

S U R L' A R T
DE FABRIQUER DU FLINT-GLASS
BON POUR L'OPTIQUE;

Par M. D'ARTIGUES.

DISSERTATION SUR CET ART.

DEPUIS long-tems tous les regards étaient tournés vers la fabrication du flint-glass pour la confection de lunettes achromatiques. Tout le monde s'en occupait, et très-peu de personnes savaient au juste ce dont il s'agissait. Parmi les gens les plus instruits, je dirai même les plus savans, il n'y en avait presque aucun qui appréciait l'immense différence qui existe entre la fabrication d'un verre bon à faire une lunette de spectacle, et les difficultés qu'on rencontre pour obtenir le morceau de flint-glass qui sera propre à fournir une excellente lunette astronomique dans les grandes dimensions.

C'est ce qui a tant de fois donné des facilités aux charlatans pour abuser de la confiance des savans à qui ils présentaient de petits morceaux de flint-glass, et finissaient toujours par demander des *encouragemens* pour en faire davantage. Quoiqu'on y eût été trompé plusieurs fois, et que ceux dont les promesses avaient été le plus pompeuses, eussent été les moins empressés à les remplir quand une fois ils avaient obtenu l'argent qu'ils demandaient, cependant le besoin de trouver en France une matière qu'on ne pouvait plus faire venir d'Angleterre, augmentait tous les jours le désir des savans et de tous les bons Français, de voir enfin quelqu'un faire du flint-glass propre à la fabrication des lunettes achromatiques, même dans les grandes dimensions, pour l'astronomie.

Je ne veux pas remonter à des époques anciennes et citer les personnes qui ont obtenu des prix et des encouragemens plus ou moins considérables, pour avoir offert quelques morceaux d'un verre dense, dont on ne s'est jamais

servi dans l'optique. Mon intention est de parler seulement des efforts faits, à l'époque où nous vivons, pour parvenir à la fabrication d'un bon flint-glass, et d'enseigner les moyens inconnus jusqu'à présent pour y arriver.

Par la dissertation que j'offre ici, on verra qu'il n'y avait qu'un fabricant de cristal qui pût y réussir. Tout autre qui travaille à faire du flint-glass pour l'optique, court à sa ruine, et s'abuse lui-même, ou cherche à tromper les autres. Mais la fabrication du flint-glass pour l'optique n'offre pas assez d'importance au manufacturier même, pour l'engager à des essais toujours dispendieux, parce qu'ils dérangent des travaux, dont le premier avantage est d'avoir une marche constante et régulière. La consommation du flint-glass pour l'optique ne s'élève certainement pas tous les ans à cinq cents kilogrammes pour toute la France. Dans les premiers momens cela pourrait aller plus haut; mais je doute fort que les opticiens, une fois approvisionnés et mis au courant de leur fabrication, consomment annuellement la quantité que je viens de dire. Au reste, si cette quantité de flint-glass est peu de chose pour le fabricant qui la vend, elle est de la plus grande importance, d'abord pour l'opticien qui l'achète et en confectionne des lunettes d'un prix plus ou moins élevé, et ensuite pour le savant, qui sans cela ne peut avoir ces grands et beaux instrumens avec lesquels il fait ses observations.

Il n'y avait donc que l'attrait des récompenses promises par le Gouvernement, ou qu'un grand zèle pour le bien public et le progrès des sciences, qui pouvait déterminer un fabricant à se livrer à la suite de travaux qui devaient amener le résultat cherché. Il fallait, de plus, que ce fabricant eût les connaissances de théorie nécessaires, sans quoi son travail ne pouvait aboutir à rien, et son zèle n'aurait servi qu'à l'égarer.

M. Dufougeray, quand il vint offrir ses premiers essais en ce genre, et présenter du flint-glass assez pur pour en faire de bonnes lunettes de petites dimensions, fut donc le premier en France qui donna des espérances bien fondées pour la solution du problème proposé. Avantageusement connu par la beauté des cristaux qui sortent de la manufacture du Creuzot, dont il est entrepreneur, personne n'est plus que lui favorablement placé, et ne réunit

plus de moyens pour réussir à faire de bon et d'excellent flint-glass; aussi le Gouvernement lui a-t-il prodigué les encouragemens les plus généreux. En effet, il a depuis mis dans le commerce du flint-glass dont on a fait usage pour la confection des petites lunettes. S'il n'a pas encore fait paraître de grands objectifs de lunettes astronomiques, on ne doit pas sans doute l'imputer à un défaut de zèle, mais à un malheureux concours de circonstances qui l'a empêché d'en obtenir malgré ses efforts. Il y parviendra certainement, comme tous les fabricans de cristal qui voudront suivre les principes et les conseils que j'ai consignés dans ma dissertation.

Depuis que l'Institut m'avait daigné choisir pour faire, sur l'Art de la Verrerie, un traité complet qui devait servir de suite aux arts et métiers de l'Académie, je m'étais toujours plus ou moins occupé du problème de la fabrication d'un flint-glass bon pour l'optique. Jamais je n'avais envisagé ce travail sous le rapport du commerce, cela n'en valait point la peine, comme je viens de le dire; mais il importait beaucoup à ma satisfaction de pouvoir donner dans mon ouvrage, quand je le publierais, des préceptes sûrs pour arriver au résultat inutilement cherché depuis si long-tems. Je me serais peu inquiété qu'un autre vint produire avant moi de bonnes et grandes lunettes astronomiques, faites avec du flint-glass français, si au moins j'étois le premier à publier les moyens de le faire, et si je remplissais ainsi, d'une manière convenable, cette partie de la tâche qui m'était confiée par l'Institut. Je ne cherchais donc pas à rendre public encore le résultat de mon travail à ce sujet: donnant à MM. Lerebours et Cauchoix tout le flint-glass, bon ou mauvais, que je faisais, je profitais de leurs conseils pour essayer de parvenir à des résultats meilleurs; et petit-à-petit j'arrivais à régulariser cette fabrication, autant qu'elle peut l'être d'après sa nature, pour la traiter ensuite, *ex professo*, dans mon ouvrage, tandis que le résultat de mes essais contribuait d'autant à fournir des matières aux opticiens qui la travaillaient.

