

5°. Voyage par la Vestrogothie et Bohus-laen; description de Skara et voyage à Goetebourg; navigation dans la mer du Nord; voyage à Trollhaeta, et description des cata-ractes du canal et des écluses; voyage par Udevalla et Quistrum à Swinesund.

6°. Voyage de Swinesund à Christiania. Voyage des frontières de la Norwège jusqu'à Mos. Différence entre la nature de la Suède et de la Norwège, et de la manière de voyager dans ces deux pays. Mine de fer de Mos. Coup-d'œil sur la vallée de Christiania; changement de formation des couches.

7°. Voyage de Christiania à Kongsberg. Différentes couches de schiste alumineux, de porphyre, de pierre calcaire dans les environs de Christiania. Mine d'alun près d'Opsolo. Marbre et granite du Paradiesberg. Arrivée à Kongsberg.

JOURNAL GÉNÉRAL DE LITTÉRATURE ÉTRANGÈRE,  
juin 1811.

---

## JOURNAL DES MINES.

---

N°. 183. MARS 1812.

---

### AVERTISSEMENT.

Toutes les personnes qui ont participé jusqu'à présent, ou qui voudraient participer par la suite, au *Journal des Mines*, soit par leur correspondance, soit par l'envoi de Mémoires et Ouvrages relatifs à la Minéralogie et aux diverses Sciences qui se rapportent à l'Art des Mines et qui tendent à son perfectionnement, sont invitées à faire parvenir leurs Lettres et Mémoires, sous le couvert de M. le Comte LAUMOND, Conseiller d'Etat, Directeur-général des Mines, à M. GILLET-LAUMONT, Inspecteur-général des Mines. Cet Inspecteur est particulièrement chargé, avec M. TREMERY, Ingénieur des Mines, du travail à présenter à M. le Directeur-général, sur le choix des Mémoires, soit scientifiques, soit administratifs, qui doivent entrer dans la composition du *Journal des Mines*; et sur tout ce qui concerne la publication de cet Ouvrage.

---

### OBSERVATIONS

*Sur la simplicité des lois auxquelles est soumise  
la structure des Cristaux.*

Par M. H A Ü Y.

LES observations que je vais exposer dans ce Mémoire m'ont été suggérées par la lecture de l'important ouvrage que M. de Bournon a publié sous le titre de *Traité complet de la Chaux carbonatée et de l'Arragonite* (1), et dans le-

---

(1) Londres, 1808.

quel j'ai admiré l'étendue des connaissances que ce savant célèbre y a développées. Ayant fixé particulièrement mon attention sur les articles qui concernent la cristallographie, j'ai senti tout ce que cette belle science avait gagné entre les mains d'un observateur aussi éclairé que laborieux, dont les recherches l'ont enrichie d'une foule de modifications jusqu'alors ignorées. En étudiant les descriptions de ces modifications et des autres que l'on connaissait déjà, j'ai vu que les lois de structure dont il les fait dépendre reviennent à celles qui dérivent de ma théorie, et qu'elles sont seulement présentées sous une forme différente. Mais je ne puis dissimuler que parmi celles de ces mêmes lois qui se rapportent à des variétés inédites, plusieurs n'aient excité ma surprise, par la complication des rapports qui en expriment la mesure, surtout lorsque j'ai essayé de traduire ces rapports en ceux qui, dans ma théorie, servent à composer les signes que j'appelle *représentatifs*. Après tout, s'il était bien démontré que ces rapports fussent les véritables, il faudrait convenir que la cristallisation, en élaborant certaines variétés, a dépassé de beaucoup les limites entre lesquelles il semblait qu'elle fût resserrée, d'après les observations faites jusqu'alors, et nous en concluons que nous devons ici, comme partout ailleurs, prendre la nature telle qu'elle est, et plier nos théories aux résultats de son travail, loin de prétendre altérer ces mêmes résultats, pour les rendre dépendans de nos théories.

Occupé de ces réflexions, je me suis aperçu que j'avais déjà déterminé quelques-unes des

variétés dont je viens de parler ; mais j'en avais gardé les déterminations, pour les publier dans la suite avec celles qui se rapportent à diverses formes que je ne trouve décrites nulle part. Or, les signes représentatifs auxquels j'étais parvenu n'offraient rien d'extraordinaire, et qui fût contraster ces variétés avec les autres dont j'avais donné des descriptions adoptées par M. de Bournon lui-même. J'ai cherché alors à quoi tenait la différence entre les déterminations, et ce sont les résultats de cette recherche que je me propose de développer ici, comme pouvant être de quelque intérêt pour la perfection d'une science qui a elle-même une si grande influence sur celle de la minéralogie.

Les applications qui ont été faites jusqu'ici de la théorie des lois de la structure aux produits de la cristallisation, indiquent qu'en général les formes qui se rencontrent le plus communément dans la nature, sont celles qui dépendent des décroissemens les plus simples ; et pour nous borner à la chaux carbonatée, on sait que les variétés de ce minéral les plus ordinaires sont les rhomboïdes qui portent les noms d'*équiaxe*, d'*inverse*, de *contrastant*, le dodécaèdre *métastatique*, le prisme hexaèdre régulier, toutes formes données par des décroissemens sur les bords ou sur les angles, qui n'excèdent pas trois rangées (1).

(1) Je ne prétends pas que ces formes existent toujours isolément ; ce sont le plus souvent leurs combinaisons, soit entre elles, soit avec d'autres formes dues à des lois plus composées, qui se montrent dans une multitude de cristaux, ce qui revient au même.

Mais la cristallisation est une opération si féconde en résultats divers, que l'on devait bien s'attendre qu'à mesure que les découvertes se multiplieraient en ce genre, elles offriraient des formes soumises à des lois qui s'écarteraient plus ou moins de la simplicité de celles dont je viens de parler, et c'est ce qui a lieu surtout à l'égard des variétés qui dépendent des décroissemens que j'ai nommés *intermédiaires*. Ici la cristallisation emploie les molécules intégrantes comme par groupes, en sorte que ces groupes peuvent être considérés comme des molécules soustractives composées, dont la retraite, par une ou plusieurs rangées, s'assimile à celle que subissent les molécules simples, dans les formes ordinaires (1).

(1) M. de Bournon entre dans de longs détails (tom. 2, p. 1 et suiv., et *ibid.*, p. 385 et suiv.), sur les sous-divisions que subissent certains rhomboïdes de chaux carbonatée, suivant divers plans, et dont j'ai parlé (*Tableau comparatif*, etc., p. 126), en même tems que j'ai indiqué la cause à laquelle je les attribue, et que je me propose de développer dans une autre occasion. Je me contenterai aujourd'hui de remarquer qu'il y a ici quelque chose qui paraît avoir échappé à M. de Bournon. Je fais abstraction des sous-divisions qui passent par les trois grandes diagonales des faces contiguës à chaque sommet, perpendiculairement à l'axe, ainsi que de celles qui ont lieu dans le sens des petites diagonales, parallèlement à l'axe. Je veux seulement parler de celles qui passent par les grandes diagonales de deux faces opposées. M. de Bournon n'indique qu'une seule de ces dernières divisions, qui, selon lui, partage constamment le rhomboïde en deux prismes triangulaires obliques. La vérité est qu'il existe une multitude de rhomboïdes qui offrent des indices de sous-divisions dirigées suivant trois plans, qui passent par les six grandes diagonales opposées

On ne peut cependant se dissimuler que certaines lois de ce genre, ne présentent, surtout dans les dodécaèdres à triangles scalènes originaires de la chaux carbonatée, une complication qui semblerait faire perdre à la théorie une partie du mérite qu'elle avait emprunté de ses premiers résultats. J'ai trouvé, par exemple, un de ces dodécaèdres (1), dont le signe rapporté au noyau (*fig. 1, pl. II*), est ( $\frac{2}{3} B^7 D^5 B^1$ ), c'est-à-dire que les molécules soustractives sont composées chacune de cinq molécules simples, et que le décroissement qui produit le dodécaèdre, se fait par sept rangées en largeur, de ces molécules, sur cinq rangées en hauteur. La suite nous offrira des signes représentatifs encore plus chargés que le précédent.

deux à deux, en sorte qu'elles ont lieu symétriquement, ainsi que paraît l'exiger la forme rhomboïdale, où les six faces étant toutes dans le même cas, doivent être soumises aux mêmes conditions. Je citerai de préférence des rhomboïdes calcaires d'Arendal en Norwège, où l'éclat des trois joints dont il s'agit les fait apercevoir du premier coup-d'œil. Mais assez souvent, ces joints que j'appelle *surnuméraires* dérogent à la symétrie, en ce qu'ils ne sont pas tous également nets. Quelquefois on n'en distingue que deux, et il y a des rhomboïdes qui n'en présentent qu'un seul. Dans d'autres où ils existent tous, ils sont si peu sensibles que pour les saisir il faut les éclairer fortement. Tantôt ils sont continus, et tantôt ils ne se montrent que par intervalles, comme s'ils étaient produits par de petites portions de lames disséminées dans l'intérieur du rhomboïde. Toutes ces variations favorisent l'opinion que j'ai adoptée, en les regardant comme de simples accidens.

(1) Ce dodécaèdre fait partie de la variété appelée *synlactique*, dont je donnerai bientôt la description.



Mais ce qui est très-remarquable, c'est que jusqu'ici toutes ces variétés en apparence si singulières, soient susceptibles d'être considérées sous un autre point de vue, qui les ramène à l'analogie des formes produites par des lois simples, et remet la nature d'accord avec elle-même.

