

An 13. houille sur le territoire de la commune de Quarégnon. (*Du 13 fructidor an 13.*)

Décret qui fait concession pour cinquante années, au sieur Gendron, du droit d'exploiter les mines de houille de Monétier (Hautes-Alpes). (*Du 13 fructidor an 13.*)

Décret portant concession, pour vingt années, au sieur Julien, du droit d'exploiter les minerais ferrugineux existans dans son domaine de Boutonnet, commune du Monastère (Aveyron). (*Du 13 fructidor an 13.*)

Décret qui concède, pour 50 années, aux sieurs Arduin, Louis et Jacques Reymond, le droit d'exploiter les houillères de Chantelouvé, hameau dépendant de la commune de Saint-Crepin (Hautes-Alpes). (*Du 13 fructidor an 13.*)

Décret portant que la concession des mines de houille de Saint-Symphorien-de-Lay (Loire), faite par arrêté du Conseil d'Etat du 7 juin 1788, au sieur Grumet-Montgaland, est annulée, pour cessation de travaux pendant plus d'un an. (*Du 22 fructidor an 13.*)

Décret relatif aux collections dépendantes de l'école des mines et de métallurgie établie en Piémont par l'ancien Gouvernement. (*Du 25 fructidor an 13.*)

Décret portant, 1°. qu'il est permis au sieur Louis-Alexis Irroy, propriétaire des forges et aciéries de la Hutte, commune d'Hennzel, département des Vosges, de convertir en une chaudière, pour la réduction de ses fers et aciers en petit calibre, le martinet qu'il a été autorisé par arrêté du Directoire exécutif, du 7 vendémiaire an 7, à construire audit lieu de la Hutte, pour y fabriquer des faux et autres outils: 2°. que le sieur Irroy sera tenu de se conformer aux lois et réglemens, et aux instructions qui lui seront données par l'administration des mines. (*Du quatrième jour complémentaire an 13.*)

(La Suite au Numéro prochain.)

# JOURNAL DES MINES.

N°. 166. OCTOBRE 1810.

THEORIE DER CRYSTALLISATION,

OU

THÉORIE DE LA CRISTALLISATION.

Par J. J. PRECHTL de Brunn.

Ce Mémoire a paru en allemand dans le troisième cahier du septième volume du Journal de M. Gehlen

L'original allemand nous a été envoyé, ainsi qu'une traduction française accompagnée de notes, par un savant estimable de Francfort.

Les idées de M. Prechtel sur la cristallisation sont nouvelles et ont fait beaucoup de bruit en Allemagne. Elles ont trouvé beaucoup de chauds partisans et aussi beaucoup d'adversaires.

Nous avons donc pensé qu'elles pourraient intéresser nos lecteurs; mais ce Mémoire étant fort long, nous avons cru devoir supprimer les notions préliminaires qui servent de base à la Théorie de M. Prechtel, et nous contenter d'en faire un extrait. Tout le reste sera donné ici textuellement comme dans le Mémoire de M. Prechtel.

Nous avons revu la traduction française, et nous y avons fait beaucoup de corrections. Nous y avons été invités par la personne même qui nous a envoyé la traduction. Mais les idées de M. Prechtel étant souvent métaphysiques et assez obscures, il y a plusieurs passages dont nous avons craint de n'avoir pas bien saisi le sens et que nous avons alors traduit littéralement; ce qui, en plusieurs endroits, conserve à nos phrases françaises beaucoup de la structure allemande. Nous savons que le traducteur allemand a eu aussi souvent du doute sur le véritable sens de plusieurs paragraphes.

## IDÉES PRÉLIMINAIRES.

1. LA cristallographie est la connaissance et la détermination rigoureuse des différentes formes des cristaux, et des rapports qui les lient entre

Volume 28.

T

elles. Le célèbre Haüy a porté cette science jusque dedans ces dernières limites.

La théorie de la cristallisation est la connaissance des causes physiques qui ont dû déterminer les différentes formes des cristaux et les modifications de chacune d'elles. C'est là l'objet du Mémoire de M. Prechtl.

2. Le problème que résout le cristallographe, consiste à déterminer les lois de décroissemens par lesquelles des molécules intégrantes connues ont dû produire différentes formes secondaires, et réciproquement à déterminer, par l'observation des formes secondaires d'un minéral, quelles doivent être, d'après les lois reconnues, la forme et les dimensions de la molécule intégrante qui les a produites.

Au contraire, le problème que M. Prechtl se propose de résoudre peut s'exprimer ainsi :

« Etant donnée l'action que les particules »  
 » cristallisables de la matière doivent exercer »  
 » l'une sur l'autre, c'est-à-dire, l'action qui »  
 » résulte de leur force d'attraction réciproque, »  
 » déterminer la forme que doivent prendre les »  
 » molécules intégrantes et les cristaux secondaires ».

3. L'auteur, après avoir ainsi posé la question, établit d'abord le principe suivant comme évident. « La forme coagulée ou solide (starre- »  
 » form) n'est pas un attribut général de la »  
 » matière. Elle ne peut appartenir qu'aux »  
 » corps solides et non aux corps liquides dont »  
 » les particules sont informes ».

L'auteur suppose donc que les molécules d'un minéral à l'état liquide n'ont aucune forme, et qu'elles ne commencent à en

prendre une que lorsqu'elles passent à l'état solide.

Il examine ensuite ce qui doit arriver lors du passage des molécules de l'état liquide à l'état solide, et il établit les quatre propositions suivantes avec les corollaires qui en dépendent.

4. Première proposition. « Lorsqu'une par- »  
 » ticule d'un liquide s'approche du passage »  
 » à l'état coagulé ou solide (starrheit), elle »  
 » cesse d'être informe, ce qui caractérise l'état »  
 » liquide et prend une forme arrondie ».

5. Deuxième proposition. « La transition de »  
 » l'état liquide à l'état solide n'est que suc- »  
 » cessive ».

6. Troisième proposition. « Si deux globules »  
 » demi-fluides de la même espèce s'attirent- »  
 » réciproquement dans le tems qu'ils passent »  
 » à l'état solide, ils s'appliqueront l'un à »  
 » l'autre par une face plane perpendiculaire »  
 » à la direction de leur attraction moyenne ».

Ainsi deux globules *A* et *B* (fig. 1, pl. III) s'appliqueront l'un à l'autre par un plan *ab* perpendiculaire à la ligne *AB*, qui est la direction de leur attraction moyenne.

L'auteur tire de cette proposition les conséquences suivantes.

« 1°. Les molécules les plus près de la sur- »  
 » face d'un liquide, qui se seraient ainsi ap- »  
 » pliquées l'une à l'autre, devant nécessai- »  
 » rement attirer davantage les molécules im- »  
 » médiatement inférieures que celles-ci n'atti- »  
 » rent celles qui les suivent, il doit arriver »  
 » que ces molécules immédiatement inférieures »  
 » seront soumises à la même action que celles »  
 » de la surface, et s'appliqueront l'une à »

» l'autre par des faces planes en subissant la  
» même aplatissement ».

« 2°. Il n'arrive à cette occasion aucune pé-  
» nétration ni condensation des molécules au  
» plan d'application, mais leurs surfaces s'é-  
» tendent suivant des plans pour pouvoir s'ap-  
» pliquer l'une à l'autre ».

« 3°. La hauteur  $oi$  ou  $is$  (fig. 1) de l'a-  
» platissement que subissent deux molécules  
» est égale au sinus versé d'un angle  $aAi$  ou  
»  $aBi$ , ayant pour sinus  $ai$  ou le rayon du  
» cercle d'application. Cet angle sera nommé  
» l'angle d'aplatissement (apflattung's wir-  
» kel) ».

7. Quatrième proposition. « L'attraction ré-  
» ciproque qu'exercent l'une sur l'autre des  
» particules homogènes, est infiniment plus  
» forte que celles qu'elles peuvent éprouver de  
» la part des particules hétérogènes ».

L'auteur regarde ce principe comme étant  
une loi générale de la nature à laquelle il n'y a  
d'exception que pour les fluides électriques et  
magnétiques.

Il considère ensuite ce qui doit se passer  
dans une dissolution lorsqu'elle commence à  
cristalliser.

8. Il pense « Qu'une partie du dissolvant  
» devra nécessairement rester uni au corps  
» dissout après sa précipitation ».

« En effet, dit-il, puisque chaque molécule  
» en cristallisant doit prendre d'abord la forme  
» arrondie, et que son passage de l'état liquide à  
» l'état solide n'est que successif (suivant les  
» deux premières propositions), la coagulation  
» aura lieu par couche de la circonférence au

» centre. Ainsi chacune de ces parties cristalli-  
» nes qui est déjà une petite molécule intégrante,  
» contiendra à son centre l'eau cristalline, non  
» pas à l'état de glace, mais à l'état fluide ».

9. L'auteur admet ensuite, « Que tous les pe-  
» tits globules que forme un même corps dis-  
» sout dans son passage de l'état fluide à  
» l'état solide ou dans sa précipitation, de-  
» vront être égaux entre eux, puisque leur  
» grosseur ne peut dépendre que de la nature  
» de ce corps et des rapports de ses forces  
» primordiales entre elles ».

Tous ces principes sont loin d'être assez évi-  
dents pour ne pas trouver beaucoup de con-  
tradicteurs. Ils ont donné lieu à plusieurs notes  
du traducteur : nous aurions eu également bien  
des objections à faire, mais ce Mémoire étant  
déjà très-long, nous avons jugé devoir les suppri-  
mer, et d'autant plus que nous n'avons donné que  
par extrait les principes généraux de M. Prechtl.

Après avoir exposé toutes les idées prélimi-  
naires dans les neuf premiers paragraphes,  
l'auteur entre en matière, et ici nous allons  
conservé son texte afin que nos lecteurs puis-  
sent saisir plus complètement l'ensemble de sa  
théorie.

#### De la formation des molécules intégrantes des cristaux.

10. Ces globules que, pour abrégé, je nom-  
merai à l'avenir *globules de formation*, et qui  
naissent subitement et au même moment dans  
ces parties de la dissolution où le dissolvant,  
ou son attraction diminuent, doivent s'attirer

les uns les autres dès qu'ils auront quitté leur fluidité antérieure, et que leur distance réciproque sera diminuée, chaque globule (d'après la troisième proposition) aura autant de faces planes, qu'il y aura eu d'autres globules attirés par lui, et qu'il s'en trouvera appliqués à l'entour sur sa surface.

Si un globule est environné de quatre globules, alors les forces attractives continueront d'agir jusqu'à ce que les plans de contact se coupent sous des angles égaux, et il naîtra un *tétraèdre* (1).

Si cinq globules en environnent un, en ce cas les cinq plans égaux et semblables (2) qui en naîtront, formeront un *prisme triangulaire*.

Enfin quand six globules agiront ensemble sur un seul, ils termineront ce globule par six plans égaux et semblables, et on aura un *cube*.

