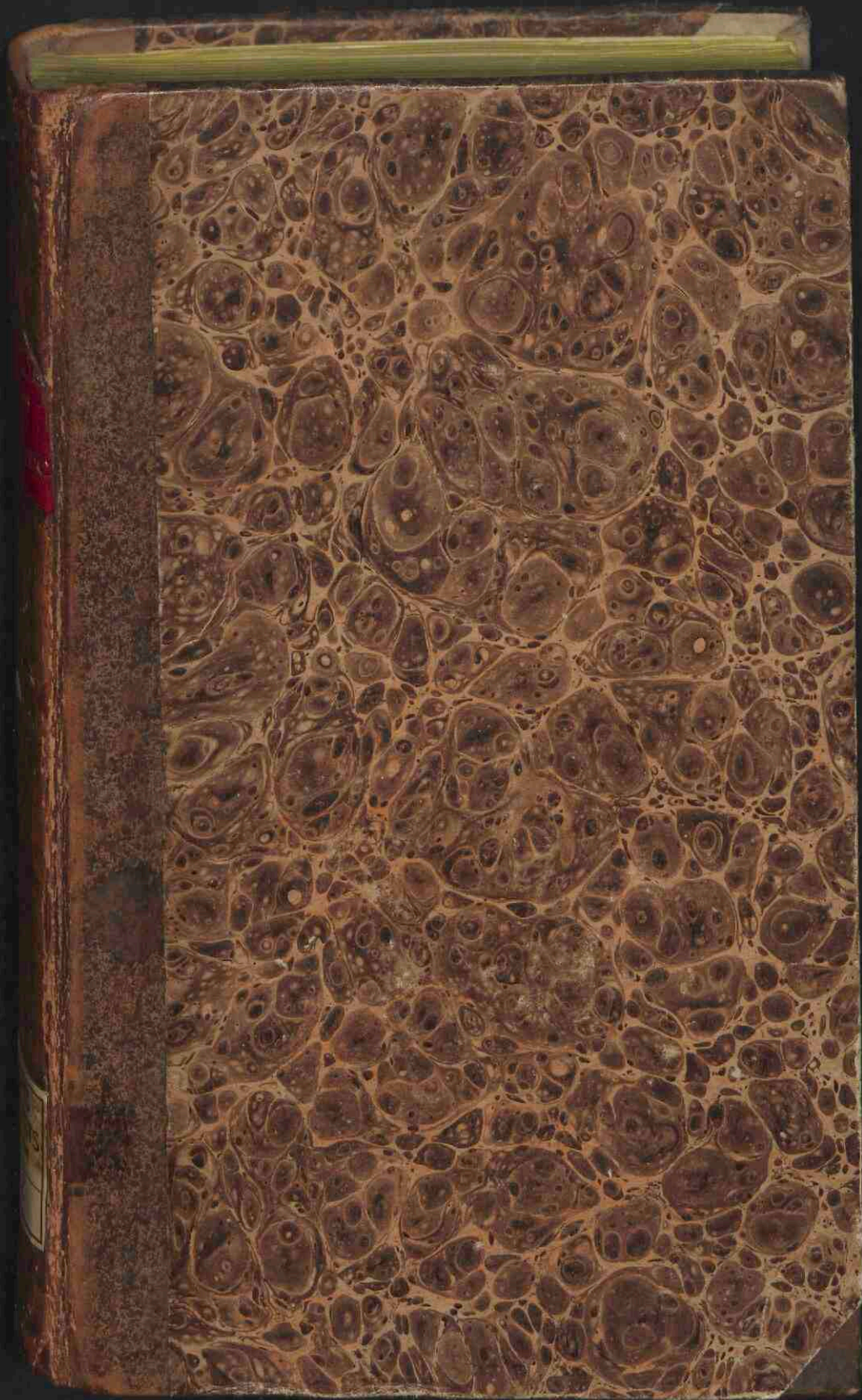




Description d'une suite d'expériences qui montrent comment la compression peut modifier l'action de la chaleur

<https://hdl.handle.net/1874/356289>



LIBRAIRIE DES HÉRITIERS DOORMAN,
à la Haye.

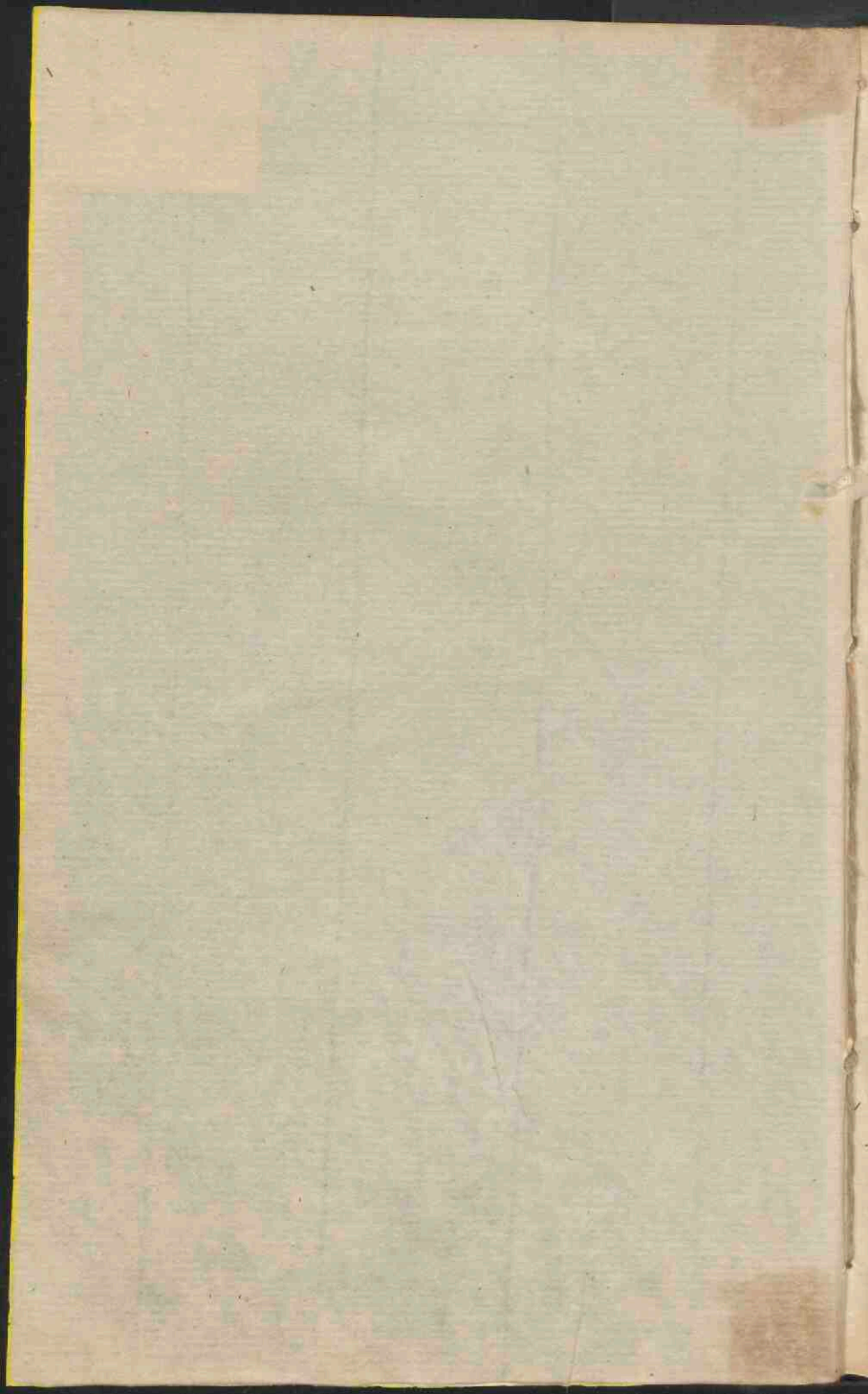
—
Westeinde, n^o. 44.



UTRECHTS
UNIVERSITEITS
MUSEUM

No. 102

STICHTING
UTRECHTS
UNIVERSITEITSMUSEUM



DESCRIPTION
D'UNE
SUITE D'EXPERIENCES
QUI MONTRENT
Comment la COMPRESSION peut modifier
l'action de la CHALEUR.

DESCRIPTION

OF

THE

OF

OF

OF

9

DESCRIPTION

D'UNE

SUITE D'EXPÉRIENCES

QUI MONTRENT

Comment la COMPRESSION peut modifier
l'action de la CHALEUR.

PAR SIR JAMES HALL, Bar.^t, Membre de
la Société Royale d'Édimbourg;

TRADUIT DE L'ANGLAIS

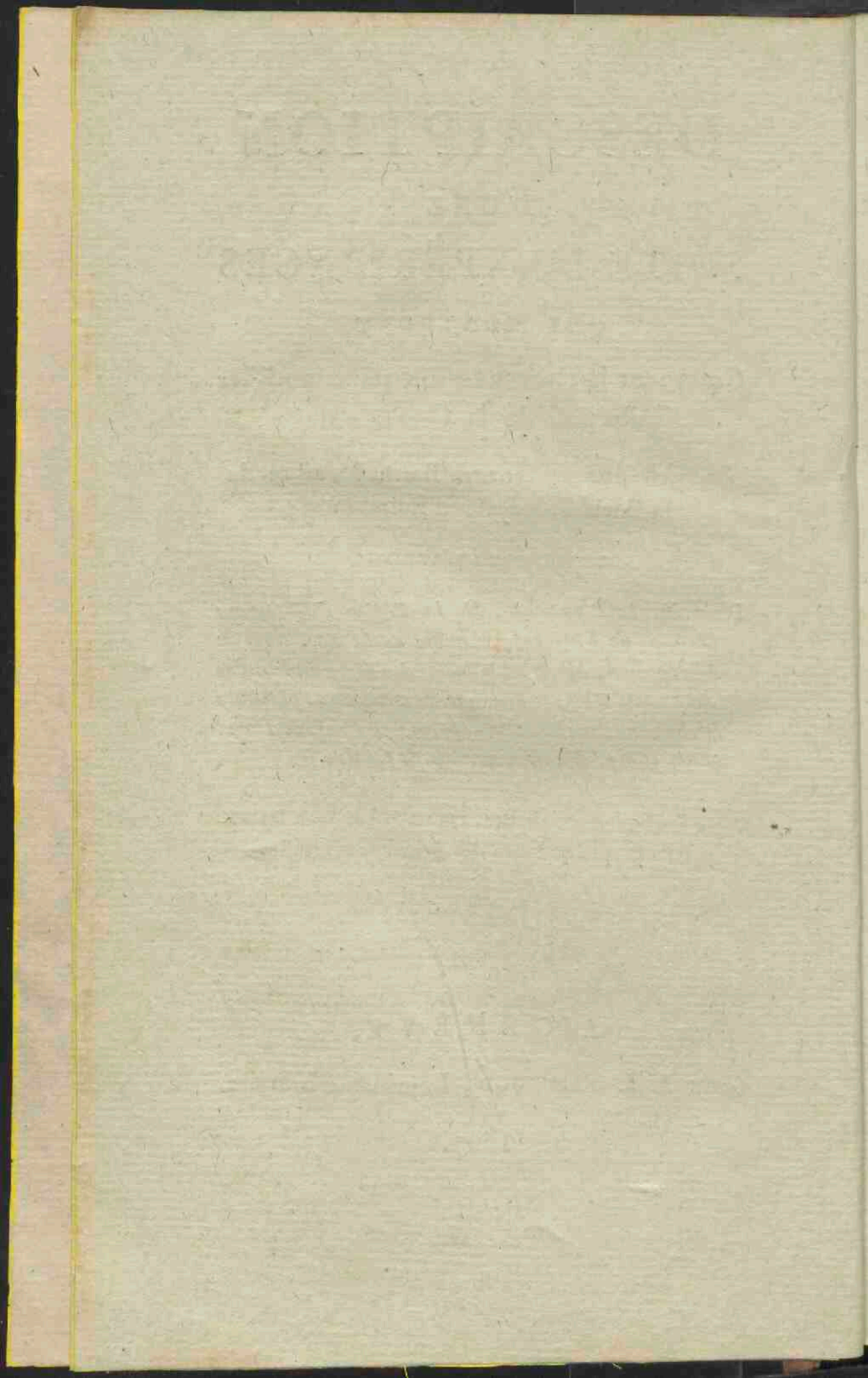
PAR M. A. PICTET; *De la Légion d'Honneur ;
Corresp. de l'Institut ; Membre de la Soc. Roy. de
Londres et de celle d'Edimbourg ; des Soc. pour l'av. des
Arts, et de Phys. et hist. nat. de Genève ; de plusieurs
Sociétés nationales et étrangères ; et Prof. de Phys.
théor. et exp. dans l'Académie de Genève.*

Avec les figures originales, représentant tous les ap-
pareils et quelques-uns des principaux résultats.

A G E N È V E,

Chez J. J. PASCHOUD, Imprimeur-Libraire.

1807.



AVANT-PROPOS

DU TRADUCTEUR.

ON a dit, avec beaucoup de raison, qu'il n'est pas encore temps de faire l'histoire des révolutions du globe, et d'appeler Géologie l'énoncé de quelques faits épars, et quelques aperçus de leurs causes; matériaux informes, et dont la véritable place dans l'édifice de la science n'est pas même déterminée.

Mais il est également vrai, que les grandes époques de cette histoire ont laissé, dans toutes les contrées alpines, des traces tellement évidentes qu'elles frappent les yeux les moins exercés. On voit, dans les régions du globe les plus éloignées des mers actuelles, des montagnes très-élevées, composées presque

en entier de coquillages, et qui ont par conséquent occupé le fond de la mer. Dans les coupes verticales de leurs rochers, on découvre qu'ils sont formés par couches; et cette stratification est, sous deux rapports, un grand phénomène: elle indique d'abord que la cause qui a formé les entassemens a agi d'une manière variée et successive; et ces mêmes couches, par leurs inflexions, souvent brusques, et indéfiniment contournées, annoncent encore que, pendant qu'elles étoient dans un état de mollesse, une cause assez puissante pour les soulever les a fléchies et bouleversées de mille manières.

Ces premiers événemens dans l'histoire de notre globe n'admettent pas le doute: et rechercher les causes qui ont pu les produire, c'est placer la science sur sa base véritable; car l'explication de ces

faits de première importance, si elle étoit heureuse et juste, seroit sans doute féconde dans ses conséquences, comme l'est toujours la vérité; et elle s'appliqueroit à bien d'autres phénomènes d'un ordre inférieur, dont il ne faut pas chercher à rendre raison tant qu'on n'est pas éclairé sur les grandes causes, et qu'on ignore le mode et la limite de leur action.

L'eau, et le feu, sont les seuls agens dont la force connue puisse être en rapport avec ces effets prodigieux dont il faut rendre compte. L'action séparée de l'un, ou de l'autre, a son caractère particulier applicable à certains faits de détail: l'eau tranquille produit les dépôts en couches horizontales; agitée, les stratifications ondoyantes: le feu agissant seul liquéfie; il sublime, il vaporise. Mais la réunion de ces deux agens crée une force particulière, dont l'énergie est,

en quelque sorte, illimitée; dont les effets sont susceptibles d'une variété infinie, et que l'industrie humaine a su mettre à profit avant que la science imaginât aussi de s'en prévaloir.

Mais, si l'on se bornoit à considérer les effets de l'action simultanée de ces deux forces seulement, on n'y trouveroit qu'un moyen puissant de dissolution des matières les plus résistantes, d'expansion indéfinie des substances vaporisables, de bouleversement dans toutes les masses qui se rencontreroient sur le passage de ces fluides élastiques en action. Il ne faut point oublier qu'une troisième force, la pesanteur, est en présence; qu'elle résiste, par la pression qu'elle produit dans tous les sens, à l'action de ces forces expansives, et qu'elle amène nécessairement un état d'équilibre dans lequel ces forces réagissent, pour ainsi

dire , sur elles-mêmes : elles contiennent alors et rapprochent , par la compression qu'elles exercent , ces mêmes élémens qu'elles lanceroient au loin dans l'espace sans l'obstacle insurmontable que leur oppose la gravitation.

Rechercher les effets qui doivent résulter de cette pression , et les modifications qu'elle doit apporter à l'action expansive ordinaire du feu , seul , ou uni à l'eau , c'est s'occuper de l'un des plus beaux problèmes que la physique et la haute chimie puissent offrir. Cette recherche a fait , pendant plusieurs années , l'objet des méditations et du travail assidu de l'auteur de l'ouvrage dont nous offrons au public la traduction complète et littérale. On n'a pas vu , depuis les temps de l'illustre LAVOISIER , un individu faire à la science des sacrifices aussi étendus et aussi profitables pour elle que ceux

par lesquels Sir JAMES HALL s'est distingué dans cette recherche , qui offre d'ailleurs un modèle de persévérance et de sagacité, dans l'invention et dans la conduite de plusieurs centaines d'expériences délicates , difficiles , et quelquefois dangereuses.

Les résultats qu'il a obtenus l'ont pleinement dédommagé : ils ont prouvé avec évidence , que la pression modifioit essentiellement les effets ordinaires de la chaleur ; que la même pierre , le même coquillage , qui se convertissent en chaux à feu ouvert , conservent leur acide carbonique lorsqu'ils sont comprimés ; que ces matières deviennent fusibles et cristallisables sous cette double action ; et que, sous la même influence compressive, les substances animales et végétales se transforment en un combustible analogue à la houille. Il a déterminé l'intensité

absolue de la pression qui produisoit ces effets, et il l'a trouvée encore inférieure à celle qui devoit exister au fond des mers, ou sous une enveloppe élastique de pression équivalente, quand le feu y travailloit les composés qui recouvrent actuellement la surface du globe. Certes, on ne peut contribuer plus essentiellement aux progrès de la science, en l'établissant sur des bases plus solides que ne l'a fait l'auteur de ces belles expériences. Il a déposé au Musée Britannique la collection authentique des échantillons qu'elles ont produit, et il en a adressé un double à l'Institut de France.

Nous avons rendu compte, dans plusieurs extraits insérés dans la *Bibliothèque Britannique*, de ce travail intéressant; mais l'auteur nous ayant invité à en entreprendre la traduction, nous avons d'autant moins hésité à le faire, qu'en nous

communiquant en même temps les planches originales, dont l'exécution est fort belle, il a levé le seul obstacle qui auroit pu retarder l'accomplissement de son vœu: nous avons cherché à nous y conformer à tous égards; et, loin d'avoir rien abrégé ou retranché, nous avons ajouté à la fin un morceau qui rend l'ouvrage plus complet, et que nous nous sommes procuré d'ailleurs; c'est le Catalogue descriptif et raisonné des échantillons déposés au Musée.

Genève, le 20 Février 1807.



TABLE DES CHAPITRES

I.

*A*NCIENNES révolutions dans le règne minéral. -- Inutilité des efforts faits pour les expliquer. -- La géologie ne peut se passer de la chimie. -- Importance du carbonate de chaux. -- La découverte de l'acide carbonique, due à Black, a détruit les anciennes théories ignées, mais elle a donné naissance à celle de Hutton. -- Progrès des idées de l'auteur à l'égard de cette théorie. -- Expériences sur les effets de la chaleur réunie à la compression, suggérées au D.^r Hutton en 1790. -- Elles sont entreprises par l'auteur en 1798. -- Considérations sur lesquelles il fonde ses espérances de succès.

Page 1

II.

Principes d'exécution des expériences suivantes. -- Expériences avec des canons de fusil remplis de glaise cuite et pulvérisée, et soudés à l'orifice. -- Procédé avec le métal fusible. -- Effets remarquables de son expansion. -- Nécessité d'introduire de l'air. -- Résultats obtenus. Page 18

III.

Expériences faites dans des tubes de porcelaine. -- Tubes de terre de Wedgwood. -- Moyen employé

pour contenir l'acide carbonique et pour fermer les pores de la porcelaine dans un appareil horizontal. -- On adopte l'appareil vertical. -- Exposé des résultats obtenus avec le fer, et avec la porcelaine. -- Formation de la pierre à chaux et du marbre. -- Recherche de la cause des calcinations partielles. -- On pèse les tubes de porcelaine avant de les rompre. -- Preuve que les expériences avec les tubes de porcelaine ont des limites.

Page 58

I V.

Reprise des expériences dans les canons de fusil. -- On leur adapte l'appareil vertical. -- Canons percés dans des barres solides. -- Dans du fer de la variété dite vieille zibeline. -- Fusion du carbonate de chaux. -- Son action sur la porcelaine. -- Appareil additionnel devenu nécessaire, en conséquence de cette action. -- Bons résultats, et surtout quatre expériences qui éclaircissent la théorie de la calcination interne, et qui montrent l'efficacité de l'acide carbonique comme flux.

Page 63

V.

Expériences dans lesquelles on emploie l'eau pour augmenter l'élasticité de l'air renfermé - Cas de compression complète. - Observations générales. -- Quelques expériences qui donnent des résultats intéressans, et qui montrent, en particulier, une action réciproque entre le silice et le carbonate de chaux.

Page 119

V I.

*Expériences faites dans le platine -- avec le spath
-- les coquillages -- et avec le carbonate de chaux
parfaitement pur.* Page 141

V I I.

*Mesure de la force requise pour contenir l'acide
carbonique. -- Appareil avec la bouche du canon
tournée en haut, et un poids à l'extrémité d'un
long levier. -- Appareil avec la bouche tournée
en bas. -- Appareil avec le poids agissant direc-
tement sur le canon. -- Comparaison des divers
résultats.* Page 159

V I I I.

*Formation de la houille. -- Circonstance qui me
conduit à entreprendre ces expériences. -- Résultats
extraits d'un Mémoire précédent. -- Solution
de quelques difficultés qu'on a mis en avant. --
Les fibres du bois conservées dans certains
cas, effacées dans d'autres, sous la pression. --
Ressemblance qui existe entre ces résultats et
une suite de substances naturelles décrites par
M. Hatchett. -- Il paroissent jeter du jour sur
l'histoire du Surturbrand.* Page 180

I X.

*Application des résultats qui précèdent, à la géo-
logie. -- Le feu, admis dans la théorie Hutto-
nienne, est une modification de celui des volcans.
-- Cette modification doit avoir lieu dans une
lave antérieurement à son éruption. -- Une lave
intérieure peut fondre la pierre à chaux. -- Les*

*effets du feu des volcans sur les substances sou-
marines et souterraines sont les mêmes que ceux
attribués au feu dans la théorie de Hutton. --
Nos couches ont été une fois dans une position
analogue , et c'est alors qu'elles ont éprouvé
l'action du feu. -- Toutes les conditions de la
théorie Huttonienne se trouvant ainsi réunies ,
on peut expliquer d'une manière satisfaisante
la formation de toutes les matières pierreuses.
-- Conclusion.* Page 196

APPENDIX N.º 1.

*Pesanteur spécifique de quelques-uns des échantil-
lons obtenus.* Page 255

*CATALOGUE des échantillons déposés par Sir
JAMES HALL au Musée Britannique le 28 Juin
1806 , comme étant les principaux résultats de
ses expériences sur les effets de la chaleur modi-
fiés par la compression.* Page 255

Fin de la Table.

DESCRIPTION

D'UNE SUITE D'EXPÉRIENCES

DESTINÉES A MONTRER COMMENT LA
COMPRESSION PEUT MODIFIER L'AC-
TION DE LA CHALEUR.

I.

*Anciennes révolutions dans le règne minéral.
— Inutilité des efforts faits pour les expliquer.
— La géologie ne peut se passer de la chimie.
— Importance du carbonate de chaux. —
La découverte de l'acide carbonique, due
à Black, a détruit les anciennes théories
ignées, mais elle a donné naissance à celle
de Hutton. — Progrès des idées de l'auteur
à l'égard de cette théorie. — Expériences
sur les effets de la chaleur réunie à la
compression, suggérées au D.^r Hutton en
1790. — Elles sont entreprises par l'auteur
en 1798. — Considérations sur lesquelles
il fondeit ses espérances de succès.*

Tous les observateurs qui ont étudié
la structure des rochers et des montagnes

doivent être convaincus que notre globe n'a pas toujours existé dans son état actuel ; mais que toute sa masse , du moins jusqu'au terme que peuvent atteindre nos observations , a été agitée et bouleversée par les révolutions les plus violentes.

Les faits qui conduisent à ces conclusions, quoiqu'observés imparfaitement, ne pouvoient manquer d'éveiller la curiosité, et de faire naître le désir de tracer l'histoire et de rechercher les causes d'événemens aussi extraordinaires : on a fait diverses tentatives à cet égard , mais avec peu de succès ; car, tandis qu'on faisoit, en astronomie et en physique, des découvertes de la plus grande importance , les systèmes enfantés par les géologues étoient tellement imaginaires , et quelquefois si puérils , qu'ils méritoient à peine une réfutation sérieuse.

Une des causes principales de ce non-succès paroît avoir été l'état d'imperfection de la chimie , qui n'a guères commencé que de nos jours à mériter le nom de science. Tandis qu'elle étoit dans son

enfance, il étoit impossible que la géologie fît aucun progrès, puisqu'on s'accorde à reconnoître que la plupart des circonstances importantes qu'elle doit expliquer dépendoient des principes chimiques. Ainsi, la consolidation du sable en bancs de pierre solide; la cristallisation des substances qui accompagnent ces couches et leur sont entremêlées de diverses manières, sont des circonstances chimiques, de leur nature; et tous ceux qui ont ébauché des théories de la terre, ont cherché, par des argumens tirés de la chimie, à concilier ces faits avec leurs hypothèses.

Le *feu* et l'*eau*, les seuls agens de la nature qui, d'après l'observation générale, produisent les matières pierreuses, ont été mis en avant par les sectes opposées des géologues, pour expliquer tous les phénomènes du règne minéral.

Mais, les propriétés connues de l'eau ne permettent pas qu'on lui attribue une influence universelle, puisqu'une très-grande partie des substances dont il faut

expliquer l'état actuel, sont à peu près insolubles dans ce liquide ; d'ailleurs, en les supposant même très-solubles, la quantité d'eau qui existe, et celle-là même qui pourroit exister dans notre planète, seroit fort inférieure à la quantité nécessaire à l'office que leur assigne la théorie neptunienne (1). D'autre part, les propriétés connues du feu ne sont pas moins insuffisantes pour l'explication désirée, car, diverses substances qu'on rencontre fréquemment dans le règne minéral, semblent exclure, par leur seule présence, la possibilité de l'agence supposée de cet élément : l'expérience montre que ces substances sont totalement changées, et quelquefois détruites, dans nos feux ordinaires.

Dans ces circonstances, les partisans de l'un ou de l'autre des deux systèmes ont pu réfuter avec beaucoup de succès les opinions de leurs adversaires, mais

(1) *Illustrations of the Huttonian theory*, par M. le professeur Playfair.

ils n'ont pu soutenir que foiblement leurs propres; et c'est peut-être à l'avantage de chacun des systèmes dans l'attaque de celui qui lui étoit opposé, et au défaut d'une troisième hypothèse à laquelle l'opinion pût raisonnablement s'attacher, qu'il faut attribuer le crédit dont a joui l'un et l'autre de ces deux systèmes, et ce mode de raisonnement peu philosophique que se sont souvent permis impunément les auteurs qui ont écrit sur la géologie, et qu'on n'auroit pas toléré s'il se fût agi d'autres sciences.

Entre toutes les substances minérales, le *carbonate de chaux* est indubitablement la plus importante, si on la considère sous un point de vue général. Comme pierre calcaire, ou marbre, elle forme une partie considérable de l'écorce du globe dans beaucoup de régions; et sous la forme de veines ou nodules de spath, elle s'insinue dans presque toutes les autres pierres. Ainsi, son histoire est tellement entremêlée dans celle de tout le règne minéral, que la destinée d'une

théorie géologique quelconque doit dépendre beaucoup de son application plus ou moins heureuse aux diverses conditions de cette substance. Mais, jusqu'à ce que le docteur Black, par sa découverte de l'acide carbonique eût expliqué la nature chimique du carbonate de chaux, on ne pouvoit se former aucune théorie raisonnable des révolutions chimiques auxquelles cette substance avoit dû être indubitablement soumise.

Cette découverte paroissoit d'abord être contraire à l'action supposée du feu ; car la décomposition de la pierre à chaux, dans le feu ordinaire des fourneaux, est un fait trop connu et trop certain pour qu'on puisse attribuer à l'agent igné la formation de cette même pierre, ou de telle masse qui la contiendrait dans son intérieur.

La considération de cette difficulté conduisit le D.^r Hutton à admettre un mode particulier d'action du feu qui caractérise sa théorie ; système qui, dans mon opinion, a donné au monde savant

la véritable solution de l'un des problèmes les plus intéressans qui aient jamais occupé les naturalistes.

Il a supposé :

1.^o Que la chaleur , dans quelque époque éloignée , a agi sur toutes les substances pierreuses ;

2.^o Que , pendant cette action , toutes ces matières , celles-là même qui sont actuellement à la surface , étoient recouvertes d'une masse qui exerçoit sur elles une pression considérable ;

3.^o Qu'en conséquence de l'action combinée de la chaleur et de la pression , les effets produits ont été différens de ceux que produit communément la chaleur seule ; et qu'en particulier , le carbonate de chaux a été réduit à un état de fusion plus ou moins complète, sans calcination.

Le principe fondamental et caractéristique de cette théorie se trouve donc indiqué dans le mot *compression* ; et , par une seule hypothèse hardie , qui repose sur ce principe , l'auteur a essayé de répondre à toutes les objections qu'on

fait contre l'action simple du feu , et d'expliquer les circonstances dans lesquelles on trouve les minéraux fort différens de ce qu'ils seroient s'ils eussent été soumis au feu ordinaire de nos fourneaux.

Mais ce système entraîne , dès le premier pas, tant de suppositions contraires, en apparence, à l'expérience la plus commune , qu'on l'a peu examiné jusqu'à présent , et que son mérite réel n'a été connu et apprécié que d'un petit nombre d'individus. J'ai été moi-même long-temps étranger à cette dernière classe. Car je dois avouer , qu'à la lecture du premier écrit du D.^r Hutton sur ces matières , je fus conduit à rejeter totalement son système ; et peut-être aurois-je conservé cette opinion, avec la grande majorité des géologues, sans mes liaisons d'intimité avec l'auteur , dont la vivacité et la clarté en conversation formoient un contraste frappant avec l'obscurité de son style. Je fus entraîné par ce charme et par les faits nombreux que son système l'avoit mis à portée d'observer , à écouter ses argumens

en faveur d'une opinion que je considérois alors comme un pur ouvrage de l'imagination. Je retirai ainsi de sa conversation le même avantage que la lecture des *Eclaircissemens sur la théorie Huttonienne*, de M.^r Playfair, a procuré aux amateurs de ces recherches, et j'éprouvai la même influence qu'exerce maintenant cet ouvrage sur les esprits de nos savans les plus distingués.

Après trois ans d'une guerre presque journalière avec le D.^r Hutton, sur sa théorie, je commençai à envisager ses principes avec moins de répugnance. Il y a, je le crois, dans toutes les recherches scientifiques, une période à laquelle les conjectures du génie cessent de paroître extravagantes, et où la fertilité avec laquelle un certain principe explique les phénomènes peut être mise en balance contre son improbabilité, comme hypothèse. La vue partielle de la vérité que nous obtenons alors, est peut-être l'aspect le plus attrayant sous lequel elle se présente jamais, et celui sous lequel elle

porte le plus énergiquement un esprit actif vers la recherche. Le nuage qui obscurcissoit certaines faces des objets se dissipe par degrés ; ils paroissent sous leurs véritables couleurs , et en même temps on entrevoit au loin une perspective dont on ne soupçonnoit guères l'étendue.

Entrant alors sérieusement dans la série des raisonnemens du D.^r Hutton, je reconnus d'abord qu'il falloit commencer par établir les effets chimiques qu'il attribuoit à la compression : car , à moins qu'on ne nous donnât quelque bonne raison de croire que la chaleur seroit modifiée par la pression , ainsi qu'il l'affirmoit , peu nous importoit de savoir que ces deux causes avoient concouru simultanément. Sa persuasion à cet égard reposoit sur l'analogie , et sur ce que l'hypothèse expliquoit tous les phénomènes d'une manière satisfaisante. Il me parut cependant , que le principe fondamental étoit susceptible d'être établi d'une manière directe par l'expérience , et je le pressai d'en faire l'essai. Mais il y répugna

toujours, à cause de l'immensité des agens naturels, dont les opérations étoient, selon lui, hors de la portée de tous nos procédés d'imitation. Il paroissoit persuadé qu'on échoueroit à cet égard, et que le non-succès jeteroit du discrédit sur une opinion qu'il regardoit comme susceptible d'être suffisamment prouvée par d'autres principes. Je n'étois point convaincu par ses argumens ; car, sans pouvoir affirmer qu'une compression artificielle quelconque à laquelle on soumettroit le carbonate, empêcheroit sa calcination dans nos feux ordinaires, je soutenois que le contraire n'étoit point prouvé, et que l'application d'une force modérée pourroit peut-être exécuter réellement tout ce que la théorie de Hutton ne faisoit que supposer possible. Mais, d'autre part, je me considérois comme obligé à respecter son opinion dans une carrière de recherches qu'il avoit déjà parcourue d'une manière si distinguée, et je m'abstins, tant qu'il vécut, de continuer quelques expériences sur les effets de la compression, que j'avois commencées en 1790.

En 1798 je repris ce sujet avec empressement , toujours persuadé que la loi chimique sur laquelle repose la théorie de Hutton , doit être établie préalablement par voie d'expérience : toutes mes réflexions et mes observations subséquentes me confirmèrent dans l'opinion où j'étois de l'importance de cette recherche , et ne m'inspirèrent pas plus d'inquiétude que je n'en avois dans l'origine sur ses résultats.

Dans l'ordre que je me propose de suivre , je me bornerai d'abord à la recherche des effets chimiques de la chaleur unie à la compression , et je réserverai pour la conclusion l'application de mes résultats à la géologie. Alors j'appellerai en cause les volcans , et je chercherai à appuyer les lois mises en avant dans la théorie Huttonienne , en montrant que les laves , avant leur éruption , sont soumises à des lois analogues , et que les volcans , par leurs efforts , tant sous la terre que sous la mer , doivent produire sous nos yeux , des résultats semblables

à ceux que cette même théorie attribue à l'ancienne action du feu.

En comparant les opérations Huttoniennes avec celles des volcans, je me prévaudrai de quelques faits que les recherches suivantes m'ont fait connoître, et qui m'ont indiqué la limite précise de l'intensité de la chaleur et de la force de compression requises pour remplir les conditions de l'hypothèse du D. Hutton. Car, selon lui, la puissance de ces agens étoit très-considérable, mais tout-à-fait indéfinie : il étoit donc impossible de comparer, avec quelque précision, leurs effets supposés, aux phénomènes de la nature.

Je m'appliquai presque exclusivement à étudier les modifications du carbonate de chaux, sur lequel je raisonnois de la manière suivante : L'acide carbonique, non combiné, existe naturellement sous forme gazeuse dans la température ordinaire de l'atmosphère; mais lorsqu'il est uni à la chaux, sa volatilité est réprimée, à cette même température, par la force

chimique de la substance terreuse qui le contient à l'état solide. Lorsque la température s'élève jusqu'au degré de l'ignition, l'acide acquiert une volatilité qui l'emporte sur son affinité avec la chaux ; il l'abandonne, et prend sa forme gazeuse. Il est évident que, si par quelque moyen l'on augmentoit la force attractive de la chaux, ou si l'on diminueoit la volatilité de l'acide, le composé pourroit soutenir sans décomposition un degré de chaleur plus grand qu'il ne peut le faire dans les circonstances ordinaires. Or, la pression doit produire un effet de ce genre ; car lorsqu'une force mécanique s'oppose à l'expansion de l'acide, sa volatilité doit être diminuée dans un certain degré. On peut donc s'attendre que, sous une pression donnée, le carbonate supportera, sans se décomposer, un degré de chaleur qui l'auroit calciné à l'air libre. Mais, l'expérience seule peut nous apprendre quelle est la force de compression requise pour que le carbonate résiste à une élévation donnée dans sa température, et quel doit

être le résultat d'une opération de ce genre. Quelques-uns des composés de chaux et des divers acides sont fusibles, d'autres sont réfractaires. Le carbonate, s'il étoit contraint par la pression à supporter une température convenable, pourroit être aussi fusible que le muriate.