C'est sur ces entrefaites que M. Cauchoix (1) ayant essayé à l'Observatoire, et comparé avec la grande lunette de

(1) Le Gouvernement lui a donné depuis un logement au Collège des Grassins.

Dollond, qui s'y trouve, un grand objectif fait avec du flint-glass que je lui avais donné. MM. les Membres du Bureau des Longitudes m'invitèrent à leur communiquer le résultat de mes travaux, et ensuite m'engagèrent à en faire part à la première classe de l'Institut. La Classe, d'après le rapport de ses commissaires, imprimé à la suite de ma Dissertation, a bien voulu ordonner l'impression de mon Mémoire et du rapport, et constater par son témoignage le plus authentique, les succès que j'avais obtenus. Cela ne peut qu'augmenter encore le désir que j'ai de n'épargner aucun soin, afin de mériter également son suffrage pour la totalité de l'ouvrage que je dois lui soumettre.

Quand j'ai lu ma Dissertation à l'Institut, je n'avais pas encore obtenu tous les grands objectifs qui ont été vus et comparés à l'Observatoire depuis ce tems-là. J'en ai dans ce moment huit, tous supérieurs à la grande lunette de Dollond, de l'Observatoire. Quoiqu'une pareille quantité de grands et bons objectifs, produits en aussi peu de tems, soit une chose étonnante, surtout si l'on fait attention au petit nombre de lunettes de grande dimension que Dollond lui-même ait jamais faites dans tout le cours de sa vie, cependant je n'ai pas hésité à faire les frais d'en travailler un pareil nombre, pour donner la preuve que si l'excellent flint-glass est réellement le produit d'un heureux hasard, il y a, malgré cela, en suivant la méthode que j'enseigne, une certitude de réussir assez souvent, si ce n'est toutes les fois.

Puissent tous les fabricans de verres métalliques, en France, réunir, aussi franchement que je le fais, tous leurs efforts dans cet honorable travail; et non-seulement nous atteindrons et même nous surpasserons nos ingénieux rivaux dans cette branche des sciences et des arts, mais encore je ne serais pas étonné quand nous parviendrions à les laisser très-loin derrière nous!

M É M O I R E

Sur l'Art de fabriquer du Flint-Glass bon pour l'optique.

Lu à la Séance du 11 décembre 1809, de la Classe des Sciences physiques et mathématiques de l'Institut.

M E S S I E U R S ,

La Classe m'a chargé, en l'an 8, de rédiger un Traité complet sur l'Art de la Verrerie, pour servir de suite aux Arts et Métiers; elle a adopté le plan que j'avais proposé pour cet ouvrage, et je me suis livré à ce travail avec toute la persévérance et l'activité qu'il exigeait. Tout ce qui a rapport à cet art proprement dit est déjà terminé; 140 planches que voici, et que j'ai fait graver, tout en m'occupant de la rédaction du texte, vous prouvent que je n'ai pas perdu de vue la tâche honorable que vous avez bien voulu me confier. J'ai cependant été retardé dans mon travail par les soins que j'ai dû donner à l'érection d'une manufacture que j'ai créée dans le département de Sambre-et-Meuse; manufacture où j'ai eu le bonheur de faire d'heureuses applications à l'art, de toutes les lumières que la science nous procure aujourd'hui. Mes établissemens, déjà parvenus à un degré de prospérité et d'étendue où jamais une autre manufacture de ce genre ne s'était encore élevée, versent annuellement dans le commerce

pour plus d'un million, rien que de ces cristaux ou verres métalliques qui vont faire le sujet de ce Mémoire (1). Cette expérience heureuse servira, je l'espère, de preuve aux préceptes que j'aurai l'occasion de publier, et l'application de ces préceptes ne pourra laisser aucun doute.

Si les soins et le tems que j'ai donnés à l'érection de mes établissemens, ont retardé le moment où je puis être à même de vous offrir mon ouvrage tout-à-fait achevé, d'autre part combien de moyens n'en ai-je pas retirés pour traiter d'une manière plus didactique tout ce que j'avais à dire ! Mon ouvrage aura été rédigé au milieu de mes ateliers, et ne sera qu'une suite d'expériences faites en grand, répétées et variées, comme me le permettent tous les moyens qui sont à ma disposition.

C'est ainsi qu'avant de traiter de la fabrication du flint-glass, dont je vais vous entretenir, j'ai voulu répéter toutes les expériences qui avaient été faites ou conseillées pour arriver à ce but. Depuis plusieurs années je fais du flint-glass. M. Lerebours, ou M. Cauchoix ici présent, ont bien voulu se charger de travailler des quantités considérables de ce verre, que je leur ai données dès mes premiers essais, qui ne furent pas tous heureux.

MM. les membres du Bureau des Longitudes, dont quelques-uns avaient déjà été à même de voir, et de comparer avec des produits anglais, les objectifs travaillés avec mes matières, m'ont

(1) Dans le courant de 1810, les fabrications de cristal, à Vonèche, ont encore été doublées.

invité à venir à leur dernière séance, afin de leur communiquer le résultat de mes travaux sur un sujet si intéressant pour l'astronomie. Ces Messieurs ayant accueilli avec bienveillance la présente Dissertation, m'ont engagé à l'offrir à la Classe, persuadés que les faits qu'elle renferme ne pouvaient être indifférens aux amis de la science, dans un moment surtout où l'attention est éveillée sur tout ce qui a rapport au flint-glass.