On ne peut supposer que de cette manière il puisse naître d'autres formes; car un globule central ne peut exercer à la fois son attraction sur plus de six globules (3), et moins de quatre ne pourraient point le renfermer dans les plans

(1) La vérité du fait supposée, qu'ils forment toujours des plans, dans ce cas l'auteur aurait raison. Mais M. Precht aurait dû commencer par nous indiquer ce qui sera produit, quand deux globes se combinent ensemble. Sera-ce autre chose qu'un seul globe? (*Note du Traducteur.*)

(2) Il est difficile d'imaginer que les cinq plans soient égaux et semblables et le prisme triangulaire. (*Note des Rédacteurs.*)

(3) D'où M. Precht peut-il conclure que six globes seulement en environnent un, en observant les mêmes distances entre eux? — On ne peut pas comprendre pourquoi il n'y a que six globes et non pas davantage, qui puissent suivre

de contact qui naîtraient de leur application. Les globules extérieurs devront agir sur tous les autres qui viendront se réunir à eux avec la même force attractive qu'a exercé sur eux le premier globule central; ils se prêteront aussi aux mêmes formes que celui-ci, et ainsi de suite jusqu'à la perfection du cristal. Cette marche successive est instantanée dans la nature; mais pour exposer clairement la formation du premier petit cristal, il est nécessaire d'indiquer séparément les opérations particulières qui y ont lieu.

11. La surface de chaque *globule de formation* qui quitte l'état fluide, exerce sur les autres globules qui lui sont égaux, une attraction plus ou moins forte suivant la nature de la substance, et cette attraction est invariable pour chaque substance cristalline dans le même dissolvant. De l'intensité de cette attraction dépendent et l'aplatissement de ce globule, et le nombre des globules dont il doit être environné, qui varie de 4 à 5 ou 6.

Quand deux globules (demi-fluides) sont poussés l'un contre l'autre par des forces extérieures (mécaniques), en ce cas la grandeur de leur aplatissement dépend de la violence du choc et de la mollesse plus ou moins

l'attraction exercée sur le globe central, douze globes pouvant en toucher à la fois un autre; et quand même, précisément au point de contact de son diamètre, puisqu'ils ne pourraient point s'étendre là, l'un empêcherait l'autre de se prêter à l'attraction exercée sur le globe central, ils pourraient néanmoins s'élargir en remplissant les interstices; d'où il suit que plus de six globes pourront suivre l'attraction exercée sur celui du milieu. (*Note du Traducteur.*)

grande des globules. Ici, où nous considérons l'action dynamique de la matière, cette loi là ne peut point avoir lieu. Quand des matières diverses manifestent des attractions différentes les unes sur les autres, l'intensité de cette attraction dont le mouvement est l'effet, doit se mesurer par la distance à laquelle cette attraction agit (lors même qu'elle n'agit immédiatement qu'à de très-petites distances), et dans ce cas, l'étendue de la sphère d'activité détermine l'aplatissement.

Quand les deux globes, dont  $A$  et  $B$ , *fig. 2*, représentent les grands cercles, se rapprochent par suite de leur attraction, on peut imaginer, relativement à la force qui les meut, ou que toutes les forces particulières de leurs parties soient également partagées à la surface, et que de là elles agissent extérieurement, ou qu'elles soient réunies aux centres. Si les deux globes ne se touchent qu'à un seul point, les deux points de ces deux cercles, lesquels sont situés aux deux côtés de ce point de contact, ne se trouveront qu'à une très-petite distance de ceux qui sont vis-à-vis d'eux à l'autre cercle : mais lorsque par un rapprochement ultérieur, le plan de contact s'accroîtra (troisième proposition), alors aussi la distance qui sépare l'un de l'autre ces points immédiatement adjacents aux points des plans des cercles, lesquels sont entrés les derniers dans la ligne de contact  $ts$ , sera aussi augmenté nécessairement.

Car la distance qui sépare ces points l'un de l'autre, se mesure en  $s$  par l'angle  $ksl$  dont le sommet est à l'extrémité  $s$  de la ligne de contact; et ces deux points opposés sont les deux

premiers points des deux côtés qui renferment l'angle; ces deux côtés  $sk$  et  $sl$  sont les tangentes des deux cercles, tirées du dernier point  $s$  de la ligne  $ts$  qui coupe le plan d'aplatissement. Or cet angle  $ksl = 2m$  est égal au double de l'angle d'aplatissement  $a$ . Car en tirant  $sx$  parallèle à  $BA$ , on aura  $u + i = m + i$ , donc  $2u = 2m$ . Or l'angle  $u =$  l'angle  $a$ , donc  $2m = 2a$ . Conséquemment c'est en raison du sinus du double de l'angle d'aplatissement qu'augmente la distance de ces deux points placés vis-à-vis l'un de l'autre en  $s$  sur les globes qui s'aplatissent; ce qui peut s'exprimer par cette proportion  $Ar : st \div y s : kl$ .

Mais on a aussi  $sr = rA \times \text{tang. } a$ , donc de même  $yl = ys \times \text{tang. } a$ . Or on peut supposer que la hauteur  $ys$  du très-petit triangle  $ksl$  est ici toujours la même pendant que l'aplatissement change, et nous l'évaluerons à une unité d'espace afin de pouvoir mesurer la distance  $kl$  par des unités d'espaces semblables. *Donc la distance des deux points les plus proches placés vis-à-vis sur deux cercles qui se touchent*, ou  $kl$  est égal à la tangente  $a$  exprimée en valeur de  $ys$ . Si l'on ne veut pas faire  $ys = 1$ , l'équation devient une équation de proportion.

12. Dans une attraction déterminée des globules de formation, leur rapprochement ou leur aplatissement durera ainsi jusqu'à ce que le rayon de la sphère d'activité de cette attraction soit égal à  $2 \text{ tang. } a$ ; car alors un plus grand intervalle entre les parties opposées les plus proches des deux globes, doit mettre un terme à l'action de leurs forces attractives

mutuelles ; et cette augmentation d'intervalle a dû nécessairement être produite par l'augmentation de l'aplatissement. L'angle d'aplatissement ne peut avoir que trois valeurs pour toutes les formes régulières possibles des molécules intégrantes , savoir : l'angle de  $45^\circ$  pour le tétraèdre régulier, celui de  $36^\circ$  pour le prisme triangulaire, et celui de  $30^\circ$  pour le cube. On peut donc déterminer l'intensité de l'attraction que les globules de formation exercent les uns sur les autres lors de la formation des molécules intégrantes : en effet, si on l'apprécie en valeur de la distance  $Kl = 1$ , elle sera à l'égard du tétraèdre, du prisme et du cube, dans le rapport des nombres  $1 : 0,726 : 0,577$ , ou encore dans le rapport de  $2 : 1,452 : 1,154$ .

Des attractions dont les valeurs tomberaient entre celles qu'on vient de donner, sans cependant excéder beaucoup l'une d'entre elles, donneraient cependant le même aplatissement que celle-ci, vu que le peu d'excès d'action disparaîtrait à la réunion des plans formés, c'est-à-dire, aux arêtes de la molécule intégrante qui par-là deviendrait plus aiguës, de plus grandes déviations produiraient des irrégularités dont il sera question ci-après.

Nous pouvons maintenant expliquer très-facilement pourquoi tel globule de formation qui, d'après sa nature, est destiné à devenir un tétraèdre, ne réunit autour de lui que quatre globules, tandis que tel autre qui doit prendre la forme de cube en réunit six. En effet, la sphère d'activité de chacun de ces globules est originairement déterminée par son attraction ; et quand même la superposition n'aurait point

lieu de tous côtés en même-tems, la portion du globule central qui aurait été occupée par le globule manquant qui y aurait opéré l'aplatissement, devrait toujours rester libre sans être occupée.

13. Cette attraction qu'exercent les globules de formation les uns sur les autres, a été déterminée ici sans avoir égard ni au dissolvant qui les environne, ni à la résistance qu'oppose à cette attraction la cohésion propre des molécules (leur attraction mutuelle). Elle n'a été fixée qu'autant qu'elle est la seule force qui détermine l'aplatissement. Pour m'expliquer plus clairement, je nommerai l'*attraction réelle* ou *effective* =  $E$ , pour la distinguer de l'originale ou primordiale =  $A$ , qu'exerceraient les globules les uns sur les autres si aucune action contraire n'avait lieu.

Or cette *attraction effective* des globules de formation qui se réunissent dans une dissolution, dépend de différentes quantités dont la détermination ultérieure et parfaite m'entraînerait au-delà des bornes de ce Mémoire. Je me contenterai d'en indiquer les bases principales, pour montrer de quelle manière cette théorie qui détermine les formes cristallines des corps par leurs propriétés chimiques, peut aussi tirer des conclusions inverses de leurs formes cristallines à leurs propriétés chimiques.

Si en effet les parties de la surface de ces globules manifestent les uns à l'égard des autres une grande attraction, et qu'elles soient sollicitées fortement par l'attraction des parties situées immédiatement sous les premières vers

le centre, ces parties seront plus difficilement mues de leur place, à cause de l'attraction originaires et réciproque des globules, et l'effort qui sera nécessaire pour communiquer ce mouvement aux parties situées au-delà du centre du globe, annullera une partie de cette attraction effective. Or cette moindre demi-fluidité des globules de formation est produite, et par la plus grande attraction réciproque des molécules =  $a$ , et par la moindre attraction qu'exerce le dissolvant sur ces globules; ce que nous supposons être =  $a'$ : car plus ce dernier quitte promptement la substance cristalline (deuxième proposition), plus l'état de celle-ci se rapproche de celui de la coagulation ou de l'état solide. Dans ce cas la température, comme étant la chaleur spécifique du dissolvant, diffère sensiblement de celle des globules de formation; sa valeur est une fonction de l'attraction de la dissolution; mais je la suppose ici comme constante, et je me bornerai à dire plus bas quelque chose de ses modifications. Par conséquent l'action de l'attraction originaires aura d'autant plus d'intensité, qu'elle sera elle-même plus intense, ou d'autant plus que  $a$  sera plus grand, et  $a'$  plus petit. On a donc l'équation  $E = A \frac{a'}{a}$ ; d'où l'on tire  $a : a' :: A : E$ .

Or si  $a' = a$ , donc  $E = A$ , c'est-à-dire, que l'attraction originaires est la même que l'effective, comme c'est dans la nature de la chose: dans ce cas les globules de formation se joindront pour ne former qu'une seule masse sans prendre des formes par des aplatissemens, vu qu'alors les attractions de dedans et celles de

dehors se balanceront; par cette même raison,  $a$  lui-même ne peut jamais devenir moindre que  $a'$ , puisqu'au cas contraire l'existence des globules de formation ne serait plus possible. Les différens rapports de ces quantités déterminent ainsi les valeurs diverses des aplatissemens, dont les bornes ont été fixées au §. 12. Nous n'éclaircirons cela que par un exemple.