Une circonstance, tirée de la théorie Huttonienne, me conduisit à espérer que le carbonate seroit aisément fusible, et elle m'indiqua le point précis auquel je pouvois attendre cette fusion. Rien n'est plus ordinaire que de rencontrer des nodules de spath calcaire renfermés dans le whinstone; et nous supposons, d'après la théorie Huttonienne, que le whin et le spath ont été simultanément liquides, et séparés l'un de l'autre comme le sont l'huile et l'eau. Il est naturel de rechercher dans les surfaces de contact des deux substances, des indices de leur fusibilité relative; on remarquera, sous ce point de vue, que la surface du spath est généralement globulaire et polie, ce qui sembleroit prouver que lorsque le whin s'est

solidifié , le spath étoit encore à l'état liquide ; car si le spath se fût congelé le premier, la tendance qu'il montre, dans toutes les occasions où il est libre , à former des cristaux proéminens , l'auroit chassé dans le whin encore liquide , où ses cristaux se seroient moulés selon leurs formes particulières , ainsi que cela est arrivé à plusieurs substances renfermées dans le whin , et plus réfractaires que lui , et spécialement à l'augite , au feldspath, etc., qui toutes s'étant cristallisées dans le whin liquide , ont pris leurs formes particulières , avec une régularité parfaite. J'en conclus , que lorsque le whin a passé à l'état solide , ce qui doit avoir eu lieu vers le 28.^o ou le 30.^o degré du pyromètre de Wedgwood , le spath étoit encore liquide. J'avois donc lieu de m'attendre que si je pouvois forcer le carbonate à supporter une chaleur de 28° sans décomposition , il entreroit en fusion. On verra par la suite que ma conjecture n'étoit pas mal fondée.

Je

Je vais commencer à décrire ces expériences, dont j'ai eu l'honneur de mettre les résultats sous les yeux de la Société, le 30 août dernier (1804). Je sens pleinement combien il est difficile, en rendant compte de plus de cinq cents expériences, toutes dirigées vers un même but, mais très-différentes les unes des autres dans leurs détails, de se maintenir également éloigné de la prolixité et du laconisme. Je me propose de décrire, aussi brièvement qu'il me sera possible, tous les procédés que j'ai employés, afin que les chimistes puissent répéter mes expériences. J'insisterai plus particulièrement sur les circonstances qui me paroîtront conduire à des conclusions de quelque importance.

Le résultat étant déjà connu, je considère les détails que je vais donner, comme adressés à ceux qui mettent de l'intérêt à la conduite des opérations de chimie : je ne crois pas qu'aux yeux de ces personnes, aucune des particularités dans lesquelles je me propose d'entrer, paroisse superflue.

II.

Principe d'exécution des expériences suivantes. — Expériences avec des canons de fusil remplis de glaise cuite et pulvérisée, et soudés à l'orifice. — Procédé avec le métal fusible. — Effets remarquables de son expansion. — Nécessité d'introduire de l'air. — Résultats obtenus.

LORSQUE je commençai des expériences sur les effets simultanés de la chaleur réunie à la compression, je me donnai beaucoup de peine pour imaginer des vis, des tampons, des couvercles, ajustés de manière (à ce que j'espérois) qu'ils pussent contenir toutes les substances élastiques; et peut-être quelques-unes de ces inventions auroient-elles réussi, mais je les mis toutes de côté, lorsqu'au mois de janvier 1798 il m'en vint une à l'esprit, qui, par sa simplicité, s'appliquoit aisément à tous les cas, et produisoit tout l'effet qu'on pouvoit désirer, puisqu'elle contenoit d'une manière im-

perméable toute substance gazeuse, jusqu'au degré de résistance que pouvoit offrir la cohésion des matières métalliques ou terreuses, dont les vases employés étoient construits. Je vais indiquer ce procédé d'une manière générale, comme suit. Si l'on prend un tube creux ou canon A D (fig. 1), fermé à l'une de ses extrémités et ouvert à l'autre, et qui ait un pied de longueur ou davantage, il est évident qu'en introduisant l'une de ses extrémités dans un fourneau, nous pourrons la soumettre à un degré de chaleur aussi grand que l'art puisse le produire, tandis que l'autre extrémité demeurera froide, et pourra même, si on le veut, être exposée à un degré de froid extrême. Si alors on introduit dans la culasse, ou l'extrémité fermée C D du canon, la substance qu'on veut exposer à l'action combinée de la chaleur et de la pression, et qu'on remplisse le reste du canon de quelque substance réfractaire, en laissant vers la bouche A B un petit espace vide, on pourra chauffer le canon,

de ce côté, tandis que la culasse, qui contient l'objet de l'expérience, demeurera froide, et on fermera ce canon par l'un quelconque des nombreux moyens que procure l'action de la chaleur, depuis la température de la cire fondante, jusques à celle par laquelle on soude le fer. Alors, en retournant l'appareil et en introduisant la culasse dans le fourneau, on peut lui appliquer la chaleur, au degré d'intensité requis, et avec la condition de la compression qu'il doit faire éprouver à la substance qui y est hermétiquement renfermée.

Je mis pour la première fois ce projet à exécution sur un canon de fusil ordinaire, coupé à l'endroit de la lumière, et fortement soudé à la culasse avec un tampon de fer. J'y introduisis le carbonate pulvérisé et refoulé dans dans une cartouche de papier ou de carton, pour le préserver du contact du fer, qui avoit, dans quelques essais précédens, sali le carbonate dans toute sa masse. Je refoulai ensuite sur le carbonate, de la glaise pul-

vérisée, et qui avoit été préalablement cuite dans une assez forte chaleur; enfin, je fermai la bouche du canon, comme l'avoit été la culasse, par un tampon soudé à la forge ordinaire, en maintenant froid le reste du canon, par l'application de linges mouillés. Alors on introduisit la culasse horizontalement dans une moufle ordinaire, chauffée jusques au 25.° degré du pyromètre de Wedgwood. On avoit attaché une corde à la bouche du canon pour pouvoir le retirer sans danger d'explosion (1). C'est aussi vers cette

(1) On eut lieu de reconnoître une fois, d'une manière bien évidente, l'importance de cette précaution. On avoit introduit, par mégarde, une quantité d'humidité assez considérable dans un canon soudé: et avant qu'il fût chauffé au rouge, cette eau produisit une explosion qui déchira le canon en forme de ruban aplati, et qui fit voler le fourneau en éclats. Le docteur Kennedy, qui se trouvoit présent, observa que, malgré cet accident, il viendroit peut-être un tems où l'on emploieroit l'eau dans ces expériences pour aider à la force de compression. J'ai fait, depuis cette époque, un grand usage de ce moyen qu'il m'avoit suggéré, mais à peine, hélas! a-t-il assez vécu pour

époque que je fermai la bouche du canon avec un tampon fixé seulement avec de la soudure, procédé qui avoit l'avantage de me permettre d'ouvrir et de fermer ce canon sans être obligé d'avoir recours à un ouvrier. Dans ces essais, plusieurs canons cédèrent à la force expansive; d'autres lui résistèrent, et me donnèrent des résultats très-encourageans, et même tout à fait satisfaisans, si j'avois eu la certitude de les obtenir par une répétition du procédé. Dans plusieurs de ces expériences, la craie, ou la pierre à chaux ordinaire, introduite à l'état pulvérulent, se trouvoit, après l'opération, agglutinée en une masse pierreuse, qu'on ne pouvoit

en voir l'application, car mon premier succès dans l'emploi de son procédé date de l'époque de la maladie à laquelle il a succombé. — Je n'ai couru des dangers dans aucune autre expérience faite avec un canon de fer; les choses étoient arrangées de manière que l'effort contre les parois ne commençoit que lorsqu'elles étoient rouges, température à laquelle le métal se trouve ramolli au point de pouvoir se déchirer comme un morceau de cuir.

rompre que par un coup de marteau assez fort, et qui présentoit sous la pointe du canif la même résistance que la pierre calcaire commune. Cette même substance, plongée dans l'acide nitrique, s'y dissolvoit en entier, avec une violente effervescence.

Dans l'une de ces expériences, l'action de la chaleur sur la cartouche de papier teignit en noir toute la glaise pulvérisée refoulée sur le carbonate, jusqu'aux deux tiers de la longueur du canon. Cette circonstance importante montre, que lors même que la matière pulvérulente est refoulée jusques à la bouche, ses interstices permettent une expansion qui nuit à la compression complète : ce même fait est analogue à ce qu'on observe quelquefois dans les mines de houille, où la matière bitumineuse paroît avoir été chassée hors de certaines couches par quelque chaleur locale supérieure, tandis que dans d'autres couches, également comprimées en apparence, le bitume s'est conservé. On voit quelquefois des couches de schiste ou de grès, imprégnées dans leur

épaisseur par ce bitume ainsi expulsé de son site primitif.

J'étois occupé de ces expériences au printemps de l'année 1800 , époque à laquelle un événement important les interrompit pour une année. Mais je les repris en mars 1801 , avec de nouveaux plans d'exécution , et des additions considérables à mes appareils.

Dans le cours de mes premiers essais j'avois eu l'idée d'un procédé que je commençai , à cette époque , à mettre en pratique. Les chimistes connoissent l'alliage fusible qui se liquéfie à la température de l'eau bouillante (1). J'imaginai qu'en substituant cette composition métallique à la glaise pulvérisée , je gagnerois du temps et de la précision dans mes expériences ; c'est-à-dire , qu'après avoir introduit le carbonate au fond du canon , je pourrois achever de le remplir du métal fondu ; ensuite lorsqu'il seroit refroidi et

(1) Huit parties de bismuth , cinq de plomb , et trois d'étain.

solidifié je pourrois introduire la culasse seule du canon sous la moufle, tandis que je maintiendrois soigneusement le reste dans une température froide. Il n'y auroit ainsi de fondu dans le métal fusible que la portion voisine de la culasse, le reste formeroit un tampon qui contiendroît très-efficacement l'acide carbonique. Ensuite, lorsque l'expérience seroit terminée, et l'appareil refroidi, je me débarrasserois aisément du métal fusible, en chauffant le canon à un degré légèrement supérieur au terme de l'eau bouillante, température qui suffiroit à liquéfier l'alliage, et ne pourroit avoir aucun effet sur le carbonate, que je retirerois du canon pour l'examiner, après avoir versé au dehors le métal fondu.

Cette méthode, avec quelques modifications ou additions, a été suivie dans la plupart de mes expériences.

J'observai, dans le premier essai que j'en fis, un phénomène remarquable, qui me suggéra la plus importante de ces modifications. J'avois rempli un canon de

métal fusible, sans carbonate; et après avoir introduit la culasse sous la moufle, je vis avec surprise, lorsque le fer fut près de rougir, que le métal liquide suintoit au travers, en gouttelettes innombrables dont il étoit garni tout autour. A mesure que la chaleur devenoit plus forte la transsudation s'augmentoit, jusqu'à ce qu'enfin elle forma des filets continus, et le canon fut absolument détérioré. Dans plusieurs essais du même genre, le métal fusible chassé dans de très-petites fissures du canon, jaillissoit au dehors à la distance de plusieurs verges, et se déposoit sur les corps solides environnans, sous la forme de fils très-fins ressemblant à de la laine. Je ne tardai pas à comprendre que ce phénomène provenoit de la plus grande expansibilité du métal fusible relativement à son enveloppe solide; l'effort qui en résultoit chassoit le métal liquide au travers du fer, comme l'eau avoit été chassée au travers de l'argent par une pression mécanique, dans l'expérience

des académiciens de Florence (1). Je présumai que je pourrois prévenir cet effet en enfermant dans le canon, avec le métal fusible, une petite quantité d'air qui, en cédant un peu à l'expansion du liquide, sauveroit le canon. Cette précaution réussit parfaitement, et je l'employai dans toutes les expériences qui furent faites à cette époque (2).

(1) *Essais d'expériences physiques faites dans l'Académie del Cimento*, traduit par Waller, Londres 1684, p. 117. Voyez la traduction latine de Muschenbroeck. La Haye, 1751, p. 63.

(2) J'éprouvai beaucoup de difficulté à déterminer la quantité d'air qu'il convenoit de renfermer ainsi. Si j'en introduisois trop, l'élasticité trop diminuée nuisoit au résultat, ainsi que je le montrerai ci-après. S'il n'y avoit pas assez d'air, ou si par accident il s'échappoit avant l'expérience, le canon étoit toujours détruit.

J'espérois pouvoir déterminer le volume convenable à laisser dans le canon, en mesurant la quantité d'air chassée de ce même canon ouvert et exposé par sa culasse à un degré de chaleur connu; mais je vis, avec surprise que la quantité ainsi expulsée étoit d'un volume plus considérable que celui de l'air confiné avec le carbonate par le métal fusible, et exposé

Je me proposai alors , dans le but de conserver le carbonate bien pur , de le renfermer dans un petit vase approprié ; et pour le retirer plus commodément à la fin de l'expérience , j'attachai ce vase à une baguette de fer plus longue que le canon , et au moyen de laquelle je l'introduisois ou le retirois à volonté.

à la même température. Or, comme l'expansion du liquide ne paroît pas susceptible d'être sensiblement diminuée par une force qui agiroit en opposition contre elle, on ne peut expliquer ce fait que par une dilatation du canon. Ainsi, dans ces expériences, la force expansive de l'acide carbonique, celle de l'air renfermé, et celle du métal fusible, agissoient ensemble contre les parois du canon, qui cédoient en partie, ainsi que l'air renfermé. J'avois pour objet d'augmenter l'énergie de cette action réciproque, en diminuant la quantité d'air, et par d'autres moyens dont je parlerai ci-après. On ne pouvoit pas espérer beaucoup de précision dans des expériences qui devoient résulter de l'action simultanée de plusieurs forces dont les variations dépendent de lois inconnues; et il n'est point étonnant qu'en essayant d'atteindre jusques à la limite de la force de compression j'aie détruit un très-grand nombre de canons de fer.

Je prenois un petit tube de verre (1) ou de porcelaine, de Reaumur, d'environ un quart de pouce de diamètre, et long d'un ou de deux pouces, Λ (fig. 2); je le remplissois à moitié de carbonate de chaux pulvérisé et refoulé aussi fortement qu'il étoit possible; on achevoit de remplir le tube avec du silex en poudre, ou telle autre matière propre à empêcher l'introduction du métal fusible, très-pénétrant lorsqu'il est liquide. Ce tube, ainsi rempli, étoit introduit dans une cage de fer ($dfkh$, fig. 3, 4, 5 et 6) fixée à l'extrémité m d'une baguette de fer mn . Cette cage avoit de trois à six pouces de longueur, et sa grosseur lui permettoit d'entrer aisément dans le canon. Elle étoit composée de deux rondelles de fer circulaires, $defg$, et $hikl$ (qu'on voit de profil dans les figures), et perpendiculaires à l'axe de la baguette, à laquelle

(1) J'ai employé ensuite des tubes de porcelaine commune, trouvant que le verre étoit beaucoup trop fusible pour servir à cet usage.

L'une des rondelles *de fg* étoit attachée par son centre *m*. Les rondelles étoient unies l'une à l'autre par quatre montans de fil de fer aplati *dh*, *ei*, *fk*, et *gl*, qui formoient la cage dans laquelle on introduisoit le tube A contenant le carbonate, en écartant l'un de l'autre deux de ces montans. A ce tube on en joignoit un second B, de fer ou de porcelaine, rempli d'air seulement. On mettoit aussi dans la cage un cylindre pyrométrique C (1) en contact avec le tube A qui

(1) Les cylindres pyrométriques employés dans ces expériences avoient été fabriqués sous mes yeux. J'avois été forcé d'entreprendre ce travail difficile, et j'y ai réussi de manière à me procurer un assortiment de pièces qui, sans être complet, a assez bien atteint le but que je me proposois. J'ai eu, depuis cette époque, l'occasion de comparer ces pièces avec celles de M.^r Wedgwood, dans des températures variées et dans des fourneaux d'un grand volume et dont l'action étoit uniforme. J'ai trouvé que mes cylindres s'accordoient aussi bien entr'eux que les siens, quoique les degrés absolus ne fussent pas les mêmes pour les deux préparations. J'ai, en conséquence, construit une table au moyen de laquelle j'ai

contenoit le carbonate. Ces divers objets occupoient ordinairement la cage toute entière ; sinon on remplissoit l'espace vacant par un morceau de craie taillé en conséquence. La fig. 4 représente la cage remplie comme on vient de l'indiquer.

Les dispositions ainsi faites, on plaçoit le canon verticalement, et on le remplissoit à moitié du métal fusible liquéfié. Alors on introduisoit la cage et on la plongeoit jusques au fond du liquide, en sorte que le carbonate se trouvoit voisin de la culasse, comme on le voit fig. 5, le métal fusible étant représenté en O. Le tube à air B étant placé de manière

pu réduire les températures observées avec mes cylindres à ce qu'elles auroient été si j'eusse employé ceux de Wedgwood. J'entends, par cylindres de Wedgwood, ceux du seul assortiment qui a été vendu au public, et dans lequel la température à laquelle se fond l'argent est indiquée au 22.° degré. Je sais bien que feu M.^r Wedgwood, dans sa table des fusibilités, place cette fusion au 28.°, mais je suis convaincu que ses observations ont été faites avec quelque assortiment différent de celui qu'il a mis ensuite dans le commerce.

à entrer dans le liquide avec son orifice tourné en bas, conservoit en grande partie l'air dont il étoit originairement rempli, quoique la dilatation causée par la chaleur du métal en fît échapper une partie au moment de l'immersion. L'alliage étant refroidi, et recouvrant bien exactement la cage et la portion contiguë de la baguette, l'air qui étoit resté dans le tube y étoit bien efficacement contenu, et tout le reste étoit bien fermé. On achevoit alors de remplir le canon jusqu'à la bouche, avec le métal fondu, et l'appareil étoit prêt à recevoir l'action de la chaleur sur la culasse, ainsi qu'on le voit fig. 6.

Dans les expériences qui furent faites à cette époque j'employois un fourneau carré de briques, fig. 7 et 8, traversé horizontalement par une moufle *r s* ouverte des deux côtés. La moufle étoit soutenue au milieu par un support très-mince, et exposée au feu par dessous, comme latéralement. Le canon étoit introduit dans la moufle de manière que la culasse occupât l'endroit le plus chaud,

et

et que l'extrémité voisine de la bouche s'éloignât assez du fourneau pour qu'on pût l'entretenir froide, au moyen de linges qu'on arrosoit d'eau de temps en temps. Cette disposition est représentée fig. 7. Alors le métal fusible qui environnoit la cage étant fondu, l'air contenu dans le petit tube cherchoit à occuper la partie supérieure du liquide, et il étoit remplacé dans ce tube par le métal fusible. On voit en *p q*, fig. 6, cette nouvelle disposition de l'air.

Lorsque l'expérience étoit terminée, on se débarrassoit ordinairement de l'alliage métallique en mettant le canon dans la moufle, dans une position légèrement inclinée, et en commençant par le côté de la bouche, et avançant la culasse à mesure que le métal liquéfié s'écouloit : cette opération est représentée fig. 8. Dans quelques-unes des premières expériences de cette classe, je dégageois la cage en plongeant le canon dans de la saumure chauffée au-dessus du degré de l'eau bouillante, ou dans une forte

solution de muriate de chaux qui peut supporter une température de 250° F. (97 R.) avant d'entrer en ébullition ; j'employois à cet effet un vase de trois pouces de diamètre sur trois pieds de profondeur , portant un évaseement en haut en forme de bassin pour recevoir le liquide lorsqu'il entroit en forte ébullition. Ce procédé , quoique bon , étoit désagréable à employer , et j'y renonçai ; cependant j'y suis revenu dans quelques expériences où il étoit important d'ouvrir le canon par la température la plus basse possible (1).

J'ai fait , en suivant ces procédés , un

(1) Dans plusieurs des expériences suivantes j'ai employé le plomb à la place de l'alliage fusible , et souvent avec succès. Mais j'ai perdu ainsi plusieurs bons résultats ; car la chaleur requise pour la fusion du plomb est si voisine de celle qui fait rougir le fer , qu'il est difficile de dégager la cage sans employer une température qui peut attaquer le carbonate. Je me suis bien trouvé d'environner d'alliage fusible la cage et quelques pouces de la bague, et de remplir de plomb le reste du canon.

grand nombre d'expériences , dont les résultats , qui m'offroient à cette époque de ma recherche un très-grand intérêt , ont moins d'importance à mes yeux d'après les progrès subséquens de mon travail. Je me contenterai donc d'en indiquer un fort petit nombre.

Le 31 mars 1801 , je refoulai quarante grains de craie pulvérisée , dans un tube de verre vert , de bouteille , et je le plaçai dans la cage , ainsi que je l'ai indiqué. Une pièce pyrométrique mise dans la moufle à côté du canon marquoit le 33.^o degré. Le canon fut exposé à cette température pendant dix-sept à dix-huit minutes. En retirant la cage , le carbonate s'offrit sous l'apparence d'une masse solide , dont le volume étoit évidemment réduit ; l'espace qu'il avoit laissé dans le tube en se condensant étoit très-exactement rempli par le métal , qui étoit demeuré attaché en couche mince tout autour du carbonate , sans pénétrer le moins du monde dans son intérieur , en sorte qu'on pouvoit aisément s'en débarrasser. Le

pois du carbonate étoit réduit de 40 grains à 36. La substance étoit très-dure , et résistoit plus au canif qu'aucun des produits précédemment obtenus. Sa fracture étoit cristalline et ressembloit à celle du marbre blanc salin : elle étoit décidément translucide sur les bords minces , circonstance qui fut observée pour la première fois dans ce résultat.

Le 3 mars de la même année , je fis une expérience semblable , dans laquelle je mis une pièce pyrométrique dans le canon et une autre à côté de lui en dehors. Elles s'accordèrent à indiquer le 25.^e degré. Le tube intérieur , qui étoit de porcelaine de Reaumur, contenoit quatre-vingts grains de craie pulvérisée. Le carbonate se trouva après l'expérience avoir perdu trois grains et demi. On voyoit en dehors de la masse une croûte mince de matière blanchâtre , de moins d'une vingtième de pouce d'épaisseur. A d'autres égards le carbonate étoit parfait ; sa couleur étoit jaunâtre , et il avoit une demi-transparence décidée et une fracture saline. Mais ce qui rend ce

résultat plus précieux c'est qu'en cassant la masse on trouva au dedans un espace de plus de $\frac{1}{10}$ de pouce en carré , complètement cristallisé, et où l'on découvroit avec évidence la fracture rhomboïdale du spath calcaire. Il étoit blanc et opaque , et montrait trois rangées de lames parallèles qui se présentoient sous trois angles différens. Cette substance , à raison de la calcination partielle qu'elle avoit éprouvée, et de l'absorption subséquente d'humidité qui en avoit été la suite , avoit perdu au bout de quelques semaines ces apparences remarquables ; mais une fracture nouvelle les lui a rendues, et on a conservé l'échantillon en le plaçant dans un tube de verre scellé hermétiquement.



III.

Expériences faites dans des tubes de porcelaine. — Tubes de terre de Wedgwood. — Moyen employé pour contenir l'acide carbonique et pour fermer les pores de la porcelaine dans un appareil horizontal. — On adopte l'appareil vertical. — Exposé des résultats obtenus avec le fer, et avec la porcelaine. — Formation de la pierre à chaux et du marbre. — Recherches de la cause des calcinations partielles. — On pèse les tubes de porcelaine avant de les rompre. — Preuve que les expériences avec les tubes de porcelaine ont des limites.

TANDIS que je conduisois les expériences qui précèdent, je m'occupois de temps en temps d'une autre suite, entreprise avec des tubes de porcelaine. J'étois même si prévenu en faveur de ce dernier procédé que je m'y attachai pendant plus d'une année, en laissant de côté les canons de fusil. Les procédés suivis avec cette substance différent beaucoup de ceux

déjà décrits, quoique fondés sur les mêmes principes généraux.

Je me procurai dans la manufacture de M.^r Wedgwood, à Etruria, dans le Staffordshire, un assortiment de tubes faits de la même matière que les mortiers blancs dont on se sert communément. Ces tubes avoient quatorze pouces de long, et demi-pouce de diamètre intérieur; leur épaisseur étoit de $\frac{2}{10}$ de pouce. Ils étoient fermés à l'une de leurs extrémités. On les voit fig. 9, 10, 11, 12 et 13.

Je me proposois de refouler le carbonate de chaux, dans le fond du tube, que j'appellerai la culasse, A, fig. 9; ensuite, après avoir refoulé jusques vers l'orifice, du silex pulvérisé B, de remplir l'espace restant C de borax ordinaire (borate de soude), préalablement vitrifié et pulvérisé ensuite; d'appliquer d'abord la chaleur à la bouche du tube seulement, de manière à convertir ce borax en verre solide; ensuite, en renversant l'opération, d'appliquer la chaleur à l'extrémité fermée du tube, soit à la culasse qui contenoit

le carbonate, en maintenant froide l'autre extrémité.

J'espérois ainsi contenir l'acide carbonique ; mais j'éprouvai de grandes difficultés qui me conduisirent à diverses modifications que je vais indiquer en peu de mots. Deux causes empêchèrent que mon premier procédé ne réussît ; d'abord l'acide carbonique échappoit à la force compressive, en se logeant dans les interstices du silex pulvérisé, et comparativement froid. Ensuite, le verre de borax se fendilloit toujours en se refroidissant, et je ne pouvois guères compter alors sur son imperméabilité.

Il me vint à l'esprit, pour remédier à la fois à ces deux inconvéniens, et en addition au premier arrangement, de placer un peu de borax C, fig. 10, assez près de la culasse du tube pour qu'il éprouvât à peu près la même chaleur que le carbonate A ; mais en interposant entre ce borax et le carbonate une couche de silex B, pour empêcher la communication immédiate des deux substances. J'imaginóis

que le borax dans son état liquide , ou visqueux , étant poussé en dehors par l'expansion de l'acide carbonique , comprimeroit le silex derrière lui en D , et empêcheroit absolument que tout fluide élastique pût , ni sortir du tube , ni même parvenir jusques dans sa partie froide.

A quelques égards mon procédé réussit. Le verre de borax , qu'on ne peut jamais obtenir froid sans gerçures innombrables , se réunit en une masse visqueuse , à la température la plus basse de l'ignition visible ; et comme ce n'est que vers cette température que commence l'action , dans ces expériences , le borax chauffé alors en même temps que le carbonate , devient imperméable au moment où cette qualité est nécessaire. J'obtins ainsi plusieurs bons résultats ; mais , j'observai dans la pratique , qu'à mesure que la chaleur augmentoit , le borax devenoit trop liquide , et qu'il se perdoit souvent dans les pores du silex , en laissant vide un espace qu'on reconnoissoit lorsqu'on cassa le tube. Il devint donc nécessaire d'opposer quelque

chose de plus substantiel et de plus compacte à la fluidité pénétrante du verre de borax pur.

En cherchant une substance convenable, le hasard me fit découvrir une propriété curieuse du verre de bouteille. J'avois introduit une certaine quantité de ce verre pulvérisé, sous une moufle, à la température de 20°, environ, de Wedgwood : au bout d'une minute, ou à peu près, la poudre passa à un état d'agglutination visqueuse, en consistance de miel ; et dans la seconde minute, sans que la chaleur eût augmenté, elle se consolida en une masse compacte de porcelaine de Reaumur (1). Ce phénomène me fit présumer qu'en plaçant du verre de bouteille pulvérisé, immédiatement derrière le borax, je modifierois utilement la qualité pénétrante du verre que produit ce sel ; car

(1) Dans la même température une masse de verre, de volume égal, subiroit le même changement ; mais ce ne seroit qu'au bout d'une heure de séjour sous la moufle.

la porcelaine de Reaumur a le double avantage d'être réfractaire, et de ne pas se gercer dans les changemens de température. Mais je remarquai que dans l'acte de sa consolidation le verre pilé diminueoit de volume, et laissoit entre sa masse et le tube un intervalle par lequel le borax et l'acide carbonique se faisoient jour.

Mais j'atteignis mon but, en mêlant au verre de bouteille pulvérisé, partie égale de silex en poudre. Ce mélange s'agglutine encore, non pas à la vérité en masse aussi dure que la porcelaine de Reaumur, mais suffisamment tenace pour l'objet; et comme elle ne se contracte pas sensiblement, le borax se trouvoit très-efficacement retenu. On voit cette disposition fig. 11. Ainsi le procédé pour fermer les tubes fut rendu assez complet pour réussir presque toujours dans la pratique (1). Je trouvai quelqu'avantage

(1) Je découvris, par un autre accident, une substance également efficace pour s'opposer à la qualité pénétrante du verre de borax; ce n'est autre chose

à le raffiner encore de la manière suivante : j'introduisis du côté de l'orifice une seconde série des matières pulvérulentes que j'ai indiquées , ainsi qu'on le voit fig. 12. Pendant la première période de l'expérience , on exposoit à la chaleur cette dernière série , avec toute la moitié extérieure *a b* du tube ; on se procuroit ainsi dans son intérieur une masse solide qui demeurait froide et dure pendant l'action subséquente de la chaleur sur le carbonate.

Je ne tardai pas à découvrir que malgré toutes mes précautions l'acide carbonique s'échappoit , et qu'il traversoit la substance même des tubes sans qu'on y vît de gerçures. Je pensai qu'on pourroit remédier à cet inconvénient en enduisant de borax l'intérieur du tube ; il pénétreroit , dans son état de fusion , les pores de la porcelaine , et les fermeroit comme l'huile

qu'un mélange de borax et de sable commun ; il en résulte une composition que la chaleur fait passer à l'état d'une pâte très-consistante , et qui devient dure et compacte en se refroidissant.

obstrue ceux du cuir qu'on met sous le récipient de la pompe pneumatique. Dans ce but, je refoulai le carbonate dans un petit tube, et je l'environnai de verre de borax pulvérisé, qui, dès que la chaleur eut commencé à agir, s'étendit sur la surface intérieure du gros tube, et ferma ses pores. Je fis ainsi plusieurs bonnes expériences avec des tubes couchés horizontalement dans des moufles ordinaires, selon la disposition représentée fig. 13.

Je pus ainsi pousser les expériences avec cette porcelaine jusqu'au terme extrême de sa ténacité. Mais je n'étois pas satisfait de ce degré de compression; et espérant obtenir des tubes de meilleure qualité, je perdis beaucoup de temps à faire des essais de diverses compositions de pâte de porcelaine. J'y réussis jusqu'à produire des tubes qui retenoient la plus grande partie de l'acide carbonique sans être vernis à l'intérieur. La matière qui me réussit le mieux pour cet objet fut la terre à porcelaine pure de Cornwall, ou

une composition de deux parties de cette argile sur une de ce que les potiers appellent *cornish stone*, que je considère comme un granite en état de décomposition. Ces tubes étoient longs de sept à huit pouces, et leur diamètre intérieur alloit en diminuant depuis l'entrée jusques au fond, de 1 pouce, à 0,6. Leur épaisseur étoit d'environ 0,3 de pouce à la culasse, et elle se réduisoit vers l'orifice à celle d'un pain à cacheter.

J'introduisis alors un changement dans mon procédé: je plaçai mes tubes verticalement, et non horizontalement comme ci-devant. En observant la liquidité du borax fondu, je me persuadai qu'il falloit le traiter comme un liquide parfait, qui, soutenu par dessous pendant l'expérience, assureroit mieux l'imperméabilité du tube qu'il ne pouvoit le faire dans la position horizontale, où le borax se réunissoit exclusivement sur le côté inférieur de ce même tube.

Dans ce but, fig. 16, je remplis la culasse ainsi que je l'ai indiqué plus haut, et j'introduisis dans l'orifice un peu de

borax C, soutenu vers le milieu du tube par une certaine quantité de silex mêlé avec du verre de bouteille B. Je plaçai le tube ainsi préparé, de manière que la culasse étoit enfoncée dans un creuset plein de sable E, et l'axe du tube dirigé verticalement. Je me proposai alors d'appliquer la chaleur à la moitié supérieure du tube, l'autre demeurant froide. Dans ce but, je construisis un fourneau, fig. 14 et 15, portant une moufle verticale *cd*, environnée de feu de tous côtés *ee*, et ouverte en haut en *c* et en bas en *d*. Le creuset dont je viens de parler étant alors placé, avec son tube, sur un support situé dans le prolongement inférieur de l'axe vertical de la moufle, fig. 14 F, on le souleva jusqu'à ce que la moitié supérieure du tube se trouvât dans la moufle, et ainsi exposée à l'action de la chaleur. On vit alors, en regardant par dessus, le borax se fondre, couler en bas dans le tube, l'air contenu dans la poudre s'échappant en même temps en bulles, jusqu'à ce que la surface du borax

vitriifié parût calme et limpide comme de l'eau. On projeta alors d'en haut, au moyen d'un tube de verre, une certaine quantité du même sel qui fit élever la surface liquide jusques vers le haut du tube, et quand tout fut refroidi on donna au tube la position inverse; l'orifice fut plongé dans le sable, fig. 17, et la culasse fut introduite dans la moufle. Dans plusieurs expériences je me trouvai bien de remplir une grande partie de l'espace voisin de l'orifice, avec un cylindre de sable et d'argile, cuit préalablement, fig. 19, K K, qu'on introduisoit, ou en même temps que le borax pulvérisé, en commençant l'expérience, ou bien qu'on plongeoit rouge dans le borax liquéfié. Dans plusieurs cas je cherchai à rendre le tube encore plus imperméable, en le vernissant en dedans avec du borax, le carbonate demeurant dans son petit tube, fig. 18.

Ces procédés me réussirent. Les trois quarts du tube du côté de l'orifice se trouvèrent complètement remplis d'une masse, concave aux deux extrémités *f*,
 et

et g, fig. 17, 18, 19, et qui indiquoit par cette circonstance qu'elle avoit été également liquéfiée dans les deux positions opposées dans lesquelles la chaleur lui avoit été appliquée. J'obtins ainsi un degré d'imperméabilité si grand, qu'il en résulta un inconvénient imprévu. Un nombre de tubes furent mis hors de service, non par explosion, mais par la formation d'une petite fissure longitudinale à la culasse, par laquelle le borax et l'acide carbonique s'échappèrent. Je vis que cet effet étoit dû à la dilatation du borax liquide, et qu'il étoit tout-à-fait analogue à celui du métal fusible sur les canons de fer dans une circonstance semblable. La crevasse indiquoit l'action d'une force très-énergique déployée seulement jusques à une très-petite distance. Je remédiai à cet inconvénient par l'addition d'un fort petit tube rempli d'air; mais je n'en fis usage que dans quelques expériences.

En employant les diverses méthodes que je viens d'indiquer, je fis, dans les années 1801, 1802 et 1803, un nombre

d'expériences qui, en y comprenant celles faites avec les canons de fer, s'éleva à cent cinquante-six. Dans des opérations d'un genre aussi nouveau, et dans lesquelles on forçoit les appareils jusques vers la limite de leur résistance, on ne pouvoit pas s'attendre à un succès constant; et, par le fait, un grand nombre d'expériences manquèrent, ou en totalité ou en partie. Cependant les résultats furent satisfaisans jusques à un certain point, entant qu'ils parurent établir quelques-uns des points essentiels de cette recherche.

Ces expériences prouvent qu'à l'aide d'une pression mécanique on peut soumettre le carbonate de chaux à une forte chaleur sans qu'il se calcine, et sans qu'il perde sensiblement son acide carbonique, qu'il auroit laissé échapper en entier à feu ouvert, dans la même température (1);

(1) Nous croyons qu'il faut distinguer dans l'action du feu sur la pierre calcaire, le cas où la flamme peut s'y appliquer immédiatement, comme elle le fait dans les calcinations ordinaires en grand, de celui

et que dans ces circonstances la chaleur produit précisément les mêmes effets qu'on lui attribue dans la théorie Huttonienne.

Par cette influence de la chaleur réunie à celle de la pression, le carbonate de chaux, qui avoit été introduit à l'état d'une poudre fine, se trouve agglutiné en une masse solide, presque aussi dure, aussi compacte, et spécifiquement aussi pesante (1) que la pierre calcaire; et quelques-uns de ces résultats, par leur fracture saline, leur demi-transparence, et leur faculté de prendre le poli, méritent le nom de marbre.

dans lequel le feu ne peut agir sur la pierre qu'au travers de quelques vases, c'est-à-dire, par la seule influence de la température. Dans ce dernier cas, il s'en faut de beaucoup qu'il puisse, à la température ordinaire de l'ignition, chasser tout l'acide carbonique; et la pierre n'est que très-imparfaitement calcinée, ainsi que nous l'avons éprouvé. Pour suppléer à l'action immédiate de la flamme, on peut introduire successivement dans l'appareil de l'eau en vapeurs, qui aide puissamment au dégagement de l'acide carbonique, et complète la calcination. (*Note du traducteur.*)

(1) Voyez l'Appendix.

On fit les mêmes essais avec toutes les substances calcaires ; avec la craie , la pierre calcaire commune , le marbre , le spath , et les coquillages. Toutes ont montré la même propriété générale , avec quelques variétés quant à la température. Ainsi je reconnus que , dans les mêmes circonstances , la craie s'agglutinoit plus facilement que le spath ; il falloit à ce dernier une température de deux degrés plus élevée que celle qu'avoit éprouvé la craie pour obtenir le même degré d'agglutination.