J'ai prouvé (1) que si l'on fait passer par les arêtes latérales *de*, *ef*, *fg* (*fig. 2*) d'un dodécaèdre *op* du genre de ceux dont il s'agit, des plans *def*, *efg*, *fgh*, etc., auquel cas ces plans que je ne considère que comme géométriques, intercepteront un rhomboïde (2), celui-ci sera toujours une des formes secondaires possibles du véritable noyau, et que de plus le dodécaèdre pourrait en dériver, à l'aide d'une loi de décroissement sur les bords analogues à *D*, *D* (*fig. 1*). J'appelle *noyaux hypothétiques* les rhomboïdes qui font la même fonction que celui dont je viens de parler.

Or, jusqu'à présent, les lois d'où dérivent, soit le noyau hypothétique rapporté au véritable, soit le dodécaèdre regardé comme forme secondaire du noyau hypothétique, sont toujours renfermées dans les limites des lois ordinaires. On pourra en juger par les exemples suivans.

Un des dodécaèdres dont il s'agit a pour signe ( $\frac{1}{2} E^{\frac{1}{2}} D^3 B^1$ ). Celui de son noyau hypothétique est *e*, c'est-à-dire, que ce noyau est

(1) *Traité de Minéral.*, tom. II, p. 15 et suiv.

(2) La figure représente ce rhomboïde engagé dans le dodécaèdre.

semblable au véritable (1), et celui du dodécaèdre rapporté au noyau hypothétique est  $\overset{3}{D}$  (2).

Le signe d'un second dodécaèdre est ( $E^1 D^2 B^1$ ); celui de son noyau hypothétique est *E*, c'est-à-dire que ce noyau est semblable au rhomboïde inverse, et celui du dodécaèdre originaire du noyau hypothétique est  $\overset{5}{D}$  (3).

Un troisième dodécaèdre a pour signe ( $e^{\frac{1}{3}} D^5 D^1 . D^1 D^5$ ); celui de son noyau hypothétique est *e*, c'est-à-dire que ce noyau est semblable au rhomboïde contrastant, et celui du dodécaèdre qui dérive de ce dernier est  $\overset{5}{D}$  (4). Je citerai plus bas d'autres exemples du même genre.

Ainsi, il y a cette différence entre les décroissemens ordinaires et ceux que j'appelle *intermédiaires*, que les premiers sont simples par eux-mêmes, au lieu que les autres étant compliqués, lorsqu'on les considère immédiatement, se résolvent en deux décroissemens ordinaires, dont l'un fait dépendre le noyau

(1) *Traité*, tom. I, p. 355.

(2) Ce dodécaèdre est une sorte de reproduction du métastatique, que j'ai prouvé être susceptible de dériver aussi de la loi intermédiaire dont il s'agit (*Traité*, tom. II, p. 35). J'ai un cristal dans lequel ce second résultat se trouve réalisé.

(3) Ce résultat a lieu dans la variété paradoxale (*Traité*, tom. II, p. 154).

(4) Les faces du dodécaèdre dont il s'agit sont comprises parmi celles d'une variété nommée *euthétique*, que j'ai décrite, *Journ. des Mines*, tome XXV, n°. 145, p. 5 et suiv.

hypothétique du véritable, et l'autre établit la relation entre la forme proposée et le noyau hypothétique. Cette subordination conserve à la théorie toute sa simplicité, et le résultat de la division mécanique qui a toujours lieu avec la même netteté, parallèlement aux faces du véritable noyau, garantit l'unité d'espèce.

C'est d'après ces considérations et d'autres encore dont je parlerai dans la suite, que je vais essayer de soumettre à l'examen quelques-unes des déterminations obtenues par M. de Bournon. Je commencerai par celles qui se rapportent à des dodécaèdres produits par des décroissemens intermédiaires. Mais il faut auparavant donner une idée de la manière dont ce savant représente ces décroissemens.

Soit *adsg* (*fig. 3*) la coupe principale du véritable noyau, et *kx*, *ky* deux arêtes analogues à *eo*, *ep* (*fig. 2*), dans un dodécaèdre produit en vertu d'un décroissement intermédiaire sur les angles *E* (*fig. 1*), de manière que le nombre d'arêtes de molécules soustraites le long de *D*, soit plus grand que celui d'arêtes soustraites le long de *B*. Du point *d* (*fig. 3*) je mène *dp* parallèle à *kx*, et je prolonge *ga* jusqu'à la rencontre *t* de *dp*. Ensuite du point *k* je mène *kh* parallèle à l'arête *ds*. Si l'on rapporte au plan *adsg* l'effet des décroissemens que subissent les lames de superposition, on pourra considérer les triangles *dat*, *dhk* comme deux triangles mesurateurs, dont l'un donnera la position de l'arête *kx* parallèle à *dp*, et l'autre la position de l'arête *ky*, et il est évident que ces deux triangles suffisent pour déterminer la forme du dodécaèdre.

Dans le premier triangle *dat*, relatif au décroissement qui donne la position de l'arête *kx*, *da* est à *at* comme le nombre de diagonales obliques de molécule soustraites dans le sens de la largeur, multiplié par la valeur de cette diagonale, est au nombre d'arêtes de molécule comprises dans le sens de la hauteur, multiplié par la valeur de cette arête; et dans le second triangle *dhk*, *dh* et *kh* sont entre elles comme les quantités qui correspondent aux précédentes, à l'égard du décroissement d'où naît l'arête *ky*. Je me borne à cette construction, parce qu'elle me suffira pour ce que j'aurai à dire dans la suite.

M. de Bournon donne aux variations que j'appelle *décroissemens* le nom de *reculemens* qui lui paraît leur convenir infiniment mieux (tom. 2, p. 206), et il se sert des rapports qui viennent d'être indiqués, pour représenter ces reculemens. Ceux qui ont pris connaissance de ma théorie savent que dans les calculs dont elle est l'objet, j'ai moi-même employé des triangles analogues aux précédens, mais seulement pour faciliter ces calculs, parce que selon ma manière de voir, les expressions des décroissemens doivent faire connaître les quantités réelles des soustractions de molécules qui ont lieu successivement sur les diverses lames de superposition, dans les parties soumises à ces décroissemens; lesquelles soustractions dépendent ici de deux élémens, savoir les dimensions du parallélépipède qui représente la molécule soustractive et le nombre de rangées dont chaque lame dépasse la suivante. Les indications employées par M. de Bournon pour les

décroissemens intermédiaires sont purement techniques, et ne donnent point une idée nette du progrès de la structure dans le passage du noyau à la forme secondaire (1).

Pour en venir à l'objet principal de ce Mémoire, je choisis d'abord la 55°. modification décrite par M. de Bournon (t. 2, p. 97), et qui est un dodécaèdre (*fig. 4*), composé de deux pyramides droites réunies base à base, et produit en vertu d'un décroissement intermédiaire sur les angles  $E, E$  (*fig. 1*) de la forme primitive. Mais d'après la manière adoptée par M. de Bournon, de considérer les reculemens comme générateurs des arêtes contiguës aux sommets, telles que  $d, d'$  (*fig. 4*), ceux dont il s'agit ici sont censés agir sur l'angle  $e$  (*fig. 1*), en sorte que d'une part le rapport de  $da$  à  $at$  (*fig. 3*) est celui de 5 diagonales à 3 arêtes, et que d'une autre part le rapport de  $dh$  à  $kh$  est celui de 11 diagonales à 17 arêtes. Le premier de ces rapports rentre dans les limites ordinaires; mais le second est d'une complication qui excède ces mêmes limites. Le signe représentatif ramené à ma méthode est  $(\frac{15}{22} E^{\frac{15}{22}} D^{11} B^3)$ ,

(1) Les nombres de molécules qui composent les différentes couches appliquées les unes sur les autres en partant du noyau, forment une série récurrente, dont la loi dépend de la mesure du décroissement d'où naît la forme secondaire. Cette loi étant connue, il est facile, à l'aide du calcul, de déterminer l'expression d'un terme quelconque, dont le rang est donné. Or le signe représentatif étant, pour ainsi dire, calqué sur la loi dont il s'agit, peut être regardé comme un tableau en raccourci tracé par la théorie elle-même, sur le modèle de la forme secondaire.

et si l'on adopte pour noyau hypothétique le prisme hexaèdre régulier (*fig. 5*) qui dépend du décroissement  $D A$ , en lui donnant une hau-

"<sup>1</sup><sub>0</sub>

teur égale à l'axe du rhomboïde primitif (1), le signe du dodécaèdre rapporté à ce noyau

<sup>6</sup><sub>3</sub>

sera  $B$ . L'incidence mutuelle de deux faces  $\xi, \xi$  (*fig. 4*) prises vers un même sommet est de  $122^{\text{d}} 20'$ , suivant M. de Bournon. Mais en faisant usage des données de ce savant, j'ai trouvé qu'elle devait être seulement de  $122^{\text{d}} 13' 6''$ , c'est-à-dire plus petite d'environ 7 minutes.