Sans cette invitation de MM. les membres du Bureau des Longitudes, j'aurais encore continué mon travail dans le silence, et je ne me serais présenté à la Classe qu'en lui apportant pour preuve de ce que je vais avancer, un très-grand nombre de bons objectifs propres aux lunettes célestes, et surtout des objectifs d'un grand diamètre, les uns et les autres comparables à ce qu'on a de mieux à ce sujet, venant d'Angleterre. Dans ce moment, M. Cauchoix n'a pas encore achevé beaucoup de ces verres ; mais il en mettra cependant sous les yeux de la Classe un certain nombre, dont quelques-uns ont soutenu la comparaison que je viens de dire, sous les yeux de plusieurs membres du Bureau des Longitudes, ici présens.

Avant d'entrer dans des détails sur les moyens qui peuvent être employés en France pour obtenir tout le flint-glass nécessaire aux travaux de nos opticiens, je dois, pour être mieux entendu, définir succinctement les mots dont je vais me servir.

Dans les lunettes achromatiques on emploie la réunion de deux espèces de verres, de densité et de réfraction différentes, pour détruire

la coloration qui borde les objets vus à travers des objectifs à un seul verre. Ainsi, obtenir des objets sans coloration, est le premier but auquel on tend; mais en même tems il faut de la netteté, et que la perte de lumière, produite par l'emploi de ce moyen, soit la plus petite possible, autrement on perdrait plus d'un côté qu'on ne gagnerait de l'autre. Rappelons-nous bien ces deux conditions-là dans ce qui va suivre.

Les Anglais ont nommé *crown-glass* et *flint-glass* les deux espèces de verre qu'on emploie pour faire l'objectif achromatique. Je vais continuer à appeler de ces deux noms les substances dont je veux vous occuper, soit qu'elles ressemblent absolument à celles employées par les Anglais, soit que les localités et les circonstances nous aient mis dans le cas d'y faire des modifications; mais auparavant il est nécessaire de bien déterminer les qualités que j'admets dans le verre qu'on a coutume d'appeler flint-glass. 1°. Une densité suffisante, mais que nous verrons pouvoir être moindre que celle exigée jusqu'à présent; 2°. une homogénéité absolue dans la matière, sans quoi les cordes, les stries, les apparences gélatineuses empêchent la vision, brisent les contours des objets aperçus, et ce sont là les défauts le plus ordinaires au flint-glass qu'on destine à l'optique; 3°. une diaphanéité la plus parfaite possible.

Le *crown-glass* se rencontre assez facilement pur, et exempt des stries qui rendent si difficile à obtenir le bon flint-glass. On emploie pour *crown-glass* toutes les espèces de verres salino-terreux fabriqués dans nos verreries, et

surtout dans nos manufactures de glaces. La forme des pièces de verre travaillées dans ces manufactures permet de reconnaître et de choisir facilement les morceaux purs et sans défauts, comme aussi leurs parties constituantes produisent une vitrification bien plus homogène que celle qu'on obtient ordinairement des matières premières employées à la fabrication du flint-glass: ainsi je ne m'arrêterai pas à discourir sur le *crown-glass*, que nos opticiens trouvent toujours à se procurer plus ou moins facilement; et je passe tout de suite à la fabrication du flint-glass.

Il était tout naturel que les Anglais nous eussent précédé dans la construction des lunettes achromatiques; eux seuls avaient la matière dans leurs fabriques de cristal, qui sont introduites depuis seulement vingt-cinq ans en France; et l'on va voir qu'il n'y a que dans les fabriques en grand que l'on puisse espérer d'obtenir du flint-glass, dans toute l'étendue de ce mot défini comme je viens de le faire. Ainsi je pense que tous les particuliers qui disent avoir des procédés pour faire du bon flint-glass dans de petits creusets, et d'une manière certaine, peuvent être accusés au moins d'ignorance; c'est ce que va rendre parfaitement évident la suite de cette Dissertation.

En effet, on voit déjà qu'ici je n'accorde pas le nom de flint-glass propre à l'optique, à un verre, seulement parce qu'il est dense. C'est malheureusement l'erreur dans laquelle sont tombés presque tous ceux qui n'ont pas assez fait attention à la solution du problème qui nous occupe. On regarde, en général, comme du

flint-glass propre à l'optique, tout verre qui est d'une pesanteur spécifique de trente-trois environ (1), et l'on croit que toute la difficulté consiste à fabriquer du verre de cette densité. Beaucoup de personnes vont même jusqu'à croire que plus le verre qu'on fera sera dense, et plus on aura fait du beau et de l'excellent flint-glass. Or, comme rien n'est plus facile que de faire un verre très-pesant, on voit tous les jours des gens qui viennent offrir des morceaux de verre métallique d'une énorme densité, et ces gens-là ne sentent pas que la route qu'ils ont prise est précisément celle qui les éloigne du but où ils tendent, et que plus le verre qu'ils font sera chargé d'oxyde de plomb, et plus il sera difficile qu'il devienne du flint-glass bon pour l'optique; car il sera d'autant plus sujet aux stries, et il procurera une perte de lumière d'autant plus grande.

Je dis qu'il sera d'autant plus sujet aux stries: en effet, l'expérience répétée mille et mille fois, prouve que si l'oxyde de plomb qu'on met dans le verre, pour le rendre plus lourd, n'est pas la seule cause des stries, il les produit au moins très-souvent; et comme ces stries sont le plus grand obstacle qui s'oppose à la bonté du flint-glass, tout ce qui tendra à les augmenter doit donc être éloigné autant que possible. De là les efforts qu'ont faits les savans pour tâcher de substituer des liqueurs, ou toute autre substance possédant une forte qualité réfringente, aux verres métalliques dans la composition de l'objectif achromatique; mais puisqu'on a été obligé de revenir

(1) L'eau étant 10.