La craie que j'ai employée dans mes premières expériences prenoit toujours le caractère d'un marbre jaune , sans doute , par la présence d'une petite quantité de fer. Lorsqu'on soumettoit à l'action simultanée de la chaleur et de la pression un morceau solide de craie dont on avoit mesuré préalablement les dimensions dans le canal du pyromètre de Wedgwood , on remarquoit qu'il avoit éprouvé beaucoup de contraction par le rapprochement des molécules dans l'acte de leur

consolidation. Son volume subissoit une diminution triple de celle qu'éprouvoient les cylindres pyrométriques dans la même température. Elle perdoit aussi presque en entier sa faculté d'imbiber l'eau, et elle acquéroit beaucoup de pesanteur spécifique. J'ai souvent observé que des masses de craie qui avant l'expérience offroient une blancheur uniforme, prenoient une apparence stratifiée, dont les couches étoient indiquées par une suite de lignes brunes parallèles. Cette circonstance pourra par la suite jeter quelque jour sur l'histoire géologique de cette substance extraordinaire.

J'ai dit, que presque tout l'acide carbonique étoit retenu par la pression mécanique. Dans le fait, à cette période, on avoit toujours observé quelque perte de poids dans les expériences, soit avec les tubes de fer, soit avec ceux de porcelaine. Mais, cette circonstance même a quelque prix, parce qu'elle montre que l'influence de l'acide carbonique est susceptible d'être variée par sa quantité.

Lorsque la perte excédoit 10 à 15 p. $\frac{6}{10}$

du poids du carbonate (1) le résidu montrait toujours un tissu friable, sans caractère pierreux. Lorsqu'elle étoit au dessous de 2 à 3 p. $\frac{r}{o}$, le résultat étoit considéré comme bon, et il possédoit les propriétés du carbonate ordinaire. Dans les cas intermédiaires, lorsque, par exemple, la perte s'élevoit à 6 ou 8 p. $\frac{r}{o}$, le résultat étoit quelquefois excellent, au premier moment, la substance ayant toutes les apparences de la solidité, et possédant souvent un caractère de cristallisation très-déterminé; mais elle ne pouvoit supporter l'action de l'air; et en attirant ou l'acide carbonique, ou l'humidité, et peut-être l'un et l'autre, elle tomboit en poussière plus ou moins promptement, selon les circonstances. Ce fait semble prouver que le carbonate de chaux, sans être tout-à-fait saturé d'acide carbonique, peut posséder les propriétés de la pierre

(1) J'ai trouvé que, dans la calcination à feu ouvert, la perte totale qu'éprouve le carbonate varie, selon les espèces, entre 42 et 45,5 pour cent.

à chaux ; et il se pourroit qu'une différence de ce genre existât entre les variétés des carbonates naturels , et qu'elle expliquât leurs divers degrés de résistance aux influences atmosphériques.

J'ai observé dans un nombre de cas , que la calcination n'a atteint que jusques à une certaine profondeur dans la masse ; la partie intérieure demeurant dans l'état de carbonate complet, et en général d'une très-belle qualité. La calcination partielle paroît ainsi avoir lieu de deux manières différentes. Par l'une , une petite portion d'acide carbonique est enlevée de chaque particule de carbonate ; par l'autre , une portion du carbonate est calcinée en entier, tandis que le reste conserve son intégrité. Peut-être l'un de ces résultats est-il l'effet d'une foible cause de calcination agissant pendant un temps long ; et l'autre , celui d'une cause énergique qui n'a agi que dans un court intervalle.

Quelques-uns des résultats qui paroissent être les plus parfaits , en sortant de l'appareil se sont dégradés par l'effet d'une

calcination partielle. Le bel échantillon produit le 3 mars 1801, a éprouvé jusques à un certain point cet accident, mais on l'a rétabli par une fracture nouvelle.

Un autre échantillon de marbre, formé avec du spath pulvérisé le 15 mai 1801, étoit si parfait qu'il trompa l'ouvrier employé à le polir; il déclara que si ce marbre avoit été un peu plus blanc, la carrière d'où on l'avoit tiré seroit d'une grande valeur, en supposant qu'elle se trouvât à portée d'un débouché. Cependant, ce même échantillon tomba en poussière peu de semaines après.

Mais, on en a obtenu un grand nombre qui résistent aux influences de l'air et conservent leur poli aussi bien qu'aucun marbre. Quelques-uns d'entr'eux ont encore toute leur dureté, quoique conservés sans précaution pendant quatre à cinq ans. L'assortiment, en particulier, qui a été mis l'année dernière sous les yeux de la Société, est encore dans son état de perfection, quoique parmi les échantillons qui le composent il y en ait

qui ont été produits en 1799 , d'autres en 1801 et 1802 ; et quoique les onze premiers aient été long-temps plongés dans l'eau à l'occasion des expériences faites pour déterminer leur pesanteur spécifique.

J'observai dans une de ces expériences un fait singulier , qui peut conduire par la suite à quelques conséquences importantes. Il s'étoit glissé un peu de rouille de fer dans le tube ; il contenoit 10 grains de carbonate, et il éprouva une chaleur de 28 degrés. Le tube n'étoit point gercé ; cependant on étoit certain que l'acide carbonique avoit échappé au travers de ses pores. Lorsqu'on le remplit on trouva la place du carbonate occupée en partie par une matière noirâtre ressemblant à une scorie , et en partie par des sphérules de diverses grosseurs depuis celle d'un petit pois, au dessous, composées d'une matière blanche qui se trouva être de la chaux-vive ; les sphérules étant entremêlées dans la scorie comme le spath et l'agate se trouvent dans le whinstone. La scorie provenoit certainement du mélange du fer

avec la matière du tube ; et la forme sphérique de la chaux-vive semble indiquer que le carbonate avoit été en fusion en même temps que la scorie, et qu'elle s'étoit séparée d'elle à l'époque du départ de l'acide carbonique.

J'avois poussé mes recherches jusques à ce point en 1803, époque à laquelle j'aurois probablement publié mes expériences si je n'eusse été engagé à poursuivre ce travail par certaines indications et par quelques résultats accidentels trop irréguliers et trop incertains, de leur nature, pour être publiés, mais qui me persuadèrent qu'il seroit possible d'établir par expérience la réalité de tous les principes qui ne sont qu'hypothétiques dans la théorie Huttonienne.

Le principal objet que j'avois actuellement en vue étoit de compléter la fusion entière du carbonate, et d'obtenir pour résultat de cette fusion le spath, tel qu'on pourroit imaginer que la nature l'a produit par des moyens analogues.

Il étoit important aussi d'acquérir la

possibilité de contenir tout l'acide carbonique du carbonate, soit comme un fait intéressant, soit à cause de ses conséquences, le résultat étant évidemment de plus en plus parfait, à mesure qu'on approchoit davantage de l'état de saturation complète. Je mis donc un intérêt particulier à rechercher la cause des calcinations partielles qui avoient toujours eu lieu plus ou moins dans toutes ces expériences. On se demande naturellement ce qu'est devenu l'acide carbonique séparé de sa base dans ces opérations ; s'est-il échappé en entier au travers du vase, ou a-t-il été retenu dans un état gazeux mais fortement comprimé ? Il me sembla qu'on pourroit répondre aisément à cette question en pesant le vase, avant et après l'action de la chaleur sur le carbonate.

Il existoit dans les expériences faites dans les canons de fer une source constante et inappréciable d'irrégularité, dans l'oxidation du métal. Mais avec la porcelaine la chose étoit facile ; et depuis l'époque à laquelle cette question se pré-

senta à mon esprit je ne manquai point de peser le tube dès que son orifice avoit été fermé, et de le peser de nouveau après que le feu avoit agi sur son autre extrémité, en le laissant préalablement se refroidir dans les deux cas. Je trouvai toujours quelque diminution de poids; ce qui prouve que dans les meilleures expériences le tube se laissoit pénétrer jusques à un certain point. Je cherchai ensuite à découvrir si une portion quelconque de l'acide carbonique séparé demeuroit dans le tube sous forme gazeuse; dans ce but j'enveloppai dans une feuille de papier le tube qui venoit d'être pesé, et je le mis dans le bassin d'une balance; dès que son poids fut très-exactement déterminé je le brisai, d'un coup sec et je remis dans le même bassin le papier et tous ses fragmens. Dans les expériences qui avoient produit une calcination complète, le poids ne changea point, parce que tout l'acide carbonique s'étoit échappé pendant l'action de la chaleur; mais dans les bons résultats, j'observai toujours une diminution de poids

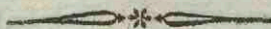
lorsque je pesai le tube après l'avoir brisé.

Ces faits prouvent que les deux causes de calcination avoient opéré dans les tubes de porcelaine ; que dans les cas où la perte étoit peu considérable, une partie de l'acide carbonique s'étoit fait jour au travers du vase, qui en avoit retenu une autre partie. J'avois en vue des moyens d'éviter ce dernier inconvénient, mais je ne voyois aucun remède au premier. Je commençai donc à désespérer de réussir finalement avec des tubes de porcelaine (1).

Une autre circonstance me confirma dans cette opinion. Je trouvai qu'on ne pouvoit appliquer à ces tubes chargés de carbonate, une chaleur au-dessus de 27°,

(1) Je n'en demeure pas moins persuadé que dans quelques cas, on peut employer avec succès des tubes de ce genre dans des expériences de compression, avec beaucoup de facilité et d'avantage. Je m'adresse surtout aux chimistes et géologues de France et d'Allemagne qui peuvent facilement se procurer dans leurs propres manufactures, des tubes de qualité fort supérieure à tout ce qu'on destine, dans ce pays, au commerce ordinaire.

sans les détruire soit par explosion, ou par quelque crevasse, ou enfin par un renflement qu'ils éprouvoient en vertu de la force élastique intérieure. Quelquefois cet effet alloit jusqu'à doubler le diamètre intérieur du tube, et cependant la matière ne cessoit point de contenir l'air, et le carbonate n'éprouvoit qu'une perte très-légère. Cette ductilité de la porcelaine, dans une température peu élevée, est un fait curieux, et qui montre la grande étendue de l'échelle des températures dans lesquelles s'opèrent les transitions graduées de certaines substances de l'état de solides à celui de liquides; car la même porcelaine qui est déjà susceptible d'extension sans se déchirer, à la température de 27° du pyromètre, supporte sans se déformer celle de 152° du même instrument, lorsqu'elle n'éprouve aucune pression étrangère, et elle y conserve tous ses angles aigus.



IV.

Reprise des expériences dans les canons de fusil. — On leur adapte l'appareil vertical.
— *Canons percés dans des barres solides.*
— *Dans du fer de la variété dite vieille zibeline (1). — Fusion du carbonate de chaux.*
— *Son action sur la porcelaine. — Appareil additionnel devenu nécessaire, en conséquence de cette action. — Bons résultats; et surtout quatre expériences qui éclaircissent la théorie de la calcination interne, et qui montrent l'efficacité de l'acide carbonique comme flux.*

PUISQU'EN employant des tubes de porcelaine je ne pouvois ni retenir entièrement l'acide carbonique, ni exposer le carbonate dans ces tubes à des températures élevées, je me déterminai finalement à les abandonner, et à retourner aux canons de

(1) L'auteur nous apprend ci-après, que cette épithète provient de l'empreinte de cet animal, que portent les barres préparées dans des forges de Sibérie où on l'a choisi pour armoiries.

fer, qui m'avoient procuré précédemment quelques bons résultats, favorisés peut-être par des circonstances accidentelles.

Le 12 février 1803, je commençai une suite d'expériences avec les canons de fusil, en reprenant mes premiers procédés de compression par le métal fusible, et par le plomb. Mais je changeai la position du canon, de l'horizontale à la verticale, la culasse étant tournée en haut pendant l'action de la chaleur sur le carbonate. Ce perfectionnement très-simple a produit des avantages non moins remarquables dans cette classe d'expériences que dans celles avec les tubes de porcelaine. Dans cette nouvelle position l'air renfermé, quittant son petit tube à l'époque de la fusion du métal, et montant dans la culasse, est exposé à la plus grande chaleur du fourneau, et doit par conséquent réagir avec la plus grande force; tandis que, dans la position horizontale, cet air pouvoit se réfugier jusques vers la limite du métal fondu, lieu où son élasticité seroit bien moindre à cause de la température plus basse.

basse. La même disposition me permettoit de tenir, pendant l'action de la chaleur, la bouche du canon plongée dans un vase plein d'eau; ce qui contribuoit très-efficacement à la commodité et à la sûreté de l'expérience.

Dans ce but, j'employai le fourneau de briques, à moufle verticale, déjà décrit. Je fis creuser au-dessous un puits *a a a*, fig. 20, pour recevoir un vase rempli d'eau. Ce vase, représenté fig. 21, étoit de fer fondu; il étoit profond de trois pieds, sur trois pouces de diamètre; il portoit un tuyau *d e*, sortant à angle droit, trois ou quatre pouces au-dessous de son bord supérieur, et communiquant avec un petit bassin *e f*, à la distance d'environ deux pieds. Le vase principal étant mis dans le puits *a a*, précisément au-dessous de la moufle verticale, et le bassin étant suffisamment éloigné du fourneau, l'eau qu'on y versoit arrivoit dans le vase jusques à la hauteur jugée convenable. Toute cette disposition de l'appareil est représentée fig. 20. La bouche

du canon *g* étant plongée dans l'eau, et la culasse *h* logée dans la moufle, jusques à la hauteur convenable, on l'arrêtoit avec une chaîne de fer *g f*. La chaleur, communiquée de haut en bas, maintenoit ordinairement l'eau du vase en *c* en état d'ébullition à sa surface; et on suppléoit à ce qui se dissipoit par la vaporisation, en versant de l'eau dans le bassin, dans lequel on pouvoit produire, s'il étoit nécessaire, un courant continu.

Je refoulai, comme précédemment, le carbonate dans un tube de porcelaine; et je le mis dans la cage de fer, avec un petit tube à air, et un pyromètre. La cage étoit fixée à une baguette de fer, que je fis faire à peu près aussi grosse qu'elle pouvoit l'être pour entrer dans le canon, afin d'exclure le plus du métal fusible que je le pourrois; car son expansion ayant lieu dans la proportion de sa quantité absolue, plus je pourrois la réduire, et moins j'exposerois mes canons à souffrir de l'action de cette force.

Je trouvai dans la pratique un moyen

simple de me débarrasser du métal et de sortir la cage; il suffisoit, pour cela, de tourner le canon l'orifice en bas, de manière à maintenir la culasse au-dessus de la moufle dans une région peu chaude, tandis que sa partie inférieure étoit exposée à toute la chaleur de la moufle. Alors le métal couloit de lui-même; et en faisant descendre le canon peu à peu, tout le métal se vidoit, et la cage et son contenu étoient tout-à-fait dégagés. On recevoit le métal liquide dans un creuset plein d'eau, mis sur une plaque de fer au-dessus du puits qui, dans la première période de l'expérience, avoit servi à contenir le vase plein d'eau. On trouva qu'il étoit à propos, surtout lorsqu'on employoit le plomb, de donner plus de chaleur à la bouche du canon qu'il n'en falloit, à la rigueur, pour liquéfier le métal qu'il contenoit, parce que, sans cette précaution, cette partie se refroidissant trop pendant qu'on chauffoit la culasse, le métal qui découloit de là se congeloit vers la bouche et obstruoit l'issue.

On fit, en suivant cette méthode, plusieurs expériences avec des canons de fer, qui donnèrent lieu à des progrès essentiels dans cette recherche.

Le 24 février je fis une expérience avec le spath et la craie; le spath étoit le plus près de la culasse du canon, et exposé à la chaleur la plus forte; j'avois séparé les deux carbonates avec un peu d'argile cuite. En ouvrant le canon on entendit un sifflement assez long-temps prolongé. Le spath étoit entièrement calciné; et la craie, quoique s'émiettant à l'extérieur, avoit un noyau solide extrêmement dur. La température s'étoit élevée jusques à 32°.

Cette expérience nous offre le premier exemple bien décidé, dans des canons de fer, de ce que j'appelle la *calcination interne*, c'est-à-dire du cas où l'acide carbonique, séparé de sa base terreuse, s'est accumulé dans des cavités, à l'intérieur du canon; car, après l'action de la forte chaleur, le canon avoit été entièrement refroidi; ainsi l'air introduit par le petit tube destiné à cet objet devoit

avoir repris son volume primitif, et ne pouvoit avoir par lui-même aucune tendance à sortir avec effort; la chaleur employée à ouvrir le canon n'ayant pas dépassé la température nécessaire pour amollir le métal fusible. Puis donc qu'à l'ouverture du canon il s'échappa une grande quantité de fluide élastique, il est évident qu'il y a eu à cet égard une addition qui n'a pu provenir que de l'acide carbonique du carbonate. Il s'ensuit qu'il y a eu dans l'intérieur du tube une calcination au moins partielle; la séparation de l'acide a été complète là où la chaleur a été la plus forte; et là où elle étoit moindre, la matière ne s'est calcinée qu'en partie.

Les principes chimiques établis antérieurement dans ce Mémoire nous autorisoient à attendre ce résultat. Comme la chaleur, en augmentant la volatilité de l'acide tendoit à le séparer de la terre, nous avons lieu de prévoir que, sous la même pression, mais dans des températures différentes, une portion du carbonate

pourroit être calcinée tandis que l'autre ne le seroit pas ; et que celle des deux qui seroit la moins chauffée seroit moins exposée à un changement , non-seulement par le défaut d'une température suffisante, mais aussi par le fait de la calcination de l'autre masse ; car l'acide carbonique fourni par la plus chaude des deux , devoit avoir augmenté d'autant l'élasticité du fluide élastique renfermé , et par conséquent sa force compressive. Cette cause pouvoit empêcher tout-à-fait la calcination de la plus froide des deux masses, et arrêter les progrès de l'autre. Ce raisonnement sembloit expliquer la calcination partielle, qui avoit eu lieu dans des cas où rien n'annonçoit que le gaz se fût échappé ; et il me suggéra quelques vues nouvelles dont je me hâtai de me prévaloir dans la suite des expériences. Si la calcination interne d'une partie aliquote d'une masse renfermée accroît la compression qu'éprouve le reste de cette masse , il y auroit peut-être de l'avantage à joindre dans le canon , à une petite quantité de carbonate pesée

avec beaucoup de soin , une quantité beaucoup plus considérable de cette même substance ; et à disposer les choses de manière que la pièce d'épreuve ne fût exposée qu'à une chaleur modérée, tandis qu'une chaleur plus intense , capable de produire la calcination interne , seroit appliquée au reste du contenu. Je fis un assez grand nombre d'expériences d'après ce principe , et j'obtins des résultats qui parurent confirmer mon raisonnement , et furent souvent très-satisfaisans , quoique la chaleur ne déployât pas toujours toute sa force , à mon gré.

Le 28 de février j'introduisis du carbonate, soigneusement pesé, dans un petit tube de porcelaine , mis dans un plus grand , dont le reste fut rempli de craie pulvérisée : ces carbonates, en y joignant quelques morceaux de craie mis dans la cage avec le gros tube , pesoient en tout 195,7 grains. En ouvrant le canon , l'air sortit , avec un long sifflement. L'intérieur du petit tube se trouva gâté par l'introduction d'une petite quantité du

borax qu'on avoit mis par dessus le silex pour exclure le métal fusible ; mais , le reste du carbonate contenu dans le grand tube sortit très-beau ; il étoit poreux , et comme écumeux dans toute sa masse ; on y voyoit briller un nombre de facettes dont la forme anguleuse se distinguoit fort bien dans quelques cavités , à l'aide d'une loupe. Dans quelques parties , on remarquoit l'arrondissement de la fusion ; dans d'autres , la matière étoit très-transparente. Elle étoit jaunâtre vers son extrémité inférieure , et presque sans couleur à l'autre. Dans le haut , le carbonate sembloit s'être uni au tube , et s'y être même étendu dans les endroits du contact ; on croyoit apercevoir des indices d'une action mutuelle entre les deux substances. La masse du carbonate faisoit une violente effervescence dans les acides ; mais la couche mince contiguë au tube n'en manifestoit que peu ou point.

Le 3 mars j'introduisis dans un tube de porcelaine très-propre , 56,8 grains de craie. Le tube étoit placé dans la partie

supérieure de la cage, et l'espace restant étoit rempli de deux morceaux de craie taillés convenablement; le plus élevé des deux avoit été creusé en façon de tube, pour suppléer au tube d'air ordinaire. On calcula que toutes ces pièces ajoutées pesoient environ 500 grains. On ne plaça pas de pyromètre, mais la température fut estimée aux environs du 30.^e degré. Après que le canon eut été pendant quelques minutes dans la position appropriée à l'évacuation des produits, le plomb, la baguette et la cage furent lancés avec une force considérable, et une détonation assez bruyante. Le morceau inférieur de craie avoit à peine éprouvé quelque influence de la chaleur. La partie supérieure de l'autre morceau étoit à l'état de marbre, avec quelques facettes remarquables. Le carbonate, dans le petit tube, avoit éprouvé une grande diminution de volume pendant la première action de la chaleur, et il avoit commencé à se refouler sur lui-même, signe d'un commencement de fusion. La masse étoit partagée en

plusieurs cylindres confusément entassés les uns sur les autres, division occasionnée par l'acte du refoulement de la craie pulvérisée en doses successives. Dans divers endroits, et surtout vers le haut, le carbonate étoit très-poreux et rempli de cavités décidément aériennes, qui ne pouvoient avoir été formées que dans une matière molle, et dont la forme vésiculaire et la surface brillante indiquoient évidemment un état de fusion antérieure. La matière étoit demi-transparente, jaune dans quelques endroits, et sans couleur dans d'autres. Dans la cassure, les parties solides présentoient un aspect salin et des facettes innombrables. Le carbonate étoit dans toute sa longueur adhérent au tube, et tellement incorporé avec lui, qu'on ne pouvoit déterminer la perte qu'il avoit éprouvée. La ligne de contact étoit en général brunâtre; je n'avois cependant aucune raison de soupçonner l'introduction de quelque matière étrangère, sauf peut-être quelques atomes provenant de la baguette de fer employée

au refoulement. Mais , dans les expériences subséquentes, j'ai observé la même couleur brune ou noire à l'endroit du contact entre le carbonate et les tubes de porcelaine , quoiqu'on eût , à dessein , refoulé le carbonate avec une baguette de bois ; en sorte que cette couleur , qu'on a presque toujours remarquée , est encore un fait à expliquer. Le carbonate faisoit une violente effervescence avec l'acide ; moins forte cependant dans les parties en contact avec le tube , qui laissoient un dépôt sablonneux abondant , dû sans doute à la portion de ce même tube attaquée par le carbonate en fusion.

Le 24 mars, je fis une expérience semblable , dans un canon de fusil très-fort , et je mis quelque soin , après l'application de la chaleur , à refroidir lentement le canon, dans l'espérance d'obtenir une cristallisation. La masse entière se trouva fort belle, et le plomb ne l'avoit point touchée; elle avoit un tissu salin et demi-transparent , avec diverses facettes. J'observai dans un endroit la cristallisation la plus

décidée que j'eusse encore obtenue, quoique dans de très-petites dimensions ; la transparence du morceau empêchoit qu'on ne la distinguât aisément, sauf lorsqu'on faisoit réfléchir la lumière par la surface cristalline ; elle jetoit alors un lustre, très-visible à l'œil nu. En examinant à la loupe, on y découvroit des lames rompues irrégulièrement dans la fracture de l'échantillon, toutes parallèles entr'elles, et réfléchissant la lumière sous le même angle, ce qui produisoit leur éclat particulier. On voyoit également bien cette structure dans les deux parties de l'échantillon rompu. Dans une première expérience on avoit obtenu une facette aussi grande dans un morceau de craie solide ; mais le dernier résultat étoit plus important parce que la craie qui l'avoit fourni avoit été préalablement à l'état pulvérulent.

Les expériences qui précèdent montrent que les vases de fer sont préférables à ceux de porcelaine, lors même que leur épaisseur n'est pas très-grande ; et je continuai à les employer de préférence,

et à obtenir avec eux des résultats très-satisfaisans : cependant je demeurai à la fin convaincu que leur épaisseur n'étoit pas suffisante pour m'assurer un succès constant et régulier : ce qui me conduisit à employer des vases assez épais pour qu'ils pussent supporter une force expansive plus grande que celle strictement nécessaire, puisqu'il étoit souvent arrivé que, d'après notre ignorance des rapports qui existoient entre les diverses forces d'expansion, d'affinité, de ténacité, etc. nous avions exposé les vases à des efforts plus grands qu'il n'étoit nécessaire. On avoit ainsi détruit des canons qui avoient fort bien résisté aux premières expériences, mais qui n'avoient pu soutenir les efforts trop violens auxquels on les avoit exposés. Ainsi, mon succès avec les canons de fusil dépendoit du hasard heureux qui m'avoit fait employer justement le degré de force suffisant pour contenir l'acide carbonique et lui donner lieu d'agir comme flux sur la chaux. Je résolus donc d'employer des canons

beaucoup plus forts, et j'essayai divers moyens de me les procurer.

J'en fis construire quelques - uns en roulant autour d'un mandrin une bande épaisse de fer, ainsi qu'on le pratique pour forger les canons de fusil; j'essayai aussi de réunir par la soudure deux faces bien dressées; mais j'échouai dans l'un et l'autre procédé. Je cherchai ensuite à me procurer de grosses barres de fer, dans lesquelles je faisais percer une cavité cylindrique: cette méthode réussit. Le premier canon sur lequel j'en fis l'essai étoit de petit calibre; on ne lui donna que demi-pouce de diamètre. Son effet fut si satisfaisant que je ne doutai point de la préférence que méritoit cette pratique par dessus toutes les autres déjà essayées. La petitesse du calibre ne me permit pas d'employer à l'intérieur un cylindre pyrométrique, mais je le plaçai sur la culasse même du canon disposé verticalement dans la moufle. Il devoit éprouver beaucoup moins de chaleur dans cette position que la partie de l'appareil

qui renfermoit les échantillons d'épreuve qu'on plaçoit toujours dans l'endroit le plus chaud, autant du moins qu'on pouvoit le deviner.

On fit le 4 avril une expérience de cette manière avec du spath, le pyromètre sur la culasse indiquant le 55.° degré. Le spath en ressortit net et exempt de toute tache; il étoit adhérent au côté du tube de porcelaine, fort diminué en volume, mais encore cylindrique quoique plié par l'effet des adhésions partielles. On retrouvoit à peine à sa surface les impressions qu'avoit dû laisser l'acte du refoulement de la poudre dans le tube; il offroit à l'œil nu la rudesse et la demi-transparence de la moelle d'un roseau qu'on auroit dépouillée de son épiderme. A la loupe, cette même surface paroissoit comme vernie, mais irrégulièrement, et offrant çà et là quelques cavités à air. Sa fracture étoit demi-transparente, plus vitreuse que cristalline, quoiqu'on y découvrit quelques facettes. La masse paroissoit formée d'un assemblage de

molécules séparément transparentes ; et on voyoit , sur les bords minces , des parcelles d'une transparence parfaite. Elles devoient avoir été produites par le feu , car le spath avoit été broyé à l'eau et passé dans des tamis aussi fins que ceux que décrit M.^r Wedgwood dans son Mémoire sur le pyromètre , comme étant les plus fins de ceux qu'il emploie dans sa manufacture d'Etruria.

J'obtins avec le même canon plusieurs résultats intéressans , qui me donnèrent des preuves de fusion aussi fortes que celles que j'avois obtenues dans mes précédentes expériences ; avec cette différence remarquable , savoir , que dans ces dernières la substance étoit compacte et n'offroit que peu ou point d'indices qu'elle eût écumé. Dans les canons de fusil où la fusion avoit eu lieu , on avoit toujours trouvé une perte de 4 à 5 p.^r $\frac{0}{10}$, liée probablement avec la circonstance de l'écume. Celle du changement de poids ne put être observée dans ces expériences ; on en verra bientôt la raison ; mais les apparences

apparences me donnèrent lieu de présumer que s'il y avoit eu une perte elle avoit été fort peu considérable.

Le 6 avril je fis une autre expérience avec le canon carré, dont l'épaisseur étoit déjà fort diminuée par l'oxide qui s'en étoit détaché successivement, sous la forme d'écailles : on y découvroit en dehors une gerçure qui n'atteignoit cependant pas l'intérieur. La chaleur fut assez forte, le pyromètre placé sur la culasse indiquant le 57.° degré. Lorsqu'on eut enlevé le métal fusible, la cage se trouva fixée, et elle se rompit dans les efforts qu'on fit pour la retirer. La gerçure s'étoit fort élargie à l'extérieur, mais il étoit évident que le canon étoit encore sain en dedans, car une partie du carbonate se trouva à l'état de marbre salin ; un autre morceau étoit dur et blanc, sans grains salins, et faisoit à peine effervescence dans les acides. C'étoit probablement de la chaux vive formée par la calcination interne, mais dans un état particulier, qui ne s'est présenté dans aucune autre expérience.

L'ouvrier que j'employai pour sortir du canon les restes de la cage avoit coupé un morceau de la culasse long de trois à quatre pouces. En examinant la gerçure qu'on y découvroit, je remarquai avec surprise que l'intérieur du canon étoit garni d'une suite de cristaux transparens bien terminés, et visibles à l'œil nu, quoique petits. Ils étoient si serrés dans quelques endroits qu'ils couvroient le fer comme un enduit transparent; dans d'autres, ils étoient détachés et irrégulièrement disséminés sur sa surface. Malheureusement cette matière étoit en si petite quantité qu'on ne pouvoit guère la soumettre à un examen chimique: mais je déterminai immédiatement qu'elle ne faisoit aucune effervescence dans les acides, et ne paroissoit pas même s'y dissoudre. Les cristaux étoient en général transparens et sans couleur, sauf quelques-uns, teints probablement par le fer. Leur forme étoit très-bien déterminée en lames, dont les angles étoient obliques, et ils ressembloient beaucoup aux cristaux de la stilbite

lamelleuse de Haüy. Quoique produits depuis plus de deux ans, ces cristaux conservent encore leur forme et leur transparence. Quelle que puisse être cette substance, son apparition dans cette expérience est très-intéressante, parce qu'elle semble montrer un exemple de la manière dont le docteur Hutton suppose qu'un grand nombre de cavités naturelles ont été enduites par la sublimation d'une substance à l'état de vapeur, ou maintenue en dissolution par quelque gaz. Car, comme ces cristaux adhéroient à une partie du canon qui devoit avoir été occupée par l'air pendant l'action de la chaleur, il paroît à peu près certain qu'ils étoient l'effet de quelque sublimation.

Les effets très-énergiques produits par ce dernier canon, dont la dimension (réduite, à la vérité, par l'oxidation répétée) n'excédoit pas un pouce carré, me faisoient désirer vivement des canons de la même matière, plus gros, et qui me procure-roient des résultats du plus grand intérêt. Les informations que je pris m'apprirent

que ce canon n'avoit pas été percé dans du fer de Suède , ainsi que je l'avois d'abord supposé , mais dans du fer connu sous le nom *de vieille zibeline* , à cause de l'empreinte de cet animal , qu'on trouve sur les barres , et qui forme les armoiries de l'endroit de Sibérie où ce fer est fabriqué (1).

Un ouvrier me mit au fait de quelques-unes des propriétés des différentes espèces de fer qui m'intéressoient sous le point de vue de ma recherche ; et il appuyoit toujours ses explications par des essais faits sous mes yeux. Tout fer exposé à un certain degré de chaleur s'éclate sous le marteau , mais la température à laquelle cet effet a lieu n'est pas la même pour les différentes variétés de fer. Ainsi , il me montra que le fer de fonte se brise sous le marteau , à la température à laquelle il rougit obscurément , c'est-à-dire

(1) J'ai appris cette particularité du feu professeur Robison.

vers le 15° degré du pyromètre (1); l'acier, peut-être vers le 50° degré; le fer de Suède, lorsqu'il est chauffé à blanc, peut-être vers 50 ou 60°. Le fer *vieille zibeline* lui-même cède finalement, mais dans une température beaucoup plus élevée, peut-être vers le 100.° degré. J'estimai à peu près ces températures, mais je suis certain qu'à un degré de chaleur auquel le fer de Suède se brisa sous le marteau, la vieille zibeline soutint un coup violent et parut conserver encore beaucoup de cohésion. C'est d'après la connoissance qu'il a de cette propriété du fer, que le forgeron, lorsqu'il sort son fer de la forge et le pose sur l'enclume, commence par frapper de petits coups, jusqu'à ce que la température soit descendue au degré où le fer peut supporter le marteau. J'observai que lorsque le fer de Suède étoit exposé

(1) En le chauffant un peu davantage, on peut le scier, avec la scie ordinaire à bois, avec facilité, et, chose bien extraordinaire, sans que l'outil se détrempe ni se détériore sensiblement. (*Note du traducteur.*)

à la forte chaleur de la forge, il commençoit à bouillir à la surface, ce qui indiquoit clairement la production de quelque substance gazeuse; tandis que le fer vieille zibeline, dans les mêmes circonstances, prit une surface comme liquide, et coula sans effervescence. Je me procurai, à cette époque, un nombre de barres de ce fer qui répondirent pleinement à mon attente.

Par les expériences dont je viens de parler, je gagnai un point très-important dans ma recherche; entant que j'établis la fusibilité complète du carbonate sous une certaine pression. Mais cette même circonstance me força à ajouter quelques modifications nouvelles à celles que j'ai déjà décrites; car le carbonate en fusion, s'étendant sur l'intérieur du tube qui le contenoit, et s'unissant à lui d'une manière inséparable, on ne pouvoit plus, après l'expérience, établir son poids séparé par aucun des procédés que j'avois employé jusqu'alors. Je me déterminai donc à adopter pour l'avenir la disposition suivante.

On pesa d'abord un petit tube de porcelaine *ik*, fig. 25, en lui faisant équilibre avec du sable ou de l'étain granulé; en suite on refoula fortement le carbonate dans ce tube, et on pesa de nouveau le tout. La différence étoit le poids du carbonate. On pesa de nouveau le tube après l'expérience, avec ce qu'il contenoit; et la différence de poids observée étoit indépendante d'une action réciproque quelconque entre le tube et le carbonate (1). La balance que j'employois trébuchoit constamment et décidément, par l'addition de $\frac{1}{100}$ de grain. Lorsqu'on refouloit dans ce tube de la craie pulvérisée, on en laissoit ordinairement une partie vide, dans laquelle on plaçoit un petit morceau de craie dure *i* taillée en cylindre, à chaque extrémité duquel, coupée plane et polie, on avoit gravé une

(1) Il pourroit rester quelque doute sur ce qu'à cette haute température le tube de porcelaine conserve lui-même tout son poids. Ce doute auroit pu être levé par une expérience comparative faite sur un tube seul, dans la même température. (*Note du trad.*)

lettre pour mieux reconnoître les effets du feu sur la craie, qui d'ailleurs étoit pesée avec la partie pulvérulente du contenu du tube. Dans quelques expériences, je mis un couvercle de porcelaine sur l'orifice du petit tube (ce couvercle étoit également pesé), pour me prémunir contre le cas d'une ébullition. Mais comme il arrivoit peu fréquemment, je pris rarement cette dernière précaution.

Il importoit actuellement d'empêcher que le tube, ainsi préparé, ne fût touché pendant l'expérience par aucune substance, et surtout par le carbonate de chaux qui pourroit s'y attacher, et troubler ainsi l'appréciation à faire par le poids. On y pourvut de la manière suivante : le petit tube *i k*, fig. 23, avec son carbonate pulvérisé *k*, et son cylindre de craie dure *i*, fut logé dans un gros tube de porcelaine *p k*, fig. 24. On mit sur celui-ci un fragment de porcelaine assez gros pour ne pas tomber entre les tubes. On prépara ensuite un cylindre de craie *m* qui entroit juste dans le gros tube et le remplissoit

presque, une de ses extrémités étant grossièrement taillée en cône. Cette masse étant alors introduite, avec son extrémité cylindrique en bas, fut poussée jusques au contact du fragment de porcelaine *l*. Je laissai alors tomber dans l'espace *n*, entre la partie conique de cette masse et le tube, un nombre de morceaux de craie trop gros pour qu'ils pussent passer entre la partie cylindrique et le tube, et je les pressai en bas avec un outil obtus, par lequel la craie étant en même temps brisée et refoulée dans l'angle, forma une masse un peu solide qui empêchoit que rien ne pût passer entre la grosse masse de craie et le tube. J'ai trouvé que cette méthode réussissoit toujours lorsqu'on y procédoit avec soin. Je couvris la craie, ainsi refoulée, avec une couche de silex pulvérisé *o*, et celle-ci avec de la craie en poudre fortement refoulée *p*. Je remplis ainsi tout le gros tube de couches alternantes de silex et de craie; cette dernière substance occupoit toujours la bouche du canon; on la

comprimoit facilement en une masse passablement solide, et qui, n'éprouvant aucun changement dans les températures très-basses, excluait le métal fusible dans les premières périodes de l'expérience.

