violent pendant tout le temps qu'exigeroit l'opération complète, vol. VII, 44. En la fondant sans addition elle paroît se purger elle-même des matieres vitrescibles qu'elle renferme, car il s'élance à sa surface des jets de verre assez considérables, *ibid.* On peut faire le bleu de Prusse avec la platine, ce qui prouve qu'elle est intimément mêlée de fer, & que le plus grand feu ni la coupellation ne

peuvent détruire ce fer dont elle eſt intimément pénétré ; car après la fuſion on retrouve en rebroyant le bouton, qu'elle contient encore des parties ferrugineuſes & magnétiques, *ibid.* 45. La platine fondue ſans addition reprend, lorſqu'on la broie, preciſément la même forme des galets arrondis & aplatis qu'elle avoit avant la fuſion, *ibid.*

PLOMB (le) s'échauffe plus vite & ſe refroidit en moins de temps que le fer, vol. VI, 192.

POUMONS (les) ſont les ſoufflets de la machine animale, ils entretiennent & augmentent le feu qui nous anime, ſelon qu'ils ſont plus ou moins puiſſans, & que leur mouvement eſt plus ou moins prompt, vol. VI, 196.

PUISSANCES (les) de la nature réduites aux deux forces attractive & expanſive, vol. VI, 6.

PYRITES *martiales*, leur origine & pourquoi on les trouve en ſi grande quantité à la ſurface de la terre, vol. VII, 76.

Q

QUALITÉ *phyſique*, c'eſt-à-dire, qualité réelle dans la nature, ne peut avoir qu'une meſure, & par conſéquent ne peut être repréſentée que par un terme, vol. VI, 146. Démonſtration de cette vérité, *ibid. & ſuiv.*

R

RÉDUCTION *des métaux* (la) n'eſt pas plus difficile à entendre que la précipitation, vol. VI, 82. Elle n'eſt dans le réel qu'une ſeconde combuſtion par laquelle on dégage les parties d'air & de feu fixes que la calcination avoit forcé d'entrer dans le métal & de s'unir à ſa ſubſtance fixe à laquelle on rend en même temps les parties volatiles & combuſtibles que la premiere action du feu lui avoit enlevées, *ibid.* 106.

RÉFLEXION *de la lumiere.* Il n'eſt pas certain, comme l'a dit Newton, que les rayons les plus réfrangibles ſoient en même temps les plus réflexibles. Diſcuſſion à ce ſujet. *Note*, vol. VII, 243 *& ſuiv.*

REFROIDISSEMENT. Le temps du refroidiſſement des corps eſt en raiſon de leur diamètre, vol. VI, 32. Deux points à ſaiſir dans le refroidiſſement des corps; le premier, lorſqu'on commence à pouvoir les toucher ſans ſe brûler; & le ſecond, lorſqu'ils ſont refroidis à la température actuelle, *ibid.* 161. Le refroidiſſement du globe de la terre, depuis l'état d'incandeſcence juſqu'au point de pouvoir le toucher ſans ſe brûler, ne s'eſt fait qu'en quarante-deux mille neuf cents ſoixante-quatre ans, & ſon refroidiſſement juſqu'à la température actuelle, ne s'eſt fait qu'en quatre-vingt ſeize mille ſix cents ſoixante-dix ans, en ſuppoſant le globe principalement compoſé de fer & de matieres ferrugineuſes, vol. VI, 174. La principale cauſe du refroidiſſement n'eſt pas

le contact du milieu ambiant, mais la force expansive qui anime les parties de la chaleur & du feu, *ibid.* 175. Comparaison du temps du refroidissement des globes de glaise & de grès avec celui du refroidissement des globes de fer, *ibid.* 182 & *suiv.* Comparaison du temps du refroidissement du marbre, de la pierre, du plomb & de l'étain avec celui du refroidissement du fer, *ibid.* 185. Rapports du refroidissement des différentes substances minérales constaté par un grand nombre d'expériences, *ibid.* 194 & *suiv.*

RÉPULSION, Changement d'attraction en répulsion, comment il s'opere, vol. VI, 12.