Je vais comparer ces résultats à ceux que m'ont offert des cristaux de ma collection relatifs à une variété représentée (*fig. 6*) que j'ai nommée *synallactique*, et dans laquelle les faces  $\xi, \xi$  étant prolongées jusqu'à s'entre-couper, termineraient un dodécaèdre très-voisin de celui dont je viens de parler, s'il n'est pas le même (2). On voit que cette variété n'est autre chose que l'analogique (3), dans laquelle les arêtes à la rencontre des faces  $r$ , qui appartiennent au métastatique, et des pans  $c$ , sont remplacées par autant de facettes. J'avais dé-

(1) La forme du noyau hypothétique n'est pas donnée ici complètement par la seule observation, comme dans le cas d'un dodécaèdre à triangles scalènes (*fig. 2*); mais la supposition que je fais relativement à la hauteur du prisme qui le représente est indiquée par la théorie.

(2) Ces cristaux m'ont été donnés comme venant de Norwège.

(3) *Traité*, t. II, p. 152 (*pl. XXVI*, *fig. 34*).



terminé depuis quelque tems cette variété, et j'avais trouvé que le signe relatif aux facettes  $\xi$  était ( $\sqrt[3]{E^7 D^5 B^1}$ ) ; que la loi qui faisait dériver ces facettes du noyau hypothétique (*fig. 5*)

était  $\frac{1}{2}B$ , et que l'incidence de  $\xi$  sur  $\xi$  (*fig. 6*) était de  $122^{\text{d}} 34' 44''$ , c'est-à-dire seulement de  $14' 44''$  plus forte que celle qui est indiquée par M. de Bournon. Mais si l'on fait à cette dernière la correction dont j'ai parlé, la différence réelle sera de  $21' 38''$ .

La divergence entre les deux déterminations est plus sensible, relativement à l'incidence respective de deux arêtes situées vers les deux sommets du dodécaèdre (*fig. 4*), telles que  $s, s'$ . Suivant M. de Bournon, cette incidence est de  $145^{\text{d}} 48'$ , ou en poussant l'approximation jusqu'aux secondes, de  $145^{\text{d}} 47' 40''$ , et selon ma théorie, elle n'est que de  $143^{\text{d}} 7' 48''$ , ce qui fait  $2^{\text{d}} 39' 52''$  de différence. M. de Bournon obtient ordinairement ces sortes d'incidences, en les concluant des angles que font les arêtes dont il s'agit avec des faces du noyau mises à découvert par la division mécanique. La méthode qu'a suivie ce savant, en se servant des angles dont il s'agit, pour prendre sur une échelle les mesures des lois de reculement dont ils dérivent, l'a conduit à adopter ces mêmes angles comme fondamentaux. Mais, selon ma manière de voir, les véritables données, auxquelles doivent être subordonnées les autres observations employées par voie de tâtonnement, sont les angles que font entre elles les faces naturelles du solide que l'on considère,

et cela d'autant plus que l'on a la facilité de faire concourir à la solution des problèmes les positions des mêmes faces par rapport à d'autres qui se combinent avec elles, comme ici celles de  $\xi$  à l'égard de  $c$ , de  $r$  et de  $g$ . Le calcul des incidences qui dérivent de ces positions offre des moyens de vérification qui indiquent la justesse des données d'où l'on est parti, ou servent à les rectifier.

On a pu voir que mes résultats, relativement au dodécaèdre qui vient de nous occuper, s'accordent parfaitement avec ce que j'ai dit plus haut de la simplicité des lois auxquelles l'intervention du noyau hypothétique ramène la conception des formes qui dépendent des décroissemens intermédiaires, au lieu que la détermination obtenue par M. de Bournon semble plutôt annoncer une exception à la marche ordinaire de la cristallisation.

Mais il y a mieux ; c'est que j'ai été conduit comme nécessairement à ces résultats par une considération sur laquelle je vais insister, parce qu'elle m'a été également très-utile pour la détermination de diverses autres formes. En examinant attentivement les facettes  $\xi, \xi$ , on juge que leurs intersections,  $s, s'$ , avec les faces du dodécaèdre métastatique et celles du prisme sont sensiblement parallèles, en sorte que le témoignage de l'œil suffit pour ne laisser aucun lieu de douter que le parallélisme ne soit rigoureux (1). Or ce parallélisme étant pris pour

(1) Il arrive souvent, dans ces sortes de cas, qu'une des facettes étant beaucoup plus étroite que les autres, par une suite de ces petits défauts de symétrie auxquels les cristaux

donnée, avec la condition que  $\xi$  soit également inclinée sur  $c$  et sur  $c'$ , la loi du décroissement d'où dépendent les facettes s'en suit nécessairement, ainsi qu'il me serait facile de le démontrer par le calcul. Mais dans l'hypothèse de M. de Bournon, les lignes  $s$ ,  $s'$  ne seraient plus parallèles, et il en résulte au moins que cette hypothèse est inadmissible, relativement à la variété que nous considérons ici.

Il est à remarquer que ces sortes de parallélismes sont familiers à la cristallisation, quoiqu'ils n'aient pas toujours lieu. Ainsi dans la variété que j'ai nommée *émoussée* (*Traité*, t. II, p. 154), les arêtes les plus saillantes du métastatique sont remplacées par des facettes  $f$ ,  $f'$  (*fig. 7*) dont les sections sur les faces  $r$ ,  $r'$ , sont exactement parallèles entre elles, d'où il suit que ces facettes appartiennent au rhomboïde inverse. Dans la variété paradoxale (*Traité, ibid.*), les bords inférieurs  $\epsilon$  (*fig. 8*) des faces  $f$  sont parallèles aux arêtes  $\zeta$  du rhomboïde hypothétique; il y a de même parallélisme entre les bords  $\varphi$ ,  $\lambda$  des faces  $r$ , en sorte qu'en combinant ces deux parallélismes avec les conditions que les faces  $f$ ,  $f'$  appartiennent au rhomboïde inverse, et les faces  $r$ ,  $r'$  au dodécaèdre métastatique, on en déduit immédiatement la loi intermédiaire qui donne le dodécaèdre  $x$ ,  $x$ . Quelquefois le parallélisme se répète sur des faces de différens ordres qui se succèdent, et il y a des formes où cette répé-

sont sujets, les bords analogues à ceux dont il s'agit, se trouvent si rapprochés, que s'ils n'étaient pas exactement parallèles, on s'apercevrait aisément de leur convergence.

tion est tellement dominante, que j'ai cru devoir désigner par le nom de *parallélique* les variétés qui présentent ces formes (1).

Ces sortes de considérations sont importantes dans l'application de la théorie, pour aider l'observateur à distinguer tout d'un coup la route qui doit le conduire à son but, et pour lui épargner l'embarras des tâtonnemens. Elles ont ainsi le double mérite de faciliter les résultats et d'en garantir la justesse.

Je regarde donc comme démontrée l'existence de la loi intermédiaire d'où dépendent les facettes  $\xi$ ,  $\xi$  (*fig. 6*) de la variété synallactique. On a lieu de présumer que la 55<sup>e</sup>. modification de M. de Bournon est due à la même loi. Si cela n'était pas, il faudra dire que la cristallisation qui s'est conformée à sa simplicité ordinaire, dans la variété que j'ai déterminée, y a dérogé, dans les cristaux observés par M. de Bournon, en la touchant néanmoins de très-près, pour arriver à une complication dont jusqu'ici je ne connais aucun exemple.

Le résultat qui va suivre est tiré de la 45<sup>e</sup>. modification décrite par le même savant (tom. 2, p. 83), et qui se rapporte à un dodécaèdre dont les faces sont des triangles scalènes, semblable à celui que l'ont voit *fig. 2*. Selon M. de Bournon, le reculement qui donne les arêtes les plus saillantes, telles que  $oe$ , tournées vers les faces du noyau, dépend du rapport de 13 diagonales

(1) La variété de fer sulfuré que j'ai décrite (*Tableau comparatif*, etc., p. 96 et 97), en fournit un exemple remarquable.



à 4 arêtes (1), entre *da* et *at* (*fig. 3*), et celui qui donne les arêtes les moins saillantes, telles que *pe* (*fig. 2*), tournées vers les arêtes du noyau, dépend du rapport de 17 diagonales à 33 arêtes, entre *dh* et *hk* (*fig. 3*). D'après les indications du même savant, l'incidence de *b* sur *b* (*fig. 2*) est de 106<sup>d</sup> 20' (je l'ai trouvée de 106<sup>d</sup> 20' 54"); celle de *b* sur *b'* est de 145<sup>d</sup> 40' (et suivant mes calculs, de 145<sup>d</sup> 42' 58").

La forme très-composée des rapports que je viens de citer m'annonçait d'avance celle des signes adaptés à ma méthode; j'ai trouvé que celui du décroissement intermédiaire est

$$\left( \frac{208}{13617} E^{\frac{208}{13617}} D^{153} B^{89} \right);$$

que la loi qui fait dépendre le noyau rhomboïdal hypothétique du véritable a pour expression  $e$ , et que celle qui donne le dodécaèdre rapporté au noyau hypothétique est  $D$ .

Ces signes dont l'œil est en quelque sorte effrayé, et qui semblent représenter des écarts plutôt que des lois, rendent par cela seul très-douteuse l'exactitude des résultats qui les ont amenés. Mais au moyen d'une légère correction faite aux données du problème, ces signes rentrent dans l'analogie de ceux qui se rapportent aux autres formes.