Le gros tube, ainsi rempli, étoit introduit dans la cage, quelquefois l'orifice en dessus, d'autres fois dans le sens opposé. J'ai souvent varié à cet égard, chacune des deux dispositions ayant ses avantages et ses inconvéniens. Quand l'orifice est en dessus, fig. 24 et 25, on est bien sûr que le métal fusible ne pourra pas s'introduire; parce que l'air, quittant son petit tube quand le travail commence, occupe la partie supérieure du canon, et le métal fusible se place, comme liquide, en *q*, fig. 25, au dessous de l'ouverture du tube, de manière que toute communication entre son intérieur et le métal liquide est impossible. D'autre part, par cet arrangement, le petit tube, qui est la partie essentielle de l'appareil, est placé à une distance considérable de la culasse du canon, de manière à éprouver moins de

chaleur que la partie supérieure, ou bien à obliger de soulever le canon fort haut dans la moufle.

Avec la bouche du gros tube tournée en bas, le tube intérieur est placé comme on le voit fig. 22, de manière à avoir sa bouche en dessus, et en contact avec le fond du gros tube. Cette disposition a l'avantage de placer le petit tube près de la culasse du canon; et quoiqu'il y ait, dans ce cas, moins de sûreté contre l'introduction accidentelle du métal liquide, j'ai vu que cet inconvénient avoit peu d'importance, puisque lorsque l'expérience va bien, et que l'acide carbonique a été rigoureusement contenu, le métal s'introduit rarement, quelle que soit la position. Dans l'une ou l'autre des dispositions opposées, on introduisit toujours un pyromètre, aussi près qu'il étoit possible du petit tube. Ainsi, dans la première, le pyromètre étoit placé immédiatement au dessous du gros tube; et, dans la seconde, au dessus; en sorte que, dans les deux cas, il n'étoit séparé du carbonate que par l'épaisseur des deux tubes.

Cette méthode occupoit nécessairement beaucoup de place , ce qui me forçoit à n'introduire que de fort petites quantités de carbonate ; l'échantillon pesoit rarement plus de 10 ou 12 grains , et souvent beaucoup moins (1).

Le 11 avril 1803, avec un canon de fer vieille zibeline, de 0,75 de pouce de calibre, je fis une expérience dans laquelle toutes les dispositions que je viens d'indiquer furent exécutées. Le grand tube en contenoit deux petits, l'un rempli de spath, l'autre de craie. Je présuinois que la température avoit été poussée jusqu'à 33°, ou un peu plus haut. Lorsqu'on fit fondre les métaux la cage fut lancée dehors avec

(1) Je mesurois la capacité des tubes à air avec de l'étain granulé qui représentoit un sable fin et égal. En comparant le poids de ces grains réunis, avec celui d'un volume égal d'eau, je trouvai que le pouce cube du métal granulé pesoit 1550,6 grains, et que chaque grain correspondoit à un volume de 0,00075 de pouce cube. Je pouvois, d'après ces données, jauger assez bien un tube en pesant l'étain granulé dont je l'avois rempli.

beaucoup de force. Le pyromètre qui , dans cette expérience avoit été placé en dedans du canon , indiquoit 64° , à mon grand étonnement. Cependant tout alloit bien. Les deux petits tubes sortirent nets et sans tache. Le spath avoit perdu $17,0 \text{ p.}^{\text{r}} \frac{0}{0}$ la craie, $10,7 \text{ p.}^{\text{r}} \frac{0}{0}$. Le spath avoit coulé à moitié sur lui-même , et contre le côté du petit tube. Sa surface étoit brillante , sa texture spongieuse , et sa masse étoit transparente et ressemblant à de la gelée. La craie étoit toute en écume. Cette expérience étend nos moyens d'action , en montrant qu'on peut exercer une pression considérable dans une température aussi élevée que le 64° degré. Elle paroît aussi prouver que , dans quelques-unes des dernières expériences avec le canon carré , la chaleur avoit été beaucoup plus forte qu'on ne l'avoit supposé dans le temps , d'après l'indication du pyromètre placé sur la culasse du canon ; et que , dans quelques-unes , et surtout dans la dernière , elle devoit s'être élevée au moins aussi haut que dans l'expérience actuelle.

Le 21 avril 1803 on fit une expérience semblable , avec un nouveau canon , creusé dans une barre carrée de fer vieille zibeline , d'environ deux pouces et demi de diamètre , et dont on avoit seulement abattu les angles , le tube intérieur étant rempli de craie. On soutint la chaleur pendant plusieurs heures , et le feu brûla dans le fourneau toute la nuit. Le canon parut d'abord sain ; cependant les métaux coulèrent dehors tranquillement , et le carbonate se trouva entièrement calciné , le pyromètre indiquant 63° . Après examen , et après avoir séparé à coups de marteau la couche uniforme d'oxide particulière à cette variété de fer , on trouva que le canon avoit cédé à sa manière , c'est-à-dire en laissant séparer ses fibres longitudinales. Cette expérience , malgré la perte du canon , fut l'une des plus intéressantes que j'aie faites , par la preuve qu'elle me fournit , d'une fusion complète. Le carbonate avoit bouilli jusques par dessus les bords du petit tube , placé , comme on l'a dit , l'orifice en dessus ; et il

avoit coulé en dehors jusques à un demi-pouce de son pied. La plus grande partie de la substance étoit à l'état écumeux , montrant de grosses cavités sphériques et une surface brillante. Dans d'autres endroits , elle étoit mêlée de masses anguleuses qui avoient été évidemment environnées par un liquide dans lequel elles avoient flotté. La matière me sembla plus dure que le marbre ; elle ne faisoit aucune effervescence , et ne prenoit pas une teinte rouge , comme la chaux vive , dans l'acide nitrique , qui paroissoit n'avoir aucune action sur elle en masse. C'étoit là probablement un composé de chaux et de la matière du tube.

Avec ce même canon réparé , et avec d'autres semblables, on fit, à cette époque, beaucoup d'expériences de ce genre avec un grand succès. Les décrire en détail ne seroit que répéter ce qui a déjà été dit. Je n'en mentionnerai que quatre qui, comparées entr'elles jettent beaucoup de jour sur la théorie de ces opérations , et paroissent aussi établir un principe de

de géologie très-important. Ces quatre expériences ne diffèrent que par le degré de chaleur, et par la quantité de l'air introduit.

La première fut faite le 27 avril 1803, dans un des canons de vieille zibeline, avec toutes les dispositions indiquées plus haut. La chaleur s'éleva, malgré moi, à 78 et 79°. Les tubes sortirent sans avoir touché le métal fusible, et tout paroissoit en bon état. Le contenu du petit tube, savoir la craie pulvérisée et un petit morceau de craie dure, sortirent purs, et tout à fait libres, sans aucun indice qu'ils eussent adhéré aux parois du tube. La perte de poids fut de 41 p. $\frac{0}{10}$, et la calcination parut être complète. La matière, jetée dans l'acide nitrique devint rouge, sans effervescence d'abord, quoiqu'au bout de quelques minutes on vit paroître des bulles. D'après la méthode suivie dans toutes ces expériences, et décrite en détail tout-à-l'heure (voyez fig. 24 et 25), le gros tube étoit rempli, par dessus le petit, de diverses masses de craie, alternativement

alternativement solide, et en poudre re-foulée; et il y avoit dans la cage quelques morceaux de craie qui remplissoient l'espace, de manière qu'elle offroit, dans une étendue de 4 à 5 pouces, une chaîne continue de carbonate. On trouva la substance d'autant moins calcinée qu'elle avoit été plus distante de la culasse du canon, où la chaleur étoit la plus forte. Un petit morceau de craie, placée à la distance d'un demi-pouce du petit tube, se trouva avoir à son centre un peu de matière saline, environnée et entremêlée de chaux vive qu'on reconnoissoit à son blanc mat. Cette matière devint rouge dans l'acide nitrique, mais elle y fit une effervescence assez vive, et qui continua jusqu'à dissolution totale. La portion de craie suivante étoit à l'état de pierre à chaux; et un morceau de craie dans la cage étoit aussi parfait qu'aucun marbre que j'aie obtenu par compression: ces deux derniers échantillons faisant une effervescence violente dans l'acide, et n'y prenant pas de teinte rouge. Ces faits prouvent clairement que

la calcination du contenu du petit tube avoit été interne , et due à la chaleur violente qui avoit séparé son acide de la partie la plus fortement chauffée du carbonate, d'après la théorie déjà établie. On prouva que le canon avoit conservé son intégrité , par l'état complet des carbonates qui se trouvoient dans les parties moins chauffées. Le tube à air, dans cette expérience, avoit une capacité de 0,29, environ $\frac{1}{5}$ de pouce cube.

La seconde de ces expériences fut faite le 29 avril, dans le même canon que la précédente, après qu'il eut déjà fourni quelques bons résultats. Le tube à air fut réduit à $\frac{1}{3}$ de son premier volume, c'est-à-dire à $\frac{1}{10}$ de pouce cube. La chaleur fut portée à 60°. Le canon se trouva couvert à l'extérieur d'une matière noire, spongieuse, qui indiquoit toujours la non-réussite ; et on vit paroître une petite goutte de métal blanc. La cage fut dégagée sans explosion ni sifflement, et les carbonates se trouvèrent entièrement calcinés. Le canon avoit cédé ; mais il avoit bien

résisté d'abord, car on trouva le contenu du petit tube dans un état complètement écumeux et ayant coulé avec la porcelaine.

La troisième expérience eut lieu le 30 avril, dans un autre canon semblable. Les circonstances furent, à tous égards, les mêmes que dans les deux précédentes; seulement, le tube à air fut encore réduit à la moitié de son dernier volume, c'est-à-dire à $\frac{1}{20}$ de pouce cube. On mit un pyromètre à chaque extrémité du gros tube. Le supérieur indiqua 41 degrés, l'autre, seulement 15. Le contenu du tube intérieur avoit perdu 16 p. $\frac{0}{0}$, et étoit réduit à une belle écume peu déformée par la calcination intérieure, et indiquant une fusion encore plus liquide qu'aucune des précédentes.

On fit la quatrième expérience le 2 mai, avec des circonstances semblables, à tous égards, sauf le tube à air qui fut réduit à 0,0518, c'est-à-dire moins d'un trentième de pouce cube. Le pyromètre supérieur donna 25°, et l'inférieur 16. Les masses les plus basses du carbonate furent à peine

affectées par la chaleur ; le contenu du petit tube avoit perdu 2,9 p.^r $\frac{0}{0}$. La craie solide et la craie pulvérisée étoient, l'une et l'autre, dans un bel état salin, et elles avoient coulé dans plusieurs endroits, contre le côté du tube, effet auquel je ne me serois pas attendu dans une température aussi basse. On voyoit, à la surface supérieure, de la craie refoulée dans le petit tube, qui avoit été aplanie après son introduction, un nombre de cristaux blancs à facettes brillantes, qu'on distinguoit bien à l'œil nu, et qui sembloient sortir de la masse du carbonate. J'observai aussi, que la masse solide sur laquelle reposoient ces cristaux étoit extraordinairement transparente.

Dans ces quatre expériences, le volume de l'air renfermé avoit été successivement diminué, et son élasticité augmentée par ce moyen. Il s'ensuivit que, dans la première expérience, où l'élasticité étoit la moindre, l'acide carbonique put se séparer de la chaux dans une des premières périodes de la chaleur croissante,

inférieure à la température à laquelle le carbonate se fond; et la calcination interne complète fut effectuée. Dans la seconde expérience, la force élastique étant beaucoup plus considérable, la calcination fut empêchée jusqu'à ce que la température s'élevât au terme qui produisit l'entière fusion du carbonate, et son action sur le tube avant que l'acide carbonique eût été mis en liberté par la gerçure du canon. Dans la troisième expérience, où la force élastique fut encore plus grande, le carbonate fut en partie comprimé, et sa fusion accomplie, dans une température entre 41 et 15°. Dans la dernière enfin, où la force fut encore plus considérable, le carbonate fut presque entièrement mis à l'abri de la décomposition, et en conséquence il se cristallisa, et attaqua le tube, dans une température entre 25 et 16°. D'autre part, l'efficacité de l'acide carbonique comme un flux sur la chaux, et comme aidant le carbonate à agir de la même manière sur d'autres substances, étoit clairement prouvée; puisque la pre-

118 EXPÉRIENCES SUR L'ACTION

mière expérience montrait que la chaux vive, par elle-même, ne pouvoit ni être fondue ni agir sur la porcelaine, même dans la violente chaleur de 79° ; tandis que, dans la dernière expérience, où l'acide carbonique avoit été retenu, ces deux effets avoient eu lieu dans une température fort basse.



V.

Expériences dans lesquelles on emploie l'eau pour augmenter l'élasticité de l'air renfermé. — Cas de compression complète. — Observations générales. — Quelques expériences qui donnent des résultats intéressans, et qui montrent, en particulier, une action réciproque entre le silex et le carbonate de chaux.

L'AVANTAGE que j'avois trouvé, dans les dernières expériences, à augmenter l'élasticité de l'air renfermé, en diminuant sa quantité relative, me fit présumer que je réussirois à accroître la force élastique compressive en adoptant l'idée que m'avoit suggéré le docteur KENNEDY, c'est-à-dire en employant l'eau pour cet objet. Je conjecturois que, pourvu que je laissasse une place suffisante à l'expansion du métal liquide, je pourrois ainsi appliquer à la pression du carbonate une force en quelque sorte indéfinie. J'adoptai la disposition suivante, que j'ai souvent pratiquée avec succès, quoique l'exécution en soit difficile.

Pour introduire l'eau, on humectoit de ce liquide un petit morceau de craie ou d'argile cuite, préalablement pesé, et qu'on laissoit tomber ensuite dans un tube de porcelaine profond d'environ un pouce, et on le couvroit de craie pulvérisée et bien refoulée. On mettoit le tube, ainsi préparé, dans la cage, avec l'objet de l'expérience, et on plongeoit le tout dans le métal fusible (préalablement versé dans le canon), à la température qui suffisoit à sa liquidité. Ce métal se solidifioit brusquement à l'arrivée de ces corps froids, et le tube se trouvoit encaissé dans une masse solide avant que la chaleur eût atteint l'humidité qu'il renfermoit. La difficulté consistoit à saisir le métal dans sa température convenable; car s'il étoit trop chaud pour se solidifier en peu de secondes par le contact de la cage et de ce qu'elle contenoit, on entendoit l'eau en vapeur se faire jour au travers du métal liquide. Cependant je surmontai cette difficulté en commençant par chauffer presque au rouge la culasse du canon, qui contenoit une quantité

suffisante du métal fusible, et en la plongeant ensuite dans un vase plein d'eau, jusqu'à ce que la température fût descendue au terme convenable, ce que je reconnoissois lorsque le sifflement produit dans l'eau par le canon chauffé n'avoit plus lieu. On tenoit, pendant la dernière période de cette opération, la cage tout auprès de la bouche du canon, et prête à y être introduite.

Je fis, le 2 mai, ma première expérience en suivant ce procédé; j'employai le même tube à air que dans la dernière expérience, celui qui ne contenoit que $\frac{1}{30}$ de pouce cube. J'introduisis, ainsi que je l'ai décrit, un demi-grain d'eau. Après une heure d'incandescence, le canon fut descendu au moyen d'une corde passant sur une poulie, procédé que j'ai toujours employé quand j'ai eu lieu de craindre quelque danger. Tout alloit bien. Les métaux jaillirent hors du tube avec assez d'impétuosité, et un jet de flamme accompagna leur sortie. Le pyromètre supérieur indiqua 24° , et l'inférieur 14° . Le carbonate du tube intérieur

avoit perdu moins de 1 p. $\frac{0}{0}$ (strictement, 0,84). Le carbonate étoit à l'état de bonne pierre à chaux, mais la chaleur avoit été trop foible. La partie inférieure de la craie dans le petit tube n'étoit pas agglutinée : la craie autour du bout du tuyau de pipe (employé pour introduire l'eau) qui avoit été plus chauffé que le pyromètre, et le petit cylindre qui s'étoit moulé dans l'intérieur du tuyau, étoient à l'état de marbre.

Je fis, le 4 mai, une expérience semblable à la dernière, mais avec l'addition de 1,05 grain d'eau. Après l'application de la chaleur, on laissa éteindre de lui-même le fourneau jusqu'à ce que le canon cessât d'être rouge. Le métal sortit irrégulièrement. Vers la fin, l'air inflammable produit brûloit à la bouche du canon avec une flamme léchante, provenant sans doute du gaz hydrogène plus ou moins pur, provenant de la décomposition de l'eau. Le pyromètre supérieur indiquoit 36°, et l'inférieur 19°. La craie qui se trouvoit dans la partie extérieure du gros

tube étoit à l'état de marbre. Le tube intérieur étoit uni à l'extérieur par une étoile de matière fondue , noire sur les bords et qui s'étendoit tout autour , et environnoit l'un des fragmens de porcelaine qui étoient tombés par accident entre les tubes. Le tube intérieur , avec la matière étoilée qui y étoit attachée , mais sans le fragment enduit , parut avoir éprouvé une perte de $12 \text{ p.}^r \frac{0}{0}$ sur le poids du carbonate primitivement introduit. Mais la matière qui environnoit le fragment étant inappréciable , il fut impossible de s'assurer de la perte réelle. En examinant le petit tube , je trouvai ses bords nets , et aucune trace d'ébullition par-dessus. Le sommet du petit morceau de craie s'étoit fort enfoncé. Lorsqu'on rompit le petit tube , son contenu parut avoir été fondu dans quelques endroits , et dans d'autres s'être fort approché de la liquéfaction. Il y avoit eu une forte ébullition tout autour , au contact du tube avec le carbonate : au centre , la substance avoit une texture grainée , transparente , et peu

ou point cristallisée. Le petit morceau de craie solide étoit uni et soudé à la craie en poudre refoulée , de manière qu'on pouvoit à peine les distinguer. Dans la partie inférieure du carbonate, où la chaleur devoit avoir été moindre, la baguette avoit agi plus foiblement sur le tube , et elle en étoit détachée. Ici , la substance étoit dure, et sa fracture étoit éminemment cristalline, à facettes. Partout où le carbonate avoit touché le tube , les deux substances monroient dans leur mélange des marques de fusion beaucoup plus évidentes qu'on ne pouvoit en trouver dans le carbonate pur. Dans un endroit, un filet de ce composé liquide avoit pénétré dans une gerçure du tube intérieur , et l'avoit remplie en entier. On voyoit là une véritable veine , du filon , analogue à ceux du règne minéral ; et on la voit encore distinctement dans l'échantillon. La matière liquide s'étoit ensuite extravasée sur le dehors du tube intérieur jusques à une étendue de demi - pouce en diamètre , et elle avoit enveloppé le fragment de

porcelaine dont il a été question. Lorsqu'on jeta dans l'acide nitrique des morceaux de ce composé, les uns firent de l'effervescence, et les autres n'en firent aucune.

Je répétois, le même jour, cette expérience avec deux grains d'eau. Le fourneau ayant été préalablement chauffé, je continuai le feu pendant une demi-heure avec la moufle ouverte, et pendant une autre demi-heure avec un couvercle dessus. Je fis ensuite descendre le canon, au moyen de la poulie. J'aperçus une grande crevasse longitudinale, qui me fit croire que l'expérience étoit manquée, et le canon détruit. Le canon étoit visiblement gonflé, et en augmentant de volume il avoit rompu la couche d'oxide poli dont il étoit enduit. Mais le métal liquide ne s'étoit fait jour nulle part, et tout fut sain et sauf. Les métaux, devenus liquides, furent lancés avec plus de promptitude et de violence que dans aucune des expériences précédentes; mais la baguette resta en place, où elle étoit maintenue par une corde. Le pyromètre supérieur indiqua 27 degrés,

l'inférieur 25. Le contenu du tube intérieur avoit perdu $1,5 \text{ p. } \frac{0}{0}$. La partie supérieure du petit morceau de craie étoit arrondie et vernie par la fusion ; et la lettre que je gravois ordinairement sur chaque extrémité de ces petits échantillons, pour reconnoître les degrés de l'action qu'ils avoient éprouvée, se trouvoit ainsi entièrement effacée. On la voyoit encore sur la face inférieure du morceau. La craie solide, et celle qui avoit été refoulée pulvérulente, étoient, l'une et l'autre, à l'état demi-transparent, brillant un peu dans la cassure, mais sans facettes bien décidées, et sans qu'il y eût de traces d'action sur le tube. Cette dernière circonstance est importante, puisqu'elle prouve que cette action très-remarquable de la chaleur, sous la pression, avoit eu lieu sans que le contact de la matière du tube y eût contribué, circonstance qui, dans plusieurs expériences, avoit beaucoup ajouté à la fusibilité du carbonate

Ces expériences et beaucoup d'autres que je fis à peu près dans le même temps,

avec le même succès, prouvent clairement l'efficacité de l'eau pour accroître la pression; et les résultats analogues à ces derniers, et obtenus précédemment à l'aide d'un très-petit tube à air, montrent que l'influence de l'eau dans cette occasion étoit purement mécanique.

Pendant l'été suivant, et l'automne de 1803, je fus occupé d'une branche différente de cette même recherche, dont j'aurai bientôt l'occasion de parler.

Au commencement de 1804, je repris la classe d'expériences que je viens de décrire, dans le but principal d'atteindre à la compression absolue, en imitation du procédé de la nature. A cet effet, je ne me bornai pas à l'eau seule, mais j'employai plusieurs autres substances vaporisables, pour aider à la compression; savoir, le carbonate d'amoniaque, le nitrate d'amoniaque, la poudre à canon, et le papier imprégné de nitre. J'obtins avec ces matières quelques bons résultats, mais rien qui m'engageât à préférer l'une d'elles à l'eau. Et je suis convaincu que

ce fluide leur est supérieur à toutes , sous ce rapport. Je trouvai dans plusieurs expériences faites avec un simple tube à air sans autre *compresseur* artificiel , et dans lesquelles on n'avoit fait que rougir foiblement le canon, que le carbonate avoit perdu un ou un et demi pour cent. Or , comme cet effet doit avoir eu lieu dans une température à laquelle la poudre s'enflammeroit à peine , il est clair que sa présence ne l'auroit pas empêché ; tandis que l'eau, prenant la forme gazeuse longtemps avant la température de l'ignition visible , résistera efficacement à la calcination aussi bien dans les températures basses que dans les hautes ; et comme sa quantité peut être très - exactement appréciée par le poids , aucune objection ne se présente contre son emploi dans le genre d'expériences.

Le 2 janvier 1804 je fis une expérience avec le marbre et la craie avec l'addition de 1,1 grain d'eau. Je visois à n'employer qu'un degré foible de chaleur , et le pyromètre, quoiqu'un peu rompu, paroissoit
indiquer

indiquer le 22.^o degré. Malheureusement, la bouche du gros tube, fermée comme à l'ordinaire avec de la craie, étoit mise en-dessus et exposée à la chaleur, la plus forte. Je la trouvai arrondie par la fusion, et dans l'état d'écume. Le petit tube sortit très-net, et son poids se rapprochoit si fort de ce qu'il étoit avant l'expérience, que le contenu n'avoit perdu que 0,074 p.^r $\frac{0}{0}$ du poids primitif du carbonate. Le marbre n'étoit que foiblement agglutiné, mais la craie avoit passé à l'état de pierre à chaux dure, quoiqu'elle ne dût avoir éprouvé qu'une température au-dessous de 22^o, c'est-à-dire de celle où se fond l'argent. Cette expérience est certainement très-remarquable, puisqu'elle montre la craie changée en pierre calcaire dure, en ne perdant pas une millièrne de son poids (plus exactement, $\frac{1}{1351e}$), par une température peu élevée; tandis que, sous la même pression, mais probablement avec plus de chaleur, une portion de cette même substance avoit été fondue. On ne peut savoir quelle perte de poids cette partie fondue avoit éprouvée.

On fit, le 4 janvier, une expérience semblable, avec 1,1 grain d'eau. La sortie du métal fut accompagnée d'un jet de flamme. Le pyromètre indiquoit 26° . Le petit tube sortit fort net ; son contenu avoit été réduit de 14,53 grains à 14,46. La différence 0,07 de grain, est $0,47 \text{ p.}^{\text{r}} \frac{0}{6}$ du carbonate, c'est-à-dire moins de $\frac{1}{200}$ du poids primitif (exactement, $\frac{1}{212}$). La craie étoit à l'état de marbre salin, dur, sans qualités extraordinaires.

Ces deux dernières expériences deviennent plus intéressantes par une autre suite, que je fis bientôt après, et qui montra qu'on avoit négligé une précaution essentielle dans des expériences aussi délicates, celle de dessécher préalablement le carbonate. Je trouvai, dans divers essais qui furent faits vers la fin de ce même mois, que la craie, exposée à une chaleur au-dessus de celle de l'eau bouillante, mais fort au-dessous de la température de l'ignition visible, perdoit $0,54 \text{ p.}^{\text{r}} \frac{0}{6}$, et dans une autre expérience, $0,46 \text{ p.}^{\text{r}} \frac{0}{6}$. Or, cette perte de poids est, à $0,01 \text{ p.}^{\text{r}} \frac{0}{6}$ près,

celle qui a eu lieu dans la dernière expérience, c'est-à-dire 0,47, et elle surpasse beaucoup celle observée dans la pénultième, savoir 0,074. Il y a donc bien lieu de croire que si le carbonate eût été préalablement desséché dans les deux dernières expériences, il n'auroit éprouvé aucune perte appréciable pendant la compression.

Le résultat d'un grand nombre des expériences qui viennent d'être décrites paroît expliquer d'une manière satisfaisante la pénible discordance qu'on remarquoit entre mes expériences faites dans les tubes de porcelaine, et celles qui avoient eu lieu dans des canons de fer. Avec les tubes de porcelaine je ne pouvois jamais réussir dans une température au-dessus de 28°, ni même tout-à-fait à ce degré; cependant, les résultats étoient souvent excellens; tandis que les canons de fer ont fréquemment soutenu des températures de 41°, ou 51°, et sont allés même jusques à 70 ou 80°, sans en souffrir. En même temps, les résultats, même à ces hautes températures, étoient souvent

inférieurs , sous le rapport de la fusion , à ceux obtenus à des températures beaucoup plus basses dans des tubes de porcelaine. On voit maintenant la raison évidente de cette différence. On a toujours jugé nécessaire d'employer un tube d'air dans les canons de fer : il en est résulté qu'une portion de l'acide carbonique a toujours été séparée de sa base terreuse par une calcination interne : ce qui restoit de cet acide a été plus fortement retenu par l'affinité (d'après le principe de M.^r Berthollet), et par conséquent plus facilement comprimé que lorsqu'il étoit en quantité suffisante pour saturer la chaux. Mais la diminution de l'acide a rendu le composé moins fusible qu'il ne l'eût été dans son état naturel , et par cette raison il a supporté une plus haute température , avec moins d'effet. L'introduction de l'eau , en faisant naître une force de réaction , a produit un état de choses analogue à celui qui avoit lieu dans les tubes de porcelaine ; le carbonate ne perdoit que peu ou point de son poids , et le composé conservoit

sa fusibilité dans les basses températures (1).

Au commencement de l'année 1804, je fis quelques essais avec des canons de fer, dans le but de les employer à une autre série d'expériences. Les résultats furent trop intéressans pour que je les passe sous silence; car, quoique l'acide carbonique ne fût pas, à beaucoup près, retenu, ils me fournirent quelques-uns des plus beaux exemples que j'aie obtenus, de la fusion du carbonate, et de son union avec le silex.

(1) La faculté de *contenir*, que j'attribue ici aux tubes de porcelaine, semble ne pas s'accorder avec ce qui a été dit précédemment, que l'acide carbonique avoit été chassé au travers de la substance du tube. Mais la perte qui a eu lieu par cette voie a probablement été si peu considérable que les propriétés essentielles du carbonate n'en ont point été altérées. Ou peut-être cette pénétrabilité n'est-elle point aussi universelle que j'ai été conduit à le penser, parce que je l'avois observée dans tous mes essais. Dans le doute, j'invite fortement tous les chimistes qui pourront avoir accès aux porcelaines de Dresde ou de Sèves, à examiner de nouveau ce sujet.

Le 15 février, on fit une expérience avec de la coquille d'huitres pilée, dans une température de 35', sans introduction d'eau pour aider à la compression. La perte apparente fut de 12 p. $\frac{0}{10}$. La substance de la coquille avoit été évidemment en état de fusion visqueuse; elle étoit poreuse, demi-transparente, brillante dans sa surface et dans sa fracture; dans plusieurs endroits elle offroit le vernis de la fusion, dans d'autres des facettes cristallisées. Le petit tube avoit été introduit la bouche en - dessus; on avoit placé dessus, comme à l'ordinaire, un fragment de porcelaine, que recouvroit une masse arrondie de craie. A l'endroit du contact, entre la craie et la porcelaine, elles avoient coulé ensemble, et la craie avoit été évidemment très-ramollie, car la porcelaine sur laquelle elle reposoit par son poids, avoit pénétré de toute son épaisseur, et au-delà, dans la substance de la craie; on apercevoit un rebord de craie en dehors de la surface inférieure de la porcelaine, précisément comme il arrive

autour de la lame ronde d'un couteau avec lequel on presse du beurre tendre. Le carbonate s'étoit fort étendu sur l'intérieur du tube, et s'étoit élevé par-dessus les bords, comme le font certains sels après avoir été dissous dans l'eau. Une petite portion du carbonate étoit ainsi arrivée jusqu'au tube extérieur, et s'y étoit attachée. La couleur noire, dont on a souvent parlé comme accompagnant l'union des carbonates avec la porcelaine, étoit ici très-remarquable.

Le 26 février, je fis une expérience dans laquelle je ne pesai point le carbonate, et je n'introduisis aucune matière étrangère pour aider à la compression. La température étoit à 46°. Le pyromètre avoit été attaqué par le contact d'un morceau de craie auquel il s'étoit attaché; et il faut qu'une portion du carbonate eût pénétré la substance du pyromètre, puisque celle-ci avoit cédé visiblement à la pression qui avoit produit un bourrelet autour du contact. J'observai, dans ces expériences, que le carbonate

avoit une action puissante sur les tubes d'argile de Cornwall, et bien plus que sur le silex pulvérisé. Peut-être a-t-il pour l'argile une affinité particulière; ce qui pourroit conduire à des conséquences importantes. La craie s'étoit évidemment refoulée sur elle-même, de manière à se détacher des côtés, et elle avoit commencé alors à couler en portions successives, de manière à laisser encore au milieu une tige très-irrégulièrement rongée autour; ce qui indiquoit une liquéfaction successive, analogue à celle de la glace, et non le ramollissement d'une masse dans toute son épaisseur à la fois.

Le 28 février, je fis une expérience avec de la coquille d'huitres, non pesée, mais porphyrisée et passée au tamis le plus fin. Le pyromètre fut au 40.^e degré. Le morceau de craie au-dessous de lui s'étoit ramolli au point de s'enfoncer à la profondeur d'un demi-pouce dans la bouche du tube à air, de fer, et de s'y mouler complètement. Une petite portion de ce morceau étoit tachée de fer, mais

le reste étoit très-beau. Le tube avoit une crevasse, au travers de laquelle le carbonate, uni à la matière du tube, avoit coulé en deux ou trois endroits. La matière de la coquille s'étoit refoulée sur elle-même, de manière à se détacher des parois, et elle portoit des indices évidens de fusion. La surface extérieure étoit polie et luisante comme l'émail. L'intérieur offroit un mélange de grosses bulles et de parties solides. L'intérieur des vésicules avoit un lustre fort supérieur à celui de l'extérieur, et égal à celui du verre. La masse étoit en général demi-transparente; mais on y découvroit à la loupe de petites parties tout-à-fait transparentes et sans couleur. Dans plusieurs endroits, cette surface polie s'étoit cristallisée, de manière à présenter des facettes brillantes, qui, sous certains aspects, offroient le reflet tranquille d'un miroir. J'observai dans l'intérieur de l'une des bulles, une de ces facettes qui interrompoit la forme sphérique, comme si, dans cet endroit, la petite sphère eût été

pressée en dedans contre une surface plane. Je remarquai une autre circonstance fort intéressante sur un peu de craie, qui reposoit sur une couche de silex près l'orifice du gros tube. On voyoit, attachée à son extrémité inférieure, une substance qui avoit indubitablement résulté de l'union du carbonate avec le silex. Elle étoit blanche et demi-transparente, et ressembloit beaucoup à la calcédoine. La masse de craie s'étant attachée à celle qui étoit au-dessus d'elle s'étoit condensée de bas en haut, en laissant un intervalle entre elle et le silex, et emportant avec elle un peu du composé, qui, de là paroissoit avoir été dans l'acte de couler à l'état de fusion visqueuse, ainsi que cela parut avec évidence sur l'échantillon entier, qui offroit une stalactite et une stalagmite, l'une au-dessus de l'autre. Je cassai par malheur la stalactite, mais la stalagmite est encore entière, sous la forme d'un petit cône. Cette nouvelle substance faisoit effervescence dans l'acide, mais peu vivement. J'épiai sa solution entière. Il

resta quelques nuages légers non dissous, et il se forma probablement de la gelée, car j'observai qu'une série de bulles d'air demeura dans la forme du fragment, et qu'elles se mouvoient ensemble sans avoir entr'elles de connexion visible. Ce fait paroîtroit annoncer une union chimique entre le silex et le carbonate. La coquille fondue dans l'expérience fut entièrement dissoute dans l'acide, avec une effervescence violente.

Dans les trois dernières expériences et dans plusieurs autres faites en même temps, le carbonate n'avoit pas été pesé: mais comme on n'avoit point introduit d'eau pour aider à la compression, il est probable que la calcination interne avoit occasionné beaucoup de perte; et sans doute par cette cause les carbonates se sont presque tous réduits en poussière, tandis que les composés qu'ils avoient formé avec le silex ont conservé leur intégrité.

Le 15 mars, je fis une expérience semblable, dans laquelle, outre la coquille pilée, j'introduisis un mélange de craie

avec 10 p. $\frac{r^0}{o}$ de silex, broyés ensemble dans un mortier avec de l'eau, à l'état de crème, et bien desséchés ensuite. Lorsqu'on ouvrit l'appareil, son contenu jaillit avec tant de violence que le tube fut tout brisé; mais je trouvai un morceau de craie passé à l'état de marbre blanc, et soudé au composé, lequel montrait dans sa fracture cette couleur noire irrégulière entremêlée dans la masse cristalline qu'on remarque dans certains marbres des Alpes, et particulièrement dans celui qu'on appelle à Rome *cipolino*. Il étoit très-dur et compacte, plus même qu'à l'ordinaire. Il faisoit effervescence jusqu'au dernier atome, dans l'acide nitrique étendu; mais beaucoup moins vivement que le marbre fait de craie pure. On voyoit un nuage dans tout le liquide. Lorsque l'effervescence fut terminée, on vit un nombre de bulles demeurer pendant tout le jour dans la dissolution sans se rompre ni s'élever à la surface. Elles y restèrent tout le jour et toute la nuit suivante, époque à laquelle lorsqu'on essaya de remuer le

liquide on le trouva agglutiné en gelée transparente qui conservoit ses angles vifs lorsqu'on la déchiroit. Cette expérience donne une preuve directe et positive de l'union chimique qui avoit eu lieu entre le carbonate et le silex.

VI.

Expériences faites dans le platine — avec le spath — les coquillages — et avec le carbonate de chaux parfaitement pur.

DEPUIS que j'ai eu l'honneur de présenter à la Société, le 50 août dernier (1804), une notice fort abrégée des expériences qui précèdent, plusieurs chimistes et minéralogistes distingués m'ont favorisé de quelques observations sur ces objets, et m'ont témoigné des doutes que j'ai fort à cœur de lever. On a dit, que la fusibilité des carbonates pouvoit avoir été l'effet de leur mélange avec d'autres substances, qui, ou bien existoient primitivement

dans le carbonate, ou lui avoit été fournies par le contact du tube de porcelaine.

A l'égard de la première de ces conjectures, je prends la liberté d'observer qu'en accordant que la cause réelle de la fusion fût celle indiquée, j'ai pourtant gagné un point important, et peut-être tout ce qui est strictement nécessaire pour appuyer cette partie de la théorie de Hutton. Car, en accordant que nos carbonates étoient impurs et que cette circonstance contribuoit à les rendre fusibles, elle leur étoit commune avec tous les carbonates naturels; et, sous ce rapport, nos expériences sont conformes aux procédés supposés de la nature. Quant à l'autre soupçon, on a montré, en comparant ensemble une série d'expériences variées, que l'action réciproque entre la chaux et la porcelaine, étoit exclusivement due à la présence de l'acide carbonique, puisque lorsqu'il n'y étoit pas, on n'observoit aucune action de ce genre. On ne peut donc pas attribuer au contact seul de la porcelaine la fusion de nos carbonates.