RESSORT (le) est le seul moyen par lequel la force d'impulsion & le mouvement puissent se communiquer, vol. VI, 6. Le ressort dépend de la force d'attraction; preuves de cette assertion, *ibid.* & *suiv.*

RUSTINE. C'est ainsi qu'on appelle le côté du creuset qui est exposé à l'ouverture par où l'on coule la fonte dans les fourneaux de forges, vol. VII, 82.

S

SABLON *ferrugineux* (le) qui se trouve dans la platine, est indissoluble, presque insusible & inaccessible à la rouille, vol. VII, 11. Ce sablon est néanmoins du vrai fer, du fer pur, du fer dépouillé de toutes les parties combustibles, salines & terreuses qui se trouvent dans le fer ordinaire, & même dans l'acier, *ibid.* Il nappar-

tient pas exclusivement à la platine, il se trouve en beaucoup d'endroits, & provient du mâchefer, *ibid. & suiv.*

SAVEUR (la) piquante des acides provient de l'élément du feu, vol. VI, 124.

SELS. Leur différence avec le soufre, & leur composition, vol. VI, 54 *& suiv.* Ils doivent être regardés comme les substances moyennes entre la terre & l'eau, *ibid.* 122. L'air entre comme principe dans la composition de tous les sels, *ibid.*

SENS. Nos sens sont meilleurs juges que les instrumens de tout ce qui est absolument égal ou parfaitement semblable, vol. VI, 161.

SENSATIONS. Une sensation vive est toujours plus précise qu'une sensation tempérée, attendu que la premiere nous affecte d'une maniere plus forte, vol. VI, 161.

SOLEIL. La lumiere du soleil est l'évaporation de la flamme dense qui environne ce vaste corps en incandesce, vol. VI, 75. Cette lumiere du soleil produit, lorsqu'on la condense, les mêmes effets que la flamme la plus vive, elle communique le feu avec autant de promptitude & d'énergie, elle résiste à l'impulsion de l'air, suit toujours une route directe; on doit la regarder comme une vraie flamme, plus pure & plus dense que toutes les flammes de nos matieres combustibles, *ibid & suiv.* La plupart des taches que les Astronomes ont observées sur le disque du soleil, leur ont paru fixes; mais il se pourroit

aussi qu'il y eût des taches flottantes à la surface de cet astre, vol. VII, 191.

SOLIDITÉ. Différentes acceptions du mot *solidité*, vol. VI, 188. Solidité considérée comme opposée à la fluidité, *ibid.* 189.

SOUFRE. Sa composition & sa production, vol. VI, 54. Le soufre est de la même nature que les autres matieres combustibles, & tire de même son origine du détriment des animaux & des végétaux, *ibid.* 55. Il altere, dissout, & même décompose le fer & le dénature, car si l'on présente une verge de fer bien rouge à une bille de soufre, le fer qui coule dans l'instant en grenaille n'est plus du fer, ni même de la fonte, mais une espèce de pyrite martiale qui n'est bonne à rien, vol. VII, 77. Le soufre entre en fusion par une chaleur d'environ 90 degrès (division de Reaumur), *ibid.* 99.

T

TÔLE (la) doit être faite avec le meilleur fer. — Défauts dans la fabrication ordinaire de la tôle, & maniere de la fabriquer pour la rendre plus parfaite & plus durable, vol. VII, 68 *& suiv.*

TERRE. L'élément de la terre peut se convertir dans les autres élémens, vol. VI, 131. Elément de la terre, ce sont les matieres vitrifiables dont la masse est mille & cent mille fois plus considérable que celle de toutes les autres substances terrestres, qu'on doit regarder comme le vrai fonds de cet élément, *ibid.* 132.

TERRE *vitrescible* (la) est la vraie terre élémentaire qui sert de base à toutes les autres substances, & en constitue les parties fixes, vol. VI, 119.