D'après mes recherches, celui du décroisse-

(1) Le texte de M. de Bournon indique le rapport de 15 à 4; mais il y a visiblement ici une faute d'impression, puisqu'il faut substituer 13 à 15 pour arriver aux mesures d'angles trouvées par ce savant.

ment

ment intermédiaire est ( $\frac{7}{13} E^{\frac{7}{13}} D^5 B^5$ ); celui du décroissement à l'aide duquel le noyau hypo-

thétique serait produit est  $e$ , et celui du décroissement qui a lieu pour le dodécaèdre rap-

porté au noyau hypothétique est  $D$ . Le rhomboïde qui fait la fonction du noyau hypothétique existe dans certaines variétés de chaux carbonatée, et M. de Bournon en a fait sa septième modification (1). La grande simplicité des lois relatives à ce noyau hypothétique et au dodécaèdre qui en dépend justifie pleinement l'adoption du signe représentatif, dans lequel la loi du décroissement intermédiaire est exprimée par la fraction  $\frac{7}{13}$ . L'incidence de *b* sur *b'* est de 145<sup>d</sup> 34' 12", c'est-à-dire de 8' 46" plus petite que dans l'hypothèse de M. de Bournon, et celle de *b* sur *b* est de 107<sup>d</sup> 24' 48", c'est-à-dire plus forte de 1<sup>d</sup> 3' 54". L'angle que font entre elles les arêtes *eo*, *ep*, qui est de 123<sup>d</sup> 30' 23" dans l'hypothèse de M. de Bournon, se trouve ici de 121<sup>d</sup> 25' 46"; différence, 2<sup>d</sup> 4' 37".

L'examen d'une variété citée par M. de Bournon (2), et dont la précédente fait partie, va me servir à motiver l'existence des lois dont je viens

(1) Ce savant indique pour la modification dont il s'agit une loi de reculement par trois diagonales en largeur sur deux lames de hauteur aux angles obtus du sommet, lequel détermine la position des arêtes supérieures du rhomboïde secondaire. Mais dans ma théorie où la production des faces est l'effet principal auquel tout le reste se rapporte, le décroissement qui équivaut à la loi précédente a lieu par trois rangées en hauteur sur l'angle  $e$  (*fig. 1*) de la forme primitive.

(2) Tom. 2, p. 84, pl. 38, *fig. 561*.

Volume 31.

M

de parler. La figure 9 représente cette variété dont j'ai moi-même un cristal d'une forme très-prononcée, qui vient d'Angleterre, en sorte qu'on ne peut douter qu'il n'ait la même origine que ceux qui ont été observés par M. de Bournon. Sa forme résulte d'une combinaison des faces  $b, b$  du dodécaèdre qui vient de nous occuper, avec les faces  $r, r$  du métastatique, et les pans  $c, c'$  du prisme hexaèdre régulier, d'où l'on voit qu'elle ne diffère de celle de la variété émoussée (fig. 7) qu'en ce que dans cette dernière les arêtes les plus saillantes du métastatique sont remplacées chacune par une seule facette, au lieu qu'ici elles le sont par un double biseau. Les bords  $n, v$  (fig. 9) des facettes qui forment ce biseau sont très-sensiblement parallèles entre eux. Or, les facettes dont il s'agit étant les analogues de celles qui sont réunies par l'arête  $of$  (fig. 2), il est nécessaire que cette arête ait la même inclinaison que l'arête saillante du métastatique qui répond à  $v$  (fig. 9), sans quoi le parallélisme n'aurait pas lieu. Mais l'angle que fait cette dernière avec le plan vertical  $c$  est de  $153^{\circ} 26' 6''$ , et d'après la théorie de M. de Bournon, l'angle que forme l'arête  $of$  avec le même plan est de  $154^{\circ} 28' 13''$ , ce qui fait  $1^{\circ} 2' 7''$  de différence en plus. Au contraire, le calcul démontre que, dans la forme qui résulte des lois exposées plus haut, les deux incidences étant parfaitement égales, le parallélisme est rigoureux. Maintenant, j'observe que M. de Bournon a décrit une autre variété (1) dans laquelle les faces  $f$  (fig. 7) du

(1) Tom. 2, p. 84, et pl. 39, fig. 569.

rhomboïde inverse, qui se montrent quelquefois seules, comme ici, à la place des arêtes les plus saillantes du dodécaèdre métastatique, sont situées entre les facettes  $b, b'$  (fig. 9), et dans ce cas le parallélisme, sans cesser d'exister relativement aux bords de ces dernières facettes, se répète sur ceux des premières, ce qui est entièrement conforme à l'analogie d'une multitude de variétés, où comme je l'ai déjà dit, on voit des successions de facettes, dont les bords sont alignés parallèlement les uns aux autres.

J'ai donné à la variété que représente cette figure 9, le nom de *chaux carbonatée identique*, parce que les lois de décroissement à l'aide desquelles le véritable noyau produit les faces  $c, r$  étant  $e, D$ , on a les mêmes lois pour les faces  $c, b$  rapportées au noyau hypothétique.

Avant de terminer ce qui regarde cette variété, je remarquerai que le rhomboïde  $e$ , qui y fait la fonction de noyau hypothétique, et qui reparait comme forme secondaire, dans la 7<sup>e</sup>. modification de M. de Bournon (1), a les mêmes rapports avec celui de la 10<sup>e</sup>. modification décrite par ce savant (2), et qui a pour signe  $e$ , que ceux qui existent entre le rhoin-

(1) Tome 2, p. 15.

(2) *Ibid.*, p. 19. Le rapport entre les demi-diagonales  $g', p'$  des faces de ce dernier est celui de  $\sqrt{12}$  à  $\sqrt{20}$ . Dans le

rhomboïde  $e$ , on a  $\sqrt{75}$  à  $\sqrt{41}$  pour le rapport qui correspond au précédent. Il en résulte que le rapport entre le rayon et

boïde primitif et celui que j'ai nommé *inverse*, c'est-à-dire que les angles plans de l'un sont égaux à ceux que font entre elles les faces de l'autre, et réciproquement. La théorie démontre que cette inversion est étroitement liée à l'égalité des angles des deux coupes principales (1). M. de Bournon indique cette égalité à l'égard des deux rhomboïdes dont il s'agit (2). Il aurait pu encore, en comparant ses résultats, s'apercevoir de l'égalité qui a lieu entre les angles plans du rhomboïde  $e$  et ceux que font entre elles les faces du rhomboïde  $e$  (3). Mais l'éga-

le cosinus soit du petit angle plan du rhomboïde  $e$ , soit de

la plus petite incidence des faces du rhomboïde  $e$  est celui de 41 à 17; que le rapport entre le rayon et le cosinus des angles inverses des précédens est celui de 58 à 17; et que le rapport entre le sinus et le cosinus du petit angle de l'une et l'autre coupe principale est celui de 30 à 17, ce qui démontre rigoureusement l'existence de la propriété dont il s'agit. Voyez pour les formules qui conduisent à ces résultats le *Traité de Min.*, tom. I, p. 303 et suiv.

(1) Quoique plusieurs rhomboïdes originaires de la chaux carbonatée partagent les propriétés dont il s'agit, cela n'empêche pas que la dénomination d'*inverse* que j'ai appliquée à celui dont les angles plans sont de  $75^{\text{d}} 31' 20''$  et  $104^{\text{d}} 28' 40''$ , et qui paraît vague à M. de Bournon (t. 2, p. 31), ne lui convienne d'une manière spéciale, parce que la forme primitive est le terme de comparaison auquel se rapporte l'inversion qui le caractérise.

(2) Les angles des deux coupes sont, selon lui, de  $119^{\text{d}} 32'$  et  $60^{\text{d}} 28'$  (plus exactement de  $119^{\text{d}} 32' 20''$  et  $60^{\text{d}} 27' 40''$ ).

(3) Il donne  $107^{\text{d}} 3'$  et  $72^{\text{d}} 57'$  pour les premiers; et  $107^{\text{d}} 4'$  et  $72^{\text{d}} 56'$  pour les seconds. On trouve de part et d'autre, à l'aide d'un calcul rigoureux,  $107^{\text{d}} 2' 37''$  et  $72^{\text{d}} 57' 23''$ .

lité entre les angles qui sont les inverses des précédens a dû lui échapper, et je ne crois pas inutile d'en exposer ici la raison.

M. de Bournon indique  $115^{\text{d}} 42'$  pour la plus grande incidence des faces du rhomboïde  $e$ , et  $64^{\text{d}} 18'$  pour la plus petite; et à l'égard du rhomboïde  $e$ , il indique  $114^{\text{d}} 32'$  pour le grand angle de chaque rhombe, et  $65^{\text{d}} 28'$ , pour le petit angle, tandis que ces derniers angles devraient être égaux aux premiers, puisqu'il y a inversion. La diversité dont il s'agit tient à une inexactitude qui s'est glissée dans les calculs de M. de Bournon. Les mesures exactes des deux premiers angles, ainsi que celles des deux derniers, sont de  $114^{\text{d}} 29' 47''$  et  $65^{\text{d}} 30' 13''$ , ce qui fait une différence de  $1^{\text{d}} 12' 13''$ , avec les indications de M. de Bournon relatives aux deux premiers angles. A l'égard des deux derniers, la différence est simplement de  $2' 13''$  (1).