Convaincu cependant, comme je l'étois, par un grand nombre d'observations, que la fusibilité du carbonate ne procédoit pas de son impureté, j'ai cherché à écarter par de nouvelles expériences tous les doutes qui auroient pu naître sur cet objet. Pour me mettre à l'abri de toute matière étrangère qui auroit pu altérer la pureté du carbonate, j'ai prié ceux de mes amis qui sont versés dans l'analyse chimique (à laquelle je ne me suis jamais appliqué moi-même) de me procurer du carbonate de chaux dont la pureté fût indubitable. Pour éviter l'effet du contact des tubes de porcelaine, je cherchai à renfermer la matière qui faisoit l'objet de l'expérience dans quelque enveloppe qui n'eût aucune tendance à s'unir avec le carbonate.

J'essayai d'abord le charbon; mais je le trouvai très-incommode, à raison de l'eau et de l'air qu'il absorboit irrégulièrement.

Je pensai alors à employer des tubes ou des creusets, de platine. N'ayant pas la possibilité de me procurer des vases

solides faits de cette substance, j'employai des plaques minces laminées, formées en coupes. A cet effet, je commençai à les rouler comme on fait le papier pour en former un filtre, fig. 26; cela me procura une coupe, capable de contenir le liquide le plus atténué; et en la recouvrant d'une bande de même métal recourbée tout au tour et qui redescendoit beaucoup contre la paroi extérieure, fig. 28, le carbonate que j'y renfermois devoit être parfaitement à l'abri du contact du tube de porcelaine dans lequel il étoit placé. J'essayai encore un autre procédé; j'entourai un cylindre, ou petit mandrin, d'une bande de platine, de manière à fabriquer ainsi un tube, que je fermai des deux côtés par un couvercle tel que celui que j'ai décrit (fig. 27 et 29). Dans les fig. 26 et 27, ces vases sont représentés sur une grande échelle; et dans les fig. 28 et 29, ils sont tracés à peu près de grandeur naturelle. Ceux de la dernière construction avoient l'avantage de contenir huit à neuf grains de carbonate, tandis que les autres n'en contenoient

contenoient qu'environ un grain et demi. En revanche, ces derniers n'auroient pu retenir un liquide très-coulant; mais, dans la plupart des cas, cette faculté étoit indifférente. Et d'ailleurs, si les carbonates se fussent ainsi échappés, le point important à établir, c'est-à-dire leur fusibilité, auroit été prouvé de la manière la plus évidente.

Le reste de l'appareil fut disposé, à tous égards, ainsi qu'on l'a précédemment indiqué; et on prit, pour mettre à l'abri le vase de platine, les mêmes précautions qu'on avoit appliquées aux tubes intérieurs de porcelaine.

J'ai fait de cette manière un nombre d'expériences, dans le courant du printemps et de l'été dernier, dont le résultat a été pleinement satisfaisant. Elles prouvent d'abord la justesse des observations qui m'ont mis sur la voie de cette nouvelle épreuve, en montrant que le carbonate pur, ainsi séparé de tout mélange, est décidément plus réfractaire que ne l'est la craie; puisque, dans beaucoup

d'expériences, la craie a passé à l'état de marbre, tandis que le carbonate pur, confiné dans le vase de platine, n'a éprouvé que peu d'influence, et a seulement acquis la dureté d'un grès.

Cependant j'ai eu plus de succès encore dans d'autres expériences, et j'ai obtenu quelques résultats que je crois dignes de l'attention de la Société, et que je vais soumettre à son examen. Les échantillons sont tous renfermés, pour plus de sûreté, dans des tubes de verre, et soutenus par des supports de cire, fig. 31, 32 et 33; on a séparé en général les échantillons, du tube ou de la tasse de platine qui les renfermoit, parce que le procédé employé donnoit la faculté de conserver le vase et son contenu, en déroulant simplement le métal sans aucune violence; tandis que, dans un creuset ou un tube solide, il auroit été difficile, après l'expérience, d'éviter de détruire le vase, ou l'échantillon, ou peut-être l'un et l'autre.

Le 16 avril 1805, on fit une expérience

avec le spath calcaire pur, du Saint-Gothard, d'une transparence remarquable, et ayant une double réfraction considérable. La température s'éleva à 40° , mais un accident empêcha qu'on ne pesât la matière. La tasse conique sortit nette et entière, remplie, pas tout-à-fait jusqu'au bord, d'une substance d'un gris jaunâtre dont la surface étoit brillante, avec des stries longitudinales telles qu'on en voit quelquefois sur le verre. Cette surface étoit parsemée çà et là de petites touffes, ou protubérances blanches, disposées irrégulièrement. Sur le recouvrement formé par les bords du platine réunis, on apercevoit à l'oeil nu, de petites gouttes rondes comme des perles, au nombre de seize. Elles paroissent avoir été formées par la fusion complète des particules de carbonate qui s'étoient trouvées engagées dans le repli du métal et s'étoient agglomérées en gouttelettes, comme cela arrive à certaines matières qu'on expose à la flamme du chalumeau. J'ai conservé ce résultat dans son intégrité sans le séparer du tube.

Je remarque, avec regret, qu'il commence à se détériorer, sans doute parce qu'il a trop perdu d'acide carbonique. Mais les globules n'ont point encore souffert.

Le 25 avril on éprouva la même variété de spath, avec deux grains d'eau, dans une température de 33 degrés. J'ai lieu de soupçonner que, dans cette expérience, comme dans d'autres faites à cette époque, le métal fondu dans lequel on plongeoit la cage, en l'introduisant jusques à la culasse du canon, avoit été trop chaud, et avoit chassé l'eau en la vaporisant. Il y eut une perte de $6,4 \text{ p. } \frac{0}{10}$. Le résultat ne donna aucun indice de bouillonnement ou de gonflement. La surface de l'échantillon étoit d'un blanc pur, mais raboteuse, et on y apercevoit un coin luisant comme du verre. En déployant le métal qui formoit la tasse, on obtint l'échantillon parfaitement entier. Là où il s'étoit moulé, sur le platine il avoit un certain lustre, avec la demi-transparence irrégulière du marbre salin. Cassé, il en avoit le caractère plus prononcé que je ne l'aie vu

dans aucun des autres résultats. La fracture étoit très-irrégulière et anguleuse, et offroit des facettes dans toutes les directions. Je regrette fort que ce bel échantillon n'existe plus; il est tombé en poussière, malgré le soin que j'avois mis à le renfermer dans un tube de verre luté avec de la cire.

Le 26 d'avril je fis une expérience avec du carbonate de chaux purifié par mon ami, Sir George MAKENZIE. On introduisit deux grains d'eau; mais je soupçonne qu'ils se perdirent comme dans l'expérience précédente. La chaleur fut de 32° . La perte de poids, de 10 p. $\frac{9}{10}$. Le résultat, quoiqu'obtenu le lendemain du précédent, existe encore aussi frais et aussi entier qu'au premier moment, et annonce qu'il demeurera tel. En enlevant le couvercle de la tasse conique, on trouva que la surface brilloit comme du verre, excepté vers les bords, où elle étoit comme frangée par une série de sphérules blanches et raboteuses, qui, dans un endroit, s'avançoient jusques vers le centre. La surface brillante étoit composée de plans qui

se coupoient sous des angles obtus, et dont la surface étoit striée, apparence qui ressembloit fort à une structure cristalline. Lorsqu'on eut séparé l'échantillon de son enveloppe, la partie moulée sur le platine parut avoir pris une belle surface perlée. On y apercevoit quelques grosses vésicules qui avoient adhéré au métal et que l'acte de sa séparation avoit ouvertes. Leur surface interne étoit fort lustrée, et garnie de stries comme l'extérieur. La masse est remarquable par sa demi-transparence, qu'on observe surtout là où les bulles diminuent son épaisseur. Une cassure dans un des angles permet de voir la structure saline de l'intérieur.

Le 29 avril, je remplis une tasse de platine de fragmens de la coquille appelée *turbo terebra* par Linné. La pointe de la spirale étoit tournée en haut dans la tasse, fig. 30. On éleva la température à 30° , et on n'introduisit point d'eau. Le carbonate ne perdit pas moins de $16 \text{ p. } \frac{0}{100}$. La coquille, et surtout sa pointe, conserva en grande partie sa forme primitive,

de manière à être aisément reconnoissable, mais elle étoit vernie sur toute sa surface, qui avoit pris un lustre vitreux; le vernis recouvroit dans un endroit un fragment de la coquille qui avoit été originairement détaché, mais que le vernis avoit soudé. Tous les angles étoient arrondis par cette vitrification; l'espace entre la coquille entière et le fragment étoit rempli, et les angles de la cassure arrondis par la substance brillante. Sa couleur, d'un bleu pâle, contrastoit dans cet échantillon vitreux avec la couleur naturelle du coquillage, qui est d'un jaune rougeâtre. Un des fragmens adhéroît au couvercle, et avoit été converti en une goutte complète, de la grosseur d'un grain de moutarde. On la voit sur la cire, en *b*, avec les autres échantillons de l'expérience, fig. 52. Ce résultat est encore parfaitement conservé quoiqu'il ait perdu une portion si considérable de son poids.

On répéta la même expérience le même jour, avec les mêmes procédés, sur des fragmens de coquille plus considérables,

et la pointe spirale toujours tournée en dessus. Le pyromètre indiqua 54° , et la perte fut de $13 \text{ p. } \frac{1}{10}$. La forme primitive disparut tout-à-fait; le carbonate coula dans la tasse comme un liquide parfait; sa surface étoit concave, non luisante, mais toute parsemée des sphérules ou touffes blanches, comme celles observées précédemment, mais contiguës. Détaché de la tasse, l'échantillon montrait, dans sa surface moulée sur le métal, une couleur blanche et perlée, et quelque lustre. La masse étoit tout-à-fait solide, sans vestige de la forme primitive des fragmens, fig. 35. On vit, en brisant un angle vers le sommet du cône, que la structure intérieure étoit tout-à-fait saline. Dans l'acte d'arranger l'échantillon sur son support, un autre fragment se détacha dans une direction nouvelle qui laissa apercevoir d'une manière très-distincte l'arrangement cristallin le plus parfait, une face plane et brillante, de plus de $\frac{1}{10}$ de pouce de côté en tout sens, traversoit tout l'échantillon; cette même fracture

donna lieu de juger de la solidité interne de la masse. Malheureusement, cet échantillon s'est détérioré par l'effet de la même cause qui attaque tous ceux dont le poids a beaucoup diminué dans l'expérience. La partie seule qui se rapproche de la surface extérieure est demeurée entière. Je n'ai jamais pu expliquer d'une manière satisfaisante ces différences dans la résistance des échantillons : car, par exemple, le précédent, qui avoit perdu une portion de son poids plus considérable que ce dernier, se conserve cependant beaucoup mieux.

Vers le commencement de juin, je reçus de M.^r HATCHETT du carbonate de chaux pur, qu'il eut la bonté de préparer pour mes expériences ; et il n'y a que peu de jours que j'ai cessé d'en faire usage.

Mes premières expériences avec cette substance furent particulièrement malheureuses, et elle parut plus difficile à traiter qu'aucune de celles que j'eusse encore éprouvées. Je ne doute point que son extrême pureté ne contribuât à produire

cet effet, accru peut-être par une autre circonstance. La poudre, à raison d'une cristallisation qui avoit eu lieu dans sa précipitation, étoit fort grossière et fort peu susceptible d'être serrée par le refoulement. Les parties avoient donc moins d'action mutuelle qu'elles n'en ont dans un état plus atténué, où les surfaces de contact sont bien plus multipliées. Cependant je ne voulois pas courir le risque d'introduire quelque matière étrangère, en réduisant ce carbonate pur en poudre impalpable. Quelle qu'en soit la cause, il est certain que, dans plusieurs expériences dans lesquelles la craie fut changée en marbre, cette substance demeura incohérente et friable quoique ses molécules séparées fussent en général transparentes et brillantes. Cependant je parvins, finalement, à obtenir quelques bons résultats avec ce carbonate.

Dans une expérience dont il fut l'objet, le 18 de juin, en employant une forte chaleur, j'obtins une masse très-compacte, à cassure saline, moulée dans plusieurs endroits sur le platine, roulé alors en

forme de cylindre. Le 25, dans une expérience semblable, le canon se gerça, et la matière soumise à l'expérience passa en entier à l'état d'écume, ce qui prouvoit sa fluidité antérieure.

Le 25, dans une expérience semblable, on éleva la température jusques à 64° , sans eau dans le canon. Le tube de platine qui, dans une expérience antérieure, avoit été atteint par quelques gouttes du métal fusible, se fondit; et le carbonate, conservant sa forme cylindrique, tomba au travers, de manière à toucher le morceau de porcelaine qu'on avoit mis à la suite du tube de platine. Au point de contact, les deux matières avoient coulé ensemble, comme il arrive au fer chaud lorsqu'il touche le soufre. Le carbonate lui-même étoit très-transparent, et ressembloit à de la neige prête à se fondre.

Le 26 juin je fis, avec ce carbonate, une expérience qui me donna un beau résultat; j'introduisis avec beaucoup de soin un grain d'eau; il y eut pourtant une perte de 6,5 p. $\frac{1}{100}$, et l'échantillon est tombé en

poussière. Le pyromètre indiquoit 45° . On voyoit au-dehors du cylindre de platine, et sur l'un de ses couvercles, une suite de globules, comme des perles, tels que j'en avois obtenu ci-devant, et indiquant une fusion parfaite. Lorsqu'on enleva le couvercle supérieur, on trouva que la substance s'étoit enfoncée jusqu'à disparaître presque, et qu'elle avoit pris une forme difficile à décrire. J'ai essayé de la représenter, fig. 51, par une section idéale du tube de platine et de son contenu, faite par l'axe du cylindre. La poudre, d'abord refoulée sur elle-même dans l'acte de son agglutination, avoit formé une baguette cylindrique, dont le résidu *a b c* se voyoit dans le milieu du tube.

Par l'action continuée de la chaleur, le haut de la baguette en *a* s'étoit arrondi dans sa fusion, et la masse, tout-à-fait amollie, s'étoit enfoncée par son propre poids, et élargie au bas de manière à se mouler dans le tube, et à remplir complètement sa partie inférieure *d f g e*.

En même temps, le fluide visqueux demeurant attaché aux parois en *e* et *d*, tandis que le milieu s'enfonçoit, étoit en partie resté en arrière, et s'étoit aminci en pointe, jointe par une surface courbe en *b* et en *c* à la baguette centrale. Lorsqu'on déploya le tube de platine, les bords minces en *e* et *d* furent conservés tout au tour, et offrant une fort belle demi-transparence. J'ai essayé de représenter, fig. 34, l'échantillon entier tel qu'il étoit établi sur son cône de cire. Le carbonate, là où il étoit moulé sur le platine, avoit une blancheur nette et perlée, et à l'extérieur une apparence saline, qui au soleil présentoit des facettes. Sa surface étoit interrompue par quelques bulles qu'on voyoit çà et là, et qui avoient été appuyées contre le tube. La substance intermédiaire étoit extraordinairement compacte, et dure sous le canif. Toute la surface *e b a c d*, fig. 31, et l'intérieur des bulles, avoient un lustre vitreux. Ainsi, tout indiquoit que la matière avoit été à l'état de fluidité visqueuse, à peu près en consistance de miel.

Ces dernières expériences paroissent dissiper tous les doutes qui auroient pu rester sur la fusibilité du carbonate le plus pur, sans l'intermède d'aucune substance étrangère.



VII.

Mesure de la force requise pour contenir l'acide carbonique. — Appareil avec la bouche du canon tournée en haut, et un poids à l'extrémité d'un long levier. — Appareil avec la bouche tournée en bas. — Appareil avec le poids agissant directement sur le canon. — Comparaison des divers résultats.

DANS le but de déterminer, au moins dans certaines limites, quelle force avoit été appliquée aux expériences précédentes, et étoit requise pour assurer leur réussite, je fis un nombre d'essais, par un procédé analogue à celui que le Comte de RUMFORD avoit employé pour mesurer la force explosive de la poudre à canon.

Je commençai, en juin 1803, à faire usage de l'appareil simple, suivant. Je choisis l'un des canons fabriqués, ainsi que je l'ai indiqué ci-devant, pour les expériences de compression : son diamètre

étoit de 0,75.° de pouce (1). Je rendis son bord tranchant tout autour. A ce canon étoit fortement vissé un collet de fer *a a*, fig. 36, à environ trois pouces de distance de sa bouche, portant deux fortes barres *b b*, qui se projetoient à angles droits de l'axe du canon, et étoient dressés carrément. Le canon, ainsi préparé, fut introduit, la culasse en bas, dans la moufle verticale, fig. 35. Il étoit ajusté de manière que cette culasse se trouvoit dans l'endroit le plus chaud, les deux barres saillantes dont on a parlé reposant sur deux autres barres *c c*, fig. 35., placées sur le fourneau pour les recevoir, une de chaque côté de la moufle. On introduisit dans le canon, ainsi préparé, la cage, avec son carbonate, disposés comme on l'a précédemment indiqué; la baguette qui la portoit étoit de la longueur convenable pour se terminer juste à l'orifice du canon. On versa alors

(1) C'est la dimension du canon dont on s'est servi dans toutes les expériences qui suivent. Sauf les cas où on en désigne un autre.

le métal liquide jusqu'à ce qu'il remplît le canon, et montrât au haut une surface convexe. On appliqua sur l'orifice un cylindre de fer d'environ un pouce de diamètre sur demi-pouce d'épaisseur, fig. 35 et 37.°, sur lequel on fit reposer de suite un poids destiné à produire la compression. On y procéda d'abord par l'action d'une barre de fer *d e*, fig. 35.°, longue de trois pieds, entrant par un bout, librement, dans un trou *d*, pratiqué dans le mur contre lequel le fourneau étoit établi. La distance entre ce trou et le canon étoit d'un pied. On suspendit alors un poids à l'extrémité *e* de la barre; et il résulte du rapport des distances respectives au point d'appui, que la pression exercée par le poids étoit égale à trois fois le poids lui-même. On substitua dans la suite des expériences un cylindre de plomb à celui de fer, et on mit entre lui et la bouche du canon, rendue tranchante comme on l'a dit, un morceau de cuir, que le canon coupoit, comme un emporte-pièce, en faisant son impression jusques

dans le plomb même. Pour aider à cet effet, on donnoit un coup de marteau assez fort sur la barre, droit au-dessus du canon, dès que le poids avoit été suspendu.

Il étoit essentiel, dans ce procédé, que la totalité du métal fût à l'état liquide pendant l'action de la chaleur ; mais lorsque j'étois satisfait, tant de son intensité que de sa durée, je laissois le métal se solidifier, soit en éteignant tout-à-fait le feu, ou bien en versant de l'eau sur le canon. Dès que la chaleur commença à agir, on vit des gouttes de métal se faire jour entre le canon et le cuir, et se suivre les unes les autres avec plus ou moins de rapidité, selon les circonstances. Dans quelques expériences, cette exsudation métallique étoit peu considérable, mais il n'y en eut guères dans lesquelles ce phénomène n'eût plus ou moins lieu. Pour recueillir le métal qui sortoit ainsi, je fis passer le canon dans un creuset de plombagine percé au fond, et luté contre la surface extérieure du canon, fig. 37 ; on mettoit un peu de sable dans ce creuset, et le

métal se ramassoit sur sa surface. Dans quelques cas, on entendit dans le canon, pendant l'action de la chaleur, une ébullition marquée; mais cette circonstance étoit le signe certain d'une expérience manquée.

Les résultats des plus importans entre ces expériences ont été réduits à une mesure commune dans la seconde table insérée dans l'*appendix*. Les numéros suivans y sont rapportés.

N.^o 1. Le 16 juin 1805, je fis une expérience, avec les dispositions qui viennent d'être indiquées. J'avois essayé d'employer un poids de 30 livres, qui produisoit une pression de 90 livres. Mais je la trouvai insuffisante. Je substituai un poids de 112 liv., qui donna une pression de 336. Il s'échappa très-peu de métal, et on n'entendit pas d'ébullition. La craie insérée dans le corps du gros tube fut réduite en chaux; mais celle qui étoit dans le tube intérieur étoit assez solide et fit effervescence jusqu'au dernier fragment. On trouva aussi une ou deux facettes de

bonne apparence. Le contenu du petit tube n'avoit perdu que 2,6 p.^r $\frac{0}{0}$; mais le métal s'y étoit introduit visiblement, quoiqu'en petite quantité, et le résultat indiquoit par son apparence une perte plus considérable. Je regardai pourtant ceci comme un point de gagné; car c'étoit la première fois que j'avois produit une compression un peu considérable, avec une force déterminée. Le pyromètre indiquoit 22°.

Je répétois cette expérience le même jour. Il s'échappa encore moins de métal à l'orifice du canon, mais il céda par le bas, à la manière de ceux qui avoient crevé faute d'une quantité d'air suffisante. Ce résultat eut pourtant ceci de satisfaisant, c'est qu'il me montra que je pouvois disposer d'une force mécanique capable d'ouvrir quelques-uns des canons. Le carbonate dans le petit tube avoit perdu 20 p.^r $\frac{0}{0}$; mais il y en avoit une partie dure et compacte, et elle faisoit effervescence jusqu'à dissolution totale.

N.° 2. Le 21 juin je fis une expérience

avec un autre canon et dans les mêmes circonstances. J'avois laissé dans le grand tube un espace vide, et j'avois l'intention de l'introduire dans le canon, l'orifice en-dessous, pour que cet espace fît les fonctions du tube à air; mais on le plaça, par équivoque, dans la situation opposée, et le tube ayant été introduit l'orifice en-dessus, l'espace vide se remplit de métal, et ainsi l'expérience eut lieu sans air renfermé. On ne mit pas de pyromètre, mais on estima à peu près la chaleur à 25°, dans l'endroit occupé par la matière soumise à l'expérience. Lorsqu'on ouvrit le canon, on le trouva plein de métal; et lorsqu'on coucha la cage sur la table, il en sortit une quantité considérable qui, sans doute, remplissoit toute la partie laissée vide dans le tube. Lorsqu'il fut froid je le trouvai encore vide, mais les parois étoient enduites de métal. Le tube étoit, en apparence, très-propre; et en le secouant on entendoit du bruit au-dedans. J'avois placé au-dessus du petit tube et du cylindre de craie un peu de

borax et de sable , avec un peu de borax pur au milieu , et de craie par-dessus. Un hasard heureux fit que, dans cette expérience, le métal ne pénétra pas au-delà du borax et du sable ; car , dans ce procédé , son intrusion est extrêmement incommode. On trouva le bouton de craie à l'état d'un carbonate blanc et net , assez dur , mais sans transparence. Le petit tube étoit parfaitement net. Son poids , ni celui des matières contenues , ne parut pas au premier instant avoir subi de changement ; cependant , en observant plus scrupuleusement l'état d'équilibre de la balance , il sembla que la matière avoit perdu une quantité à peine appréciable , car une centième de grain mise de son côté rétablit l'équilibre , et une autre centième lui donna une prépondérance décidée. Peut-être que si l'on eût examiné avec la même attention le poids du tube avant son introduction, on y auroit trouvé autant de différence. Si donc il y eut une perte, elle ne peut être que de $\frac{1}{100}$ de grain , ce qui, sur 10,95 grains , fait une aliquote

de 0,0912 , ou 0,1 p. $\frac{r}{o}$. Le carbonate jouoit librement dans le petit tube , et il en sortit lorsqu'on le secoua. Sa couleur étoit jaune ; il étoit compacte , et dur comme une pierre , sous le canif. Sa fracture étoit aussi pierreuse , mais avec peu de facettes , et peu ou point de transparence. Dans quelques endroits de l'échantillon , une couleur blanchâtre sembloit indiquer une calcination partielle. En examinant à la loupe la fracture , j'aperçus un petit globule de métal qu'on ne voyoit point à l'œil nu , et qui étoit seul et tout-à-fait isolé. Peut-être la substance en contenoit-elle d'autres du même genre , qui auroient pu compenser , et masquer ainsi une petite perte ; mais l'apparence généralement nette de la masse ne permet pas de supposer qu'ils fussent en quantité notable. Je vis çà et là , dans la fracture , de petites cavités sphériques qui sembloient , quoiqu'imparfaitement , indiquer un commencement d'ébullition.

Je fis de la même manière un nombre d'expériences , c'est-à-dire avec la bouche

du canon en-dessus , et j'obtins de quelques-unes des résultats très-satisfaisans. Mais ce ne fut que par hasard que la matière échappa au contact du métal fusible , ce qui me fit penser à une autre manière d'employer la force compressive, en renversant le canon, ce qui me donneroit la faculté de répéter , avec un poids déterminé , toutes les expériences faites précédemment dans des canons fermés par le métal congelé : je pensois aussi , qu'en employant un tube à air , ce fluide , s'élevant jusqu'à la culasse du canon , empêcheroit que rien ne vînt toucher les matières renfermées dans le tube. Dans ce but , j'introduisis d'en bas le canon dans la moufle , la culasse en-dessus , et je le retins dans cette position à l'aide d'un crochet fixé au fourneau , jusqu'à ce que le collet pressât de bas en haut contre la grille , soulevé par un levier de fer chargé d'un poids et portant sur un support vis-à-vis. Dans quelques expériences faites en suivant ce procédé , j'obtins le résultat très-net , ainsi que je

J'avois espéré ; mais la force n'avoit pas suffi ; et lorsque je voulus l'augmenter, le fourneau lui-même fut soulevé de bas en haut par l'influence du levier.

Je fus donc obligé d'employer un cadre de fer, fig. 58 (on le voit séparément, fig. 59), pour rendre le fourneau indépendant de l'action mécanique. Ce cadre étoit composé de deux barres *a b*, *f e*, fig. 58 et 59, fixées dans le mur en *a* et *f*, passant horizontalement sous le fourneau, de chaque côté de la moufle, redescendant à angles droits sur le devant en *b* et *e*, et rencontrant à terre une traverse plate *c d* qui unissoit le tout. Il y avoit ainsi, en face du fourneau, une sorte d'étrier *b c d e*, sur la traverse *c d* duquel on plaçoit un bloc de bois *h h*, fig. 58, qui portoit un tranchant de fer sur lequel s'appuyoit le levier, dont l'extrémité agissante *g* s'élevoit de bas en haut. Il s'exerçoit, par le moyen du canon et de son collet contre les barres horizontales *a b* et *f e*, une pression à laquelle la muraille résistoit en *a* et en *f* à une des

extrémités de ces barres , et les barres verticales *c b* et *d e*, à l'autre extrémité. Ainsi le cadre soutenoit tout l'effort , et le fourneau étoit indépendant de l'appareil de compression.

La barre de fer , à son extrémité agissante , avoit la forme d'une tasse en *g*, et elle étoit à moitié remplie de plomb , dont la surface polie s'appliquoit sur la bouche du canon. On alongeoit aussi le levier , en joignant à la barre de fer un prolongement en bois qui lui donnoit une longueur totale de dix pieds. On faisoit ainsi éprouver au canon une pression de bas en haut , équivalente à dix quintaux.

Dans la première méthode , où l'on opéroit la bouche du canon en haut , on appliquoit le poids, le métal étant liquide. Mais, dans celle-ci, il falloit le laisser se solidifier préalablement ; autrement il auroit coulé dehors lorsqu'on auroit mis le canon dans la moufle, et il falloit que la liquéfaction du métal , essentielle à cette classe d'essais , eût lieu par la

propagation de la chaleur de haut en bas. Cette méthode exigeoit donc, dans tous les cas, l'usage d'un tube à air; car, sans cette précaution, la chaleur agissant sur la culasse, tandis que le métal étoit encore froid plus bas vers l'orifice, auroit infailliblement détruit le canon. Un grand nombre de ces expériences manquèrent, et donnèrent lieu à une grande dépense de métal fusible qui, dans ces occasions, étoit presque toujours perdu en entier; mais quelques-unes réussirent, et donnèrent des résultats très-satisfaisans que je vais faire connoître.

En novembre 1803, je fis par ce procédé quelques bonnes expériences; toutes sur un calibre de 0,75^e de pouce et une pression de dix quintaux.

N.° 3. Le 19 j'obtins une bonne pierre calcaire dans une expérience faite sous une température de 21°, avec perte seulement de 1,1 p. $\frac{0}{0}$.

N.° 4. Le 22, dans une expérience semblable, il y eut un peu de transudation à l'orifice. Le pyromètre donna 51°. Le

carbonate étoit à l'état poreux et presque écumeux.

N.° 5. Dans une seconde expérience, faite le même jour, la chaleur s'éleva à 37 ou 41°. La substance offroit de fortes marques de fusion, sa partie supérieure ayant coulé sur le petit tube. Le tout s'étoit fort affaissé, et avoit coulé contre l'un des côtés. La masse étoit brillante de facettes, et dans un état très-satisfaisant.

N.° 6. Le 25 on fit une expérience avec de la craie et quelques fragmens de coquille de colimaçon, avec environ demi-grain d'eau. La chaleur s'éleva de 49 à 51°. Le canon avoit été maintenu fermé par le levier, mais il étoit gercé et un peu enflé à la culasse. La crevasse étoit large, et telle qu'on l'avoit toujours remarquée dans les canons les plus forts quand ils avoient manqué. Le carbonate étoit tout-à-fait calciné, il avoit bouilli par-dessus le petit tube, et il étoit tout entier à l'état d'écume avec de grandes cavités très-distinctement sphériques. Les fragmens de coquille qui avoient occupé la partie

supérieure du petit tube avoient perdu en entier leur forme primitive dans l'acte de la fusion et de l'ébullition.

N.^o 7. Le 26 on fit une expérience semblable, dans laquelle le canon fut ouvert, en dépit de cette force puissante, avec un bruit semblable à celui d'un canon, à ce qu'on me rapporta, car je n'étois pas présent à cet essai; et on trouva le levier en état de forte vibration. Le carbonate fut calciné et un peu écumeux; le centre de l'un des morceaux de craie insérés dans le tube étoit à l'état de marbre salin.

J'imaginai alors d'employer la force de compression sans tube à air, en me persuadant que, ainsi que cela étoit arrivé par hasard dans un cas, l'expansion du liquide s'exerceroit par une exsudation douce, sans attaquer le carbonate. Il falloit, en opérant ainsi, et par les raisons que j'ai exposées, mettre la bouche du canon en-dessus. Divers essais que je fis ainsi, à cette époque, ne me donnèrent aucun résultat remarquable; mais je repris

ce procédé le 27 avril 1804, en faisant, dans la manière d'appliquer le poids, le changement suivant.

Je crus que le système que j'avois adopté à cet égard dans les expériences précédentes, pour appliquer le poids, pouvoit avoir quelques inconvéniens. On l'avoit placé à l'extrémité de la barre, et son effet se propageoit dans la longueur du levier, de manière à presser contre le canon à l'autre extrémité. Il me sembla, que la propagation du mouvement, dans ce procédé, exigeant un temps sensible, une quantité considérable d'acide carbonique pourroit s'échapper par une éruption soudaine avant que cette propagation eût eu son effet. J'imaginai donc aller plus droit au but en disposant une masse lourde, fig. 40, de manière qu'elle agît directement et par son simple poids sur la bouche du canon, cette masse demeurant guidée et commandée par un puissant levier *a b*. Dans ce but, je me procurai un rouleau de fer qui pesoit trois cent quarante-trois livres, et je le

suspendis , par-dessus le fourneau , à un levier de bois qui reposoit sur un appui voisin , et dont le long bras , conduit par une corde *c c* , passant sur une poulie *d* , faisoit monter et descendre le poids à volonté.

Je fis avec cet appareil quelques expériences passables ; mais le poids se trouva trop léger pour me procurer uniformément de très-bons résultats. Je me procurai donc à la fonderie une masse de fer considérable *f* , destinée , à ce que je crois , à enfoncer des pilots , et qui , déduction faite de l'action du levier comme contre-poids , exerçoit une pression directe de $8 \frac{1}{10}$ quintaux ; et je pouvois , à volonté , diminuer cette pression en suspendant à l'extrémité du levier un boisseau *e* , dans lequel j'introduisois des poids dont on apprécioit par expérience l'effet sur la grosse masse. Plusieurs canons crevèrent dans ces essais ; enfin j'en obtins un de petit calibre , 0,54 de pouce , qui me donna , le 22 juin 1804 , deux bons résultats.

N.° 8. Désirant déterminer le *minimum*

de la force compressive qui pourroit contenir efficacement l'acide dans le carbonate, dans des températures capables de fondre celui-ci, j'observai d'abord que tout l'appareil tenoit bon dans une température un peu au-dessus de 20°. J'introduisis alors graduellement des poids dans le boisseau jusqu'à ce que la pression fût réduite à deux quintaux. Rien ne bougea jusqu'alors; mais lorsqu'on voulut diminuer davantage la pression, le métal commença à filtrer à la bouche du canon, avec une rapidité croissante. Lorsque la pression fut réduite à $1 \frac{1}{2}$ quintal, l'air sortit avec sifflement. J'arrêtai alors l'expérience en versant de l'eau sur le canon. Le morceau de craie avoit perdu $12 \text{ p.}^{\frac{r}{0}}$; il étoit blanc et tendre à l'extérieur, mais solide et bon au centre.

N.° 9. On fit une expérience dans un petit tube avec de la craie, en ajoutant un grain d'eau. Je m'étois proposé de ne charger que de 4 quintaux, mais le canon ne fut pas plutôt placé, que le métal commença à se faire jour à la bouche,

sans

sans doute par l'effet de l'élasticité de l'eau. J'augmentai immédiatement la pression jusques à 8,1 quintaux, en enlevant le poids qui étoit dans le boisseau; l'exsudation cessa à l'instant. Je continuai le feu pendant trois quarts d'heure, temps pendant lequel rien ne se fit jour; tout sortit ensuite dans un état de netteté remarquable, sans que le métal eût presque rien touché. La perte s'éleva à 2,58 p. $\frac{0}{10}$. La substance étoit passablement durcie, mais n'avoit pas acquis les caractères d'une pierre véritable.

La petitesse du calibre, dans ces deux dernières expériences, ne me permit pas d'y faire usage du pyromètre.

Le 5 juillet 1804, je fis trois expériences de cette espèce, très-satisfaisantes, dans un canon du gros calibre, c'est-à-dire de $\frac{3}{4}$ de pouce.

L'expérience n.º 10 fut faite sous une pression de trois quintaux seulement; au moment où l'on observa une petite éruption, à la bouche du canon, on versa de l'eau dessus. Le pyromètre donna 21º. La

craie avoit passé à l'état de pierre à chaux solide.

N.° 11. Avec quatre quintaux. Le canon se maintint sans éruption ni exsudation, jusqu'à ce que la chaleur se fût élevée à 25°. Il y eut perte de 3,6 p. $\frac{0}{6}$. Le résultat fut supérieur au dernier en dureté et en transparence; et sa fracture étoit un peu saline.

N.° 12. Avec cinq quintaux. Le résultat, avec perte de 2,4 p. $\frac{0}{6}$, fut d'une qualité supérieure à tout ce qu'on avoit obtenu dans la dernière série.

Ces expériences paroissent atteindre le but qu'on s'étoit proposé, savoir de déterminer la moindre pression et la moindre chaleur sous lesquelles la pierre calcaire peut être formée. Les résultats obtenus avec divers canons, de calibres différens, s'accordent assez bien et tendent à se confirmer mutuellement. Le tableau montre par la comparaison des expériences, n.°s 1, 2, 8, 10, 11, 12, qu'une pression de 52 atmosphères, équivalente à une profondeur de 1700 pieds de mer, est capable

de former de la pierre calcaire, dans une température convenable. Que sous 86 atmosphères, qui répondent à peu près à 3000 pieds, ou environ $\frac{1}{2}$ mille de profondeur d'eau, un marbre complet peut être formé : enfin que, sous une pression de 173 atmosphères, ou 5700 pieds, c'est-à-dire guères plus d'un mille de profondeur sous la mer, le carbonate de chaux peut se fondre complètement, et agir très-énergiquement sur les autres terres.



VIII.

Formation de la houille. — Circonstance qui me conduit à entreprendre ces expériences. — Résultats extraits d'un Mémoire précédent. — Solution de quelques difficultés qu'on a mis en avant. — Les fibres du bois conservées dans certains cas, effacées dans d'autres, sous la pression. — Ressemblance qui existe entre ces résultats et une suite de substances naturelles décrites par M. Hatchett. — Ils paroissent jeter du jour sur l'histoire du Surturbrand.

COMME j'ai l'intention de reprendre mes expériences sur les substances inflammables, expériences que je suis loin de considérer comme complètes, je n'ajouterai qu'un petit nombre d'observations à celles que j'ai déjà soumises à la Société dans l'esquisse que j'ai eu l'honneur de lui communiquer le 30 août dernier.

C'est l'incident particulier dont je vais parler qui me conduisit à m'occuper de ce sujet d'une manière prématurée, car

j'avois résolu de terminer auparavant tout ce qui concernoit le carbonate de chaux.