Nous supposons que les attractions originaires qu'exercent dans l'eau les uns sur les autres les globules de formation du muriate de soude et ceux du muriate d'ammoniaque sont égales (comme c'est à peu près le cas dans la nature). Si donc, à l'égard des sels, on peut prendre l'affinité qui existe entre la base et l'acide pour l'attraction des parties (homogènes) entre elles, ou pour la quantité  $a$ , nous connaissons aussi dans le cas présent la valeur de  $a'$  par le degré de solubilité dans l'eau. En effet, l'attraction que l'eau exerce sur l'union homogène de l'acide et de la base, sera dans la raison inverse de la quantité qui en est nécessaire pour les dissoudre. Or, d'après les déterminations de *Kirwan*, les affinités entre l'acide muriatique et l'ammoniaque, entre ce même acide et la soude, sont entre elles dans le rapport de 78,5 à 133, à 50 d. de Farenheit; le muriate d'ammoniaque se dissout dans 2,737 parties d'eau, et le muriate de soude dans 2,82 parties. Or, en supposant l'attraction effective du premier =  $E$ , celle du dernier =  $E'$ , l'on aura  $E : E' \frac{1}{2,737 \times 78,5} : \frac{1}{2,82 \times 133} :: 375,06 : 224,85 :: 1 : 0,603$ . C'est-à-dire, que l'attraction effective des globules de formation du mu-

riate d'ammoniaque est à celle du muriate de soude dans le rapport de 1 : 0,603. Si le premier nombre de cette proportion est celui du tétraèdre, le second sera un peu au-dessus de celui qui appartient au cube (0,577) : donc les molécules intégrantes du muriate d'ammoniaque doivent prendre la forme du tétraèdre, et celle du muriate de soude la forme du cube ; ce qui est conforme à l'expérience.

13. *a*. On a déterminé ici la quantité *a'*, par les parties d'eau nécessaires à la dissolution du sel ; cela peut avoir lieu dans cet exemple, attendu que les parties d'eau cristalline dont la quantité est difficile à fixer, seront à peu près égales en nombre, et probablement dans le même rapport que cette quantité d'eau ordinaire, elle-même, dont nous venons de parler. Mais en général la valeur de *a'* doit dépendre de la quantité d'eau cristalline, elle-même, vu que cette quantité d'eau se détermine dans les mêmes circonstances par l'intensité de l'attraction qu'exerce la substance susceptible de cristalliser sur son dissolvant. En effet, le degré de dissolubilité du sel dans l'eau, fixe le degré d'intensité de l'attraction qu'exerce l'eau sur le sel déjà combiné avec de l'eau cristalline, mais non pas l'attraction que manifestent les molécules du globule de formation sur celui-là : cependant il est clair que ces deux attractions seront dans la plupart des cas différentes l'une de l'autre. On doit aussi en même-tems avoir égard à la température lorsque la cristallisation a lieu, vu que la quantité d'eau cristalline en dépend aussi, par la raison que l'attraction qu'exerce la substance cristalline sur l'eau (son

dissolvant) doit changer, lorsque les forces attractives de celle-ci, elle-même, se modifient dans ses propres parties, et que par conséquent elle quitte cette substance plus subitement et en plus grande quantité. Mais il faudrait faire sur cet objet, comme aussi en général pour déterminer plus précisément toutes les fonctions qui concourent dans la cristallisation, des recherches plus étendues qui ne peuvent trouver place ici.

14. On voit que dans l'expression précédente il peut arriver que *A*, *a'* et *a* aient des valeurs différentes dans des matières cristallines diverses, et que cependant ces quantités ensemble donnent des valeurs égales pour *E* ; ou autrement, que des substances d'espèces différentes peuvent obtenir, par la cristallisation, la même molécule intégrante, comme par exemple le cube, quoique leurs parties constituantes soient entièrement différentes. La cristallographie peut bien faire concevoir que cela doit arriver, mais elle ne peut pas en donner d'explication. En général la nature a la faculté de produire les corps les plus semblables avec les matériaux les plus différens, par le moyen des combinaisons variées dont ses forces sont susceptibles ; et l'observateur n'a jamais besoin de plus de circonspection, que lorsqu'il s'achemine sur la route des ressemblances.

*Rapports entre le degré de solidité des corps et leur forme cristalline.*

15. Tandis que d'après ces lois, les globules de formation se réunissent ainsi réciproquement

dans la dissolution, chacun d'eux, sans que son volume change, prend l'enveloppe d'une surface plane beaucoup plus étendue que n'était auparavant la surface de sa forme arrondie : il se trouve donc maintenant à la surface beaucoup plus de parties qu'auparavant, c'est-à-dire, elles sont parvenues au plus haut degré de solidité relative, ce qui a aussi lieu de suite dans la même proportion à l'intérieur. Le moment où le globule de formation prend la forme cristalline de la molécule intégrante, est le moment de son passage de l'état demi-fluide à l'état solide. Il est vrai que la solidité décroît aussi dans ce cas, de la surface vers l'intérieur, en sorte que le centre conserve encore sa fluidité; mais l'extrême petitesse de ces particules, leur réunion réciproque et leur application les unes aux autres par leurs plans solides, constituent alors, même dans une très-petite masse, le corps souvent très-solide qui s'offre à nos sens.

Or, plus la surface de la molécule intégrante aura d'étendue en comparaison de celle qu'avait le globule de formation qui l'a formée, et plus il y aura de ses parties qui passeront à un même degré de coagulation : et en outre, comme, à égalité d'étendue, le solide du plus grand volume est celui qui a le moindre nombre de faces, il s'ensuit que parmi les trois espèces principales de molécules intégrantes, le tétraèdre doit être celui qui possède le plus haut degré de solidité, que le *minimum* doit appartenir au cube, et que la solidité du prisme doit être moyenne entre l'une et l'autre. Par conséquent une réunion de tétraèdre fera naître un corps qui acquerra beaucoup plus de coagulation (dureté)

(dureté) que tel autre qui ne sera qu'une réunion de cubes. Cependant il faut supposer ici, que cette réunion de molécules intégrantes, par exemple, de tétraèdres, soit intimement formée seulement par l'attraction réciproque de leurs faces (comme cela arrive dans la formation des cristaux, ainsi que nous le ferons voir tout à l'heure), et que ce corps ne soit pas au contraire une combinaison peu serrée de petits cristaux formée par cette même attraction; dans ce cas le corps dur deviendrait fragile.

Rien n'est mieux constaté par l'expérience que les conclusions que l'on tire de cette théorie. En effet, les substances minérales les plus dures, le diamant, le rubis, le zircon, le grenat, la tourmaline, la ceylanite, le quartz parmi les pierres; et parmi les métaux, le bismuth natif, l'antimoine natif, le fer oxydulé, le cuivre pyriteux, ont tous le tétraèdre pour la forme de leurs molécules intégrantes. Au contraire, les corps les plus tendres, plusieurs des combinaisons des alkalis et des terres avec les acides, la zéolithe (dans ses différentes formes secondaires), le talc, le mica, etc. ont pour molécule intégrante le cube ou le rhomboèdre. Le prisme triangulaire est la molécule intégrante des corps de dureté moyenne, telle que l'augite, la pycnite, la dipyre et la néphéline. L'expérience vient ici si parfaitement à l'appui de la théorie, qu'on serait porté à croire que celle-ci n'a été établie que sur les observations.

Les sels qui se cristallisent sous la forme de tétraèdre, tels que le muriate d'ammoniaque

et le sulfate d'alumine, forment ici une exception qui cependant ne contredit pas la règle elle-même ; car ici une des forces actives est annullée par une autre qui lui est opposée. En effet, les parties de ces sels, en vertu de leur très-grande attraction pour leur dissolvant, retiennent une grande quantité d'eau cristalline qui reste enfermée au milieu des tétraèdres (§. 8), et quoique les surfaces extérieures de ces parties salines aient acquis une grande solidité, cette solidité décroît trop rapidement vers le centre, et les faces planes extérieures sont trop peu soutenues par les parties intérieures, d'où résulte pour toute la masse cette friabilité ou ce peu de dureté qui caractérise ces substances. Elles sont semblables à des vases de verre mince remplis d'air ou d'eau, n'ayant cependant rien de cette solidité que possède le verre en masse.

En outre, la force avec laquelle, suivant la diversité d'attraction, les globules de formation se joignent par leurs faces planes (§. 12), contribue beaucoup à enchaîner plus ou moins les molécules intégrantes dans leur union par la diversité de cette attraction des plans. Par cette raison, la plus grande cohérence doit avoir lieu dans une réunion de tétraèdres, et la moindre dans une réunion de cubes.

16. Ainsi l'on comprend par cette théorie, comment la cristallisation est en général le fondement de la coagulation ou de la solidité de la matière, et surtout des différens degrés de solidité que présentent différentes substances ; d'où il suit naturellement que c'est la cristallisation qui est en général la vertu formatrice dans la nature, et qu'il n'y a que l'informe (le

fluide) qui existe sans cristallisation ; mais que tout autre corps au monde est cristallisé, quoique cette cristallisation soit souvent si dérangée, si enveloppée et si irrégulière qu'on ne peut la déterminer. Si, à cet égard, on ne veut plus flotter à l'avenir, entre les conjectures et les analogies, il sera nécessaire en physique de distinguer ce qui concerne la cristallisation de la matière vivante de la cristallisation de la matière morte. Il est vrai qu'il y a encore ici bien des lacunes à remplir ; mais si l'on étudie à fond le tableau que je viens de présenter de la marche de la cristallisation, depuis son commencement et son point de départ qui est l'état liquide, et les autres détails que j'ajouterai par la suite, on apercevra déjà ici une sorte de vie dans la simple formation d'êtres inanimés : ce n'est, il est vrai, que le plus faible commencement de l'état de vie, puisqu'il se borne à l'*accroissement*.

*Changeemens qui arrivent aux angles des molécules intégrantes et à leurs dimensions.*

17. Jusqu'ici nous avons exposé la formation des molécules intégrantes des cristaux, en tant qu'elle est produite par l'attraction réciproque des globules de formation semblables et homogènes, et lorsque leur centre est en même tems celui de leur attraction. Nous avons vu que dans cette supposition les molécules intégrantes seront le tétraèdre régulier, le prisme triangulaire et le cube. Cette régularité est, comme il a été dit, une conséquence nécessaire des conditions que l'on a supposées, savoir, l'uni-

formité d'attraction et l'homogénéité. Mais dans beaucoup d'autres substances, dont les parties ne possèdent pas cette force attractive uniforme, puisqu'elles n'étaient pas entièrement liquides dans leurs différens dissolvans, le centre de l'attraction de chaque petit globe sorti de la dissolution, ne peut pas être situé dans le centre géométrique lui-même; d'où il résulte des alterations essentielles.

Soit  $A$ , une très-petite portion de la dissolution (imparfaite), qui à cause de la diminution du dissolvant, sera bornée par un plan coagulé (*mit einer starren fläche begränzt*); dans ce cas l'attraction ne se partagera pas également entre les molécules, ou autrement les différentes parties ont un degré différent de fluidité: conséquemment une partie du plan, par exemple, en  $m$  (*fig. 3*), aura un plus haut degré de coagulation que le reste, à cause de la diminution du dissolvant, laquelle manifeste ses effets également sur toute la face plane. Or, comme les parties qui ont une attraction égale; une liquidité égale, se réunissent; les moins fluides avec les moins fluides, les plus fluides avec les plus fluides (quatrième proposition), cette partie  $m$  du plan sera à la surface du globe celle qui possède le plus grand degré de coagulation, de même que la partie opposée  $n$  sera celle à laquelle appartient le moindre degré de coagulation. Il est si clair que cela doit nécessairement arriver ainsi, que je n'ai pas besoin de m'étendre davantage à ce sujet. La troisième figure représentera cet état, si l'on suppose que les différens degrés de fluidité à la surface du globe soient ex-

primés par la distance qu'ont les uns des autres les cercles tracés perpendiculairement à l'axe  $m n$ .