Je n'insisterais pas sur ce sujet, s'il n'en résultait deux conséquences qui ne me paraissent pas indifférentes; l'une est que l'emploi de la méthode analytique, qui démontre générale-

(1) Le développement des calculs dont il s'agit a été choisi par M. de Bournon, comme exemple des applications de sa méthode (t. II, p. 263 et suiv.). Ce savant a obtenu le rapport de 27,63 à 23,39 pour celui du rayon au sinus de la moitié du plus grand angle formé par les faces du rhom-

boïde  $e$ . La méthode analytique donne pour les mêmes lignes le rapport rigoureux de  $\sqrt{41}$  à  $\sqrt{29}$ , auquel répond à peu près celui de 27,63 à 23,24 qu'aurait dû trouver M. de Bournon.



ment la dépendance entre l'égalité des angles des coupes principales et l'inversion des deux autres espèces d'angles, aurait paré à l'inconvénient de mettre les résultats du calcul en contradiction avec la théorie. L'autre conséquence est que l'erreur d'environ  $1^{\text{d}} \frac{1}{4}$ , qui a été commise dans la détermination de la variété qui nous occupe, a dû occasionner, dans la vérification prise à l'aide du goniomètre, une différence équivalente, qui n'a pas été aperçue par M. de Bournon, quoique le genre de mesure auquel elle se rapporte soit, comme je l'ai déjà remarqué, le plus susceptible d'exactitude, et que le savant observateur ait un cristal appartenant à la même modification, qu'il dit être très-parfait (t. 2, p. 16, var. 55). C'est un motif de plus pour n'être pas arrêté par d'autres différences à peu près égales et souvent beaucoup plus petites, entre les angles auxquels conduisent les lois très-complicées admises par M. de Bournon, et ceux que leur substituent les lois très-simples qui se présentent à côté des premières.

Ce qui précède offre une nouvelle preuve, qu'il existe un art de manier la théorie, en profitant de ces indications heureuses qu'offre le sujet considéré sous toutes ses faces, et qui sont comme le fil destiné pour nous diriger, de manière à éviter les fausses routes dans lesquelles nous pourrions nous engager, sans ce secours. L'observation même la mieux faite ne donnant jamais que des à peu près, nous avons besoin d'être éclairés par des considérations puisées dans la chose elle-même, pour saisir la limite à laquelle répondent à la fois et la pré-

cision du calcul et l'expression fidèle des lois de la nature.

Je vais citer encore un exemple des avantages que l'on peut retirer de ces considérations, pour faciliter et, si j'ose ainsi parler, pour régulariser les applications de la théorie. Il existe une variété de chaux carbonatée (fig. 10) que j'ai nommée *soustractive* (1), et qui résulte de la combinaison des faces  $r, r$  du dodécaèdre *métastatique*, des pans  $c, c'$  du prisme hexaèdre, et des faces  $t, t'$  d'un second dodécaèdre à triangles scalènes. Je suppose que l'on connaisse tout le reste, excepté la loi de décroissement qui produit ce dernier dodécaèdre. L'incidence des arêtes  $\gamma, \gamma'$  sur les pans  $c, c'$  étant la même que celle des bords supérieurs du noyau sur des plans verticaux, j'en conclus que le décroissement dont il s'agit a lieu parallèlement à ces mêmes bords, c'est-à-dire en sens contraire du décroissement relatif aux faces  $r, r$ , qui naît sur les bords inférieurs. J'observe ensuite que les intersections des faces  $t, t'$  avec les faces  $r, r$  sont sensiblement sur un même plan perpendiculaire à l'axe du cristal (2). Or, l'analyse m'avertit que dans toutes les combinaisons de ce genre, le nombre de rangées soustraites sur les bords inférieurs est moindre d'une unité que celui de rangées soustraites sur les

(1) *Traité*, t. II, p. 153.

(2) Il peut arriver que quelqu'une des faces  $t, t'$ , ayant pris plus d'accroissement que ses analogues, son intersection avec la face  $r$  correspondante soit sur un plan différent de celui auquel répondent les autres; mais, dans ce cas, elle est sur un plan parallèle au précédent.

bords supérieurs, d'où il suit que l'un étant égal à 2, le second sera égal à 3. Cherchant donc, d'après cette donnée, les incidences mutuelles des faces  $t$ ,  $t'$ , je trouve, ainsi que je m'y attendais, qu'elles sont exactement les mêmes que celles auxquelles conduisent les mesures du gonyomètre.

Les formes qui m'ont servi précédemment de termes de comparaison entre les résultats de M. de Bournon et ceux que j'ai cru pouvoir leur substituer appartenaient à des cristaux que j'avais observés par moi-même. Je vais maintenant examiner une de celles qui me sont inconnues, et proposer les motifs qui me font présumer une correction à faire dans la détermination que le même savant en a donnée. Elle constitue sa 44<sup>e</sup>. modification (tom. 2, p. 82), et se rapporte de même à un dodécaèdre (*fig. 11*) dont les faces sont des triangles scalènes, et qui tourne ses arêtes les plus saillantes vers les rhombes du noyau. Le reculement qui fait naître les arêtes les plus saillantes dépend du rapport de 15 diagonales à 4 arêtes, entre  $da$  et  $at$  (*fig. 3*), et celui qui fait naître les moins saillantes dépend du rapport de 7 diagonales à 15 arêtes, entre  $dh$  et  $hk$ . L'incidence de  $a$  sur  $a$  (*fig. 11*) est, d'après mes calculs, de  $113^{\text{d}} 46' 18''$  (le texte de M. de Bournon porte  $112^{\text{d}} 44'$ ), et celle de  $a$  sur  $a'$  est de  $140^{\text{d}} 45' 6''$  (M. de Bournon indique  $140^{\text{d}} 42'$ ). Le signe du décroissement intermédiaire relatif au véritable noyau serait ( $\frac{8}{231} E^{\frac{8}{231}} D^{77} B^{45}$ ). Le noyau hypothétique serait un rhomboïde obtus dans lequel l'angle plan du sommet aurait pour mesure  $113^{\text{d}} 35' 14''$ ; la

loi qui ferait dépendre ce rhomboïde du véritable noyau aurait pour signe  $e$ , et celle qui produirait le dodécaèdre rapporté au noyau hypothétique serait  $D$ .

En considérant attentivement ces résultats si éloignés de la simplicité des lois ordinaires, j'ai remarqué que le noyau hypothétique était très-voisin du rhomboïde équiaxe, dont l'angle plan au sommet est de  $114^{\text{d}} 18' 57''$ , puisque la diffé-

rence n'est que  $43' 43''$ . De plus, le signe  $D$  qui indique la loi d'où dépend le dodécaèdre, en partant du noyau hypothétique, diffère très-

peu de  $\bar{D}$  ou  $\bar{D}$ . Ainsi, en substituant l'équiaxe au rhomboïde de  $113^{\text{d}} 35' 14''$ , et le second signe au premier, on avait pour noyau hypothétique un rhomboïde familier à la cristallisation, qui dérive du véritable noyau par la plus simple de toutes les lois, et celle qui faisait dépendre le dodécaèdre de ce même noyau hypothétique n'offrait rien qui ne fût dans l'analogie des lois déjà connues. Ayant fait les deux substitutions que je viens d'indiquer, j'ai trouvé pour le signe représentatif du décroissement intermédiaire ( $\frac{8}{15} E^{\frac{8}{15}} D^5 B^5$ ), qui ne diffère de celui qui se rapporte à la 45<sup>e</sup>. modification, que par l'addition d'une unité dans le numérateur de la fraction qui accompagne la lettre  $E$ . J'ai trouvé pour l'incidence de  $a$  sur  $a$   $114^{\text{d}} 43' 10''$ , c'est-à-dire  $56' 52''$  de plus que dans le résultat rectifié de M. de Bournon, et pour l'incidence de  $a$  sur  $a'$   $140^{\text{d}} 35' 58''$ , c'est-à-dire seulement

9' 8" de moins. L'angle formé par les arêtes  $\lambda$ ,  $\mu$  du dodécaèdre est, suivant M. de Bournon, de  $118^{\text{d}} 13'$ , et, d'après mes calculs, de  $118^{\text{d}} 12' 29''$ ; l'angle analogue sur le dodécaèdre que j'ai pris pour terme de comparaison est de  $116^{\text{d}} 33' 54''$ , ce qui donne pour différence  $1^{\text{d}} 38' 35''$ . Si la forme de ce dernier dodécaèdre n'est pas exactement celle des cristaux que M. de Bournon a eus entre les mains, il faut avouer que la grande ressemblance entre l'une et l'autre est faite pour produire une de ces illusions dont il est bien difficile de se défendre.

Ce que je vais ajouter tendrait à fortifier encore cette illusion. Dans plusieurs des variétés décrites par M. de Bournon, comme subordonnées au dodécaèdre dont il s'agit, les sommets sont remplacés par des facettes qui appartiennent au rhomboïde équiaxe, ce qui serait analogue à ce qu'on observe dans d'autres cristallisations du même genre, comme la paradoxale dont j'ai déjà parlé, où les faces du noyau hypothétique semblent, en se montrant, indiquer à l'œil la relation que la théorie nous découvre entre ce noyau et le dodécaèdre.