L'observation que j'avois faite dans la plupart des expériences de la dernière série, que les matières élastiques s'échappoient entre la bouche du canon et le cylindre de plomb, m'avoit engagé, ainsi que je l'ai dit plus haut, à mettre une rondelle de cuir entre le plomb et cet orifice, position dans laquelle le cuir éprouvoit une température nécessairement inférieure à celle du plomb fondu. Dans une expérience faite le 28 novembre 1803, avec l'intention seulement de déterminer la force de l'appareil, et la quantité de métal liquide que son expansion feroit sortir du canon, qui ne contenoit rien autre, j'observai, dès qu'on eut enlevé l'appareil de compression (ce qui dans cette expérience eut lieu tandis que la partie inférieure du canon étoit encore dans toute sa chaleur, et le canon rempli jusqu'à la bouche de métal liquide), j'observai, dis-je, que tout le cuir qui s'étoit

trouvé en-dehors de la bouche circulaire du canon s'étoit conservé, et avoit été seulement bruni et ridé par la chaleur à laquelle il avoit été exposé. La portion qui répondoit à l'intérieur du canon avoit entièrement disparu ; et je vis à la surface du métal liquide dont le canon étoit tout-à-fait rempli, de grosses gouttes d'un liquide noir brillant, qui par le refroidissement se convertirent en une matière noire et solide, à fracture luisante, exactement semblable à de la poix ou à de la houille pure. Elle brûloit, mais sans flamme. Encore chaude elle avoit l'odeur décidée de l'alkali volatil. La circonstance importante dans ce cas, est la manière différente dont la chaleur a agi sur le cuir, en dedans et en dehors du canon. La seule différence des deux positions existoit dans la compression, et on ne peut attribuer qu'à cette circonstance la différence des effets. Par cette force, la matière volatile du cuir qui, en dehors, avoit pu s'échapper librement, avoit été contenue au-dedans du canon, et obligée de demeurer

unie au reste, sur lequel elle avoit agi en façon de flux ; et le tout s'étoit liquéfié à une température très-basse. Si la pression eût été continuée jusqu'à l'entier refroidissement, ces substances auroient été retenues et auroient produit une véritable houille.

Le 24 avril 1805, un morceau de cuir employé de la même manière (la force compressive étant cependant continuée jusques à l'entier refroidissement) fut changée en une substance semblable à de la colle, sans doute par l'effet de la compression, dans une température inférieure à celle du plomb fondu.

Ces observations me mirent sur la voie d'entreprendre une suite d'expériences sur les substances animales et végétales, et sur la houille. J'en ai mis le résultat sous les yeux de la Société : je vais le répéter tel que je l'ai publié dans le Journal de NICHOLSON, au mois d'octobre dernier (1804).

« J'ai fait aussi quelques expériences sur la houille, en employant les mêmes procédés que pour le carbonate de chaux ;

mais je l'ai trouvée beaucoup moins traitable; car le bitume, lorsqu'on lui applique la chaleur, tend à s'échapper par l'effet immédiat de son élasticité, tandis que l'acide carbonique est en partie retenu dans le marbre par la force chimique de la chaux. Je réussis cependant à contenir la matière bitumeuse de la houille, jusques à un certain point, dans la température de l'ignition, de manière à amener la substance à l'état de fusion complète, tandis qu'elle conservoit cependant sa faculté de brûler avec flamme. Mais je ne pus arriver au même résultat dans des températures capables d'agglutiner le carbonate; car j'ai trouvé, lorsque je les ai refoulés alternativement dans un même tube, qui a pu résister à la force expansive, que le carbonate a été agglutiné à l'état de bonne pierre calcaire, mais que la houille a perdu environ la moitié de son poids, et sa faculté de brûler avec flamme, quoiqu'elle ait conservé sa solidité et sa fracture brillante. Quoique cette expérience n'ait pas eu le résultat que je

désirois , elle a atteint admirablement bien un autre but. On sait que , lorsqu'une couche de houille est traversée par un *dike* (mur) de whinstone, la houille se trouve à un état particulier dans le voisinage immédiat du whin : dans ces endroits, la substance n'est plus susceptible de brûler avec flamme, et les mineurs la désignent par l'épithète de *houille aveugle*. Le D.^r Hutton a expliqué ce fait en supposant que la matière bitumineuse de la houille a été chassée par la chaleur locale du whin, dans des endroits où la température étoit moins élevée, et où cette matière s'est condensée par une sorte de distillation. Cependant, le tout doit avoir eu lieu sous une pression capable de contenir l'acide carbonique dans le spath calcaire qu'on trouve fréquemment dans les roches de ce genre. Dans la dernière expérience dont je viens de parler, nous avons une image parfaite de cette opération de la nature; puisque la houille a perdu son pétrole, tandis que la craie, en contact avec elle, a retenu son acide carbonique. »

» J'ai fait quelques expériences du même genre avec des substances végétales et animales : j'ai trouvé que leur volatilité étoit beaucoup plus grande que celle de la houille ; et j'ai été forcé de les traiter dans des températures au-dessous de celle de l'ignition. Car, même en approchant de ce terme, elles ont quelquefois détruit mes appareils. La matière animale que j'ai employé le plus ordinairement étoit la corne ; et la matière végétale, la sciure de sapin. La corne étoit de beaucoup la plus fusible et la plus volatile des deux. Dans une température assez peu élevée, elle se convertissoit en une substance d'un jaune rougeâtre comme de l'huile, qui traversoit de part en part les tubes d'argile cuite. Je fus donc forcé d'employer des tubes de verre dans cette classe d'expériences. Ce ne fut qu'après qu'une portion considérable de la substance eut été séparée de la masse, que le reste prit la teinte noire décidée, particulière à la houille. Je convertis ainsi la sciure de bois et la

corne en une sorte de houille qui brûloit avec flamme brillante. »

» Le mélange des deux matières produisit une substance qui avoit exactement l'odeur de la suie du goudron tiré de la houille. Je suis donc très-porté à croire que le règne animal a contribué, comme le végétal, à la formation de nos couches bitumineuses. Ceci paroît confirmer une opinion mise en avant par M.' Keir, et dont on m'a parlé depuis que j'ai fait cette expérience. Je conçois que la houille qui reste actuellement sur la terre n'est qu'une petite portion de la matière organique qui y fut primitivement déposée : les parties les plus volatiles ont probablement été chassées par l'action de la chaleur avant que la température se fût assez élevée pour mettre en fusion la substance environnante, de manière à contenir les fluides élastiques et à les soumettre à la compression. »

» Je trouvai dans plusieurs de ces expériences, que lorsque la pression n'étoit pas très-considérable, c'est-à-dire qu'elle

ne dépassoit pas 80 atmosphères, la corne que je soumettois à l'action de la chaleur se dissipoit en entier, et que le tube de verre qui l'avoit contenu étoit presque absolument net. Cependant, il est indubitable que si cette matière eût été exposée à la chaleur sans compression, et mise à l'abri du contact de l'atmosphère, elle auroit laissé dans le tube un *caput mortuum* charbonneux et fixe. Il sembleroit donc qu'ici la pression modérée, en maintenant dans leur état d'union les élémens de cette substance, avoit contribué à la volatilité générale du composé, sans cependant que cette pression fût suffisante pour lui donner la faculté de résister à la force expansive; et qu'ainsi tout avoit échappé à la fois. Ce résultat, auquel certainement la théorie ne m'auroit jamais conduit, pourroit peut-être expliquer l'absence de la houille dans des lieux où d'après l'analogie on devoit s'attendre à la rencontrer. »

Depuis l'époque de cette publication, on m'a fait une question très-naturelle :

lorsque la matière inflammable a perdu de son poids, ou lorsque le tout a été dissipé dans ces expériences, qu'est devenue la matière ainsi chassée ?

Je dois avouer que je n'ai point assez d'expériences, pardevers moi, pour répondre à cette question avec une confiance parfaite. Mais, dans la pratique, deux circonstances se sont présentées, qui peuvent avoir occasionné cette perte, avec assez de probabilité. Je trouvai dans ces expériences, et en particulier dans celles faites avec la corne, que la craie, soit en poudre, soit en masse, que j'avois employée pour remplir la portion vide des tubes et pour les fixer dans la cage, étoit fortement imprégnée d'une matière huileuse ou bitumineuse qui donnoit à ces matières l'apparence de la pierre puante. Je comprends que la partie de la corne la plus volatile avoit été chassée dans l'intérieur de la craie, en partie à l'état de vapeur, et en partie en se versant par-dessus les bords du tube, dans l'acte de l'ébullition; le tout ayant été évidemment

à l'état très-liquide. Comme j'avois trouvé dans quelques cas le tube qu'on avoit introduit plein de corne, entièrement vide après l'expérience, je fus conduit, ainsi que je l'ai dit plus haut, à concevoir que, sous la pression, la matière avoit acquis une volatilité générale plus considérable que dans l'état de liberté : et je trouve, qu'à feu ouvert, la corne donne en charbon 20 p.^r_o de son poids primitif. Mais ce sujet exige un plus grand nombre d'expériences.

On doit encore attribuer la perte de poids à l'excès de chaleur employé dans la plupart des expériences pour ôter la cage du canon. Avec les substances inflammables, je n'employois pas de tube à air; et la température n'étant pas élevée, l'air logé dans les interstices avoit suffi pour mettre les canons à l'abri de la destruction par l'effet de l'expansion du métal liquide. Dans ce but aussi, j'employai souvent le plomb, dont je m'attendois que l'expansion dans ces basses températures seroit moindre que celle du métal

fusible. Or, le plomb exigeant pour se fondre une température qui approche de celle de l'ignition, la matière en expérience se trouvoit ainsi, à l'époque où l'on enlevait la cage, soumise à une chaleur comparativement assez forte. Mais la perte qui en résultoit me ramena à l'usage du métal fusible, et à mon ancien procédé pour le fondre, en plongeant le canon, après l'avoir éloigné du fourneau, dans une solution de muriate de chaux dans laquelle il ne pouvoit recevoir qu'une chaleur de 250° F. ($=97^{\circ}$ R.).

L'effet fut remarquable dans le petit nombre des expériences que je fis de cette manière. La corne ne se convertit point, comme dans les autres, en une matière noire et dure, mais elle acquit une consistance demi-fluide et visqueuse, une couleur jaune rougeâtre, et une odeur très-désagréable. Ceci montre que les substances qui donnoient ici de la couleur et de l'odeur aux résultats, avoient été chassées, dans les autres expériences, par la chaleur trop forte appliquée à la substance délivrée de la compression.

Je trouvai que l'organisation de la substance animale, disparoissoit tout-à-fait par une action légère de la chaleur, mais qu'il falloit pour l'entière fusion des matières végétales une température beaucoup plus élevée. J'y parvins, cependant; et, dans plusieurs expériences, des morceaux de bois furent changés en une substance noire comme du jayet, et inflammable, ordinairement très-poreuse, et dans laquelle on ne pouvoit découvrir aucune trace de l'organisation animale. Dans d'autres cas, on distinguoit encore les fibres végétales, et elles étoient séparées les unes des autres par de grosses bulles d'air luisantes.

Depuis la publication de l'esquisse de mes expériences, j'ai eu le plaisir de lire la description très-intéressante que M.^r Hatchett a donnée de diverses substances naturelles qui ont de grands rapports avec la houille, et j'ai été frappé de la ressemblance de mes résultats aux siens, tels que cet habile chimiste les a exposés dans toutes leurs variétés. Cette ressemblance
fournit

fournit une présomption que les changemens qu'il attribue, avec toute la modestie d'un véritable savant, à une cause inconnue, peuvent avoir été l'effet des diverses températures modifiées par des pressions différentes. La substance à laquelle il a donné le nom de *Retina sphaltum* paroît se rapprocher beaucoup de celle que j'ai obtenue des matières animales lorsque j'ouvrois le canon par une température basse; et l'échantillon de bois entrant en fusion, mais conservant encore la forme de ses fibres, paroît tout-à-fait semblable à la substance intermédiaire au *bovey-coal* et au *surturbrand*, que M.^r Hatchett a assimilées l'une à l'autre. On sait bien que le *surturbrand* d'Islande est formé des troncs de gros arbres aplatis en bandes par quelque opération de la nature qui n'a point encore été éclaircie. Mais la dernière des expériences dont je viens de parler paroît expliquer d'une manière plausible ce phénomène extraordinaire.

Nous trouvons dans toutes les parties

du globe des preuves de diverses solutions de continuité, et des mouvemens relatifs qui ont eu lieu dans de grandes masses de rochers tandis qu'elles étoient encore, jusqu'à un certain point, molles, et qui ont laissé des traces non équivoques, soit dans le dérangement des couches, soit dans ces surfaces lisses et luisantes qu'on nomme *slikenside*, et qui ont été produites par le frottement immédiat de la masse en mouvement sur celle en repos. Si pendant l'action de la chaleur souterraine, il se présente une couche seule contenant des arbres entremêlés de substances animales, de coquillages, etc., ces arbres seroient réduits à un état de ramollissement huileux semblable à celui du morceau de bois dans la dernière expérience, tandis que la matière des couches contiguës conserveroit un degré de solidité considérable. Dans cet état de choses, la couche dont on vient de parler deviendroit très - naturellement le lieu d'une glissade occasionnée par la pression inégale des masses environnantes.

Par l'effet de ce mouvement, accompagné d'une grande compression, un arbre seroit aplati comme l'est une substance qu'on pulvérise dans un mortier, par la combinaison des forces directes et latérales. Les coquillages s'aplatiroient comme les arbres et ressembleroient à ceux décrits par Bergman; tandis que ceux de la même espèce qui se trouveroient dans la pierre calcaire voisine, étant mis à l'abri par leur degré inférieur de fusibilité, conserveroient leur forme naturelle.



IX.

Application des résultats qui précèdent, à la géologie. — Le feu admis dans la théorie Huttonienne est une modification de celui des volcans. — Cette modification doit avoir lieu dans une lave antérieurement à son éruption. — Une lave intérieure peut fondre la pierre à chaux. — Les effets du feu des volcans sur les substances souterraines et souterraines sont les mêmes que ceux attribués au feu dans la théorie de Hutton. — Nos couches ont été une fois dans une position analogue, et c'est alors qu'elles ont éprouvé l'action du feu. — Toutes les conditions de la théorie Huttonienne se trouvant ainsi réunies, on peut expliquer d'une manière satisfaisante la formation de toutes les matières pierreuses. — Conclusion.

APRÈS avoir examiné, à l'aide des expériences qui précèdent, quelques-unes des suppositions qui constituent la théorie de Hutton, et après avoir cherché à assigner une limite déterminée à l'énergie

des agens qu'elle admet, je vais appliquer ces résultats à la géologie, et examiner jusqu'où les événemens qu'on suppose avoir eu lieu anciennement, s'accordent avec l'état actuel de notre globe.

L'agent le plus puissant et le plus essentiel dans la théorie Huttonienne est le feu, que j'ai toujours considéré comme analogue à celui des volcans, modifié par des circonstances qui doivent, dans un certain degré, naître dans toutes les laves avant leur éruption.

La source première des feux intérieurs est encore enveloppée de beaucoup d'obscurité; et je n'ai aucune raison de décider s'ils proviennent de quelque grand réservoir central, ou s'ils sont l'effet de quelque opération locale et de nature chimique. Il n'est point nécessaire de prendre un parti à cet égard : il nous suffit de savoir que ces feux souterrains existent; et aucun de ceux qui croient aux éruptions du Vésuve ne peut en douter. Exiger qu'on explique les feux souterrains avant de permettre qu'on les applique à la géologie,

seroit aussi absurde que de défendre de raisonner sur la construction d'un télescope avant qu'on eût expliqué la nature du soleil ou la production de la lumière (1). Mais tandis que nous suspendons de prononcer sur la cause première de cet agent formidable, plusieurs circonstances importantes dans leurs rapports avec lui peuvent devenir des objets d'observation et de discussion.

Plusieurs auteurs (sans doute par ignorance des faits) ont prétendu que le feu de l'Etna et celui du Vésuve étoit purement superficiel. Mais la profondeur de son action est assez prouvée par la grande distance à laquelle les secousses éruptives se font sentir, et mieux encore par les

(1) Cependant, on a récemment fort insisté sur cette objection contre nous, et on a cherché mal-à-propos à tirer avantage de ce qu'avoit avancé M.^r Playfair dans cette discussion. Ce qu'il avoit donné comme une simple conjecture sur un objet collatéral à celui en question, on a voulu le considérer comme la base et la doctrine fondamentale du système (A).

susstances qui sont lancées dans certaines éruptions du Vésuve sans avoir été altérées par le feu. Quelques - unes , telles que le marbre et le gypse , ne pourroient résister , en liberté , à l'action du feu. On y trouve aussi du granite , du schiste , du gneiss , et des pierres de toutes les classes connues , et d'autres qu'on n'a jamais vues à la surface du globe. La circonstance de l'émission de ces pierres hors de la bouche du volcan , sans qu'elles aient été attaquées par le feu , prouve qu'il procède d'un foyer non-seulement au niveau de leurs couches naturelles , mais beaucoup plus profond qu'elles : et comme on trouve , dans ces matières vomies , des échantillons de toutes les substances minérales dont nous prétendons expliquer la formation , nous n'avons pas à nous inquiéter davantage de la profondeur du feu vésuvien qui dépasse le terme de nos spéculations.

Le feu des volcans est sujet à des variations perpétuelles et irrégulières dans son intensité , et à des renouvellemens

soudains et violens après de longues périodes de cessation absolue. Ces variations et ces intermittences sont aussi des attributs essentiels au feu qu'emploie le D.^r Hutton : car, plusieurs scènes géologiques prouvent que la cause solidifiante a agi à plusieurs reprises sur la même substance, et qu'elle a cessé entièrement d'agir dans certains intervalles. Cette circonstance répond complètement à une objection qu'on a faite dernièrement à la théorie Huttonienne, objection fondée sur la perte de chaleur qui auroit, dit-on, eu lieu par la surface. Car, s'il existe dans la nature une cause de renouvellement après une cessation absolue, l'idée d'une perte résultant d'une continuation est tout-à-fait étrangère au système.

Les phénomènes extérieurs des volcans sont assez bien connus ; mais notre sujet nous conduit à examiner leur action interne. Nous pouvons le faire à l'aide des expériences qui précèdent, dans tout ce qui concerne les modifications du carbonate de chaux.

Quelques expériences que j'ai précédemment soumises à cette Société, et qui ont été publiées (1), combinées avec celles que renferme ce Mémoire, prouvent que l'action la plus foible des feux volcaniques suffit à produire l'agglutination et même la fusion entière du carbonate de chaux, lorsque son acide carbonique est efficacement retenu par la pression : car, quoique dans nos expériences, la lave après sa fusion puisse se congeler en verre dans une température de 16 à 18° de Wedgwood, température dans laquelle le carbonate seroit à peine affecté, il faut observer qu'une congélation pareille ne doit pas avoir lieu dans la nature, car la masse du moindre courant de lave est trop grande pour admettre un refroidissement aussi rapide. Et, dans le fait, la partie extérieure de la lave n'est pas vitreuse, mais elle offre une substance qui, ainsi que mes expériences l'ont prouvé,

(1) Transactions d'Edimbourg, T. V, P. I, p. 60 — 66.

doit avoir été solidifiée, à la température où l'argent se fond, c'est-à-dire, vers le 22.^o degré de Wedgwood, tandis que le caractère de ses parties internes indique qu'elles se sont congelées par le 27 ou 28.^o degré de la même échelle. Il s'ensuit qu'aucune partie de la lave, tant qu'elle est demeurée liquide, n'a pu avoir été moins chaude que le 22.^o degré de Wedgwood. Or, c'est dans cette température que j'ai opéré la fusion entière du carbonate de chaux sous la pression. Nous devons donc conclure que la chaleur de la lave cou-lante est toujours assez grande pour mettre en fusion la pierre à chaux.

Dans tout volcan en action il doit exis-ter une communication entre le sommet de la montagne, et la région inconnue située fort au-dessous de sa base, où la lave a été fondue et d'où elle a été chassée à l'extérieur; la lave liquide s'est élevée dans ce canal intérieur, de manière à remplir le cratère jusques au bord, et à verser par-dessus. En pareil cas, les flancs de la montagne doivent éprouver une

pression hydrostatique violente, du dedans au dehors, et ils y cèdent souvent par de larges crevasses par lesquelles la lave s'échappe latéralement, et coule sans interruption quelquefois pendant des mois entiers. C'est ainsi que la plupart des éruptions de l'Etna ont lieu; rarement la lave coule du sommet, mais elle se fait jour latéralement, dans des stations très-élevées. A l'endroit où elle s'échappe, une matière gazeuse est violemment chassée de bas en haut, et elle est accompagnée d'un peu de lave liquide, qui, retombant à l'état spongieux, produit un de ces monticules coniques qu'on remarque en grand nombre sur les vastes flancs de l'Etna, et dont chacun est l'indice d'une éruption particulière. En même temps, on voit sortir du cratère principal un jet de flamme et de fumée qui prouve la communication interne entre ce cratère et la lave; cet écoulement du sommet continue ordinairement d'une manière plus ou moins abondante pendant les intervalles entre les éruptions. La fig. 41 représente une

section idéale du mont Etna; *a b* est le canal direct, et *b c* une branche latérale.

Examinons maintenant l'état de la lave dans l'intérieur de la montagne pendant le cours de l'éruption; et supposons qu'un fragment de pierre calcaire détaché de quelque couche inférieure s'est trouvé renfermé dans la lave fluide, et est monté avec elle. Comme, d'après la loi hydrostatique, chaque portion de ce fluide éprouve une pression dont la mesure est sa distance verticale au-dessous du versoir supérieur, cette pression doit augmenter avec la profondeur. La pesanteur spécifique de la lave solide et compacte est à peu près 2,8; et son état de liquidité ne doit changer que de bien peu cette densité. La table montre que l'acide carbonique de la pierre calcaire ne peut pas être contenu, à la température de l'ignition, par une pression moindre que 1708 pieds d'eau de mer, qui correspond à environ 600 pieds de lave liquide. Ainsi, dès que la masse calcaire se trouveroit à 600 pieds de la surface, son acide carbonique quitteroit

la chaux, et prenant la forme gazeuse il ajouteroit à l'effervescence de l'éruption. Et ce changement commenceroit pour l'ordinaire à de beaucoup plus grandes profondeurs, parce que les bulles d'acide carbonique et d'autres substances gazeuses disséminées dans la lave diminueroient beaucoup la densité de la colonne de lave et rendroient très-variable sa pression sur un point déterminé. Mais, avec toutes ces irrégularités et ces interruptions, la pression dans tous les cas, et surtout à de grandes profondeurs, surpasseroit de beaucoup celle qui auroit lieu sous une colonne égale d'eau (1). Là donc où la profondeur d'un point donné dans la lave s'élève à 1708 pieds au-dessous du versoir, la pression, si la chaleur n'est pas excessive, seroit plus que suffisante pour retenir l'acide carbonique; et notre pierre calcaire

(1) La viscosité de la lave, très-considérable en comparaison de celle de l'eau, contribue encore à renforcer les argumens de l'auteur. (*Note du traducteur.*)

ne se calcinerait pas, mais elle entrerait en fusion; et si l'éruption cessoit alors, elle se cristalliserait en se refroidissant avec la masse de lave, et deviendrait un nodule de spath calcaire. La masse de lave qui renfermerait ce nodule deviendrait alors un véritable whinstone, et appartiendrait à la variété dite *amygdaloïde*. Dans des profondeurs encore plus grandes, la pression s'accroît proportionnellement jusqu'au terme où le soufre, et même l'eau pourroient être contenues; et le carbonate de chaux se maintiendrait sans décomposition dans les températures les plus élevées.

Si, tandis que la lave étoit liquide, soit pendant l'éruption, soit antérieurement à cette époque, une nouvelle crevasse *d e*, fig. 41, formée dans la masse solide inférieure au volcan, étoit rencontrée en *d* par notre courant, il est évident que la lave se jetteroit dans cette ouverture avec beaucoup de rapidité, et qu'elle la rempliroit en entier, puisqu'il n'y auroit pas d'air qui pût s'opposer à sa marche. Ainsi un courant de lave pourroit être conduit

par dessous jusques vers le fond de la mer *ff*, et y rencontrer une couche de coquillages *g g*, reposant sur ce fond, mais entremêlés de couches de glaise, alternant avec le sable et d'autres lits de coquillages, ainsi qu'on l'observe dans la nature. Le premier effet de la chaleur seroit de chasser l'humidité de la couche inférieure de coquillages, et cette humidité s'élevant à l'état de vapeur jusqu'au terme où elle se condenseroit en eau par le refroidissement, produiroit un effet analogue à celui de l'ébullition commençante tel qu'il a lieu dans un vase où l'on entend le bourdonnement qui annonce l'ébullition prochaine. Les lits d'argile et de sable pourroient éprouver ainsi des soulevemens et dérangemens partiels, mais ils n'en conserveroient pas moins la faculté d'arrêter ou d'empêcher, du moins très-efficacement, la descente de l'eau de la mer qui reposeroit sur ces couches; en sorte que l'eau chassée des coquillages au fond, n'y retourneroit pas, ou n'y reviendroit que fort lentement, et qu'ils

seroient exposés dans un état de sécheresse à l'action de la chaleur (1).

Dans ce cas, il arriveroit inévitablement de deux choses l'une : ou l'acide carbonique des coquillages seroit chassé par la chaleur, et produiroit un fluide élastique incondensable qui, en soulevant les couches supérieures ou en pénétrant au travers, se feroit jour jusques à la mer, et produiroit une éruption soumarine, ainsi que cela est arrivé à Santorini et ailleurs; ou bien, la volatilité de l'acide carbonique seroit contenue par le poids de l'eau supérieure *k k*, et la couche de coquillages étant ramollie ou fondue par l'action de la chaleur se convertiroit en une couche de pierre calcaire.

Les expériences qui précèdent nous mettent en état de décider, dans une

(1) Cet état de choses est analogue à ce qui a lieu lorsqu'on mouille un tas de charbon en petits fragmens pour qu'il se forme un gâteau. La poussière humectée s'étend par-dessus le feu en façon de couverture, et la chaleur ne se dissipe que peu ou point au-dessous (A).

circonstance

circonstance donnée, lequel des deux événemens doit avoir eu lieu, lorsqu'on connoît le degré de chaleur de la lave, et la profondeur de la mer.

On voit par la table, que sous une profondeur de mer qui n'excède pas 1708 pieds, ou environ $\frac{1}{3}$ de mille, la pierre à chaux se formeroit par une température convenable; et qu'à une profondeur d'un peu plus d'un mille, elle entreroit en fusion parfaite. Or, les sondes ordinaires des marins vont à 200 *fathoms*, ou 1200 pieds; Lord Mulgrave (1) trouva le fond à 4680 pieds, ou près de $\frac{9}{10}$ de mille; et le Capitaine Ellis a fait descendre une sonde à éprouvette, à la profondeur de 5346 pieds (2). Il paroît ainsi, qu'au fond d'une mer qu'on pourroit sonder avec une ligne moindre du double de la longueur ordinaire, et moindre de moitié que celle qu'a employé Lord Mulgrave, la pierre calcaire pourroit se former par

(1) Voyage au Pôle Arctique, p. 142.

(2) Transac. phil. 1751, p. 212.

l'action de la chaleur, et qu'à la profondeur qu'atteignit le Capitaine Ellis, la fusion complète auroit lieu si la couche de coquillages étoit atteinte par la lave à l'extrémité de sa course, et là où sa température est la plus basse. Si la lave étoit plus chaude, il faudroit une profondeur de mer proportionnellement plus grande pour retenir l'acide carbonique; et il sera possible de déterminer dans des expériences futures quelle profondeur est requise pour coopérer avec une température donnée. Il suffit actuellement d'avoir montré que le résultat est possible dans tous les cas, et d'avoir circonscrit dans des limites modérées la force nécessaire de ces agens. Il faut observer, en même temps, que nous nous sommes abstenus de donner aux faits connus une extension exagérée; car si nous comparons la petite étendue de mer dans laquelle on peut sonder, avec celle du vaste océan dont on ne connoît pas la profondeur, il est évident qu'en supposant une profondeur d'un ou deux milles, nous restons fort au-dessous

de la moyenne : M.^r De la Place, en raisonnant d'après les phénomènes des marées, établit comme très-probable que cette moyenne n'est pas au-dessous de 11 milles d'Angleterre (1).

Si une grande partie de la masse supérieure n'étoit pas composée d'eau, mais de sable ou d'argile, alors la profondeur requise pour produire ces effets deviendroit moindre dans le rapport inverse de la densité. Si l'événement supposé avoit lieu sous une masse de pierre rendue bien compacte par quelque opération antérieure de la nature, la force de cette masse pour s'opposer au départ de l'acide carbonique seroit fort augmentée par cette circonstance, et par l'inflexibilité ou la ténacité de la substance. Nous avons vu un nombre d'exemples de cette résistance dans le cours de nos expériences, dans

(1) « On peut donc regarder au moins comme » très-probable que la profondeur moyenne de la » mer n'est pas au-dessous de quatre lieues. » *Hist. de l'Académie royale des sciences*, année 1776.

lesquels des tubes de fer, ou de porcelaine, dont l'épaisseur n'excédoit pas un quart de ponce, ont manifesté une force supérieure à la pression qu'exerceroit un mille de profondeur de mer. Sans prétendre éгалer tout-à-fait la résistance que peut offrir une matière pierreuse, à celle qui appartient à du fer homogène et bien corroyé, on peut affirmer que, dans beaucoup de cas, ce genre de force a pu agir d'une manière analogue, et jusqu'à un certain degré.

Nous connoissons beaucoup de masses calcaires qui, dans ce moment, sont exposées à une pression plus que suffisante pour que leur fusion ait pu s'opérer sous l'influence d'une température convenable. La montagne de Salève, près de Genève, est élevée de 500 toises de France, ou près de 3250 pieds anglois, à partir de sa base. Sa masse est composée de couches presque horizontales de pierre calcaire remplie de coquillages. Ainsi donc, abstraction faite de la ténacité de la masse, et n'ayant égard qu'au poids seul, la

couche inférieure de cette montagne doit soutenir, dans ce moment, une pression de 5250 pieds de pierre calcaire, dont la pesanteur spécifique est environ 2,65. Cette pression est donc égale à celle qu'exerceroient 8612 pieds d'eau, c'est-à-dire environ un mille et demi de profondeur de mer, ce qui seroit beaucoup plus que suffisant, ainsi que nous l'avons montré, pour opérer l'entière fusion du carbonate, par une température appropriée. Si donc l'émanation d'un volcan se manifestoit sous la montagne de Salève, arrivoit jusques à sa base, et s'y trouvoit arrêtée, la pierre à chaux qui se trouveroit voisine de la lave s'amolliroit inévitablement sans se calciner; et par le refroidissement subséquent se cristalliserait en marbre salin.

Quelques autres circonstances qui se rapportent à ce sujet méritent attention, et nous mettent encore mieux à portée d'établir la comparaison entre les anciennes opérations du feu et les modernes.

Il sembleroit, au premier aspect, qu'une lave ayant une fois pénétré les flancs d'une

montagne, tous les courans subséquens devroient suivre la même route, comme le feroit l'eau en pareille circonstance; mais il y a une différence essentielle entre l'un de ces cas et l'autre. Dès que la lave a cessé de couler, et que sa température commence à s'abaisser, la crevasse par laquelle elle passoit demeure remplie d'une substance qui ne tarde pas à s'agglutiner en une masse beaucoup plus dure et plus consistante que ne l'est la montagne elle-même. Cette masse, remplissant un lit irrégulier, et fortement soudée aux parois de la crevasse, doit opposer une grande résistance à tout courant qui tendroit à sortir par la même issue. Ainsi la dégradation faite par la crevasse se trouve plus que réparée; et dans une éruption subséquente il faut que la lave se fasse jour par quelqu'autre côté de la montagne, ou quelque part dans la contrée environnante. L'action de la chaleur du foyer paroît, dans la plupart des cas, avoir tenu un canal ouvert par l'axe de la montagne, ainsi qu'on peut en juger par la

fumée et la flamme qui sortent habituellement par le sommet dans les intervalles de calme. Mais, dans plusieurs occasions, ce soupirail paroît avoir été tout-à-fait fermé par la consolidation de la lave, de manière à supprimer toute émission. C'est ce qui est arrivé au Vésuve dans le moyen âge; toute apparence de feu avoit cessé pendant cinquante ans, et le cratère étoit couvert d'une forêt de vieux chênes lorsque, dans le seizième siècle, le volcan se rouvrit avec une vigueur nouvelle.

La force éruptive capable de vaincre un pareil obstacle doit être prodigieuse, et paroît, dans quelques cas, avoir soulevé le volcan lui-même comme en éclats. On ne peut voir la montagne dite la Somma, qui, sous forme d'un croissant, embrasse le Vésuve, sans être convaincu qu'elle fait partie d'un grand volcan, presque concentrique au cône intérieur actuel, et qui, dans quelque grande éruption, a été détruit, à l'exception de ce petit fragment. De nos jours, un événement assez important a eu lieu dans le même local:

le cône intérieur du Vésuve a subi, dans l'éruption de 1794, un changement tel, qu'il n'offre plus aucun trait de ressemblance avec ce que j'y ai vu en 1785.

La stagnation générale ou partielle des laves intérieures, à la fin de chaque éruption, paroît donc faire d'une lacération violente la condition nécessaire d'un écoulement nouveau. Et c'est là, probablement, la cause de ces terribles tremblemens de terre qui précèdent toutes les grandes éruptions, et qui cessent lorsque la lave s'est fait jour quelque part. C'est sans doute raisonner juste que d'attribuer les mêmes effets aux mêmes causes, et de croire que les tremblemens de terre, qui désolent souvent des pays dont l'apparence n'a rien de volcanique, indiquent aussi que quelque matière en fusion dans les entrailles de la terre a été chassée avec violence contre des masses de rochers dans lesquelles elle a pénétré.

L'injection d'un *dike* (filon) de whinstone dans une masse fragile de schiste ou de grès, doit avoir produit sur ces ma-

tières les mêmes effets que la lave dont on vient de parler a occasionné sur les couches incohérentes de scories volcaniques. Un courant de whin liquide qui se sera introduit dans un pareil assemblage lui aura donné du poids et de la force; en sorte qu'un second courant venant comme le premier, rencontreroit une masse dont le déchirement occasionneroit un tremblement de terre si sa résistance étoit vaincue; ou par laquelle, si elle tenoit bon, la matière liquide seroit forcée de pénétrer dans quelque masse plus foible, peut-être à une grande distance de la première. Le feu intérieur étant perpétuellement obligé de changer la scène de son action, son influence pourroit se propager indéfiniment; en sorte que l'intermittence, sous le rapport du temps, et la versatilité, sous celui du lieu, circonstances communes aux feux Huttoniens et aux volcaniques, s'expliquent d'après nos principes. Et il paroît que le whinstone possède toutes les propriétés que la théorie nous conduit à attribuer à une lave intérieure.

Cette connexion est éclaircie d'une manière frappante par un cas intermédiaire entre les résultats du feu interne et externe mis en évidence par une section réelle de l'ancien Vésuve que présente la montagne Somma dont on vient de parler. J'ai décrit cette scène dans mon Mémoire sur le whinstone et la lave; et je prends la liberté de la retracer ici comme offrant aux voyageurs qui parcourront cette contrée un champ très-intéressant d'observations géologiques.

On voit cette section dans l'escarpement vertical de plusieurs centaines de pieds d'élévation que présente la Somma vue de la petite vallée en forme de croissant, située entre cette montagne et le cône intérieur du Vésuve, appelé *Atrio del Cavallo*. A la faveur de cet escarpement *f d*, fig. 42, qui est représenté à part, fig. 44, on découvre la structure interne de la montagne, formée de bancs épais *k k* de scories incohérentes qui sont tombées en façon de pluie, entre lesquels des courans minces, mais solides, de laves

m m qui ont coulé des flancs extérieurs du cône, sont interposés. La fig. 3 représente une section idéale du Vésuve et de la Somma par l'axe des cônes, qui montre la manière dont les lits de scories et de laves sont superposés. On voit les extrémités de ces couches, de profil, en *m m* et *k k*, fig. 42, 43 et 44.

Cet assemblage de scories et de laves est traversé brusquement et verticalement par des courans de lave solide *nn*, fig. 44, qui atteignent l'escarpement, du haut jusques en bas. Je conçois que ces derniers courans ont coulé dans des crevasses de l'ancienne montagne, qui ont fait la fonction de canaux par lesquels les laves des éruptions latérales sont arrivées jusques au jour. Cette scène présente à l'observateur attentif un échantillon réel de ces courans internes que nous considérons tout-à-l'heure en spéculation, et ils peuvent montrer les circonstances qui appuient décidément les opinions avancées : car, si l'un de ces courans avoit été anciennement lié à une éruption latérale qui

se seroit fait jour à plus de 600 pieds au-dessus de l'*Atrio del Cavallo*, il pourroit peut-être renfermer du carbonate de chaux; mais si nous pouvions supposer que la profondeur s'étendît jusqu'à 1708 pieds, la présence des bulles d'air et l'action d'une chaleur plus forte que celle qui pouvoit justement suffire à la fusion du carbonate auroient pu céder à la grande pression.