18. Or, comme de  $o$  à  $n$  toutes les parties agissent les unes sur les autres par une attraction plus forte que d' $o$  à  $m$ , en quoi elles suivent la raison inverse des distances des arcs de cercle qu'elles représentent; si l'on conçoit comme réunies en  $o$  et comme agissant de là sur la forme, toutes les forces isolées des différentes parties consécutives qui se sollicitent immédiatement les unes les autres, alors le point  $o$  devra attirer aussi fortement la molécule en  $m$ , ou celles en  $s$  et  $r$ , que celle en  $n$ ; et conséquemment, malgré la répartition inégale des attractions à l'intérieur de cette petite portion limitée de la dissolution, il se produira encore ici une forme arrondie permanente, comme cela avait lieu dans le cas où l'attraction était située au centre géométrique.

Le rapport de la ligne  $om$  à la ligne  $no$ , qui dans les *globules de formation* homogènes (de même fluidité), est celui de 1 à 1, prendra différentes valeurs dans des dissolutions différentes, et c'est des différentes valeurs de ce rapport que dépend la diversité des angles et des dimensions des molécules intégrantes.

19. Les globules sortis de l'état de fluide, chercheront dès-lors à se réunir de tous côtés les uns aux autres comme il a été expliqué ci-dessus. Or, comme les parties d'une même espèce manifestent une plus grande attraction entre elles que sur les parties d'espèce différente, les parties les plus solides des globules auront une tendance vers les plus solides, les

plus fluides en auront une vers les plus fluides, et elles s'appliqueront de cette manière les unes aux autres par l'attraction.

Supposons que deux pareils globes *A* et *B*, *fig. 4*, parviennent au contact par cette partie de leur surface qui est la plus solide, la section du plan de contact ne sera que *ab*, au lieu que c'eût été *io* dans le premier cas, c'est-à-dire, dans celui de l'homogénéité. Si un autre globe *C* agit en même tems de côté, la section du plan de contact sera *cd*, beaucoup plus grande que *ab*, parce que l'attraction effective sera plus grande en ce cas (§. 13).

Or si un tel globe est environné de quatre autres, conformément au degré de l'aplatissement dont il est susceptible (§. 12), la direction de la section de leur plan de contact sera plus vers *n* (1), vu qu'à cette partie l'attraction effective est la plus grande, en sorte que leurs directions vers ce point, de même que les trois plans de contact de ce globe, lui-même, se rencontreront dans les lignes *nx*, *no* et *ni*. En même tems le quatrième globe agira sur la partie *m* par son plan plus solide, de manière qu'ici, à proportion de la plus grande résistance, le plan de contact sera moindre, jusqu'à ce que dans cet endroit les intersections de ces

(1) Nous présumons qu'il s'agit ici des *fig. 3*, *5* et *6*, ainsi que dans toute la suite du paragraphe; cependant les lettres des figures ne se rapportent pas toujours aux indications du texte. Nous croyons que le triangle *fig. 6*, est le même que celui *ni o*, *fig. 5*, et que le point d'où partent trois rayons aux trois angles de ce triangle, doit porter la lettre *x*. (*Note des Rédacteurs.*)

plans se rencontrent aussi. Il se forme donc un tétraèdre (*fig. 6*), dont la base est un triangle équilatéral, mais dont les plans latéraux sont des triangles isocèles, égaux et semblables. Plus le point *x* tombe vers *m*, moins la hauteur du plan de la base sera considérable, en comparaison de celle des plans latéraux; et quand *x* est très-rapproché de *m*, en d'autres mots, quand les parties ont presque acquis ici une entière solidité, pendant qu'au point opposé *n* elles sont presque toutes fluides, dans ce cas le tétraèdre affectera la forme aciculaire, et sa réunion produira des cristaux aciculaires et des corps fibreux. Cette cristallisation est celle de la glace, et probablement par cette seule raison que le calorique étroitement uni à l'eau, n'est enlevé que fort inégalement aux molécules de cette dernière par la température extérieure devenue plus basse; en sorte que sur un des côtés plus contigu à l'air il y a déjà une solidité presque parfaite, pendant que du côté opposé, la liquidité n'a encore que peu décré. D'où il suit que si le froid enlevait à l'intérieur le calorique à l'eau, comme à une substance homogène (également fluide), au même degré en chaque instant de tems (ce qui arrive peut-être à de petites portions d'eau dans un très-grand froid) qu'il le lui enlève à la limite extérieure, la glace prendrait le tétraèdre régulier pour la molécule intégrante: dans ce cas, elle formerait un corps très-solide et cristalliserait en octaèdre régulier.

Plus le point *x* avance vers *n*, plus le tétraèdre se rapproche du régulier. Des différens rapports de *om* et *no*, résultent des formes

innombrables de tétraèdres, qui *varient* par leurs angles et par leurs dimensions.

Si la liquidité du corps dans le dissolvant avait été très-imparfaite, différentes parties des globules de formation auraient eu une solidité irrégulièrement répartie; et dans ces cas, l'irrégularité du tétraèdre, de même que celle des autres molécules intégrantes, pourraient varier selon toutes les dimensions possibles. Cette grande imperfection de la dissolution produit alors des cristallisations confuses, mal prononcées, des *concrétions*.

20. Lorsque la nature de la matière en détermine l'attraction en l'étendant à cinq globules rangés autour de la surface d'un seul, en ce cas il peut arriver ou que le pôle *m* soit tout seul le point d'attaque, comme dans la *fig. 5*, ou que cette attaque ait lieu au point opposé *n*. Au premier cas, il naîtra le prisme à base triangulaire isocèle, dont les angles et les dimensions dépendent du même rapport qui vient d'être expliqué relativement au tétraèdre irrégulier. Au second cas, la plus grande solidité en *m* y diminuera l'aplatissement; au point *n*, à la vérité, le globe tendra à en acquérir un plus grand: mais comme le degré d'aplatissement des globules latéraux (déjà déterminé par les conditions existantes) a lieu également et par des actions opposées, il en résulte que l'aplatissement *n* trouvera bientôt ses limites dans ses trois intersections avec les plans latéraux, et qu'il devra être égal à l'aplatissement en *m*. Donc il se formera ici le prisme à base triangulaire, équilatérale, dont la hauteur et la largeur pourront varier (ainsi que l'attrac-

tion réciproque des différentes faces) suivant le plus ou moins grand degré de solidité en *m*.

Enfin si l'attraction effective des *globules de formation* produit cet aplatissement, qui n'est que le résultat de l'action réciproque d'un globe sur six autres globes environnans (§. 12); on conçoit facilement, sans qu'il soit besoin d'une longue explication, qu'il doit en naître un prisme à bases planes carrées, dont les dimensions en hauteur et largeur dépendront des conditions précédentes.

21. Si, comme nous l'avons déjà observé ci-dessus, l'intensité de l'attraction effective des globules de formation s'écarte trop au-delà d'une des trois limites qui déterminent les aplatissemens réguliers (§. 12), il en résultera dans les dimensions des molécules intégrantes des irrégularités plus ou moins grandes, suivant que l'attraction effective différera des limites indiquées. Si, par exemple, cette attraction était entre celle qui donne le tétraèdre et celle qui donne le prisme (entre 1 et 0,726), mais plus approchant de celle du prisme, il en naîtrait, à la vérité, un prisme; mais comme ici les globules ont une tendance à prendre un aplatissement plus grand que celui qui appartient au prisme, et cependant plus petit que celui du tétraèdre, alors il doit arriver nécessairement (si la jonction des globules n'a pas lieu au même moment, ce qu'on ne saurait admettre en aucune manière pour les raisons déjà indiquées) que le premier globule prendra le plus grand aplatissement, et ainsi des suivans, de sorte que le moindre côté restera pour le dernier globule, ce qui produira un prisme

à trois faces latérales inégales, parce que dans ce cas, les intersections latérales seront toujours parallèles entre elles. Si l'attraction effective s'approche des limites du tétraèdre, dans ce cas l'inverse aura lieu pour celui-ci, qui affectera alors des irrégularités dans ses différentes dimensions. Et l'on conçoit facilement qu'ici toutes les molécules intégrantes formées par une même dissolution seront égales et semblables, puisque d'après les suppositions que nous avons faites et qui s'appliquent très-bien ici, les mêmes conditions existent à chaque point d'une même dissolution. L'attraction effective tombe-t-elle entre le prisme et le cube, il peut en naître, suivant les différentes circonstances, des parallépipèdes ou des trapézoïdes. On conçoit aisément qu'il pourra se former un grand nombre de figures de ce genre suivant les différens degrés d'intensité de l'attraction effective, et de plus, que l'on pourrait y ramener toutes les formes de molécules intégrantes même les plus irrégulières. Cette manière de les expliquer est certainement très-simple et très-naturelle, mais cependant il ne faut pas pour cela exclure l'autre marche que nous avons indiquée ci-dessus, lorsque nous avons fait voir qu'il devait y avoir des passages du régulier à l'irrégulier, et que dans plusieurs cas, le concours de certaines conditions devait nécessairement faire cesser la régularité; car en général on a observé que la nature dans ses opérations qui nous sont le mieux connues, emploie toujours plusieurs moyens différens pour produire un seul et même effet, comme pour atteindre son but plus sûrement.

Au reste, dans l'un et dans l'autre procédés ce résultat reste toujours constant, savoir, que toutes les formes régulières ou irrégulières des molécules intégrantes, sont déterminées par différens degrés d'intensité des attractions effectives réciproques des globules de formation.

22. Il semblerait, d'après cette théorie, que les molécules intégrantes ne peuvent point prendre pour forme originaire le rhomboèdre et le parallépipède oblique. Il n'eut pas été, à la vérité, bien difficile de prouver que ces sortes de formes peuvent être le résultat de quelque modification de l'action réciproque des globules de formation: mais ce serait déroger à cette simplicité qui fait le principal avantage de cette théorie qui, conformément à la manière d'agir de la nature, explique l'origine de tant de formes avec si peu de moyens. En effet, il ne paraît pas naturel, d'après cette théorie, d'imaginer que le corps le plus régulier produit uniquement par l'action réciproque des globules entièrement homogènes (quant au degré de liquidité), que ce corps (le cube) puisse modifier ses angles sans changer de dimension, et de supposer qu'il y ait une cause, une action quelconque qui ait pu produire cette altération. Ainsi on est d'autant plus autorisé à considérer le rhomboèdre comme étant la réunion de deux prismes égaux à base triangulaire isocèles, accolés de manière que la diagonale du rhombe est la base commune des deux triangles, et le parallépipède oblique comme composé de même de deux prismes triangulaires, ou enfin, dans bien des cas, on pourra regarder ces deux formes comme des combinaisons de tétraèdres,

ce qui ne changera rien dans les déterminations cristallographiques. Le cristallographe pourra considérer le rhomboèdre du spath calcaire comme étant un composé de tétraèdres, sans que cela influe en rien sur ses calculs, dont l'unique but est de déterminer exactement les lois d'après lesquelles l'accumulation de certaines molécules intégrantes s'accolant, soit isolément l'une à l'autre, soit par des groupes invariables formés de leur réunion, produisent les formes secondaires des cristaux. Ainsi, quoique la molécule intégrante des tourmalines soit le tétraèdre, cependant le cristallographe a droit de considérer ces cristaux comme composés de rhomboèdres; et c'est en effet par des réunions de rhomboèdres, suivant certaines lois de décroissemens, qu'il calcule les formes secondaires de ce minéral, attendu que cette manière d'envisager la marche de la cristallisation lui donne lieu d'employer des formules tout aussi rigoureuses et infiniment plus simples.