Je remarquerai de plus que dans une variété représentée *pl.* 37, *fig.* 547, de l'ouvrage de M. de Bournon, les arêtes les moins saillantes du dodécaèdre telles que  $\lambda$ ,  $\lambda$  (*fig.* 11) sont remplacées par des facettes que ce savant dit appartenir au rhomboïde inverse (1), ainsi qu'on le

(1) D'après le n°. 22 que portent ces facettes sur la figure, ce serait le rhomboïde mixte; mais il paraît qu'on doit s'en rapporter de préférence au texte (t. 2, p. 83), qui indique le rhomboïde du n°. 17, c'est-à-dire l'inverse; à moins que

voit (*fig.* 12). Mais les bords  $\varepsilon$ ,  $\varepsilon$  de ces facettes sont représentés comme étant parallèles, sur la figure donnée par M. de Bournon, au lieu qu'ils devraient diverger d'une quantité très-sensible à l'œil, qui d'après la détermination que j'ai proposée serait de  $17^{\text{d}} 36' 46''$ , et n'aurait sûrement pas échappé à celui qui a tracé la figure. Si l'on suppose au contraire le parallélisme rigoureux, en partant toujours du résultat auquel je suis parvenu pour le dodécaèdre, le rhomboïde dont il s'agit ne sera plus l'inverse. Il sera semblable à celui de la 16<sup>e</sup>. des modifications décrites par M. de Bournon, dans lequel l'angle plan au sommet est selon lui de  $81^{\text{d}} 19'$  (plus rigoureusement de  $81^{\text{d}} 20' 50''$ ) (1), et où le parallélisme qui n'aurait pas lieu sur le dodécaèdre provenant des reculemens qui ont servi de données à ce savant, offrira une nouvelle présomption fondée sur l'analogie, en faveur de la détermination à laquelle j'ai été conduit.

Je vais passer aux modifications rhomboïdales décrites par M. de Bournon, entre lesquelles j'en choisirai deux, pour discuter les lois dont ce savant naturaliste les fait dériver. L'une qui est la 9<sup>e</sup>. sur son tableau (2), et que l'on voit (*fig.* 13), dépend selon lui d'un reculement par seize rangées en largeur sur les angles  $e$  (*fig.* 1) du rhomboïde primitif. Quoi-

par une nouvelle inadvertance, ce n°. n'ait été indiqué au lieu du n°. 16, que l'on pourrait plutôt présumer être le véritable, comme on le verra dans l'instant.

(1) Le rapport entre les deux demi-diagonales  $g'$  et  $p'$  de ce rhomboïde est celui de  $\sqrt{48}$  à  $\sqrt{65}$ .

(2) C'est celle qu'il a décrite, tom. 2, p. 18.



que ce résultat excède sensiblement les limites dans lesquelles sont renfermées les lois relatives aux formes qui se présentent le plus communément, cependant comme il se trouve compris dans la série des décroissemens qui agissent parallèlement aux diagonales de la forme primitive, en sorte qu'il offre seulement un terme plus reculé de cette série, rien ne paraîtrait d'abord répugner à ce que la cristallisation eût atteint ce terme, par une marche que des circonstances particulières auraient accélérée. Mais en y réfléchissant, j'ai vu que la forme dont il s'agit dérogeait à une condition, qui se trouve toujours remplie dans les cristaux que j'ai observés jusqu'ici.

J'ai prouvé (*Traité*, t. I, p. 356) que la même forme de rhomboïde qui est possible en vertu d'un décroissement sur les angles inférieurs d'un autre rhomboïde faisant la fonction de noyau, en sorte que ses faces seraient tournées vers celles de ce noyau, l'est également par un décroissement qui agirait de manière que les faces produites s'inclinassent du côté opposé, en se tournant vers les arêtes du noyau, et j'ai donné des formules au moyen desquelles on peut passer d'un décroissement à l'autre. Par exemple, si l'on rapporte à l'angle  $e$  (*fig. 1*) le décroissement qui donne le rhomboïde inverse, auquel cas son signe sera  $e$ , et il est visible que ce décroissement donnera des faces qui se rejettent en sens contraire des faces primitives sur lesquelles le décroissement est censé avoir pris naissance, on aura  $e$  pour l'expression de la loi suscep-

tible de reproduire la forme du même rhomboïde, avec des faces qui se rejettent du même côté que les faces primitives sur lesquelles sont situés les points de départ du décroissement.

Or, j'ai trouvé jusqu'à présent que les deux lois avaient entre elles une corrélation analogue à celle que j'ai indiquée entre les lois intermédiaires qui donnent des dodécaèdres à triangles scalènes, par des décroissemens sur les angles du rhomboïde primitif, et les lois ordinaires qui en agissant sur les bords du noyau hypothétique, reproduisent ces mêmes dodécaèdres, c'est-à-dire que quand les premières offraient une complication qui semblait les rendre peu admissibles, lorsqu'on les considérait isolément, les secondes qui en étaient les équivalens leur servaient en quelque sorte de garans par leur simplicité.

Maintenant, la loi qui répond à  $e$ , en agissant du côté opposé, est représentée par  $e$ , expression bien éloignée de pouvoir servir à motiver l'adoption de la première. Mais il ne faut que supprimer une unité dans le dénominateur de la fraction qu'elle renferme, pour avoir le rhomboïde  $e$ , qui rentre dans les limites ordinaires (1); alors au lieu de  $e$ , pour le résultat correspondant, on aura  $e$ .

(1) Dans ce rhomboïde, le rapport entre les demi-diagonales  $g'$  et  $p'$  de chaque rhombe est celui de  $\sqrt{48}$  à  $\sqrt{41}$ , et dans le rhomboïde relatif à la détermination de M. de Bourneou le rapport correspondant est celui de  $\sqrt{588}$  à  $\sqrt{485}$ .

Or, j'ai dans ma collection des cristaux du Saint-Gothard, offrant une variété que j'ai nommée *hémitome*, et dont un est représenté

(fig. 14). Leur signe est  $D^{\frac{2}{3}} e^{\frac{2}{3}}$ , c'est-à-dire

qu'ils résultent de la combinaison des faces du dodécaèdre métastatique avec celles du rhomboïde dont je viens de parler et dont le signe est  $e^{\frac{2}{3}}$ . Celui qu'a décrit M. de Bournon se combine aussi avec la forme du métastatique, dans une variété citée par ce savant (*ibid.*), et que l'on voit dans son ouvrage (*pl. 5, fig. 68*). Mais ses faces y correspondent aux arêtes les moins saillantes du même dodécaèdre, comme cela doit être, au lieu que dans mes cristaux elles naissent aux endroits des arêtes les plus saillantes.

Comparons maintenant les angles des deux rhomboïdes, et voyons jusqu'à quel point ils diffèrent entre eux. Dans celui qui a pour signe  $e^{\frac{2}{3}}$ , les angles du rhombe sont rigoureusement de  $95^{\text{d}} 30' 30''$  et  $84^{\text{d}} 29' 30''$  (M. de Bournon indique  $95^{\text{d}} 28'$  et  $84^{\text{d}} 32'$ ). Dans l'autre rhomboïde ils sont de  $94^{\text{d}} 30' 40''$  et  $85^{\text{d}} 29' 20''$ ; la différence réelle est de  $59' 50''$ .

Dans le rhomboïde  $e^{\frac{16}{16}}$ , les angles de la coupe principale sont de  $98^{\text{d}} 12' 32''$  et  $81^{\text{d}} 47' 28''$  (M. de Bournon indique  $98^{\text{d}} 12'$  et  $81^{\text{d}} 48'$ );

et dans le rhomboïde  $e^{\frac{2}{3}}$  ils sont de  $96^{\text{d}} 39' 16''$  et  $83^{\text{d}} 20' 44''$ ; différence,  $1^{\text{d}} 33' 16''$ .

Enfin dans le rhomboïde  $e^{\frac{16}{16}}$ , les incidences

des faces sont de  $96^{\text{d}} 5' 43''$  et  $83^{\text{d}} 54' 17''$ , et

dans le rhomboïde  $e^{\frac{2}{3}}$ , elles sont de  $94^{\text{d}} 53' 49''$  et  $85^{\text{d}} 6' 11''$ ; différence,  $1^{\text{d}} 11' 54''$ .

Les angles que je viens d'assigner aux incidences des faces du rhomboïde  $e^{\frac{16}{16}}$  sont ceux auxquels je suis parvenu, en partant des données de M. de Bournon. Mais ce savant indique  $95^{\text{d}}$  et  $85^{\text{d}}$ ; valeurs qui sont les mêmes, à  $6' 11''$  près, que celles qui se rapportent au rhom-

boïde  $e^{\frac{2}{3}}$  (1). Si par une de ces inadvertances qui peuvent échapper dans une longue suite de calculs, M. de Bournon avait été conduit à prendre ces valeurs pour les véritables, la mesure immédiate des angles du cristal, en se trouvant d'accord avec ces mêmes valeurs, aurait confirmé, à l'insu de l'observateur, l'identité des deux formes que je viens de comparer, et cela d'autant plus que les angles dont il s'agit me paraissent être ceux qui se prêtent le mieux à l'opération du goniomètre. On aurait alors un nouvel exemple de ces doubles emplois d'une même forme, par deux lois différentes de décroissemens, que l'observation m'a appris être plus fréquens que je ne l'avais d'abord pensé. Mais si l'on considère d'ailleurs que la différence réelle entre les mêmes angles, qui n'est que d'un degré et quelques minutes, suppose, pour être saisie, des cris-

(1) Il ne paraît pas qu'il y ait ici une faute d'impression, puisque les deux nombres s'accordent entre eux, en indiquant des angles qui sont supplémens l'un de l'autre.

taux d'une forme très-parfaite, on ne pourra se dissimuler que, dans l'état actuel des choses, la loi dont M. de Bournon fait dépendre le rhomboïde qui appartient à sa 9<sup>e</sup>. modification, ne soit dans le cas de faire naître un soupçon qui aurait besoin d'être éclairci.