Peut-être la hauteur du Vésuve n'a-t-elle jamais été suffisante pour produire cet effet. Mais si nous pouvions supposer l'Etna coupé verticalement par son axe, et sa structure intérieure développée comme on vient de décrire celle du Vésuve, on ne peut guères douter qu'on ne découvrit des courans de lave dans lesquels la pression doit avoir surpassé de beaucoup la force requise pour contenir l'acide carbonique de la pierre à chaux; puisque cette montagne vomit quelquefois des laves de son sommet élevé de 10954 pieds au-dessus du niveau de la Méditerranée, qui baigne son pied (1).

(1) Trans. Phil. 1777, p. 595.

Je me souviens d'avoir vu dans quelques parties de l'Etna de vastes crevasses formées par des révolutions volcaniques, dans lesquelles on distinguoit des courans verticaux de lave, semblables à ceux de la Somma. Mais mon attention ne s'étant portée sur cet objet que long-temps après, je ne puis actuellement que recommander cette observation particulière aux voyageurs qui visiteront cette montagne.

Ce qu'on a dit de la chaleur portée par les courans volcaniques intérieurs, s'applique également à cette chaleur plus profonde et plus générale par laquelle les laves, elles-mêmes, sont fondues et chassées en haut. Qu'elles aient été ainsi soulevées hors d'une grande masse interne de substance de même genre, en fusion liquide, c'est ce dont on ne peut guères douter, quelle que soit la cause à laquelle on attribue la chaleur des volcans. Il n'est pas moins évident que la température de ce liquide doit être beaucoup plus élevée que celle que les laves qui en découlent peuvent conserver lorsqu'elles arrivent à la

surface. Indépendamment de toute éruption actuelle, la masse de chaleur contenue dans ce réservoir énorme de liquide doit pénétrer les substances environnantes, en diminuant d'intensité par gradations lentes à proportion de la distance du foyer. Lorsque, par suite de cette communication progressive, la chaleur a atteint un entassement de dépôts marins soumis à la pression d'une masse supérieure considérable, le tout doit s'agglutiner en une masse dont la solidité pourra varier avec la nature chimique des ingrédients, et avec le degré de chaleur qu'aura éprouvé une portion donnée de la masse. En même temps l'analogie nous conduit à supposer que cette chaleur profonde et étendue doit être sujette à des vicissitudes et à des intermittences, ainsi qu'on en observe dans les phénomènes extérieurs des volcans. Nous avons essayé d'expliquer quelques-unes de ces irrégularités, et un raisonnement semblable peut s'appliquer au cas présent. Après avoir montré, que de petits courans internes de lave tendent

successivement à s'introduire dans toutes les parties d'une montagne volcanique où ils éprouvent peu de résistance, nous sommes conduits à concevoir que les grandes masses de matières liquéfiées dont on vient de parler seront successivement dirigées vers différentes parties de la terre; en sorte que partout où il se trouvera, à la portée de ces invasions, un assemblage de matières incohérentes disséminées dans des régions soumarines et souterraines, elles seront solidifiées à leur tour; et l'influence de la chaleur volcanique interne n'aura ainsi d'autres limites que celles du globe lui-même.

Une série de faits indubitables prouve que toutes nos couches ont existé une fois dans une situation à tous égards semblable à celle dans laquelle on vient de supposer les dépôts soumarins.

L'habitant d'une vaste plaine, ou celui d'un pays formé de couches horizontales, s'il n'a jamais observé que son pays natal, ne peut se faire aucune idée de ces vérités qui, à chaque pas, dans les régions

alpines, entrent comme de force dans l'esprit de l'observateur géologue. Malheureusement pour les progrès des connoissances, Londres et Paris sont placées dans une contrée peu remarquable sous ces rapports; et les scènes qui mettent en évidence de la manière la plus frappante les principes de la science, sont inconnues à beaucoup de personnes qui seroient les plus capables d'apprécier leur valeur. La vérité la plus importante, et la plus surprenante en même temps, qu'aucune observation géologique puisse nous apprendre, c'est que des rochers et des montagnes élevés maintenant de plus de deux milles au-dessus du niveau de la mer, ont occupé son fond dans une certaine période. Ce fait ne permet pas le doute pour toutes les couches de pierre calcaire coquillière; et on peut également le présumer à l'égard des couches adjacentes. L'imagination se refuse à admettre un fait aussi extraordinaire, mais elle doit céder à la conviction de l'évidence; et l'exemple des observateurs les plus habiles et les plus exacts

exacts, nous prouve que cette conclusion est inévitable (1).

Il se présente ici une autre question, fort bien traitée par M.^r Playfair. La mer a-t-elle abandonné les montagnes? ou les montagnes ont-elles été soulevées hors de la mer? Il a montré que les probabilités sont de beaucoup en faveur de la dernière de ces deux suppositions; puisque, pour soutenir la première, il faut indiquer ce qu'est devenue une masse énorme de mer, dont la profondeur est de plusieurs milles, et dont la base est plus considérable que la surface entière de l'océan. Tandis que, dans le second cas, l'élevation d'un continent tel que le nôtre hors de la mer, ne changeroit que de quelques pieds le niveau des eaux; et lors même que ce mouvement causeroit un grand dérangement, l'eau retrouveroit aisément son niveau sans qu'il fût nécessaire de recourir à aucune supposition

(1) Dezaussure, Voyages dans les Alpes, T. II, p. 99 — 104.

extraordinaire. Cette élévation du sol est d'ailleurs un fait notoirement arrivé dans quelques contrées volcaniques , et elle explique d'une manière complète ces contorsions et ces soulevemens qu'on observe actuellement dans des couches qui sont universellement considérées comme ayant été planes et horizontales dans l'origine.

Mais quelle que soit l'opinion qu'on adopte sur le mode de séparation de la terre et de l'eau , personne ne doute de l'ancienne situation soumarine des couches actuellement terrestres.

Une série importante de faits prouve également que ces couches ont aussi été souterraines. Tout indique qu'une grande quantité de matière a abandonné la surface actuelle de notre globe ; et des dépôts énormes de fragmens , détachés évidemment de masses semblables à nos roches ordinaires , attestent l'action de quelque cause puissante de destruction. L'analogie nous conduit aussi à croire que toutes les roches primitives ont une fois été

recouvertes par des secondaires; cependant des régions très-vastes n'offrent aucune roche de cette nature. En un mot, les géologues semblent s'accorder à admettre, en général, qu'il y a eu de grands changemens de cette espèce dans la surface solide du globe, quelle que soit d'ailleurs la variété de leurs opinions sur l'étendue de ces révolutions et sur leurs causes.

Le D.^r Hutton attribuoit ces changemens à l'action, long-temps continuée, de ces causes qui ne cessent point aujourd'hui d'attaquer la surface de la terre, telles que les gelées, les pluies, les inondations ordinaires des rivières, etc., qu'il considère comme ayant toujours agi avec la même force dans tous les temps. Mais je n'ai jamais pu admettre cette opinion, ayant adopté de bonne heure celle de Desaussure, à laquelle une bonne partie des géologues du continent se sont également attachés. Ma conviction reposoit sur l'inspection des faits qu'il a observés dans le voisinage de Genève, et qu'il a donné pour base à son système. J'étois alors convaincu,

et je n'en suis pas moins persuadé actuellement, que des courans immenses, assez profonds pour dépasser nos montagnes, ont balayé la surface du globe, creusant des vallées, rongé latéralement des montagnes et emportant avec eux tout ce qui ne pouvoit résister à cette puissante érosion. Si de pareils agens ont travaillé dans les Alpes, il est difficile de concevoir que nos régions en aient été à l'abri. J'ai donc cherché dans notre pays à trouver des traces d'opérations analogues. Je n'ai pas été long - temps sans en découvrir en quantité ; et, à l'aide de quelques amis, j'ai retrouvé dans nos environs des indices de l'existence de vastes torrens, aussi évidens que ceux dont j'ai autrefois reconnu les traces sur Salève et le Jura. Depuis que j'ai consigné mon opinion sur ce sujet dans une note mise à la suite de mon Mémoire sur le whinstone et la lave, publié dans le 5.^e volume des Transactions de cette Société, j'ai vu beaucoup de faits qui confirment mes premiers aperçus ; et mon ami le lord Selkirk a

observé dernièrement en Amérique une série de phénomènes de ce genre plus frappans encore que ceux que j'ai vus moi-même en Europe.

Il seroit difficile de calculer les effets d'un pareil agent; mais si, par son moyen, ou par toute autre cause, la masse entière des couches secondaires, dans des espaces considérables, a été enlevée de dessus les primaires, le poids seul de cette masse doit avoir suffi pour remplir toutes les conditions de la théorie Huttonienne, sans qu'il soit nécessaire de recourir à la pression de la mer. Mais, dans les cas où ces deux forces ont été réunies, quelle énergie n'ont-elles pas dû déployer.

Nous sommes autorisés à supposer que les matériaux de nos couches ont éprouvé dans cette situation l'action du feu. Car les volcans ont brûlé long-temps avant les périodes les plus anciennes que nous retrace l'histoire, ainsi que l'attestent les masses qui entourent actuellement quelques montagnes volcaniques; et on ne peut guères douter que leur feu n'ait

continué sans interruption notable, depuis que la surface de notre globe a acquis sa forme actuelle. Lorsque nous étendons cette même influence à des périodes d'une antiquité encore plus reculée, nous ne faisons qu'attribuer de la permanence aux lois connues de la nature.

La combinaison de la chaleur, et de la compression, qui résultent de ces circonstances nous conduit à la théorie Huttonienne dans toute son étendue, et nous permet d'expliquer d'après ses principes la formation ignée de toutes les roches avec des matériaux tirés des dépôts marins incohérens.

Le sable se convertira ainsi en grès; les coquillages, en pierre calcaire; et les substances animales et végétales, en houille.

D'autres couches composées de diverses substances mélangées seroient encore plus fortement affectées par la même chaleur. Celles qui contiendroient du fer, du carbonate de chaux et de l'alkali, avec différentes terres, entreroient en fusion très-liquide, et, pénétrant au travers de

toutes les fissures qu'elles rencontreroient, elles atteindroient dans quelques cas ce qui seroit alors la surface de la terre, et formeroient la lave : dans d'autres cas, ces matières se congéleroient dans des crevasses intérieures, et constitueroient le porphyre, le basalte, le *greenstone*, ou telle autre pierre de cette classe nombreuse qu'on désigne sous le nom de *whinstone*. En même temps, des couches de matière analogue, mais d'une composition un peu moins fusible, entreroient dans un état de viscosité tel que l'éprouvent plusieurs corps avant d'arriver à la fusion parfaite. Dans cet état, les particules, quoique loin de jouir de la liberté qu'elles auroient dans un liquide, sont susceptibles d'une cristallisation régulière (1), et la substance qui, dans cet

(1) Cet état de viscosité, avec ses modifications innombrables, mérite beaucoup d'attention, car il résout quelques-uns des problèmes géologiques les plus importants. La force mécanique que déploient quelques substances dans l'acte de revêtir une forme cristalline est bien connue. J'ai vu une masse de

état d'empâtement, seroit peu disposée à se mouvoir, se trouvant confinée dans sa situation primitive par des couches contiguës de matières plus réfractaires, se cristalliserait sans changer de place, et constituerait un de ces bancs de whinstone qu'on trouve souvent alternant avec les grès et les pierres calcaires.

Dans d'autres cas où la chaleur auroit été plus intense, les lits de sable approchant de plus près vers l'état de fusion, acquerroient assez de ténacité et de consistance pour se laisser fléchir et contourner

cristaux de glace, larges et grands comme des lames de copeaux, se former dans une masse de glaise si dure qu'on venoit de l'employer à faire des tasses pour des usages chimiques. Dans plusieurs de mes expériences, j'ai trouvé qu'un fragment de verre fait de whinstone ou de lave, mis dans une moufle chauffée au degré où l'argent se fond, prenoit un arrangement cristallin, et changeoit absolument de caractère. Pendant cette métamorphose le fragment s'amollissoit jusqu'à céder à l'impression d'une baguette de fer : il conservoit cependant assez de consistance pour ne point se déformer de lui-même sous la moufle, et conserver tous ses angles aussi vifs qu'avant l'expérience. (A).

sans déchirement ni fracture, par l'influence des causes locales de mouvement, et pourroient prendre la forme et le caractère de schiste primitif. La pierre calcaire seroit entièrement cristallisée, et deviendroit du marbre; ou bien, entrant en fusion plus liquide, elle pénétreroit dans les plus petites fissures, sous la forme de spath calcaire. Enfin, dans les cas où la température seroit encore plus élevée, le sable lui-même se fondroit en entier, et pourroit être converti, par le refroidissement subséquent plus ou moins lent, en granite, sienite, etc., en conservant, dans quelques cas, des traces de sa stratification primitive, et en constituant le gneiss et le granite stratifié; d'autres fois, en s'introduisant dans des crevasses, il formeroit des veines de granite parfait.

En conséquence de l'action de la chaleur sur une quantité de matière aussi considérable, ainsi amenée à un état de liquidité complète ou partielle, et dans laquelle, nonobstant l'énorme pression, quelques substances seroient volatilisées, cette

élastification devrait produire, dans la masse comprimante, des soulevemens répétés qui ameneroient enfin les couches à l'état où nous les voyons actuellement.

La théorie de Hutton embrasse un champ si vaste, et suppose des agens si puissans, exerçant leur influence dans des circonstances et des combinaisons tellement insolites, que plusieurs de ses branches sont encore imparfaites et doivent donner lieu, peut-être pour long-temps encore, à des objections partielles et plausibles, lors même qu'on auroit adopté la doctrine fondamentale. Cependant j'ose croire avoir atteint suffisamment le but que je m'étois proposé, puisque je suis parvenu à mettre en fusion de la pierre calcaire sous une pression donnée. Ce résultat, fût-il isolé, formeroit une forte présomption en faveur de la solution appliquée par le Docteur Hutton à tous les phénomènes géologiques; car la vérité du principe le plus difficile à admettre, parmi ceux qu'il adopte, auroit ainsi été établie par l'expérience directe.

A P P E N D I X.

N.º 1.

*Pesanteur spécifique de quelques-uns
des échantillons obtenus.*

COMME la plupart des pierres à chaux et des marbres artificiels produits dans ces expériences étoient compactes et fort durs, et comme ils avoient subi une grande diminution de volume, et paroissent même lourds dans la main, je crus qu'il seroit assez important d'établir leur pesanteur spécifique, et de les comparer, sous ce rapport, soit entr'eux, soit avec les matières originales avec lesquelles on les avoit produit. Comme cette matière étoit pour l'ordinaire un morceau de craie, qui, plongé dans l'eau, commence par l'absorber avec rapidité, et continue à le faire pendant long-temps, de manière à changer de poids à chaque instant, il m'étoit impossible d'obtenir un résultat

exact jusqu'à ce que l'absorption fût complète : et, pour estimer le poids ainsi acquis, il falloit employer une méthode différente de celle usitée dans ce genre d'opérations.

On pèse ordinairement la substance, d'abord dans l'air, ensuite dans l'eau; la différence indique le poids de l'eau déplacée, et elle représente un volume de ce liquide égal à celui du solide qui occupe sa place. Mais, comme la craie saturée d'eau est d'environ un quart plus pesante que lorsqu'elle est sèche, il est clair que son poids apparent dans l'eau doit être augmenté, et la perte apparente diminuée, exactement dans cette proportion. Ainsi, pour estimer juste la quantité d'eau déplacée par le solide, il faut augmenter la perte de poids apparente, de toute la quantité due à l'absorption.

Il se présente ainsi, pour déterminer la pesanteur spécifique, deux méthodes distinctes, qu'il est important de considérer séparément, car chacune est applicable à une classe particulière d'objets.

L'une de ces méthodes consiste à comparer un pouce cube de la substance sèche, en comprenant ses pores dans le volume qu'elle occupe, avec un pouce cube d'air.

La seconde repose sur la comparaison d'un pouce cube de la matière solide dont la substance est formée, indépendamment des vides, et en supposant le tout réduit à l'état de solidité parfaite, avec un pouce cube d'eau.

Si, par exemple, un architecte avoit à calculer un volume de terre destiné à un remblai, en supposant que cette terre fût et demeurât toujours sèche, il suivroit, sans doute, le premier des deux procédés; tandis que si un fermier se proposoit de comparer, sous un point de vue agricole, la pesanteur spécifique de cette même terre avec celle de tout autre sol, il emploieroit le second procédé, qui se trouve compris dans les préceptes de M.^r DAVY.

Comme notre but est de comparer la densité spécifique de ces résultats, et

d'établir de combien les molécules se sont respectivement rapprochées, il paroît bien évident que c'est le premier procédé qu'il faut choisir. On en jugera mieux encore à l'inspection de la table suivante, qui a été disposée de manière à comprendre les deux classes de résultats.

I.	II. POIDS dans l'air, à l'état sec.	III. POIDS dans l'eau.	IV. POIDS dans l'air, à l'état humide.	V. DIFFÉRENCE entre les colonnes II et III.	VI. DIFFÉRENCE entre les colonnes II et IV. ou absorpt.	VII. ABSORPTION à tant par cent.	VIII. SOMME des colonnes V et VI.	IX. PESANTEUR spécifique par le procédé ordinaire.	X. PESANTEUR spécifique par le nouveau procédé.
1	125,90	77,55	135,65	47,55	9,75	7,74	57,10	2,504	2,304
2	9,94	6,13	9,99	5,81	0,05	0,50	5,86	2,669	2,575
3	18,98	9,70	16,02	6,28	0,04	0,25	6,52	2,544	2,328
4	5,47	3,55	5,48	2,14	0,01	0,18	2,15	2,556	2,544
5	18,04	10,14	18,06	7,90	0,02	0,11	7,92	2,285	2,277
6	6,48	3,74	7,10	2,74	0,62	0,56	5,56	2,365	2,028
7	10,52	5,97	10,56	4,55	0,04	0,39	4,59	2,372	2,550
8	54,57	31,50	55,25	23,27	0,66	1,21	23,93	2,345	2,280
9	72,27	41,10	76,15	51,17	5,86	5,54	35,05	2,318	2,063
10	57,75	21,15	58,50	16,60	0,55	1,65	17,15	2,274	2,201
11	21,21	12,55	21,26	8,66	0,05	0,24	8,71	2,449	2,435
12 marbre.	18,59	11,56	18,61	7,03	0,02	0,18	7,05	2,644	2,656
13 craie.	504,15	302,40	625,20	201,75	119,05	23,61	520,80	2,498	1,571
14 moyenne de craie.	444,50	264,55	550,80	179,55	106,50	23,97	286,45	2,469	1,551
15 craie en poudre, refoulée.	285,97	—	—	—	—	—	198,65	—	1,429

Explication.

LA I.^{re} COLONNE contient les numéros que portoient chacun des échantillons dont les propriétés sont indiquées dans la table.

Les onze premiers sont les mêmes dont il est fait mention dans le Mémoire lu à cette Société le 30 août 1804, et publié dans le Journal de NICHOLSON pour le mois d'octobre suivant. Ce n.^o 12 est un échantillon de marbre jaune, très-ressemblant au n.^o 3. N.^o 13, un échantillon de craie. N.^o 14 indique la moyenne de trois résultats obtenus avec la craie. N.^o 15 est de la craie pulvérisée, refoulée selon le procédé suivi dans ces expériences. Pour déterminer sa pesanteur spécifique, je refoulai la poudre dans un tube de verre préalablement pesé; ensuite, après avoir pesé le tout, j'enlevai la craie et je remplis le tube d'eau. J'obtins ainsi d'une manière directe le poids de la substance, tel qu'il est porté dans la colonne II, et celui d'un volume égal d'eau, qu'on trouve, col. VIII.

COLONNE II. Poids de la substance sèche,

sèche, pris dans l'air, après plusieurs heures d'exposition à une température de 212° F. (80 R.)

COLONNE III. Son poids dans l'eau, après un séjour dans le liquide, assez long pour que l'absorption fût bien complète. On avoit soigneusement balayé toutes les bulles d'air.

COLONNE IV. Poids dans l'air, à l'état humide. On essuyoit la surface de l'échantillon avec un linge, sans lui donner ailleurs le temps de se dessécher par l'évaporation.

COLONNE V. Différence entre les colonnes II et III; soit les poids apparens de l'eau déplacée.

COLONNE VI. Différence entre les colonnes II et IV; soit l'absorption.

COLONNE VII. Absorption, réduite à tant pour cent de la substance sèche.

COLONNE VIII. Somme des colonnes V et VI, ou poids réel de l'eau déplacée par l'échantillon.

COLONNE IX. Pesanteur spécifique, par la méthode ordinaire, résultant de la division de la col. II par la col. V.

COLONNE X. Pesanteur spécifique par l'autre procédé, résultant de la division de la col. II, par la col. VIII.

Les pesanteurs spécifiques obtenues par ce dernier procédé, et exprimées dans la Col. X, s'accordent très-bien avec l'idée qu'on se forme des densités comparatives des échantillons, d'après d'autres circonstances, telles que la dureté, l'apparence compacte, la faculté de prendre le poli, et le poids, tel qu'on l'estime à la main.

Le cas est très-différent lorsqu'on examine les résultats de la méthode ordinaire renfermés dans la col. IX. Ici la pesanteur spécifique de la craie est portée à 2,498, ce qui surpasse de beaucoup la majorité des résultats obtenus. Il paroîtroit, par exemple, d'après cette méthode, que la craie seroit devenue spécifiquement plus légère dans l'opération, résultat directement contraire au témoignage des sens qui annoncent un accroissement de densité.

Ce résultat singulier provient, à ce que je présume, de ce que, dans nos expériences, la faculté d'absorption a été

beaucoup plus diminuée que la porosité. Ainsi, en supposant qu'un morceau de craie pure dont on auroit préalablement déterminé la pesanteur spécifique par le procédé ordinaire, et qu'on auroit bien desséché ensuite à une température de 212° F., fût plongé dans le vernis, qui pénétreroit un peu dans son intérieur, et qu'ensuite, après que le vernis se seroit durci, on pesât l'échantillon dans l'eau, il est évident que la perte de poids apparente seroit actuellement plus grande de $25,61$ p. $\frac{0}{0}$ du poids de la matière sèche, qu'elle ne l'avoit été lorsque la craie non vernie avoit été pesée dans l'eau; parce que le vernis, en fermant les pores de la surface, empêcheroit absolument l'absorption, tandis qu'il n'ajouteroit que peu à la masse, et ne changeroit rien au volume. En calculant donc la pesanteur spécifique d'après ce dernier résultat, la craie paroîtroit beaucoup plus légère qu'elle ne l'étoit d'abord, quoique sa densité eût réellement été augmentée par l'addition du vernis.

Il paroît qu'un effet analogue a été produit

dans quelques-uns des résultats, par l'agglutination ou la demi-fusion d'une partie de la substance, effet qui a fermé quelques-uns des pores où l'eau auroit pénétré.

Cet aperçu est confirmé, jusqu'à un certain point, par l'inspection des colonnes VI et VII, dont la première exprime l'absorption, et la seconde, ce résultat réduit à tant pour cent du poids primitif. On voit là, que tandis que la craie absorbe 25,97 p. $\frac{0}{100}$, quelques-uns des échantillons n'absorbent que 0,5, ou seulement 0,11 p. $\frac{0}{100}$. En sorte que la faculté d'absorption a été réduite d'environ un quart, à moins d'un cinq centième du poids.

J'ai mesuré la diminution de volume dans plusieurs cas, particulièrement dans celui du n.° 11. La craie, avant la coction, descendoit au 75.° degré de l'échelle de Wedgwood, et elle se condensa tellement pendant l'expérience qu'elle descendit après jusques au 161.° degré. La différence s'élève à 86 degrés. Or, je trouve que le canal de l'échelle de Wedgwood diminue

en largeur de 0,5 de pouce à zéro de l'échelle, à 0,5 au 240.^e degré, ce qui fait, par degré, 0,000833. Par conséquent, la largeur au 75.^e degré est de 0,437525, et, au 161.^e, de 0,565887. Ces nombres indiquent les dimensions homologues linéaires de la craie, respectivement à l'état cru, et après l'épreuve de la chaleur et de la compression; et ils sont dans le rapport de 100 à 85,8, ce qui donne pour les cubes 100 et 57,5. Si l'on calcule les densités respectives d'après ces données, on trouve le rapport de 1 à 1,75. Les pesanteurs spécifiques indiquées dans la table pour la craie et pour l'échantillon en question, sont comme 1,551 à 2,435, ou comme 1, à 1,57. Ces résultats ne s'accordent pas; mais la craie employée dans cette expérience n'étoit pas un des échantillons employés pour déterminer la pesanteur spécifique moyenne portée dans la table, et d'autres circonstances peuvent avoir contribué à produire cette irrégularité. En comparant cette craie avec le second résultat, nous avons le rapport de 1,551 à 2,575, soit = 1 : 1,6602.

TABLE contenant la réduction des forces mentionnées dans le chapitre VII, à une mesure commune.

I. NUMÉRO de l'expérience mentionnée chapitre VII.	II. CALIBRE en décimales de pouce.	III. PRESSION expérimentée en quinquaux.	IV. TEMPÉRATURE au pyromètre de Wedgwood.	V. PROFONDEUR de mer, en pieds.	VI. PROFONDEUR en milles.	VII. PRESSION expérimentée en atmosphères.
1	0,75	3	22	1708,05	0,3255	51,87
2	0,75	3	25	1708,05	0,5255	51,87
3	0,75	10	20	5693,52	1,0783	172,92
4	0,75	10	31	5693,52	1,0783	172,92
5	0,75	10	41	5693,52	1,0783	172,92
6	0,75	10	51	5693,52	1,0783	172,92
7	0,75	10	—	5693,52	1,0783	172,92
8	0,34	2	—	2196,57	0,4160	66,71
9	0,54	4	—	4393,14	0,8320	133,45
10	0,75	8,1	21	8896,12	1,6848	270,19
11	0,75	3	25	1708,05	0,3255	51,87
12	0,75	4	—	2277,41	0,4515	69,70
	0,75	5	—	2846,76	0,5596	89,46

Explication.

LA COLONNE I.^{re} contient le numéro de l'expérience tel qu'il est indiqué dans le texte. La col. II, le calibre du canon, en décimales de pouce. Col. III, la force absolue appliquée au canon, exprimée en quintaux. Col. IV, la température, d'après le pyromètre de Wedgwood. Col. V, la profondeur en mer à laquelle le carbonate auroit éprouvé une pression égale à celle qu'il a soutenue dans chaque expérience, exprimée en pieds. Col. VI, la même, exprimée en milles. Col. VII, la force comprimante, exprimée en atmosphères.

Les deux tables ont été calculées séparément par un ami (M.^r JARDIN) et par moi, d'après les données suivantes.

L'aire du cercle, dont le diamètre est l'unité = 0,785598.

Poids du pied cube d'eau distillée, d'après le prof. ROBISON = 998,74 onces
avoir du poids.

Pesanteur spécifique moyenne de l'eau de mer, d'après BLADH = 1,0272.

Hauteur moyenne du baromètre au niveau de la mer, d'après LA PLACE = 29,91196 pouces Anglois.

Pesanteur spécifique du mercure, d'après Cavendish et Brisson = 13,568.



*CATALOGUE des échantillons déposés
par Sir James HALL au Musée Britan-
nique le 28 Juin 1806, comme étant
les principaux résultats de ses ex-
périences sur les effets de la chaleur
modifiés par la compression.*

LES n.^{os} 1, 2, 3, 4, 5, 6 et 7 ont tous été produits dans des expériences séparées, et tirés du carbonate de chaux pulvérisé. Le n.^o 1 a été obtenu en 1799. C'est une pierre dure, et qui ne cède qu'à un coup de marteau assez fort. La matière étoit renfermée dans une cartouche de papier dont elle porte encore la marque. Les six autres sont encore plus durs et plus compactes ; ils se rapprochent beaucoup de la pierre calcaire ordinaire.

Les n.^{os} 2, 4 et 7 ont un degré de demi-transparence, qui est surtout remarquable dans l'échantillon n.^o 4. Tous ont une fracture non polie, ressemblant à celle de la cire d'abeilles, ou du marbre. Leurs couleurs tirent sur le jaune et le bleu, d'une manière variée. Le n.^o 5 surtout, quoique tiré de la craie blanche ordinaire, ressemble à un marbre jaune.

Les n.^{os} 3, 5 et 6 ont pris un assez beau poli. Le n.^o 7 renferme un coquillage qu'on avoit introduit avec la craie pulvérisée, et qui actuellement fait corps avec elle.

On a joint au n.^o 3 un échantillon (A 3) de marbre jaune ordinaire. Il ressemble tout-à-fait à la pierre artificielle.

Les n.^{os} 8, 9, 10 et 11 sont tous produits par des morceaux de craie exposés entiers aux effets réunis de la chaleur et de la pression.

Le n.^o 8 est remarquable par son grain brillant et sa demi-transparence. Les n.^{os} 9 et 10 montrent des plans parallèles, qui semblent annoncer une stratification intérieure; effet qu'on a souvent remarqué après l'action de la chaleur, quoiqu'on n'eût rien découvert d'analogue dans la craie, avant l'action du feu. Le n.^o 11 est très-compacte, et de couleur jaune. Les n.^{os} 12 et 13 offrent des exemples d'un ramollissement d'après lequel la craie pulvérisée s'est incorporée avec un fragment de la craie en masse sur lequel on l'avoit refoulée, de manière qu'on en aperçoit à peine la jonction dans la fracture.

Les n.^{os} 14, 15, 16 montrent la fusion du carbonate assez avancée, et annoncent son action manifeste sur le tube de porcelaine.

Dans le n.° 15, la baguette de craie est à moitié fondue, et le mélange du carbonate avec la porcelaine a produit une substance jaune. Le n.° 16 est un morceau de craie qui a été évidemment dans un état de mollesse, puisqu'un fragment de porcelaine qui le touchoit a pénétré un peu dans son intérieur.

Les n.° 17 et 18, et tous les suivans, étant fort délicats, ont été renfermés dans des tubes de verre, après avoir été assujettis avec de la cire sur de petits supports de bois.

Le n.° 17, formé de craie pulvérisée, montre, d'un côté, la formation la plus parfaite que j'aie jamais obtenu, de spath, avec sa fracture rhomboïdale.

Le carbonate ayant perdu un peu de son acide carbonique, s'étoit tellement effleuri dans ses parties essentielles, par l'action de l'air, qu'on n'y voyoit plus de cristallisation. Je considérois cet échantillon comme absolument détérioré, lorsqu'au mois de juillet 1804, occupé à examiner de nouveau ces résultats pour les montrer à la Société Royale d'Edimbourg, une masse du carbonate se rompit en deux, et me fit voir la fracture que je présente aujourd'hui, aussi nette qu'elle l'avoit été dans l'origine. Je renfermai immédiatement cet échantillon dans un tube de

verre scellé avec de la cire , en sorte que j'ai l'espérance qu'il se conservera. Je puis le présumer parce qu'il est encore entier quoique scellé dans le tube depuis un an et demi.

Le n.° 18 , produit aussi par de la craie pulvérisée , est parfaitement frais et entier , quoique préparé depuis plus de deux ans. On y voit quelques beaux cristaux de spath transparent , en lames parallèles ; mais on ne peut les bien apprécier qu'à l'aide de la loupe.

Les n.° 19, 20 et 21 montrent des exemples de fusion et d'action sur les tubes. Dans le n.° 19, on voit une coquille distinctement soudée à la craie pulvérisée. Dans le n.° 20 , la masse , composée originairement de cette dernière substance , s'est refoulée sur elle-même , et elle a agi en même temps sur le tube. La fracture du carbonate dans ses parties pures montre des facettes brillantes de cristallisation. Dans le n.° 21 , le carbonate est dans le même état que le précédent ; et le composé de la porcelaine du tube et du carbonate qui l'a attaquée , montre l'état de liquidité dans lequel il a existé en pénétrant le tube , de manière à y tracer une veine distincte de couleur plus foncée ; et après s'être répandu en

dehors sur une bonne partie de la surface, ce liquide s'est arrêté à la ligne noire dont on a parlé dans le détail des expériences.

Les n.^{os} 22, 25 et 24 montrent des preuves de fusion entière. Dans le n.^o 22, nous voyons deux tubes de porcelaine renfermés dans un tube de verre destiné à les conserver. Il faut supposer que l'extrémité attachée au support de bois est tournée en bas, pour juger de la position dans laquelle l'expérience a été faite. Le tube de porcelaine intérieur a son orifice tourné en dessus, et l'extérieur le couvre dans la position inverse. C'est dans l'intérieur que le carbonate étoit contenu. Pendant l'action de la chaleur, le canon manqua tout à coup, et le carbonate avoit bouilli par-dessus les lèvres du tube intérieur, coulant, à ce qu'il paroît, presque jusqu'au fond, et prouvant ainsi qu'il étoit à l'état liquide à l'époque de l'accident arrivé au canon de fer.

On voit dans le n.^o 25 deux masses de carbonate soudées ensemble, dans un état d'écume complet : la substance est brillante, et demi-transparente. Le n.^o 24 offre deux masses séparées, qui ont été exposées ensemble à l'action de la chaleur ; l'une préparée avec la craie pulvérisée, et

qui est actuellement dans le même état que la précédente; l'autre, mise à l'état de fragment de craie aplani aux deux bouts et marqué là d'une lettre, comme on l'a fait dans plusieurs des expériences; cette dernière est brillante, et presque transparente. On voit d'un côté la forme plane et la lettre; l'autre bout est absolument arrondi par la fusion, et il a pris une surface vitreuse

Le n.º 25 montre la substance produite par la combinaison du carbonate de chaux avec le silex pur. Une partie du tube de porcelaine dans cet échantillon est remplie de silex pulvérisé, qui n'étant que faiblement agglutiné, est soutenu avec un peu de cire à cacheter. Pendant l'expérience, le carbonate de chaux s'étoit trouvé reposer sur le silex; et la partie inférieure du carbonate s'étoit unie au silex, et avoit formé une substance demi-transparente, légèrement teinte en bleu. Ce composé, à mesure qu'il a pénétré plus avant dans le silex, y a pris les formes arrondies et mammelonnées de la chalcédoine.

Le n.º 26 est le résultat d'une expérience de chaleur et de compression faite, le 22 juillet 1805, avec un peu de carbonate de chaux pur, préparé par M.^r Hatchett. Le carbonate étoit renfermé dans un petit

tube de platine , et mis ainsi à l'abri de tout mélange.

Le n.° 27 offre le résultat d'une expérience faite aussi dans le platine , avec un fragment de coquillage. On en reconnoît la forme , quoiqu'il soit verni par une demi-fusion. On voit sur le même support une goutte , en forme de perle , formée par la fusion entière de l'un des fragmens ; et une portion d'un coquillage de même espèce dans son état naturel , est mise à côté , pour qu'on puisse mieux apprécier par la comparaison les changemens auxquels l'expérience a donné lieu.

Le n.° 28 est un échantillon de houille artificielle , faite avec de la corne. Il se présente sous la forme d'une substance d'un noir brillant qui ressemble exactement à de la poix ou à de la cire noire à cacheter. La température de l'expérience étoit seulement le rouge obscur ; et la compression a laissé échapper quelques-unes des parties volatiles , et en a retenu d'autres. Il a ainsi acquis la couleur noire du jayet , et a conservé son inflammabilité ; il brûle d'une flamme brillante.