à l'emploi du verre, ne nous occupons ici que de lui seul.

L'oxyde de plomb étant la seule matière à l'aide de laquelle on puisse obtenir une différence très-notable dans la densité des verres blancs et bien transparens, il faut nous arrêter un peu à considérer la manière dont cet oxyde se comporte pendant la vitrification, et dès-lors nous reconnaitrons presque toutes les causes qui viennent s'opposer à la confection du bon flint-glass.

Les matières qui composent les verres d'une grande densité sont toutes celles employées aussi dans la fabrication des beaux verres blancs ordinaires et légers; ce sont des sables siliceux et divers fondans salins, comme la potasse et la soude, un peu de salpêtre, etc. L'oxyde de plomb s'ajoute ensuite, pour donner au verre plus de fusibilité, de brillant et de densité; mais la quantité d'oxyde de plomb qu'on peut mettre est bornée, quand on veut avoir un beau verre, bien blanc et bien transparent.

Quoique l'oxyde de plomb fasse fondre une certaine quantité de sable, ils ne feraient pas seuls ensemble un beau verre, mais un verre jaune plus ou moins opaque; et voilà pourquoi tous les verres où l'on fait entrer une trop forte proportion de plomb, dans l'intention d'obtenir une extrême densité, participent déjà, plus ou moins, à l'opacité et à la coloration des verres de plomb seulement.

Si l'on fond de l'oxyde de plomb seul, ce n'est pas du verre qui en résulte, mais de la litharge en masse, comme tout le monde le sait; si l'on y ajoute du sable, l'oxyde le fait fondre très-

promptement, mais en assez petite quantité, et le verre qu'on obtient est jaune, comme je viens de le dire : c'est une combinaison avec excès d'un des deux composans, du genre de celles que Berthollet a si ingénieusement fait apercevoir dans une infinité de cas, où ces espèces de saturations au premier degré nous expliquent des phénomènes inexpliqués jusque-là.

Ici, cette première saturation de l'oxyde de plomb nous donne aussi la clef de tout ce qui va se passer; ne perdons pas de vue cette propriété.

Une fois l'oxyde de plomb suffisamment combiné avec du sable, et la proportion ne va pas à la moitié de son poids, il n'agit plus que fort lentement sur d'autre sable qui se trouverait en présence : il agit cependant encore; mais alors, si l'on pouvait séparer par la pensée les nouvelles molécules de silice qui sont dissoutes, on verrait qu'elles forment un nouveau verre plus siliceux et plus dur, par conséquent moins dense; et comme la première masse vitreuse est saturée au premier degré, les nouvelles quantités qui se forment à un degré de saturation plus avancé se mêlent aux premières sans s'y combiner. Cela est si vrai, que plusieurs fois, en faisant des verres très-pesans, et que j'avais laissé refroidir dans le creuset, j'ai trouvé deux couches très-distinctes et superposées; souvent même elles avaient éclaté en se refroidissant, et s'étaient séparées juste à l'endroit où on les voyait changer de coloration et de densité. Pesées toutes deux, ces couches offraient une énorme différence dans leurs poids, comme 35 et 42, l'eau étant 10.

La formation des sels, en chimie, nous offre une foule d'exemples qui rendraient ceci très-palpable; et pour en choisir le premier qui se présente à ma pensée, si vous mêlez de l'acide carbonique à de la potasse caustique, et qu'à l'aide de certaines circonstances vous aidiez la combinaison, il se formera deux sels très-distincts; il y aura dans la même liqueur un sous-carbonate et un carbonate saturé, sans que le mélange des deux ensemble donne la moyenne de saturation. De même, nous trouvons que l'oxyde de plomb saturé au premier degré, par la silice du sable, bien que susceptible d'en dissoudre encore, ne fait plus qu'un mélange sans combinaison, avec la quantité plus saturée qui va se former. Au reste, la nouvelle combinaison au *maximum* de saturation de sable, n'est point encore elle-même un verre parfait; ainsi que je l'ai dit, c'est un verre jaune de topaze plus ou moins foncé.

Il n'y a donc que par le mélange avec d'autres substances vitrifiables, que ce verre peut être amené à l'état d'incoloration et de netteté dont on a besoin. Ainsi nous composons nos verres métalliques, appelés cristal, avec de l'oxyde de plomb, du sable, de la potasse ou de la soude, et diverses autres substances qui n'entrent plus que pour corriger les mauvaises qualités qu'on rencontre dans les premières. Le salpêtre sert, outre la potasse qu'il fournit comme fondant, à donner aussi de l'oxygène pour brûler les parties charbonneuses qui pourraient exister dans la potasse, ou pour achever l'oxydation imparfaite du plomb. Le manganèse, l'arsenic, l'antimoine, etc. jouent des rôles conformes

à leurs propriétés, mais ne sont jamais que des correctifs qui masquent plus souvent des défauts qu'ils ne les détruisent, et qui souvent en ajoutent. Aussi le produit est d'autant plus beau, qu'on a moins été obligé de recourir à ces correctifs.

Considérons donc la vitrification d'oxyde de plomb, de potasse et de sable, et faisons la composition, pour obtenir, comme les Anglais, une densité de 33 à peu près (nous verrons plus tard pourquoi je dis *à peu près*) : le mélange sera cinq parties d'oxyde de plomb, deux parties de potasse, et six parties de sable. Le tout bien mêlé, mis dans un creuset de verrerie avec une température suffisante, à l'instant l'oxyde de plomb se fond, se sature à différens degrés du sable qui lui est mêlé, et forme ainsi des verres de plomb de diverses densités; et, de son côté, la potasse agissant sur les molécules de silice qui la touchent, donne naissance à un verre d'un autre ordre, d'une autre densité aussi, et d'une force réfringente beaucoup moindre. Ce n'est que par la violence du feu et par la continuité d'une haute température, que ces verres si différens entre eux se mêlent et finissent par se combiner; mais cette combinaison n'est que rarement absolue; et même, lorsqu'elle est absolue, il suffit de quelques circonstances qui se rencontrent fréquemment, pour rappeler chaque élément à suivre des lois particulières et à commencer une espèce de dévitrification, ainsi que je l'ai fait voir dans un Mémoire que j'ai eu l'honneur de lire à la Classe, il y a cinq ans, sur la dévitrification en général.