L'autre modification que je me suis proposé d'examiner, et que l'on voit (*fig. 15*), est la 20<sup>e</sup>. de celles qui ont été décrites par M. de Bournon (1). Elle dépend, selon lui, d'une loi

dont le signe est  $e$ , d'où il suit que ses faces sont tournées vers les arêtes du noyau. La loi qui correspond à la précédente, en vertu d'un décroissement qui produit des faces tournées

vers celles du noyau, a pour signe  $e$ . Si l'on substitue à cette dernière, celle qui est représentée par  $e$  ou  $e$ , et qui en est voisine, on

trouve pour l'autre  $e$ , dont l'exposant est un

renversement de celui de la loi  $e$ , relative à la variété cuboïde, ce qui fait disparaître la complication à laquelle on est conduit par les signes qui dérivent de la détermination proposée par M. de Bournon (2).

Voyons ce que nous donnera la comparaison des angles qui se rapportent aux deux formes.

(1) Voyez l'Ouvrage de ce savant, t. 2, p. 39.

(2) Le rapport entre les demi-diagonales  $g'$  et  $p'$  de chaque rhombe est celui de  $\sqrt{3}$  à  $\sqrt{10}$ , pour le rhomboïde  $e$ , et celui de  $\sqrt{192}$  à  $\sqrt{689}$  pour le rhomboïde  $e$ .

Dans

Dans le rhomboïde  $e$ , ceux de chaque rhombe sont de  $55^{\text{d}} 39' 29''$  et  $124^{\text{d}} 20' 31''$  (M. de Bournon indique, d'après un calcul moins pré-

cis,  $55^{\text{d}} 34'$  et  $124^{\text{d}} 26'$ ). Dans le rhomboïde  $e$ , les angles analogues sont de  $57^{\text{d}} 25' 16''$  et  $122^{\text{d}} 34' 44''$ ; différence,  $1^{\text{d}} 45' 47''$ .

Dans le rhomboïde  $e$ , les angles de la coupe principale sont de  $129^{\text{d}} 38' 10''$  et  $50^{\text{d}} 21' 50''$ , ce qui s'accorde sensiblement avec le résultat obtenu par M. de Bournon, qui lui a donné

$129^{\text{d}} 39'$  et  $50^{\text{d}} 21'$ . Dans le rhomboïde  $e$ , les angles qui répondent aux précédens sont de  $127^{\text{d}} 52' 30''$  et  $52^{\text{d}} 7' 30''$ ; différence,  $1^{\text{d}} 45' 40''$ .

Enfin, dans le rhomboïde  $e$ , l'incidence des faces  $\beta, \beta'$  (*fig. 16*) est de  $111^{\text{d}} 8' 28''$  et celle des faces  $\beta, \beta$  est de  $68^{\text{d}} 51' 32''$  (M. de Bournon indique  $111^{\text{d}} 10'$  et  $68^{\text{d}} 50'$ ); et dans le

rhomboïde  $e$ , les angles analogues sont de  $110^{\text{d}} 29' 14''$  et  $69^{\text{d}} 30' 46''$ ; différence,  $39' 14''$ . Je me dispenserai de répéter ici les remarques que j'ai déjà faites plusieurs fois, dans ce qui précède, sur les contrastes que présentent les signes relatifs aux lois de structure indiquées par M. de Bournon, avec ceux que je leur ai substitués, tandis que le passage des uns aux autres ne tient qu'à un léger changement dans les valeurs des quantités dont les premiers renferment les expressions (1).

(1) Nous ne pouvons savoir jusqu'à quel point la nature s'est écartée de la simplicité des décroissemens auxquels



Il suffit de comparer les deux méthodes, pour concevoir la raison de cette diversité, et même pour sentir qu'elle était inévitable. Celle de M. de Bournon consiste, ainsi que je l'ai déjà dit, à mesurer d'abord sur les cristaux qu'il se propose de déterminer certains angles qu'il prend pour fondamentaux, comme ceux qui sont formés par les arêtes de ces cristaux avec des coupes parallèles aux faces du rhomboïde primitif (1), et à rapporter ensuite ces angles sur un tableau qui représente une coupe de ce même rhomboïde, sous-divisée en petits quadrilatères, qui sont censés être les coupes analogues d'autant de molécules soustractives. Cet assortiment sert comme d'échelle pour me-

---

sont soumises les formes les plus ordinaires, parce que nous sommes loin de connaître tout ce qui existe. Quelque reculé que soit le terme qui a été prescrit à ses opérations par la volonté suprême du Créateur, tous les résultats déduits de nos observations deviendront admissibles, sous la condition essentielle qu'ils soient suffisamment motivés. Ce que je puis dire, c'est que parmi les diverses formes que j'ai déterminées jusqu'ici avec tout le soin possible, et dont le nombre s'étend beaucoup au-delà de ce qui en a été publié, aucune ne m'a conduit à une complication qui approche de celle que présentent les signes dérivés des lois de reculement admises par M. de Bournon.

(1) Les mesures de ce genre étant moins susceptibles de précision que celles qui se rapportent aux incidences multiples des faces d'un cristal, ce sont ces dernières, ainsi que je l'ai déjà remarqué, qui méritent la préférence, comme mesures vraiment fondamentales. J'en déduis les angles qui se prennent sur des arêtes, lorsque j'ai quelque raison de connaître ceux-ci, comme quand ils entrent dans la coupe principale d'un rhomboïde. Mais je me suis toujours abstenu de les employer, soit comme bases du calcul, soit comme moyens de vérification.

surer le rapport entre les nombres de rangées soustraites dans le sens de la largeur et dans celui de la hauteur. M. de Bournon conclut ensuite de ce même rapport, à l'aide de la trigonométrie rectiligne, les valeurs des angles de la forme proposée. Ainsi, tout se réduit à chercher les résultats qui dérivent de deux mesures, l'une mécanique et l'autre graphique. Cette méthode fondée sur une règle uniforme, peut être conçue en un instant, sans aucun effort. Aussi son célèbre auteur paraît-il l'avoir imaginée dans la vue de simplifier et de faciliter les applications de ma théorie (1). Mais j'avoue que j'ai toujours considéré celle-ci sous un point de vue très-différent, en la faisant dépendre d'une réunion de moyens combinés, dont le choix, dans chaque cas particulier, est suggéré par l'aspect géométrique sous lequel se présente la forme que l'on se propose de déterminer. C'est dans cet aspect que le cristallographe doit lire, en quelque sorte, les conditions du problème à résoudre. Telles sont, comme on l'a déjà vu, celles qui se tirent, soit de la considération des noyaux hypothétiques et de leur relation avec le véritable noyau et avec les formes secondaires, soit des différens caractères de symétrie que peuvent offrir les positions relatives des faces qui proviennent de diverses lois de décroissement (2). Tous ces

---

(1) Tome 2, pag. 223.

(2) Parmi ces caractères, j'attache une grande importance à celui qui se tire des parallélismes dont j'ai cité plusieurs exemples relatifs à la chaux carbonatée. La cristallisation a été sollicitée à les produire dans les corps qui ap-

moyens, je le répète, s'éclairent mutuellement, et ont une influence marquée sur l'exactitude du résultat qui est le but de l'opération. Ils nous aident à entrer, pour ainsi dire, dans l'esprit du sujet qui nous occupe, et ont le double avantage d'assurer le succès de notre travail, et d'y répandre de l'intérêt, en nous faisant apercevoir le corps qui en est l'objet, comme un ensemble dont toutes les parties sont co-ordonnées et en harmonie les unes avec les autres (1).

M. de Bournon a été conséquent à sa manière de voir, dans le parti qu'il a pris de s'en

---

partiennent à cette substance, par la même tendance vers la symétrie, qui se montre dans une multitude de cristaux relatifs à d'autres espèces, telles que la chaux fluatée, la chaux phosphatée, le grenat, l'idocrase, la tourmaline, le fer sulfuré, l'étain oxydé, ect., où le passage d'une forme plus simple à une forme plus composée dépend du remplacement de certains bords de la première, par des facettes simples, doubles ou triples, dont les intersections, soit entre elles, soit avec les faces de la forme qu'elles modifient, affectent un parallélisme si sensible, que personne ne sera tenté de le révoquer en doute. On a donc ici une propriété dont l'existence est incontestable, qui doit entrer comme donnée essentielle dans la détermination des formes dont il s'agit, et lorsqu'elle suffit seule, ainsi que cela a lieu dans plusieurs cas, le problème se trouve comme résolu d'avance, et il arrive toujours que l'accord entre les angles mesurés avec le plus grand soin sur le cristal, et ceux qui résultent de la considération dont je viens de parler, est aussi satisfaisant qu'on puisse le désirer.

(1) Les mêmes considérations et d'autres qui leur sont analogues, peuvent être également d'un grand secours, relativement à toutes les espèces minérales, pour déterminer les formes primitives et le rapport de leurs dimensions, lorsqu'il n'est pas donné complètement par l'observation.

tenir aux calculs trigonométriques. Mais en faisant usage de ces calculs, on est obligé, pour arriver aux incidences proposées, de résoudre chaque fois une série plus ou moins nombreuse de triangles, c'est-à-dire de recommencer toute entière une opération longue et fastidieuse (1), tandis que la formule est le dernier résultat d'une opération équivalente, qui n'a eu besoin que d'être faite une fois sur des quantités qui représentent généralement celles que donnent tous les cas possibles, en sorte qu'en y introduisant les expressions des diagonales du noyau et de la loi du décroissement, on obtient tout d'un coup, avec une précision rigoureuse, l'incidence cherchée, par la résolution d'un seul triangle (2). Cette marche que j'ose à mon tour appeler *très-simple*, qui soulage l'attention, et à l'aide de laquelle le résultat

---

(1) On pourrait, en suivant une marche qui ne suppose-rait que des connaissances familières à tous ceux qui savent la trigonométrie, s'épargner une bonne partie des calculs dans lesquels on se trouve engagé, en se conformant au plan tracé par M. de Bournon, et parvenir d'une manière à la fois plus expéditive et plus exacte aux résultats des opérations.