Parmi les minéraux les plus durs que nous avons indiqués ci-dessus, le corindon est le seul qui (d'après Haüy) ait le rhomboèdre pour molécule intégrante, quoique ce minéral soit le corps le plus dur après le diamant. Comme nous l'avons vu, les autres corps s'accordent assez bien avec la loi que nous avons établie, et il n'est pas vraisemblable qu'une exception ait lieu uniquement pour celui-ci. On peut donc admettre que ce rhomboèdre n'est qu'une réunion de six tétraèdres, et d'autant plus que cette substitution de forme ne change rien au calcul cristallographique.

Il y a également plusieurs parallépipèdes que l'on peut supposer être composés de tétraèdres et de prismes réguliers; tels sont, par exemple, le péridot, l'idocrase et l'eucrase; il suffirait pour cela de développer davantage les différentes lois de cette théorie et d'en faire l'application à ce corps.

Je ne chercherai point à expliquer ici pourquoi telles et telles combinaisons que l'on devrait regarder comme invariables, résultent cependant des mêmes molécules intégrantes; il me semble d'ailleurs que ce qui a été dit jusqu'ici, et ce que je vais ajouter sur la combinaison des globules de formation, devra suffire pour mettre le lecteur à même de trouver facilement ces explications.

#### *De la formation de la figure cristalline.*

23. Dans tout ce qui précède, j'ai eu pour but d'exposer comment se forment les molécules intégrantes dans un liquide cristallisant, et quelles sont les conditions principales qui déterminent leurs formes et leurs dimensions différentes. Je vais maintenant expliquer comment les formes des cristaux secondaires résultent des formes de ces molécules. Mais si je voulais traiter ici de toutes les formes secondaires des cristaux, je serais forcé de reculer beaucoup les limites de cet exposé, je me bornerai donc à expliquer quelques-uns des principaux cas, et je les traiterai par la méthode synthétique, afin de donner au lecteur une idée suffisante de ma théorie.

Pour expliquer plus clairement comment une

seule molécule intégrante se forme (isolément) d'un seul *globule de formation*, on a considéré pour un moment l'un des globules comme central, et l'on a supposé que les autres globules venaient se ranger autour de ce globule central pour s'y ajouter, comme si ce dernier les sollicitait par une attraction plus forte que la leur propre. Cependant cette supposition n'est pas exacte; au contraire, comme les attractions sont les mêmes, tous les globules sortis de la dissolution au commencement de la cristallisation, devront se rapprocher et se réunir l'un à l'autre avec une même force attractive. Maintenant considérons d'abord les globules de formation dont l'attraction effective produit le prisme, et voyons ce qui doit résulter de leur réunion.

Supposons que deux globules de formation *a, b*, *fig. 7*, se soient réunis; dans ce cas *b* comme *a* sera environné de quatre autres globules, *a* et *b* étant l'un pour l'autre le cinquième; (le plan supérieur et l'inférieur étant formés par le quatrième et cinquième globule, ne sont pas exprimés dans cette figure qui représente une section plane horizontale); ainsi à *b* s'appliqueront encore les globules *c* et *d* et à *a* les globules *e* et *f* et ainsi de suite. Chacun de ceux-ci est encore environné de quatre autres, dont ceux qui sont visibles dans la figure sont marqués du chiffre 3. Tous forment par leurs faces planes égales des prismes équilatéraux et égaux (la section représente des triangles équilatéraux), et ces prismes pris deux à deux, forment un prisme à plan rhombe. Au moment que s'est faite la réunion, les triangles

équilatéraux forment dans la coupe qui naît de leurs plans de contact, l'hexagone *ghiklm*, dont les dimensions en longueur excèdent celles en largeur d'une quantité égale au diamètre d'un globule de formation, de manière cependant que les globules qui forment les deux molécules intégrantes inférieures, dont les côtés sont *lk* et *ki*, ainsi que les supérieures, dont les côtés sont *mg* et *gh*, ne débordent ces côtés que du cinquième de leur surface sphérique; mais les globules qui bornent les deux plus grandes faces latérales dépassent les côtés *ml* et *hi* d'une quantité égale au  $\frac{1}{4}$  de leurs surfaces sphériques. Chacun de ces derniers globules de formation, situés sur les plus grands côtés de l'hexagone ou dans le sens de sa moindre largeur, attirera donc encore quatre autres globules, tandis que les globules situés aux extrémités de la longueur de l'hexagone n'en attireront qu'un seul. Cette nouvelle attraction tendra donc à diminuer les côtés *hi*, *ml*, et à agrandir les côtés *lk*, *ki*. C'est en effet ce qui arrivera à l'instant où chacun des globules précédens aura été entouré par quatre autres globules, dont ceux visibles à la section sont marqués d'un 4. Après leur union leurs plans de contact formeront l'hexagone *gpqkno*, dont la dimension horizontale excède la verticale d'une quantité égale à la grosseur d'un globule de formation. Ce nouvel hexagone est dans un cas analogue au précédent: en effet, les globules qui ont formé les côtés *lk*, *gh*, excèdent ces côtés ou la ligne qui circonscrit la figure des  $\frac{1}{4}$  de leur surface et les globules qui ont produit *on* et *pq*, n'excèdent

ces côtés que de  $\frac{1}{3}$ . Ainsi il existe à présent une tendance à s'agrandir dans une direction perpendiculaire à la dernière; car les globules des côtés plus grands  $gp$ ,  $go$ ,  $qk$ ,  $kn$ , devront en attirer chacun quatre autres, pendant que les globules des deux moindres côtés n'en attireront chacun qu'un seul. Cette tendance des plus grands côtés à devenir proportionnellement plus petits se trouve satisfaite par l'addition des globules marqués d'un 5 sur la figure 8. Il en résulte la figure  $rs\ tu\ wx$ , dont les côtés sont parallèles à ceux de la première, et où les globules de formation placés aux plus grands côtés, débordent la figure des  $\frac{1}{3}$  de leur surface, et ceux placés aux plus petits côtés de  $\frac{1}{3}$  seulement. De la même manière, il naîtrait le moment d'après un hexagone dont les côtés seraient parallèles à ceux du second, et cela continuerait toujours de même aux momens suivans.

Ce qui paraît donc n'être qu'une propriété accidentelle d'une figure régulière, est ici comme en général dans la nature, le moyen d'atteindre un but important. On voit ici comment avec une seule et même attraction, la nature forme, pour ainsi dire, deux forces qui, en paraissant se contrarier l'une l'autre, favorisent et accélèrent infiniment les progrès rapides de la cristallisation commencée (la formation du cristal jusqu'à une grandeur déterminée).

24. Si ce cristal cessait enfin de s'accroître après des répétitions sans nombre de l'opération que l'on vient de décrire, la section de ce cristal formerait néanmoins un hexagone régulier parfait; car la longueur de deux côtés quelconques

conques ne diffère de celle des autres côtés que de la grosseur d'une molécule intégrante, et cette différence disparaît totalement en raison du nombre infini des molécules qui composent les côtés du plus petit cristal visible. Au reste, il est certain que lorsque la cristallisation aura été interrompue, ou que le cristal aura été tiré avec ses globules de formation hors de la sphère d'activité, les plus grands segmens de ces globules débordent les limites formées par les plus grands côtés. Mais par la dessiccation qui suit successivement, les moindres segmens de globules formeront les derniers côtés qui constituent les bornes  $rz$ ,  $zs$ , etc., à quoi devra coopérer l'attraction des deux plans déjà formés  $kr$ ,  $kz$ , etc.; et les plus grands segmens formés aux côtés plus grands devront également, moyennant l'attraction réunie des plans supérieurs, des inférieurs et des intérieurs, se rétrécir peu à peu jusqu'à la moitié de  $at = s\beta = kw$ , c'est-à-dire, jusqu'à  $A$  et  $B$ ,  $C$  et  $D$ , jusqu'à ce qu'enfin la force de l'attraction se termine à la formation des arêtes: ainsi ces différences extrêmement petites se compensent mutuellement et il en résulte l'hexagone parfait.

Au moment où les segmens extérieurs se dessèchent et s'aplatissent par l'effet successif des attractions intérieures, après que l'action extérieure qu'exerçaient sur eux les autres globules de formation a cessé, alors la vie du cristal s'éteint, puisque sa vertu active a fini à l'extérieur après cette dessiccation. Placé de nouveau dans la dissolution, il n'y produirait guère plus d'effet que tout autre corps solide

qui servirait de base aux premiers nouveaux cristaux, en modifiant l'attraction des *globules de formation* par la sienne propre et en les éloignant les uns des autres.

25. A mesure que les globules de formation se sont réunis en largeur pour former par leurs plans de contact un triangle équilatéral, suivant la marche que nous venons de tracer, il y a toujours eu aussi un quatrième globule qui a déterminé la base supérieure du prisme; ce globule faisant en même tems fonction du cinquième pour la rangée contiguë, puisque son plan supérieur devient l'inférieur du prisme suivant. Cette association est représentée par la figure 8, où l'on voit une section verticale du même prisme hexaèdre parallèlement à une de ses faces latérales. Si l'on suppose dans cette figure que la section horizontale est déjà parvenue à la largeur de  $bd = ns$ , et que  $b$ ,  $c$ ,  $d$  sont les molécules intégrantes contiguës les unes aux autres et formées par les globules de formation, alors si la largeur s'augmente suivant la marche précédente, des deux molécules intégrantes  $a$  et  $e$ , les deux globules supérieurs  $f$  et  $g$  qui les recouvrent, seront attirés par eux au même moment que les autres attirent les globules  $m$ ,  $o$ ,  $p$ , en sorte qu'il arrive toujours à la fois à la section horizontale ce qui s'exécutait peu à peu dans la formation de la largeur du cristal. Les plans de contact horizontaux de ces globules forment les bases de ces prismes élémentaires, les plans verticaux leurs faces latérales, dont les sections sont les plans verticaux  $mn$ ,  $op$ ,  $pq$ , continuations de  $an$ ,  $yp$ , etc.