Pour

Pour obtenir du flint-glass propre à l'optique, il faudrait donc pouvoir saisir le moment où la combinaison des matières est parfaite, et employer le verre dans cet état. Mais combien de nouvelles circonstances viennent ici compliquer la difficulté! Jamais cette combinaison parfaite que nous demandons, ne se rencontre dans la totalité d'un pot à la fois; diverses circonstances s'y opposent, et nous allons les examiner successivement.

Le dessus d'une potée de verre est toujours sali par une espèce d'écume, où se trouvent pêle-mêle des grains de sable non fondus, des sels neutres non volatilisés, et toutes les autres impuretés échappées à la purification des matières, ou produites même par l'action de la vitrification; et les couches inférieures à cette écume se ressentent du voisinage de ces saletés, qui se trouvent jusqu'à une plus ou moins grande profondeur. D'autre part, le fond des creusets contient toujours plus ou moins de ce verre avec excès d'oxyde de plomb dont j'ai parlé, qui s'y étant précipité par suite de sa pesanteur spécifique, dès le premier moment de la fusion, s'y est amassé, et a résisté à tous les efforts de combinaison du reste de la masse vitreuse. Tel on voit, si je puis me servir de cette comparaison, un verre d'eau dans lequel on aurait fait fondre du sucre; souvent, après même qu'on l'a bien remué, il se trouve encore dans le fond du vase une partie du sucre fondu, mais non mêlé à toute la masse, et qui est resté au fond malgré l'agitation qu'on lui a imprimée. A bien plus forte raison, dans un liquide épais et visqueux, comme le verre,

qu'on ne peut remuer ni mêler mécaniquement sans donner lieu à mille accidens nouveaux, pires que celui qu'on voudrait éviter, doit-il être impossible de ramener à un mélange exact les molécules superposées en raison de leur pesanteur spécifique. Il faut donc se résoudre à n'avoir jamais, quand on fait des verres métalliques, que des creusets qui, dans les meilleures circonstances possibles, seront écumeux à la partie supérieure, et mêlés, dans le fond, de verre de plomb avec excès de métal. Ce dernier défaut se reproduira même souvent dans toutes les couches de la masse, tellement qu'elles ne seront qu'une suite de couches plus denses les unes que les autres, et dont l'homogénéité absolue ne sera que relative aux molécules placées dans un même plan horizontal. Heureux quand le parallélisme de ces couches n'aura pas été troublé par quelques accidens chimiques ou mécaniques; dans ce cas on obtiendra, avec les précautions que je vais dire, des plateaux de verre propres à être employés dans l'optique, et qui varieront de pesanteur entre 33 et 33 $\frac{1}{2}$, suivant la hauteur du creuset où ils auront été pris. Cette différence de densité pourra se rencontrer dans des morceaux pris seulement à 30 ou 40 centimètres, plus profondément l'un que l'autre. Aussi voit-on sur la tranche des plus belles plaques de flint-glass, épaisses de 10 à 12 millimètres, qu'elles sont encore une suite de petites zones superposées; mais ces zones, peu différentes entre elles, ne sont pas nuisibles quand du reste elles sont parallèles.

Avant d'entrer dans des détails sur la meil-

leure manière de sortir le flint-glass hors du creuset, quand une fois on l'a obtenu par la fusion, je dois encore parler des difficultés que la nature elle-même de nos creusets oppose à ce qu'on ait une belle fonte de flint-glass. Nos creusets sont d'argile réfractaire. L'argile est un composé d'alumine et de silice; et l'oxyde de plomb ayant beaucoup d'affinité pour ces terres, réagit, même après être saturé de silice, sur les parois des creusets, les détruit lentement, mais continuellement, et forme ainsi une nouvelle espèce de verre qui a une réfraction toute différente, et qui, par son mélange avec celui contenu dans le creuset, donne lieu à des fils et des stries répandus dans tout le voisinage des parois. Ainsi, après avoir été resserrés dans des limites assez étroites pour trouver du flint-glass dans la hauteur d'une potée de verre, nous voilà encore dans la nécessité de ne le prendre qu'au centre de chacune des couches, parce que en approchant des parois du creuset on ne trouve plus rien de bon. En vain indiquerait-on, pour remédier à cet inconvénient, d'avoir recours à des creusets de platine (1). Ces instrumens ne peuvent être employés pour des travaux en grand; et d'après tout ce qui précède, et encore par ce qui va suivre, il sera prouvé jusqu'à l'évidence, que ce n'est pas en faisant du verre exprès pour obtenir du flint-glass propre à l'optique, et surtout en le faisant en petit, qu'on peut parvenir à réussir

(1) Par une haute température, long-tems continuée, le platine lui-même, soumis à l'action de l'oxyde de plomb, est attaqué et rongé.

dans ce travail. Nous ferons du bon flint-glass en France, comme on le fait en Angleterre. Dans les manufactures de cristal, les jours où le verre est très-beau, très-fin, et présente une grande apparence d'homogénéité, on commence par travailler le tiers du pot en marchandises courantes pour le commerce, et ensuite, pendant un autre tiers de la hauteur du pot, on essaie de faire des plaques pour l'optique. Je dis qu'on *essaie*; car ces plaques, mises ensuite dans le commerce, sont loin d'être toutes du flint-glass parfaitement bon et propre à la confection des lunettes achromatique, surtout pour celles de grande dimension.