Le n.° 29 est aussi tiré d'une matière animale , la flanelle. Dans cette expérience rien , à ce qu'il paroît , n'a échappé , soit que la chaleur fût moindre , ou que

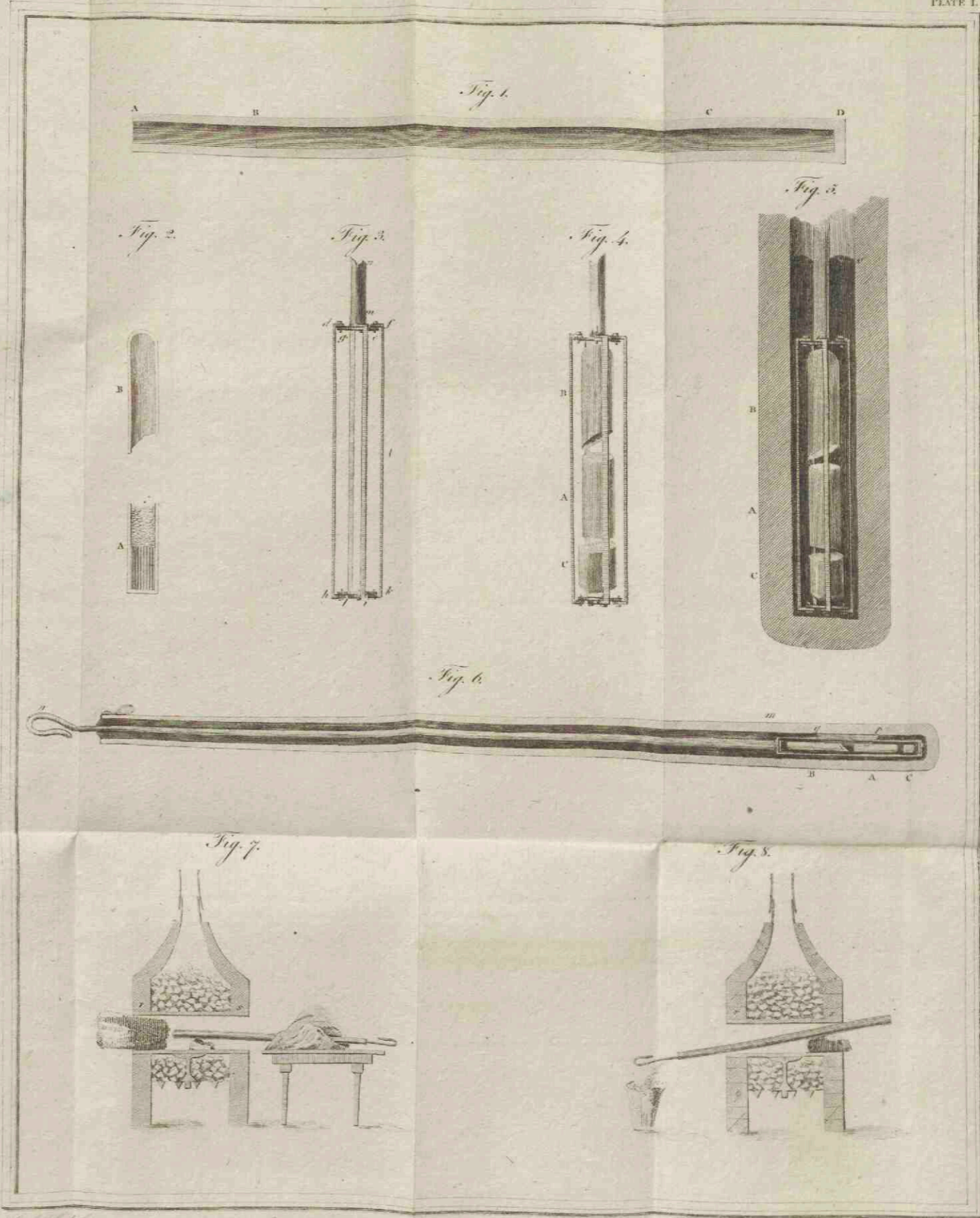
Q 17053-5 1475735

l'appareil fût plus exactement fermé. Il s'en est suivi, que la couleur primitive a beaucoup moins changé; elle a seulement passé au jaune rougeâtre; la matière s'est fondue, et elle a pris du poli en se mouvant sur le verre dans lequel elle a été pressée. Ce résultat ressemble un peu à la substance décrite par M.^r Hatchett, sous le nom de *retinasphaltum*.

Le n.^o 30 est un morceau de bois partiellement converti en houille par la chaleur et la compression. Cette substance ressemble tout-à-fait à la poix dans quelques endroits, et elle est remplie de cavités, où bulles assez grosses et brillantes; dans d'autres, on peut encore reconnoître distinctement les fibres du bois. Le tout est noir comme du jayet, et brûle d'une flamme brillante.

Le n.^o 21 est un échantillon de cette substance ressemblant à de la laine, qui, dans plusieurs des expériences, s'est formée par la transudation du métal fusible, au travers des gerçures des canons de fer. Le métal jaillissoit assez loin, à l'état liquide, et se déposoit en filamens sur les substances solides qu'il rencontroit.

F I N.



J. Millar del.

J. Millar sculp. Edin.

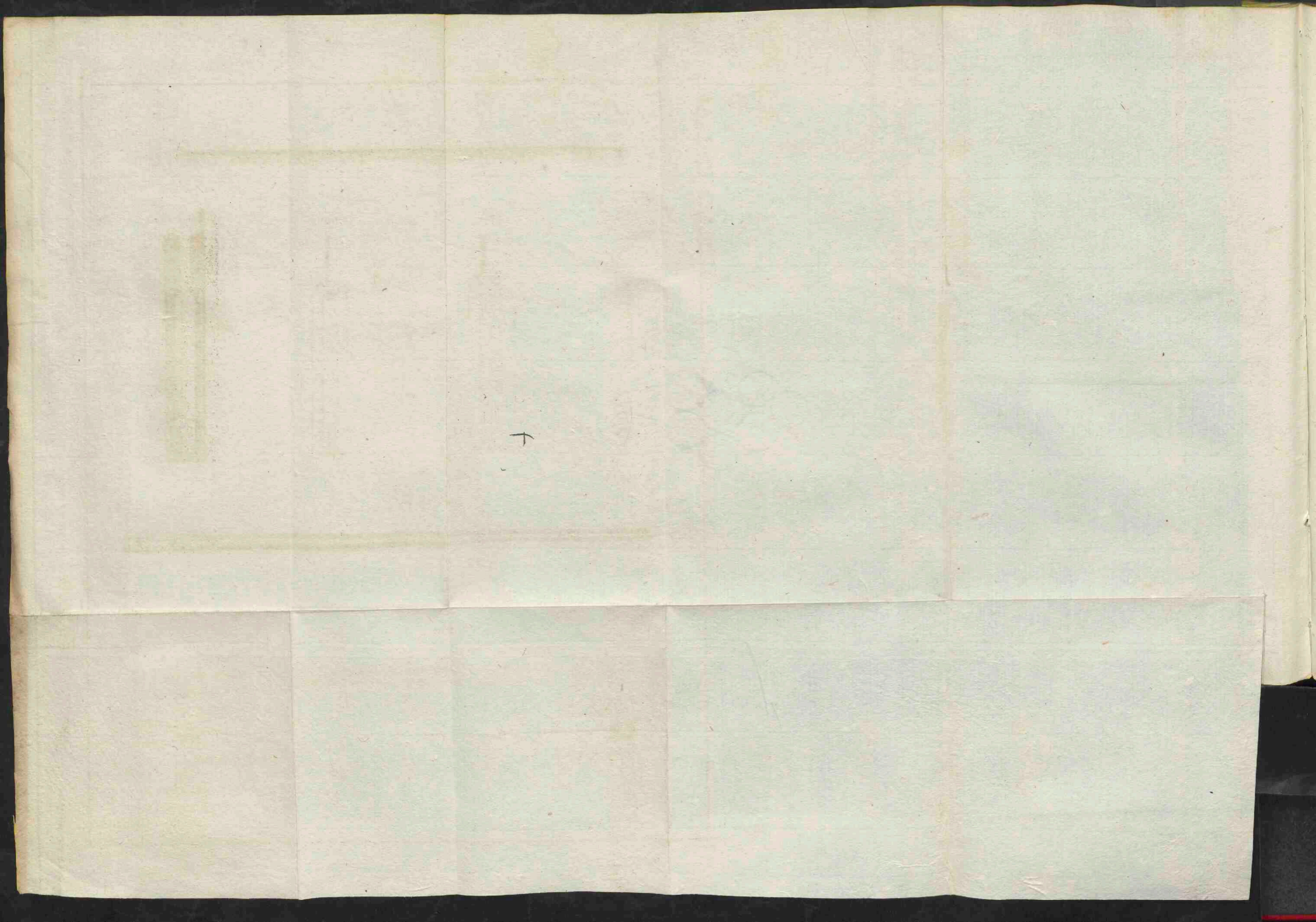


Fig. 9.

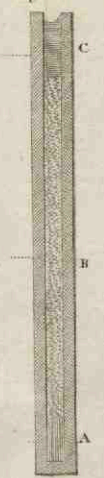


Fig. 10.

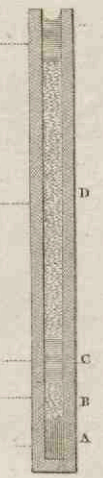


Fig. 11.

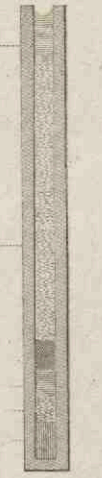


Fig. 12.



Fig. 13.



Fig. 14.

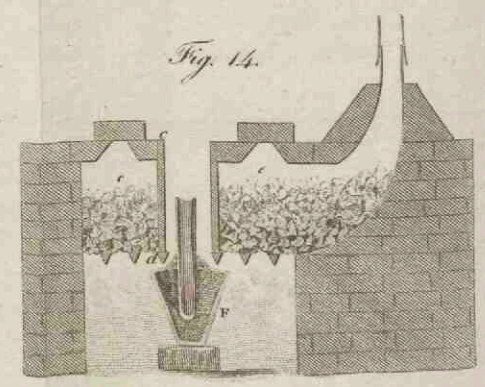


Fig. 15.

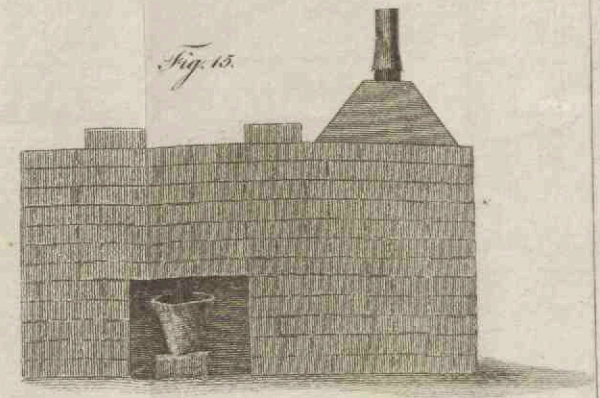


Fig. 16.

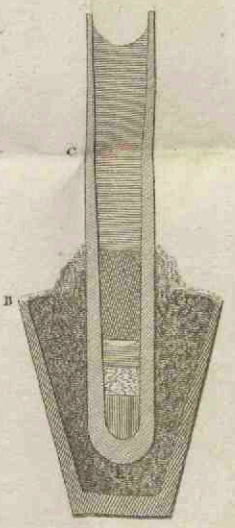


Fig. 17.

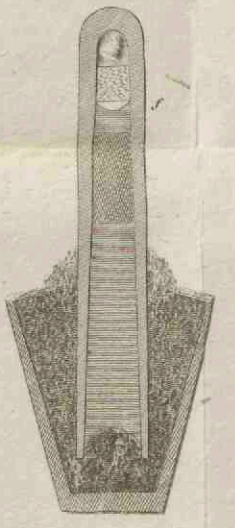


Fig. 18.

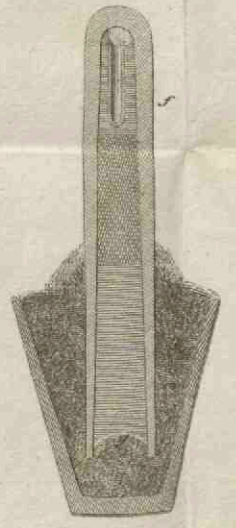
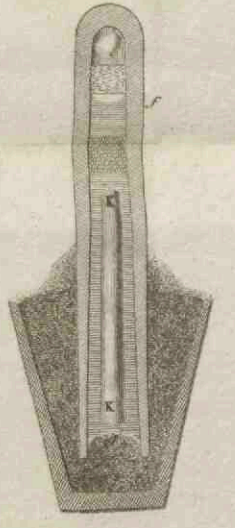
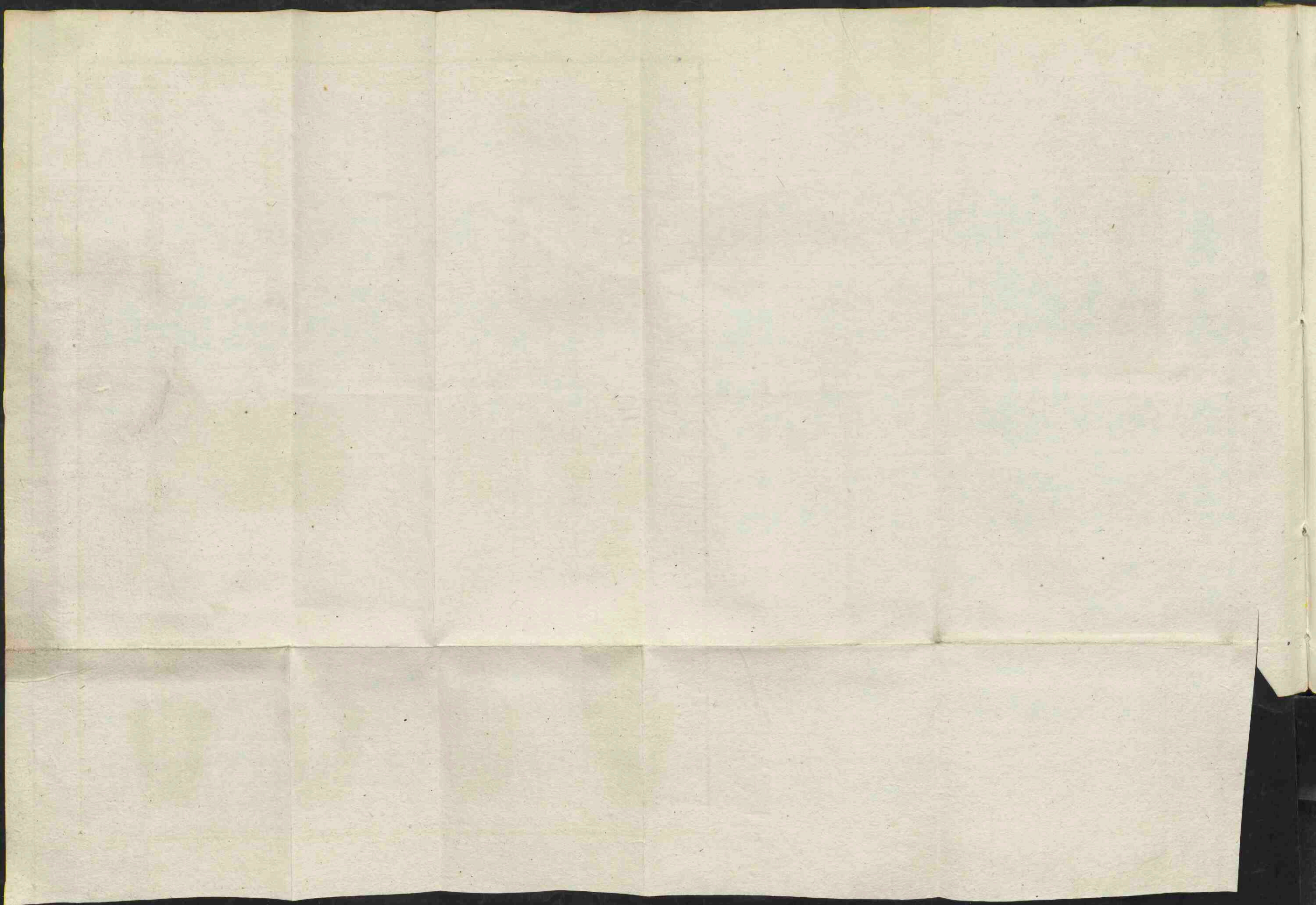
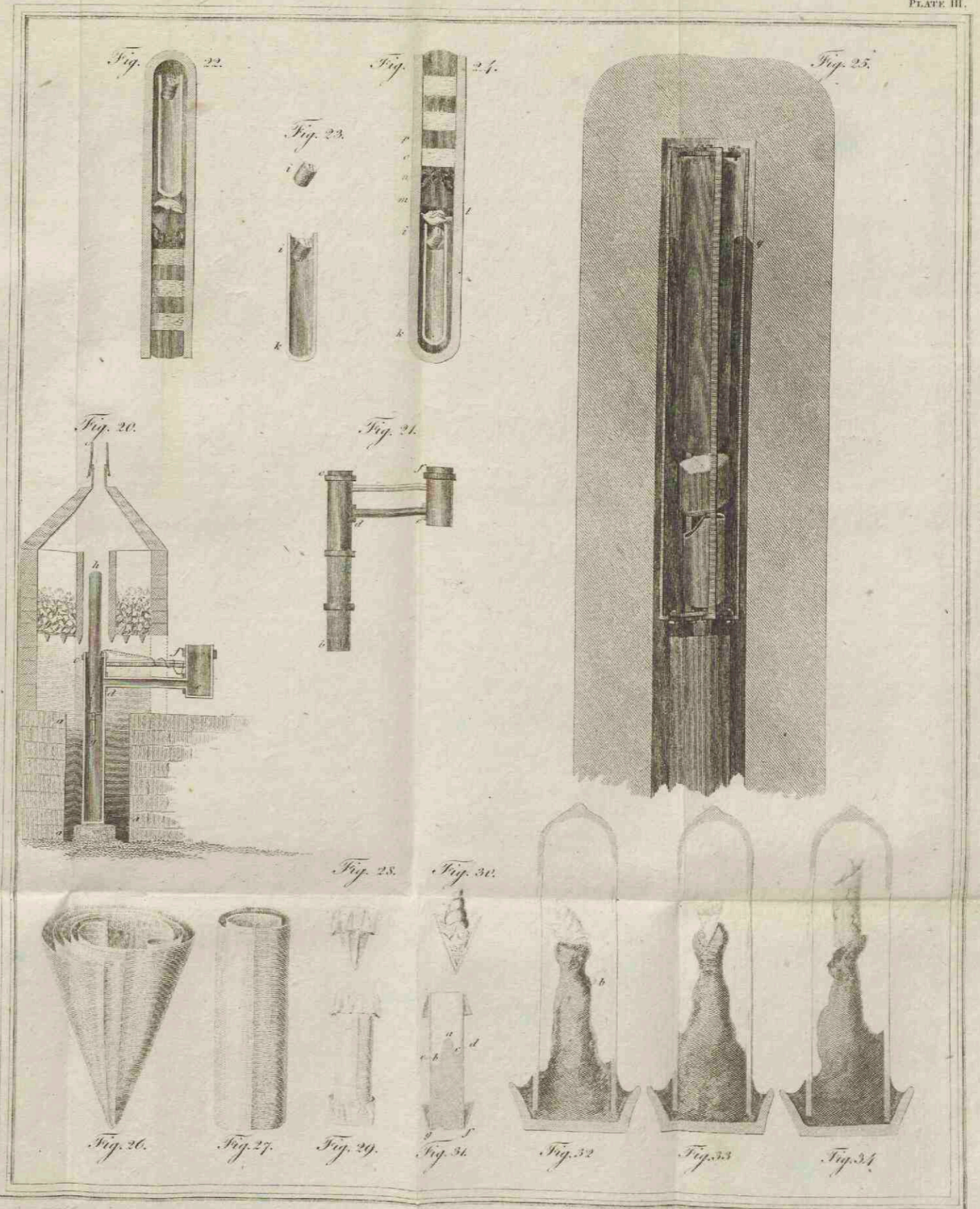


Fig. 19.

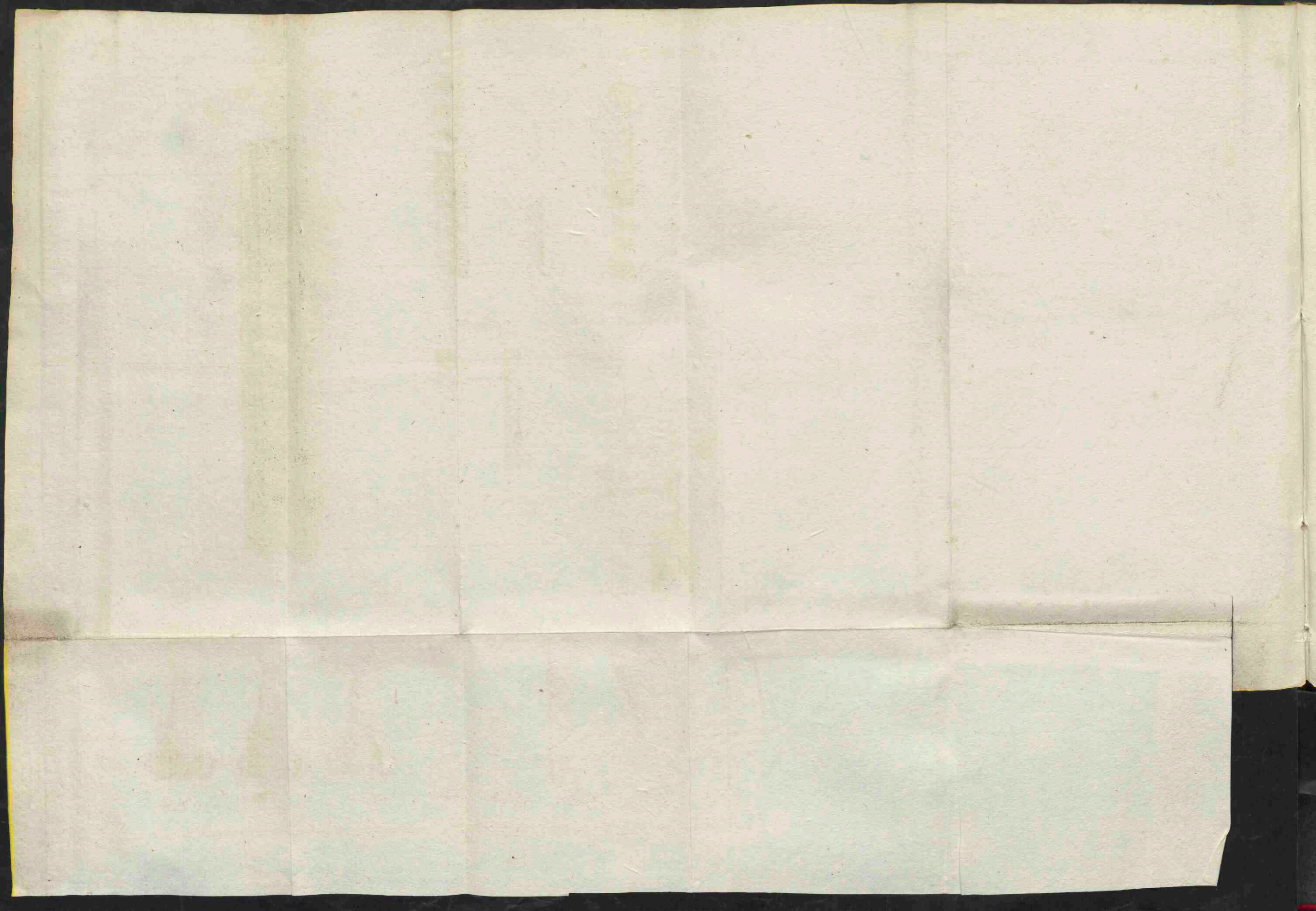


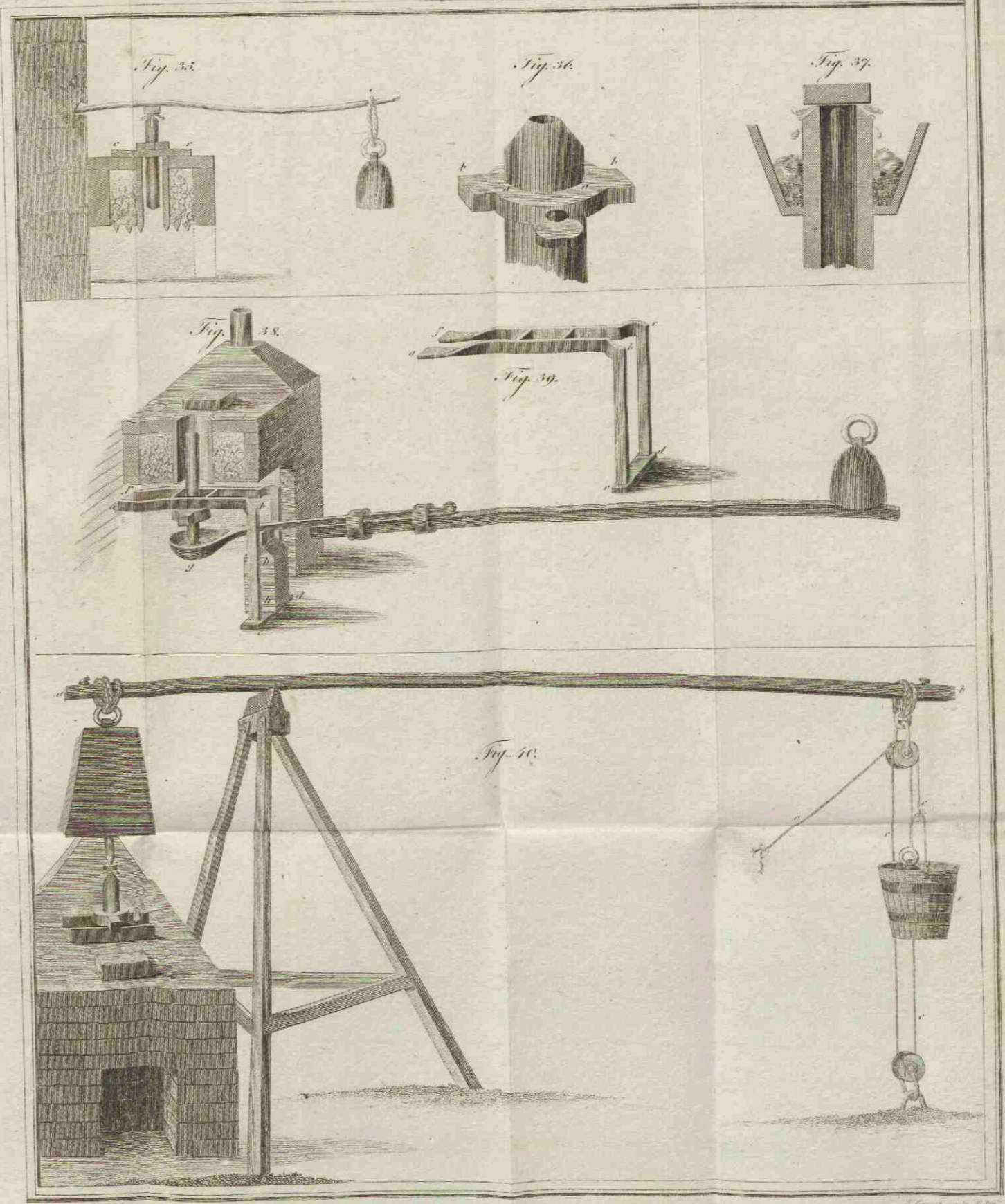




des. J. H. del.

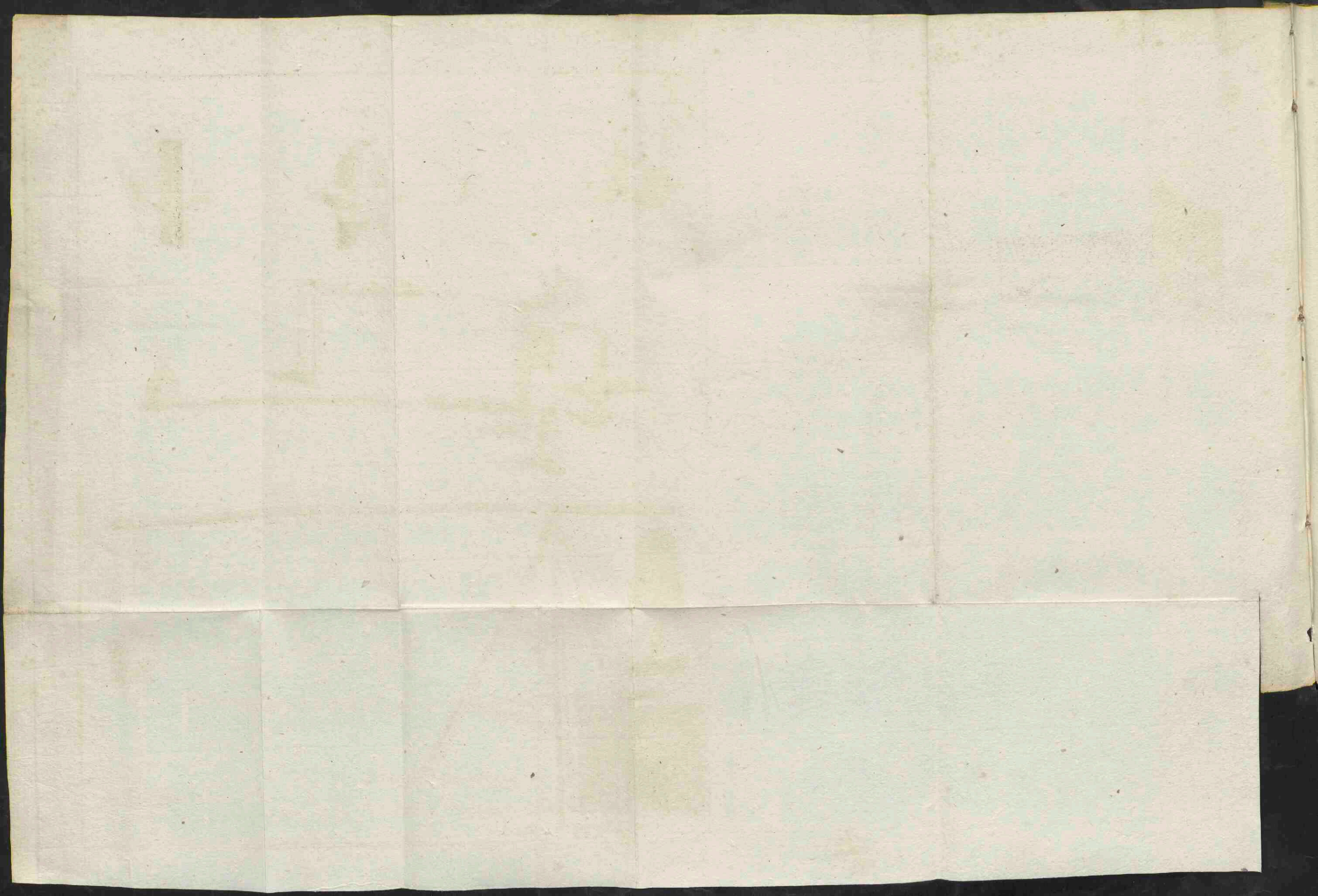
J. Knecht sculp. F. Schenck fecit.





des. J. M. de la

sculp. K. de la



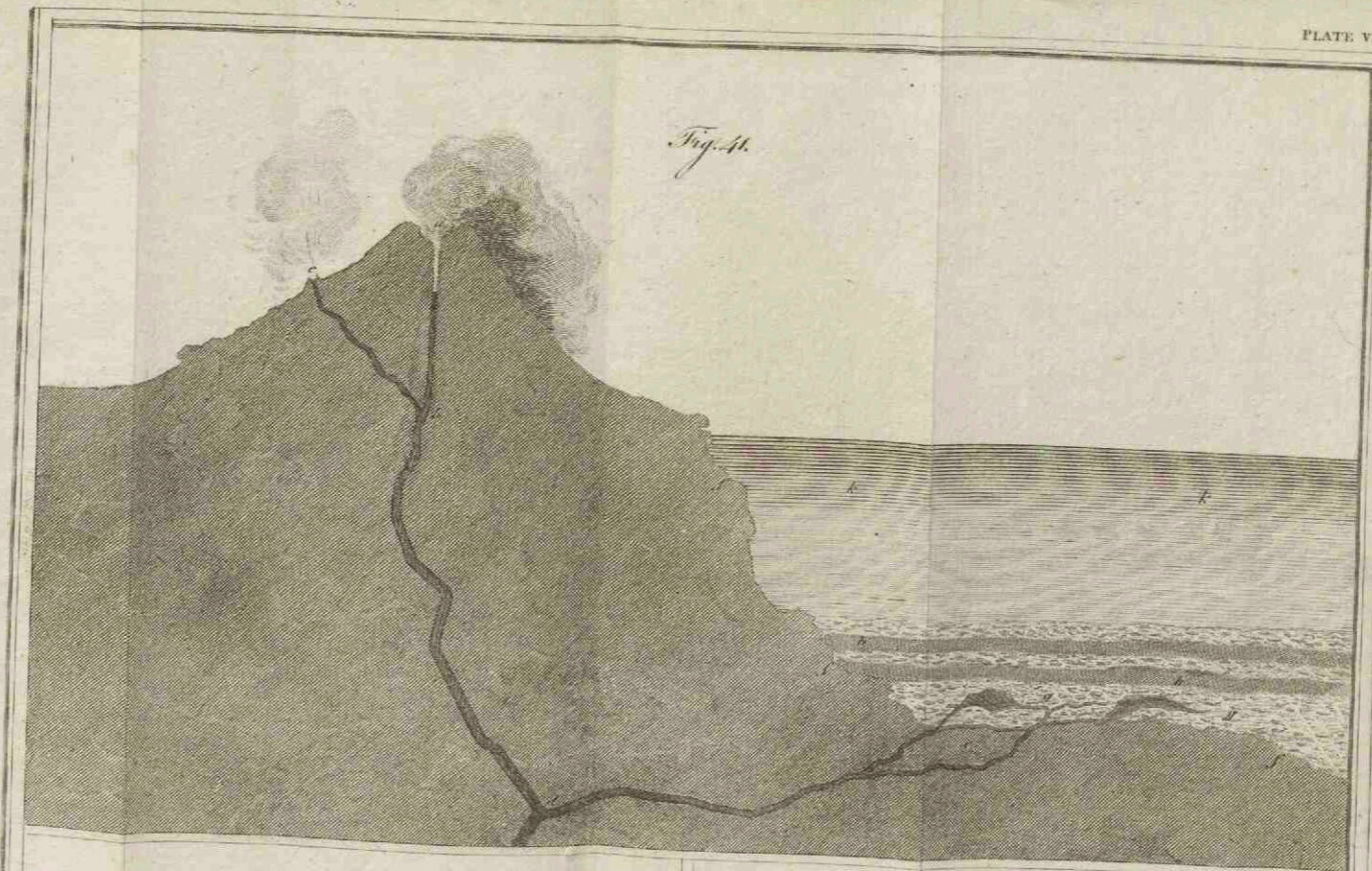


Fig. 41.



Fig. 42.

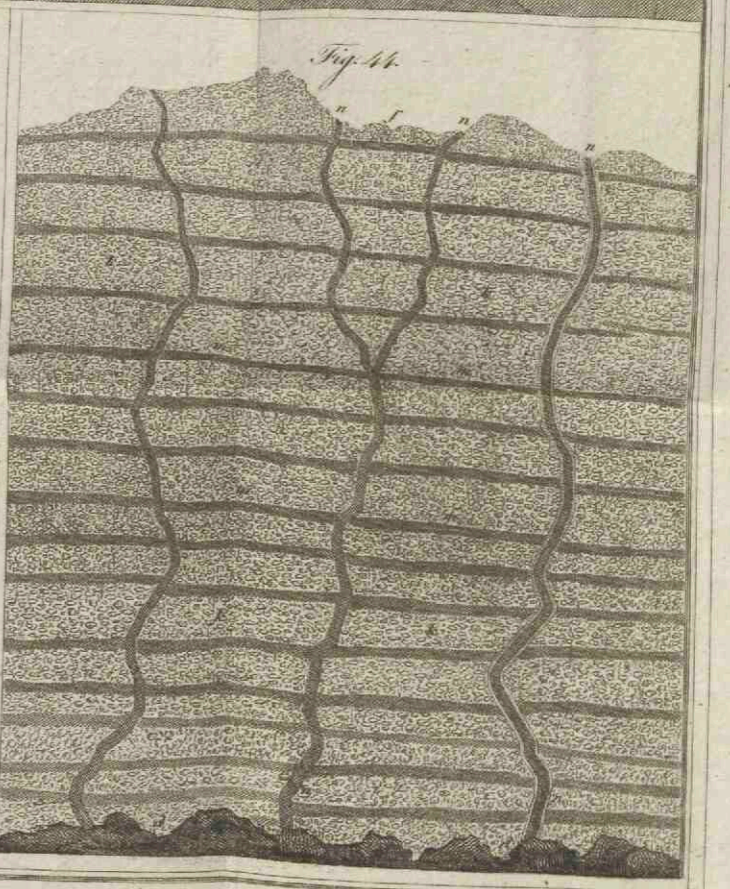


Fig. 44.

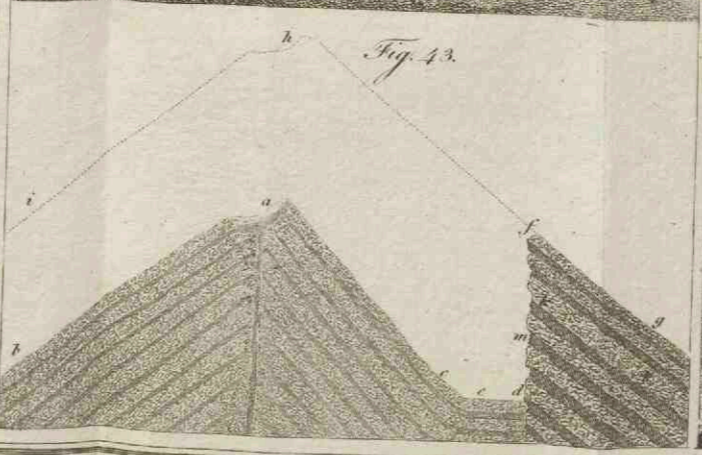


Fig. 43.