De cette façon le cristal s'accroît en largeur et en hauteur, d'après un modèle déjà déterminé au moment de la réunion des premiers globules de formation; modèle qui dans sa naissance est d'une ténuité qui échappe de beaucoup au microscope, mais qui parvient ensuite à une telle augmentation de volume, qu'il forme enfin une masse très-considérable. Quand même un premier cristal serait composé de si peu de molécules intégrantes, que son volume serait deux cent mille fois plus petit qu'il ne faudrait pour le rendre visible, cependant il est évident que ses dimensions sont déjà parfaitement déterminées, et que sa forme ne pourra jamais changer par le progrès de la cristallisation, quand même elle se continuerait assez pour en former une grosse masse.

Ainsi ce cristal se terminera en un hexagone régulier qui devra avoir une base horizontale: cependant cet aplatissement n'a pas lieu dans la plupart de ces cristaux qui au contraire se terminent en pointe. Mais on n'a pas supposé ici l'existence de certaines conditions qui influent presque toujours sur la formation de ces cristaux prismatiques, et qui occasionnant des décroissemens en hauteur et en largeur (suivant la théorie de M. Haüy), remplacent la face horizontale par une terminaison pyramidale.

26. En général, dans une agrégation de molécules liées entre elles par une attraction réciproque, il doit nécessairement arriver, à moins de dérangemens provenant de conditions particulières, telle qu'une union lâche (*lockere verbindung*) (§. 15), que les molécules les plus

près du centre jouiront de l'attraction la plus forte ; car ce sont les molécules du centre dont la sphère d'activité est la plus limitée , et elles reçoivent des autres molécules moins de forces attractives contraires que celles qui sont placées à une plus grande distance du centre ; par ce moyen leur propre attraction réciproque conserve plus de son intensité originare. Ainsi , si l'on imagine que toutes les forces attractives particulières soient réunies en un seul point central , on peut dire que ce point est le centre d'action de l'attraction , qui décroît à mesure qu'elle s'en éloigne ; principe dont la vérité est démontrée dans la physique qui en fait une application fréquente. Ainsi , en admettant que dans un cristal , tel que celui de la *fig. 7* , l'union des molécules n'ait lieu que par ces attractions , et que ces molécules soient elles-mêmes si homogènes , que les centres de leurs attractions particulières soient tous situés au même point , les choses se passeront comme il vient d'être dit. D'où il suit , que la manière dont les globules de formation se surajouteront les uns aux autres , ne sera plus précisément la même qui a été décrite relativement à la *fig. 8* , mais qu'il sera produit une altération par les forces attractives des molécules particulières , lesquelles seront différentes en raison de leur distance au centre.

Les différens degrés de cette attraction se mesurent à espace égal par le tems auquel les attractions réciproques des globules ont lieu. Par exemple , supposons que ces forces attractives s'exercent dans la raison inverse simple du phénomène , dans ce cas la surface de chacun

des globules de formation *a, b* (*fig. 9*) , dernièrement réunie , n'attirera dans un tems déterminé qu'un seul globule de superposition *d* et *e* , tandis que dans le même espace de tems les globules adjacens attireront , l'un les deux globules *g* et *f* , et l'autre les deux globules *o* et *n* , que les troisièmes attireront les deux rangées *i h* et *m l* , et celui du milieu la rangée *c k* ; conséquemment il en résultera la figure *ac b* , car les parallèles *c b* , *α β* n'étant distantes l'une de l'autre que du rayon d'un globule de formation , on peut les supposer ici coïncidentes , et d'ailleurs nous avons dit qu'après la cristallisation les surfaces des globules devaient représenter une face plane produite par leur condensation. Il s'élèvera ainsi sur tous les bords de l'hexagone des plans égaux et semblables , qui se termineront tous au même point *c* , en sorte que cette superposition formera une pyramide hexaèdre.

Aussitôt que cette superposition a en lieu , les attractions de tous les globules sont mises en équilibre , vu que l'inégalité de distance au centre , seule cause qui produirait ces attractions , n'existe plus : car ce centre était *x* au moment de la superposition ; or  $cx = dx$  ; donc toute inégalité ultérieure d'attraction doit cesser , et le globule *c* , situé perpendiculairement au-dessus du centre *x* , attirera maintenant avec la même force que le globule *d* qui est le plus éloigné de ce centre latéralement.

L'accroissement ultérieur du cristal produira donc toujours une figure semblable à celle-ci.

27. J'ai représenté cette superposition comme arrivant à la fois : dans la nature elle ne se fait

que successivement, et la forme et la grandeur sont déjà déterminées par les premiers globules de formation qui s'unissent. Si autour de chacun des deux globules  $a$ ,  $b$ , *fig. 7*, il s'en ajoute quatre autres n°. 2, en ce cas les globules  $a$  et  $b$  forment déjà un cristal parfait, un rhomboèdre, que l'on doit regarder comme le germe de tout le cristal, étant le moindre possible qui puisse naître, d'après les conditions que l'on a supposées ici. Or si les globules n°. 3 se réunissent autour des précédens, il y aura déjà un globule de plus au milieu; il y en aura deux de plus à la réunion des globules n°. 5, et ainsi de suite, jusqu'à ce que la partie supérieure de la superposition, d'après la loi que l'on a supposée avoir lieu ici, soit également éloignée du centre que la partie extérieure latérale du cristal.

Les lois des décroissemens des molécules intégrantes dépendent ainsi de la loi que suit leur attraction, relativement à leur distance du centre d'attraction, laquelle loi est fondée, elle-même, dans la détermination de la position du centre d'attraction à l'égard de chaque molécule intégrante, et dans l'action réciproque de leurs plans (§. 20). Ainsi les lois de décroissemens devront varier suivant les valeurs de ces différentes bases dont elles dépendent, et pour parler le langage cristallographique, il y aura, suivant les différens cas, des décroissemens par deux rangées ou plus, en hauteur ou en largeur.

L'épaisseur du cristal, ou ses dimensions en largeur, sont aussi un résultat de la hauteur de la superposition, vu que c'est d'elle que

dépend le rapport entre  $x b$  et  $c x$  (*fig. 9*). Ces deux lignes ne peuvent être égales que dans le cas du décroissement de l'attraction dans la raison inverse simple de la distance.

Enfin le rapport de ce décroissement d'attraction avec la distance du centre, dépend encore beaucoup de l'attraction qu'exerce le dissolvant sur la matière qui cristallise; car si cette attraction est grande, son effet diminuera l'attraction réciproque des globules (§. 13), et alors cette diminution aura lieu principalement sur ceux qui sont situés aux extrémités du cristal. Cette loi de diminution d'attraction sera expliquée plus bas par un exemple tiré du cube. C'est aussi de la même loi que dépend une grande partie de la force qu'une différence de température produit pour changer la forme cristalline secondaire. Supposons, par exemple, que deux substances contiennent les mêmes parties constituantes et des molécules intégrantes semblables, comme les variétés du spath calcaire; mais admettons en même tems que la température que ces deux substances exigent pour être dissoutes et cristallisées, soit différente, à cause de l'attraction différente du dissolvant, dans ce cas la loi de superposition recevra déjà des modifications; conséquemment il y aura des différences dans les formes cristallines secondaires.

On voit d'ailleurs que la marche de la nature dans cette superposition est différente, et peut-être l'inverse de celle que suit la cristallographie, qui prend pour noyau un cristal déjà d'abord formé, et qui y ajoute, pour ainsi dire,

la figure secondaire par des décroissemens réguliers de rangées de molécules intégrantes.

Au reste, il faudrait un ouvrage entier sur cet objet pour pouvoir développer convenablement la manière dont ces lois s'exécutent.

28. Cette plus grande attraction réciproque des parties plus voisines du centre, produit une plus grande solidité du cristal secondaire dans le voisinage du centre. La propriété que possède le prisme hexaèdre, d'être divisible parallèlement à toutes ses faces latérales, prouve d'elle-même, à la vérité, que ses molécules intégrantes sont des prismes triangulaires; mais en continuant ces coupes, on parviendra à la fin à une partie  $ab$  du cristal (*fig. 7*), (ou si l'on veut à  $γκπ$ , en imaginant le volume de la figure comme beaucoup plus grand), qui est un rhomboèdre, dont les parties sont beaucoup plus cohérentes que le reste, et que l'on peut considérer, pour ainsi dire, comme le noyau du cristal.

D'après cela, je crois à peine nécessaire de remarquer encore que la formation du cristal est continue dans la nature, en sorte que ce n'est ni à des époques différentes, ni consécutivement que sont produits d'abord le noyau, puis par les décroissemens la forme secondaire du cristal, ainsi que la cristallographie l'imagine conformément à son but. Le noyau et la forme secondaire sont des quantités qui dépendent l'une de l'autre, mais le cristal infiniment petit, a déjà tout-à-fait la même forme que lorsqu'il est parvenu à un grand volume; de manière que l'histoire de la formation du cristal

n'est presque autre chose que l'histoire de son accroissement.

29. D'après ce qui précède, on conçoit très-aisément comment l'octaèdre régulier se forme du tétraèdre régulier. C'est une conséquence immédiate de la combinaison nécessaire des globules de formation, suivant un certain degré d'attraction effective.

Je terminerai cet exposé de ma théorie par l'explication de quelques formes produites par le cube, ou de ce qui résulte lorsque les globules de formation sont enveloppés par six autres globules.

La *fig. 10* représente un plan du petit cube qui se forme en premier lieu par l'attraction réciproque des globules de formation. Le centre de cette section est conséquemment situé en  $c$ . Soit donc, comme ci-devant, le décroissement de l'attraction depuis le point  $c$ , en raison inverse de la distance, alors comme l'attraction qui s'exerce sur l'un des hémisphères des globules de formation, n'est pas différente de celle qui a lieu à l'égard de l'autre, il s'en suit que les forces attractives qui sollicitent tous les globules extérieurs, savoir, celles qui agissent sur  $a$  seront égales à celles qui agissent sur  $b$ , tant qu'on ne considérera pas ici des fractions de molécules intégrantes; ainsi lorsque la section s'accroîtra d'une molécule intégrante (à partir de la première formation du cristal), la marche que nous avons indiquée ci-dessus (*fig. 8*) aura lieu ici, c'est-à-dire, que tandis que les globules extérieurs  $AB$ ,  $BD$  attireront chacun un globe de superposition, ceux de la seconde rangée adja-

cente en attireront chacun deux, ceux de la troisième chacun trois, jusqu'à ce que  $AB$  soit égal à la hauteur perpendiculaire des globules au-dessus de  $c$ .

D'où il suit qu'il sera produit sur le plan  $ABCD$  une pyramide quadrangulaire équilatérale, dont la hauteur depuis la pointe jusqu'à  $c$  sera égale au côté  $AB = CD$ . Ce n'est que dans cet arrangement que les molécules de la pointe de la pyramide seront sollicitées par l'attraction du centre  $c$  autant que celles qui sont situées en  $AB$ . Or, la même chose devant avoir lieu à la fois depuis le commencement sur les cinq autres plans, d'après la même loi, et les triangles adjacens devant se trouver deux à deux sur le même plan, on doit obtenir le dodécaèdre à plans rhombes, *fig.* 11, où l'on voit quatre faces dont deux moitiés indiquent la manière dont s'est opérée la superposition, sans cependant représenter les globules de formation, comme dans la *fig.* 9. Si la loi est différente, alors les triangles qui se rencontrent ici sur un même plan, se couperont, et il sera produit un solide symétrique à 24 facettes.