J'ai vu plusieurs opticiens de Paris, qui m'ont dit avoir fait venir directement des quantités assez considérables de flint-glass anglais et n'avoit pu en employer qu'une très-petite partie, souvent même pas du tout. De même j'ai plusieurs fois observé que le jour où je comptais le plus sur une belle fabrication de flint-glass, toutes les plaques que l'on faisait contenaient de légères stries qu'on n'avait pas aperçues d'abord, et qui en rendaient l'usage impraticable; d'autres fois, où j'avais eu moins d'espérance de réussir, parce que le verre était moins beau dans les objets de cristal travaillés pour le commerce, on avait obtenu des plaques beaucoup plus pures et meilleures pour l'optique.

Un voyage que M. Cauchoix a fait dans mes établissemens avait principalement pour but de réunir ses efforts aux miens, afin de parvenir à reconnaître d'avance les instans où il était le plus avantageux de cueillir du verre pour obtenir des plaques de flint-glass, et nous sommes

restés convaincus qu'il n'y avait d'autre manière d'arriver à ce but, que de saisir les instans où le verre paraît le mieux fondu, et le plus beau dans les articles ordinaires de gobetterie, sauf ensuite à choisir parmi les morceaux mis en plaques, ceux qui sont susceptibles de donner de bons objectifs, et à rebuter les autres comme le font les Anglais. Le voyage de M. Cauchoix à Vonèche, durant cet été, avait encore pour but d'essayer de nouveau, avec moi, quelle serait la manière de tirer hors du pot le verre destiné à fournir du flint-glass, afin de troubler le moins possible le parallélisme de ses couches, et de tirer, aussi le moins possible, les fils qui se forment aux parois du creuset.

La manière la plus naturelle, au premier aperçu, c'est de laisser refroidir le verre dans le creuset, et de scier ensuite des tables de verre parallèlement aux couches horizontales. Ce mode qui paraît si simple, est cependant inexécutable, si l'on opère le refroidissement en deux ou trois jours seulement. Cette masse de verre, en raison de sa mauvaise propriété conductrice du calorique, s'écaille à mesure que ses surfaces se refroidissent, et l'on n'obtient que des petits morceaux de verre absolument inutiles. Si, au contraire, on donne un refroidissement prolongé, comme je l'ai fait, pendant un mois et plus, les morceaux de verre, bien qu'ils soient encore éclatés en plusieurs pièces, offrent cependant d'assez belles masses (1); mais alors il se présente un nouvel

(1) J'en ai mis au même instant, sous les yeux de la Classe, un morceau obtenu par ce moyen, pesant plus de 50 kilogrammes, et paraissant de la plus grande beauté.

obstacle insurmontable : c'est qu'à l'aide de ce long refroidissement il s'est opéré un commencement de dévitrification, et que malgré la beauté et la transparence qu'on observe à l'œil nu dans ces pièces de verre, elles ne peuvent être employées en optique, parce qu'il y règne une texture gélatineuse qui empêche la vision bien distincte des objets observés au travers. Cette texture est due à la séparation commencée des molécules de verre salin et de verre métallique. Ainsi donc, après avoir en vain répété cette expérience sur des masses assez considérables, que j'ai toutes données infructueusement à des opticiens, j'ai été obligé d'y renoncer, et de revenir à l'opération, soit du coulage, soit du soufflage, pour tirer mon verre hors du creuset. Nous allons examiner ces deux modes d'agir.

Le coulage peut être de deux sortes : la première s'opère en versant la potée de verre toute entière sur une table, et l'étendant avec un rouleau, comme on coule les glaces à Saint-Gobain. Je suis assez porté à croire que ce moyen pourrait mettre à même de trouver, sur une grande quantité de glaces coulées de cette manière, pour en faire des miroirs, et après qu'on les aurait polies sur les deux faces, des plaques de flint-glass plus ou moins belles, et bonnes pour l'optique ; mais outre qu'il n'existe nulle part de fabrique de glaces en cristal, et par conséquent pourvue de tous les instrumens nécessaires à cette opération, on ne voudrait pas couler ainsi de grandes masses de ce verre précieux et cher, dans l'espérance très-douteuse de trouver, sur sept ou huit quintaux,

une petite plaque de quelques pouces de diamètre. Cependant, si je réalisais encore quelques projets d'agrandissement dans mes établissemens, je me trouverais dans la possibilité de tenter ces expériences, et je n'hésiterais pas à le faire avec le même zèle que j'ai mis jusqu'à présent à résoudre le problème qui nous occupe. Mais en attendant, j'ai répété plusieurs fois la seconde sorte de coulage, qui s'exécute en puisant avec une grande poche dans le milieu du verre, et jetant le gâteau sur une plaque métallique, où on l'étend ensuite par une forte dépression. Cette opération m'a quelquefois réussi, et l'on a trouvé dans les plaques faites de cette manière, des morceaux dont on a tiré de bons objectifs ; mais l'inconvénient principal de cette méthode vient de ce que la poche avec laquelle on puise le verre au milieu du pot, déprime nécessairement cette matière épaisse et visqueuse, et surtout de ce que, pour enlever la masse, on est obligé de la ramener jusqu'au bord du creuset, où il se fait un mélange nuisible avec le verre qui avoisine ce bord.