THERMOMÈTRE *réel*, c'est-à-dire, thermomètre dont les degrés pourroient marquer les augmentations réelles de la chaleur, ne peut être construit que par le moyen des miroirs d'Archimède, vol VII, 131. Explication détaillée de la construction de ce thermométre, *ibid.* 172 *& suiv.*

TRANSPARENCE. Cause de la transparence; le poliment dans les corps opaques peut être regardé comme le premier degré de la transparence, vol. VII, 243 *& suiv.*

TUYERE. Pièce de cuivre ou de fer qui sert à diriger le vent dans l'intérieur des fourneaux de forges, vol. VII, 81.

TYMPE. C'est ainsi qu'on appelle une pièce de fer ou de pierre qu'on pose sur le creuset du côté de l'ouverture par où l'on coule la matiere dans les grands fourneaux à fondre la mine de fer, vol. VII, 80.

V

VAISSEAUX. Moyen fort aisé par lequel on pourroit voir à l'œil simple, sans lunettes, les vaisseaux sur la mer d'aussi loin que la courbure de la terre le permet, c'est à-dire, à sept ou huit lieues, vol. VII, 122. Ce moyen consiste à supprimer l'effet de la lumiere intermédiaire, *ibid.*

VÉGÉTAL (le) convertit réellement en sa substance une grande quantité d'air, & une quantité encore plus grande d'eau; la terre fixe qu'il s'approprie & qui sert de base à ces deux élémens, est en si petite quantité, qu'elle ne fait pas la centième partie de sa masse, vol. VI, 120. Le filtre végétal ne peut produire qu'une petite quantité de pierres, tandis que le filtre animal en produit une immense quantité, *ibid.*

VÉGÉTAUX (les) ont un degré de chaleur propre, expérience qui le prouve, vol. VI, 91 *& suiv.*

VERRE (le) est le terme ultérieur auquel on peut réduire, par le feu, toutes les substances terrestres. — Il est la base de ces mêmes substances, vol. VI, 119. Il est de la substance la plus ancienne de la Terre, *ibid.* 132. Le verre fait ressort, & peut plier jusqu'à un certain point sans rompre. Une glace de deux ou trois lignes d'épaisseur peut plier d'environ un pouce par pied, vol. VII, 200.

VERRE d'une très grande transparence, vol. VII, 213 *& suiv.* Comparaison de la transparence de ce verre avec la transparence des glaces de Saint Gobin, *ibid.* 214. Composition de ce verre, *ibid.* Difficulté de fondre le verre en grande masse épaisse, *ibid.* 116 *& suiv.*

VERGE *de fer crénelée.* Sa fabrication & son usage, vol. VII, 60.

VÎTESSE *de la lumiere* (la) est la plus grande qui

nous soit connue, car la lumiere fait 20 mille lieues en une seconde, vol. VI, 22 *& suiv.*

VITESSE *des planètes & des comètes* (la) est aussi très grande, vol. VI, 22.

VITRESCIBLE. Matieres vitrescibles suivent dans leur refroidissement l'ordre de la densité, vol. VI, 320.

VITRIFIABLE. Matieres vitrifiables; origine & gradation du grissement & de la formation des matieres vitrifiables, vol. VI, 134.

Fin de la Table des Matieres.

TABLE

De ce qui eſt contenu dans ce Volume.

TROISEME MÉMOIRE. Obſervations ſur la nature de la platine. page 5
QUATRIEME MÉMOIRE. Expériences ſur la ténacité & ſur la décompoſition du fer. 47
CINQUIEME MÉMOIRE. Expériences ſur les effets de la chaleur obſcure. 78
SIXIEME MÉMOIRE. Expériences ſur la lumiere & ſur la chaleur qu'elle peut produire 110
ARTICLE Ier. Inventions des miroirs pour brûler à de grandes diſtances. ibid.
ARTICLE II. Réflexions ſur le jugement de Deſcartes au ſujet des miroirs d'Archimède, &c. 139
ARTICLE III. Invention d'autres miroirs pour brûler à de moindres diſtances. 199
EXPLICATION des figures qui repréſentent le fourneau, &c. 223
SEPTIEME MÉMOIRE. Obſervations ſur les couleurs accidentelles & ſur les ombres colorées 237
Table des matieres, page i & ſuiv.

3949