Les remarques faites ci-dessus ont encore lieu ici. Ce cristal est extrêmement petit; mais les attractions de ses différentes parties se balançant mutuellement, son accroissement ne se fera plus que dans une direction parallèle à ses faces.

30. Dans le cas où la différence d'attraction des molécules intégrantes dépendrait principalement de l'attraction du dissolvant (§. 27), la cristallisation suivrait une autre marche: car

en ce cas les molécules angulaires  $A, B, C, D$ , étant situées au-delà de la limite à raison des  $\frac{2}{3}$  de leur surface, pendant que toutes les autres ne débordent que de  $\frac{1}{3}$ , les premières seraient sollicitées beaucoup plus que les dernières par l'attraction contraire du dissolvant; conséquemment elles souffriraient une plus grande diminution de leur attraction originale. Ainsi le mode de décroissement, ou le moyen dont la nature se sert ici pour établir l'uniformité d'attraction entre les parties, sera tout différent de celui que nous avons vu dans le cas précédent; le décroissement d'attraction sera plus grand vers les angles que vers les arêtes: conséquemment si le volume du cristal s'accroît d'une molécule intégrante, le globule de formation à l'angle n'attirera qu'un seul globule de superposition, tandis que ceux qui sont situés depuis l'angle vers le centre, en attireront plusieurs selon le degré de cette diminution des forces attractives. La loi précédente a encore lieu ici: tout se fera donc en ce cas comme dans le cas précédent, à cela près, que la direction des décroissemens suit une route qui commence aux angles en s'étendant vers le centre, ou que les rangées des globules de formation surajoutés seront parallèles aux diagonales. Un globule de formation sera superposé à  $a, a, a'$ ; deux à  $d, e, d', e'$ , trois à  $h, f, i, b, g, y, h', f', i'$ , etc. et ainsi de suite. Il s'élève ainsi par cette combinaison de molécules intégrantes, un plan qui part de chaque angle, et est incliné vers  $CB$ , de manière que ces plans se rencontrent en  $o, r, s, p$ , où ils forment des arêtes, pendant qu'à un point

au-dessus de  $c$  ils se réunissent en une pointe. Les trois faces qui naissent de cette manière autour d'un angle, étant formées, d'après la même loi, se trouvent sur un même plan, ce qui produit un octaèdre régulier (*fig. 12*), où le sommet d'un angle du cube que l'on prend ici pour le noyau, correspond au centre de chaque triangle.

D'après l'analogie, la remarque précédente doit encore être appliquée ici. L'extrême ténuité de ce cristal résulte du petit nombre de molécules intégrantes qui se forment; le noyau cubique est pour lui ce que nous avons appelé ci-dessus le *germe* du cristal. L'effet de la diversité d'attractions de ses molécules intégrantes se manifeste dans sa configuration parfaite, lorsqu'il est parvenu au degré d'accroissement que nous venons de décrire, et là sa forme est achevée, vu que dès ce moment ces attractions continueront d'être toujours semblables, quand même le cristal s'accroîtrait à une masse prodigieuse. Mais comme à une forme semblable il se joint aussi toujours des attractions intérieures semblables, ce germe continuera toujours dans le même rapport à l'égard de tout le cristal, et il formera ce corps qui sera pour le cristallographe le *noyau*, ou la *forme primitive* du cristal. C'est pourquoi le cristallographe, sans faire d'erreur, suppose ce noyau formé tout grand, tel qu'il l'obtient par la division mécanique, et construit sur ce noyau la forme secondaire, quoique la nature dont, comme nous avons vu, les actions sont continues, ne suive pas cette marche.

31. Enfin si, par la disposition des points d'attraction des molécules intégrantes, et prin-

cipalement par la température où la cristallisation a lieu, et par l'action du dissolvant, les attractions se trouvaient réparties également, en sorte que le résultat de différences ne fussent que des fractions de molécules intégrantes, dans ce cas les globules de formation ou les molécules intégrantes cubiques qui en sont formées, produiraient pour forme secondaire un cube ou une table à bases carrées, comme dans la *fig. 10*. Cette forme cristalline appartient, par exemple, au muriate de soude.

Je me servirai de cet exemple pour montrer l'influence que la température de la dissolution a sur la forme secondaire des cristaux qui s'y précipitent. En effet, si l'évaporation est trop subite, la température trop haute, dans ce cas l'excès de cette température au-dessus de celle qui est nécessaire à la cristallisation, contrariera, comme force répulsive, l'attraction des molécules intégrantes, et davantage celles qui sont plus près du centre; par la raison que celles-ci, comme parties plus solides, s'échauffent davantage, pendant que la température des extérieures reste plus basse à cause de l'évaporation. Ce sera donc ici précisément le cas inverse du précédent: les molécules plus rapprochées de  $c$ , *fig. 10*, manifesteront toujours moins d'attraction que celles qui se trouvent plus vers le bord; il y aura donc ici une superposition en sens contraire de la dernière. Pendant que les parties les plus rapprochées de  $c$  prendront seulement une lame de superposition, les molécules  $f, l, k, \phi$ , etc. en attireront deux, et les extérieures à  $AB, BD$ , etc. trois; de sorte qu'il sera produit quatre faces

trilatérales qui s'étendront en s'élevant depuis  $c$  jusqu'à ces bords  $AB$ ,  $BD$ , etc. et dont les pointes se réuniront en  $c$  de manière à former une *trémie*, *fig.* 13. Les cristaux de muriate de soude affectent cette forme, précisément dans les circonstances que l'on vient d'indiquer. C'est aussi dans de pareilles circonstances qu'un corps qui cristallise en dodécaèdre rhomboïdal, pourra cristalliser sous la forme du cube.

32. C'est par une cause analogue qu'un excès d'acide dans la dissolution produit des modifications dans la forme secondaire du cristal. En effet, cet excès d'acide doit contrarier l'attraction des globules de formation, et conséquemment il tendra à diminuer plus ou moins le volume de la forme cristallisée. C'est ainsi que l'alun se cristallise, tantôt en octaèdre régulier, tantôt en cube, suivant que sa base est plus ou moins saturée d'acide. Il arrive même souvent qu'une saturation extrême s'oppose tout-à-fait à la cristallisation. Mais on voit en même tems que cet excès d'acide ne peut en aucune manière changer la forme des molécules intégrantes, ou qu'il n'agit sur elles que comme une force extérieure, de même que la haute température dans le cas précédent.

Je crois que tous ces détails doivent suffire pour donner aux naturalistes une idée complète de cette théorie de la cristallisation. J'espère qu'ils reconnaîtront avec quelle simplicité et avec quelle facilité elle dévoile les opérations les plus secrètes de la nature, et assigne, pour ainsi dire, par avance, les causes des phénomènes sans avoir besoin de connaître auparavant tous les résultats qu'il faut expliquer. Je

me flatte aussi que cet aperçu pourra faire juger combien cette théorie est riche en conséquences, et combien en la suivant dans tous ses détails elle peut fournir d'éclaircissemens sur la connaissance de l'action chimique de la matière. Je suis prêt à répondre à toutes les objections, et à donner toutes les explications particulières plus étendues que l'on pourrait désirer. Cette théorie est fondée, non sur des suppositions arbitraires, mais sur des principes généralement admissibles : elle n'appelle point d'hypothèses à son secours, mais ses principes sont des conséquences nécessaires tirées des différentes conditions des lois connues.

Je terminerai par quelques observations.

33. M. Haüy a construit les formes secondaires des cristaux par la combinaison des molécules intégrantes supposées comme déjà existantes, comme le représente la *fig.* 11. D'après cette supposition, les cristaux ne doivent avoir aucune face véritablement plane, et au contraire, ceux d'entre eux dont les faces sont le résultat des décroissemens sur les arêtes, doivent présenter sur ces faces une structure pareille aux degrés d'un escalier, et ceux dont les faces proviennent de décroissemens sur les angles, doivent affecter sur ces faces une forme hérissée (effet des angles solides saillans). Les saillies sont, à la vérité, si extrêmement petites, qu'il est presque impossible de ne pas admettre qu'elles doivent nous paraître former un plan parfaitement uni. Mais M. Weiss a observé avec raison que cette aspérité devrait cependant être sensible par la réflexion de la

lumière (1) : il ne serait pas possible de rien décider sur cette question, si tous les cristaux avaient ainsi des faces rudes (suivant la cristallographie), vu que nous ne connaissons aucun corps qui soit un niveau géométrique, si ce n'est une surface d'eau parfaitement calme : mais comme il y a des cristaux circonscrits par des faces parfaitement planes, savoir, le dodécaèdre et le parallépipède composés de tétraèdres, le cube composé de cubes, et le prisme hexaèdre composé de prismes, et que cependant les faces de ces cristaux ne réfléchissent point la lumière d'une manière plus vive que les faces formées par des décroissemens ; on peut admettre avec fondement que ces faces de décroissemens n'ont point cette aspérité qu'on leur suppose. La théorie que nous venons d'exposer donne des éclaircissemens suffisans à ce sujet : elle démontre que ces faces latérales sont de vrais plans, attendu que les rentrées et les saillies qui seraient produites par les décroissemens de molécules intégrantes déjà formées, disparaissent et sont nivelées par l'effet de la dessiccation et de l'attraction, l'excès des globules de formation qui dépassent les limites du cristal.

34. Si le même dissolvant renferme diverses substances susceptibles de cristalliser, dans ce

(1) L'auteur de cette observation paraît avoir oublié que la réflexion de la lumière ne se fait pas en vertu du choc des rayons contre les molécules solides des corps. (Voyez la *Phys.* de M. Haüy, tom. 2, p. 170). *Note des Rédacteurs.*

cas (selon la quatrième proposition et le §. 11), il n'y aura que les globules de formation homogène qui, au moment où la diminution du dissolvant leur aura fait quitter l'état fluide, chercheront à s'unir et à produire les formes cristallines qui leur appartiennent.

35. Dans ce qui précède, la diminution du dissolvant par l'évaporation a été indiquée comme étant le moyen de faire sortir du dissolvant les globules de formation ; mais le superflu de matière dissoluble qui, sans aucune diminution de dissolvant, résulte de son refroidissement, produit aussi le même effet et avec plus de sûreté, et même dans une dissolution qui n'est pas encore portée au point ordinaire de cristallisation, il se formerait déjà beaucoup de cristaux, si (par exemple dans une dissolution de sel marin) toutes les parties de l'eau avaient une même tendance à l'évaporation ; mais les petits cristaux formés dans la portion qui s'évapore le plus, se redissolvent de nouveau en traversant (dans leur précipitation) une autre quantité d'eau dont les parties n'ont pas encore acquis par la chaleur assez de vertu repulsive. Voilà pourquoi l'on accélère la cristallisation, quand on peut obtenir la permanence des cristaux en plaçant dans la dissolution d'autres corps susceptibles de s'échauffer davantage. On pourrait hâter beaucoup les cristallisations salines, et en outre, on économiserait beaucoup le combustible si, pour accélérer l'évaporation, on adaptait au fond de la chaudière plusieurs tuyaux verticaux qui, traversant le liquide, serviraient de conduits à la fumée du foyer. Il suffirait, pour la solidité, de

les réunir par des liens à leur partie supérieure; et tout cet appareil pourrait être facilement disposé de manière à ne pas embarrasser le travail des instrumens dont on se sert pour enlever le sel.