J'ai donc reconnu que le meilleur moyen qu'on puisse employer, est celui de cueillir le verre avec une canne, à la manière ordinaire, connue de tout le monde ; de former ensuite un cylindre creux de la largeur et du diamètre désirés, ainsi que de l'épaisseur requise ; de couper les deux extrémités de ce cylindre, de le fendre et de l'aplatir. De cette façon, la canne prenant seulement la superficie du verre, dans l'endroit où l'on a soin de la poser à la surface, est roulée par l'ouvrier, de manière à se recou-

vir successivement de couches parfaitement concentriques, qui deviennent parallèles par le développement du cylindre. C'est comme cela que j'ai obtenu le plus de succès, et je crois que c'est ainsi qu'on aura toujours le plus d'espérance de réussir. Tous les autres moyens employés ou proposés par différentes personnes, ont été reconnus par moi plus ou moins impossibles dans l'exécution, ou n'atteignant pas le but désiré. Je passerai sous silence le récit de toutes ces expériences, afin de ne pas trop allonger cette dissertation, déjà peut-être trop diffuse. Il suffit, pour les amateurs éclairés des sciences, et de l'astronomie en particulier, de savoir que *partout où il y a une fabrique de ce verre de plomb appelé cristal, on fait du flint-glass*, et qu'il ne s'agit que de saisir l'instant favorable pour le réduire en plaques qui seront propres à la confection des meilleures lunettes achromatiques; cela dépendra du soin qu'y voudra mettre le propriétaire de cette fabrique, pour choisir les momens où son verre est le plus beau.

Ne nous étonnons donc plus si les Anglais avaient conservé, pendant si long-temps, l'exclusion de cette fabrication. La nécessité où ils sont de fondre leur gobeletterie à pots couverts, les a depuis long-temps obligés à faire des verres très-tendres, par la quantité d'oxyde de plomb qu'ils contiennent. Les verreries de cette espèce sont fort multipliées en Angleterre, et presque toutes appartiennent à des propriétaires riches qui ne regardent pas à faire des essais un peu dispendieux. En France, ce n'est que depuis vingt-cinq ans qu'on y fa-

brique du cristal. Il n'en existe que trois manufactures: Saint-Louis, le Creusot, et la miénne que j'ai créée seulement depuis sept ans. Est-il donc surprenant que nous soyons restés un peu en arrière à ce sujet? Dorénavant nous n'y resterons qu'autant que les fabricans de cristal se refuseraient à suivre la marche et à prendre les soins que je viens de dire; heureux, en mon particulier, si je pouvais avoir contribué à mettre sur la voie les autres fabricans de bonne volonté, je ne craindrai pas de communiquer le résultat de mes propres expériences sur lesquelles je n'avais gardé le silence jusqu'à présent, que par les motifs exposés plus haut.

Avant de terminer, je ne saurais trop insister ici, pour dissuader le public de l'opinion accréditée que le flint-glass n'est qu'un verre très-pesant, et que plus on le fait lourd, meilleur il est. Cette erreur a précipité bien des personnes dans des expériences aussi coûteuses qu'inutiles. Le verre très-pesant peut être préférable pour faire des lunettes de spectacle; mais à égalité de bonté et de pureté entre deux objectifs faits avec un flint-glass plus ou moins dense, *dès que l'achromatisme est parfait, on doit préférer celui fait avec le flint-glass le plus léger*. Cette assertion pouvant paraître paradoxale, demande à être discutée méthodiquement.

La raison qui avait engagé les savans à recommander aux opticiens l'emploi du flint-glass le plus dense possible, était fondée sur ce que la grande réfraction qui résulte de cette densité, comparée avec celle qui est propre au

crown-glass, admet des courbes d'un rayon plus long, et, par suite, donne la possibilité d'augmenter les diamètres des lunettes et la quantité de lumière reçue pour des longueurs semblables; de manière qu'il serait alors très-vrai de dire que, toutes choses égales, c'est-à-dire *l'homogénéité et la diaphanéité étant égales, le flint-glass le plus dense serait préférable*. Mais, 1°. on n'a pas tenu assez compte, jusqu'à présent, de la quantité de lumière réfléchie sur les surfaces des objectifs, et il est bien sûrement incontestable que les réflexions de la lumière sur les surfaces du verre augmentent avec le pouvoir réfringent de ce dernier, comparé au pouvoir réfringent du milieu dans lequel il se trouve; et comme il y aura d'autant moins de lumière transmise, qu'il y en aura plus de réfléchie, l'on voit déjà que de deux objectifs *travaillés par des courbes appropriées pour donner le même foyer, et égaux en pureté comme en diaphanéité, le meilleur sera celui composé avec le verre le moins dense*.

2°. Cette égalité que nous admettons là n'est qu'une hypothèse pour établir un instant la comparaison: elle n'existe pas; car nous avons vu, par tout ce qui précède, que la pureté ou l'homogénéité du verre est d'autant plus difficile à obtenir, qu'on augmente davantage la dose d'oxyde de plomb pour avoir la densité; et parvint-on encore à l'égalité de pureté, par suite d'un choix fait dans un bien plus grand nombre de morceaux, on ne peut jamais obtenir la même diaphanéité dans un verre très-dense, que dans un verre qui l'est moins. Cela

est encore une suite des faits que je vous ai rapportés précédemment, et desquels il résulte que le verre, à mesure qu'on le charge davantage d'oxyde de plomb, devient de plus en plus brun et jaune. C'est ce qui est prouvé non-seulement par les morceaux que je vous soumetts ici, mais par tous ceux que chacun peut être à même de se procurer et de comparer.

Ainsi, le raisonnement se trouve d'accord avec l'expérience, pour prouver *qu'on altère la transparence en augmentant la densité des objectifs achromatiques, et que l'avantage de la clarté reste aux lunettes faites avec un flint-glass spécifiquement moins pesant*. Les objectifs que vous montre ici M. Cauchois, et ceux des lunettes qu'il a déjà fournies dans le commerce, faits avec mes matières, sont la preuve matérielle de ce que j'avance.

M. Cauchois a d'ailleurs reconnu que pour des grossissemens de 60 à 80 fois, il pouvait donner aux diamètres réels des objectifs le 12^e. de leur longueur focale; et il atteint ainsi ce qu'on a fait de plus en ce genre avec le flint-glass anglais, dont la densité est à celle de mon flint-glass :: 33 ou 33 $\frac{1}{2}$: 31 $\frac{1}{2}$ ou 32. Il est vrai que dans quelques exemples fort rares les Anglais ont quelquefois donné des diamètres proportionnellement plus grands; mais cela doit plutôt se considérer comme des tours de force, que comme le résultat d'une pratique constante.