36. Ainsi une température plus haute que celle qui est nécessaire à l'évaporation (§. 31), de même qu'un échauffement inégal, nuisent à la cristallisation: conséquemment lorsque la cristallisation a lieu par l'abaissement de la température du dissolvant, il doit se former à la fois, dans les mêmes circonstances, le plus grand nombre de cristaux.

Une température trop haute met encore un autre obstacle à la cristallisation, en ce que par l'évaporation trop prompte du dissolvant, elle fait passer les globules de formation trop rapidement de l'état demi-fluide à l'état solide, ce qui empêche les molécules intégrantes de se former. Voilà pourquoi dans ce cas on n'obtient, au lieu de cristaux, qu'un précipité pulvérulent.

37. Quoique, d'après le §. 24, le cristal *mort* ait perdu par la coagulation de ses faces terminales l'action principale qu'il exerçait sur ses globules de formation, cependant ses faces doivent encore avoir sur eux plus d'action que d'autres corps hétérogènes; et cette attraction est d'ailleurs augmentée considérablement par la masse du cristal qui est très-grande en comparaison de celle des globules de formation, ce qui le fait devenir le point central de l'attraction. Ainsi cette même attraction contribuera à faire réunir les globules de formation

dans une dissolution, même avant que leur terme ordinaire de cristallisation soit arrivé.

C'est ainsi qu'un cristal salin jeté dans une dissolution du même sel, qui n'a pas encore été évaporée au point de cristallisation, produit dans sa chute de petits cristaux.

38. La cristallisation des sels a lieu plus difficilement quand ils sont surchargés d'acide, que lorsqu'ils sont neutralisés (§. 32): ainsi dans le premier cas, si cet excès d'acide n'est pas essentiel, une addition de la base pourrait favoriser beaucoup la cristallisation.

Si l'attraction du dissolvant ou la valeur de  $a$  (§. 13), pour la matière à cristalliser, est trop grande, alors il n'y aura pas de vraie cristallisation,

parce que  $\frac{a'}{a}$  ne sera pas une fraction, conséquemment il ne sera produit qu'une masse pâteuse, semblable à une bouillie qui se dessèche. Ce n'est qu'en diminuant cette trop grande attraction du dissolvant, que l'on peut dans ce cas rendre la cristallisation possible, et l'on en vient à bout en ajoutant une matière dissoluble qui, mêlée à la première dans la dissolution, diminue l'attraction du dissolvant.

Le sulfate d'alumine ne cristallise point, parce que son excès d'acide lui donne une trop grande attraction pour l'eau. Voilà pourquoi on est obligé, pour le faire cristalliser, d'y ajouter des substances alcalines; ces substances s'unissant avec l'excès d'acide, forment avec lui une autre substance cristallisable et dissoluble dans l'eau. Cette dissolution doit diminuer l'attraction que l'eau exerçait sur la première substance cristalline, et conséquemment

(par le décroissement de la quantité  $a'$  (§. 12)) l'attraction effective des globules de formation, sera aussi diminuée et amenée au terme où l'expression  $\frac{a'}{a}$  deviendra une fraction, dont la valeur en ce cas se rapprochera le plus de 1, c'est-à-dire, que la forme du cristal sera le tétraèdre. Ainsi pour commencer cette cristallisation, on ne pourra employer que des sels qui, en raison de la forte attraction de leur base pour l'acide sulfurique, ne puissent exercer qu'une très-faible attraction sur l'eau; tels sont le sulfate de potasse et le sulfate d'ammoniaque, dont le premier ne contient que 1,02, et le second que 0,14 parties d'eau cristalline (13  $a$ ), tandis que le sulfate de soude en contient 0,61; c'est pourquoi ce dernier ne peut pas servir pour rendre l'alun susceptible de se cristalliser.

O.

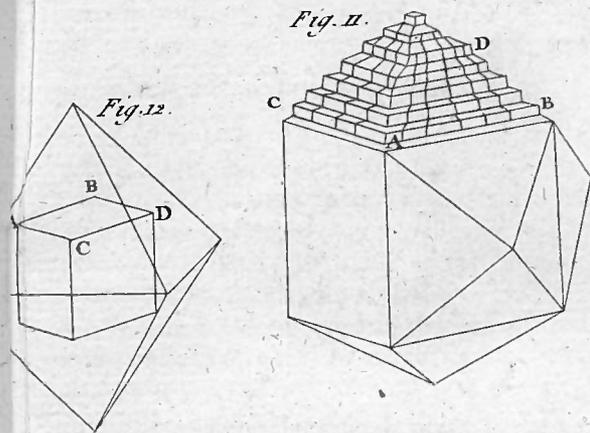
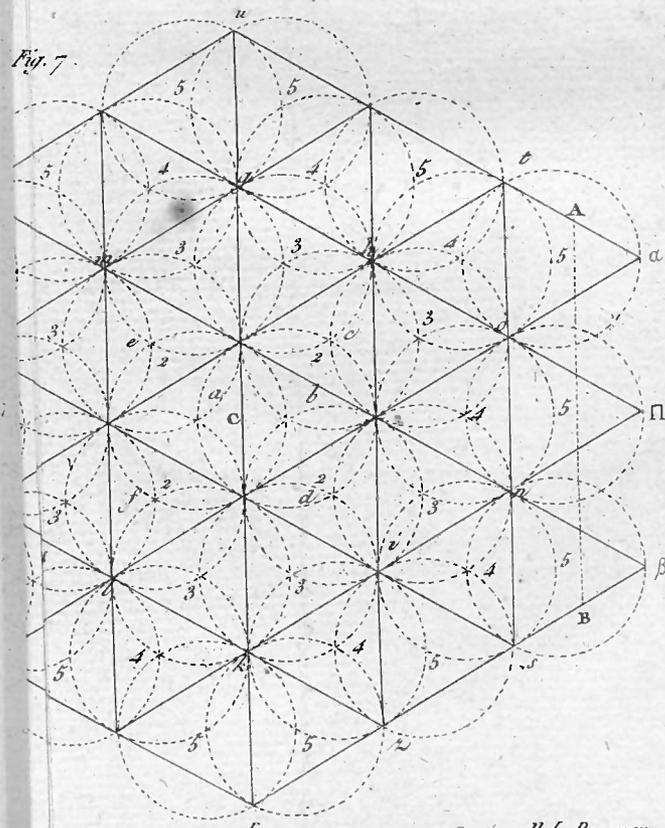


Fig. 7.



Octobre. 1810

Gravé par N. L. Rousselle,  
Rue du Four 8<sup>e</sup> 5<sup>e</sup> 11<sup>e</sup> 39.

THEORIE DE LA CRISTALLISATION.

Fig. 1.

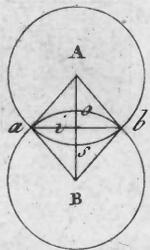


Fig. 3.

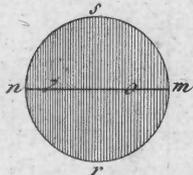


Fig. 2.

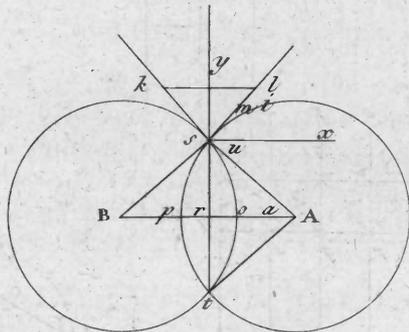


Fig. 4.

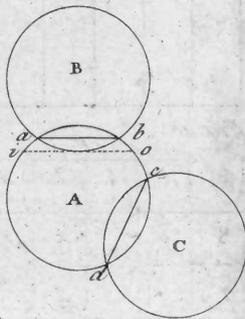


Fig. 5.

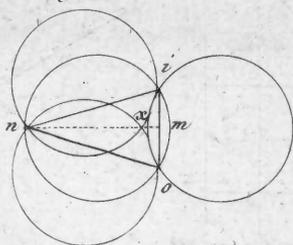


Fig. 6.

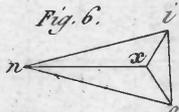


Fig. 9.

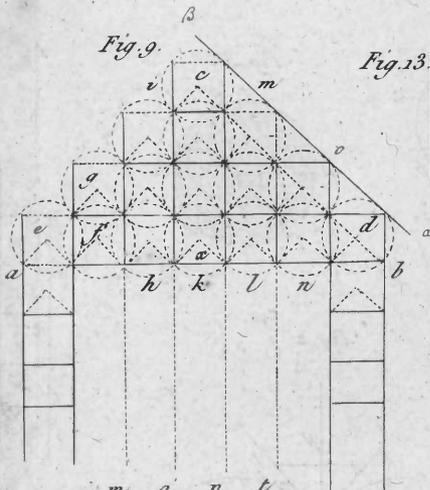


Fig. 13.

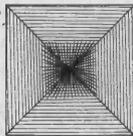


Fig. 12.

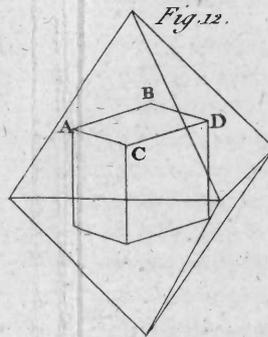


Fig. 11.

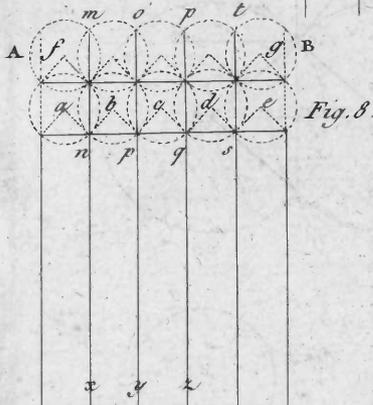
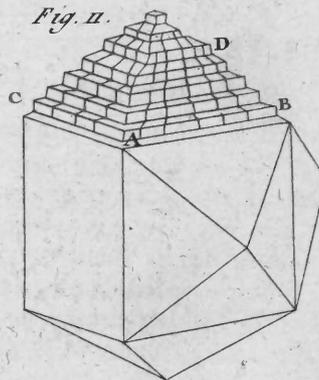


Fig. 8.

Fig. 10.

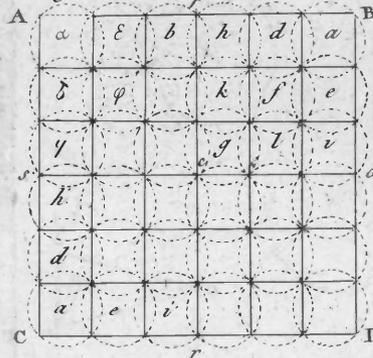


Fig. 7.