Vous pouvez remarquer, Messieurs, qu'ici le travail de l'opticien s'est trouvé lié avec celui du verrier; et je saisis cette occasion de rendre

justice aux talens et à la sagacité avec lesquels M. Cauchoix a aidé mon travail par le sien. Avant de lui avoir fourni des matières, je dirigeais toutes mes expériences vers la fabrication d'un flint-glass qui eût au moins 33 à 33 $\frac{1}{2}$ de pesanteur spécifique. Cette densité n'était pas celle ordinaire de mes fabrications, parce que je me sers de bois pour combustible, que par ce moyen j'ai l'avantage de pouvoir fondre à pots découverts, et d'obtenir habituellement, en moins de tems, un verre contenant un peu moins d'oxyde de plomb, et par conséquent plus blanc et plus brillant que celui fondu à pots couverts avec une quantité d'oxyde un peu en excès (1).

J'étais donc obligé de faire des compositions à part pour le flint-glass, et j'avais beaucoup moins d'espoir de réussir, parce que ces fabrications, non suivies régulièrement, ne m'offraient pas les mêmes moyens de succès que des travaux qui se répètent toujours de même,

(1) Ayant doublé mes fabrications de cristal pendant 1810, ainsi que je l'ai dit plus haut, je me suis trouvé dans la nécessité, pour ne pas épuiser le bois de mes environs, d'employer concurremment la houille ou le charbon de terre. Ainsi je travaille à pots couverts, à la manière anglaise, dans mes nouveaux ateliers, tandis que je continue, dans les anciens, le travail au bois et à pots découverts. Cela me met dans le cas, où personne ne s'était trouvé avant moi, de comparer les résultats de ces deux manières de fabriquer, toutes les autres circonstances restant les mêmes. Pour ne parler ici que de ce qui nous occupe, je reste persuadé que les chances du succès, pour obtenir un flint-glass propre à l'optique, sont bien plus en faveur d'une fabrication à

et dans lesquels tous les ouvriers finissent par acquérir une routine sur le mode et la durée des divers enfourneimens, et surtout sur le mode de travail. D'ailleurs, la cause des stries augmentait comme la quantité d'oxyde de plomb. M. Cauchoix m'assura que la densité ordinaire de mes fabrications, de 32 environ, pouvait lui suffire, et il entrevit ce que l'expérience a prouvé; savoir, que les lunettes faites avec ces objectifs donneraient plus de clarté. Depuis lors j'ai donc renoncé à faire des compositions exprès pour obtenir du flint-glass, et je m'en suis fort bien trouvé; ce qui prouve l'assertion consolante pour la science, qu'il suffira d'un peu de soin et de bonne volonté de la part des fabricans de cristal en France, pour fournir au commerce tout le bon flint-glass dont il pourra

pots découverts. Ce n'est pas le lieu d'en détailler tous les motifs: en traitant l'art de la verrerie en totalité, je rendrai cette vérité très-sensible; mais d'après ce que j'ai dit dans cette dissertation, on conçoit suffisamment que l'excès d'oxyde de plomb dans les pots couverts en est la principale cause.

Cependant je suis loin de dire que dans les pots couverts on ne puisse obtenir du bon flint-glass pour l'optique; les Anglais me prouveraient le contraire: je dis seulement qu'il y a plus d'espoir de réussir avec du verre moins dense, fondu dans des pots découverts, et continuellement épurés par l'action de la flamme; je conviens même que le flint-glass plus dense est le meilleur pour la confection des lunettes de spectacles, ou lorgnettes, dans lesquelles, d'après leur peu de longueur et de grossissement, il importe beaucoup plus d'employer un verre dense qu'un verre parfaitement pur. Aussi le flint-glass que j'obtiens par mon travail à pots couverts, est principalement destiné à cet usage.

avoir besoin pour l'optique. De mon côté , je continuerai à en remettre à M. Cauchoix ce qu'il pourra en employer , en le prenant sur le courant de mes fabrications , chaque fois que l'occasion s'en présentera (1).

(1) Dans le prochain Numéro nous ferons connaître le rapport qui a été fait à la Classe des Sciences physiques et mathématiques de l'Institut, sur le Mémoire de M. d'Arctiques.

M É M O I R E

Sur le Gisement des Minerais existans dans le département de Sambre-et-Meuse ;

Par M. BOUESNEL, Ingénieur ordinaire au Corps impérial des Mines.

M. OMALIUS D'HALLOY a donné, dans les n^{os}. 149 et suivans du *Journal des Mines*, un Mémoire sur la Géologie du Nord de la France; il s'est attaché particulièrement à décrire le genre de roches de ces contrées, qu'il regarde comme appartenant au terrain de transition, et il a fait connaître les minerais qui s'y rencontraient. Comme je me trouve placé dans le département de Sambre-et-Meuse, l'un de ceux où le terrain dont il s'agit se manifeste sur une plus grande étendue, j'ai eu occasion de faire quelques observations qu'il ne sera pas déplacé, je crois, d'indiquer ici. Tout ce que je me propose de dire regarde seulement la formation que M. Omalius a appelée *bituminifère*, laquelle constitue la plus grande partie de ce département.

M. Omalius a rangé dans la même formation trois systèmes particuliers de roches; 1^o. le calcaire fétide qu'il nomme *chaux bituminifère*; 2^o. le terrain schisteux non houiller; 3^o. les roches qui accompagnent la houille.

Le calcaire fétide a le tissu compacte; sa couleur varie du gris au noir; il est dur et prend très-bien le poli: quelquefois il est entrecoupé