(2) L'emploi de l'analyse a de plus l'avantage de fournir des moyens très-précis, pour vérifier les opérations. Ainsi, après avoir calculé les incidences des faces d'un dodécaèdre à triangles scalènes, d'après les formules qui se rapportent à un décroissement intermédiaire, d'où dépend immédiatement la forme de ce dodécaèdre, on peut faire la preuve des résultats de l'opération, en employant à la même recherche les formules relatives au décroissement qui fait dépendre le même dodécaèdre du noyau hypothétique. La méthode de M. de Bournon offre incomparablement moins de facilités à cet égard; et si l'on considère l'immensité des calculs dans

se présente comme de lui-même, mérite d'autant mieux, ce me semble, d'être employée de préférence, qu'elle n'exige que des connaissances élémentaires d'analyse, et que l'étude de cette dernière précède ordinairement celle de la géométrie.

Mais l'analyse a un autre avantage, fait pour être apprécié par tous les véritables amateurs

lesquels elle a entraîné ce célèbre cristallographe, on ne sera pas surpris qu'une bonne partie des résultats auxquels il est parvenu soit affectée d'erreurs qui vont ordinairement à plusieurs minutes, et dont quelques-unes donnent des quantités très-appreciables, à l'aide du goniomètre. J'ai déjà eu occasion d'en citer plusieurs, et j'en ajouterai ici une relative à la cinquième modification décrite (t. 2, p. 14); et qui est un rhomboïde très-obtus, dans lequel le rapport entre les demi-diagonales  $g'$  et  $p'$  de chaque rhombe, doit être, suivant les données de M. de Bournon, celui de  $\sqrt{363}$  à  $\sqrt{137}$ . D'après ce rapport, on a pour le grand angle de la coupe principale  $149^{\circ} 42' 43''$ ; pour le grand angle de chaque rhombe  $116^{\circ} 52' 20''$ , et pour la plus grande incidence des faces  $145^{\circ} 34' 12''$ . M. de Bournon, qui a choisi la détermination de ce rhomboïde, comme modèle de sa méthode de calcul (*ibid.*, p. 259 et suiv.), y donne d'abord pour le grand angle de la coupe principale  $149^{\circ} 43'$ , ce qui s'accorde avec le résultat cité plus haut. De là, il passe à la détermination des angles plans, en se bornant à indiquer sommairement la marche du calcul, et annonce qu'il trouve pour l'angle obtus  $117^{\circ} 56'$ , au lieu que la véritable mesure de cet angle est de  $116^{\circ} 52' 20''$ , c'est-à-dire qu'elle est plus petite de  $1^{\circ} 3' 40''$ ; enfin, il trouve pour la plus grande incidence des faces  $151^{\circ} 48'$ , c'est-à-dire une quantité trop forte de  $6^{\circ} 13' 48''$ ; et effectivement on parvient à ce dernier résultat, en partant de l'hypothèse que l'angle plan obtus soit de  $117^{\circ} 56'$ , en sorte que la seconde erreur est liée à la première. J'ajoute qu'elle porte sur une espèce d'angle qui est le moyen de détermination le plus sûr que l'on puisse employer.

des sciences exactes, et qui disparaît dans une méthode purement graphique. C'est de nous faire apercevoir et de servir en même tems à représenter ces propriétés générales, ces analogies fécondes, qui répandent un si grand intérêt sur les détails, en nous découvrant les liens cachés qui les unissent. La cristallographie nous offre une foule de ces propriétés, qui paraîtraient dignes d'attention, dans le cas même où elles ne seraient que des spéculations, et qui empruntent un nouveau prix de leur réalité (1). D'ailleurs nous avons vu combien les formules sont utiles, même dans les applications directes

(1) M. de Bournon a rencontré quelquefois, dans le cours de ses opérations, des propriétés qui existent dans certaines modifications de la chaux carbonatée. Mais ses observations sont restreintes aux résultats que présentent les modifications dont il s'agit. Elles ne nous apprennent pas si d'autres les partagent avec elles. L'analyse peut seule, par la généralité de ses méthodes, embrasser non-seulement tout ce qui existe, mais encore tout ce qui est possible. Ainsi j'ai découvert que les propriétés relatives au dodécaèdre métastatique (*Traité de Minér.*, t. II, p. 134), qui consistent dans l'identité de certains angles plans et saillans du même dodécaèdre avec ceux du noyau, peuvent également avoir lieu, dans le cas de tout autre rhomboïde obtus, pris pour forme primitive, pourvu que le rapport entre les carrés des demi-diagonales de ses faces soit un nombre rationnel. Désignant par  $n$  le nombre de rangées soustraites sur les bords inférieurs, et par  $g, p$  les demi-diagonales, on a en général  $n = \frac{p^2}{g^2 - p^2}$ , c'est-à-dire que le nombre de rangées soustraites d'où résulte le dodécaèdre, est égal, dans chaque cas particulier, au carré de la demi-diagonale oblique du noyau divisé par la différence entre les carrés des deux demi-diagonales. On démontre encore que les rhomboïdes originaires d'un même rhomboïde primitif, sont susceptibles d'être



de la théorie, en faisant contribuer à leur justesse ces propriétés dont elles offrent les tableaux. En un mot, l'analyse est ici comme le style de la chose, et un style qui réunit au mérite de l'élégance celui de la plus grande précision à laquelle l'homme soit parvenu, dans l'expression des vérités que l'étude des sciences lui a dévoilées.

combinés deux à deux, sous la condition qu'il y ait inversion dans les angles de ceux qui composent chaque combinaison, en sorte que la loi qui produit un rhomboïde secondaire quelconque étant donnée, on peut, à l'aide d'une formule, trouver tout d'un coup la loi d'où dépend son inverse. Le rhomboïde auquel ce dernier nom s'applique spécialement, est celui qui a lieu dans le cas où l'exposant de la première loi devenant infini, le rhomboïde relatif à cette loi n'est plus distingué du noyau. L'intérêt qu'inspirent ces diverses propriétés, et beaucoup d'autres que je pourrais citer, dépend de ce que l'analyse nous les fait considérer d'un point assez élevé, pour nous permettre de rassembler dans une même vue tous les faits qui en découlent. J'ajoute qu'une bonne partie de ces propriétés, et en particulier celles qui déterminent les parallélismes dont j'ai donné des exemples, ont le mérite de la généralité dans un degré d'autant plus éminent, qu'elles ne dépendent nullement des dimensions et des angles de la forme primitive; mais sont, pour ainsi dire, inhérentes aux lois de la structure; en sorte que les mêmes lignes qui sont parallèles dans telle variété de chaux carbonatée, le seraient également dans tout autre cristal originaire d'un rhomboïde quelconque, pourvu que le signe représentatif restât le même. C'est une conséquence nécessaire de ce que les formules générales relatives à ces sortes de cas ne renferment point les expressions  $g$ ,  $p$  des demi-diagonales, mais seulement les quantités  $n$ ,  $n'$ ,  $n''$ , qui représentent les nombres de rangées soustraites, en vertu desquelles sont produites les diverses faces dont la combinaison donne naissance au parallélisme.

Fig. 1.

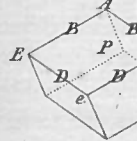


Fig. 4.

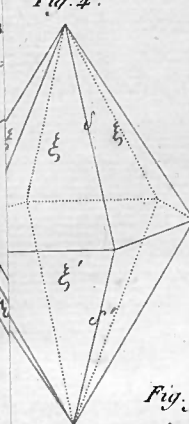


Fig. 5.

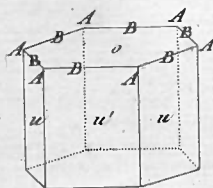


Fig. 6.

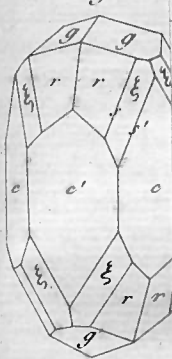


Fig. 9.

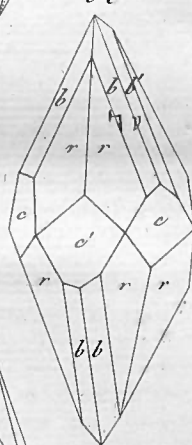


Fig. 10.

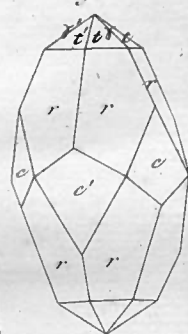
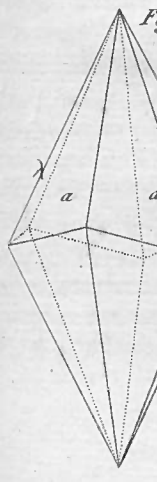
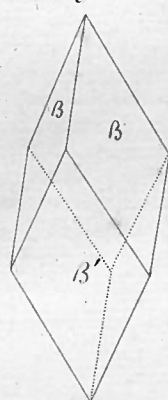
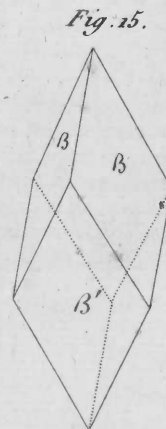
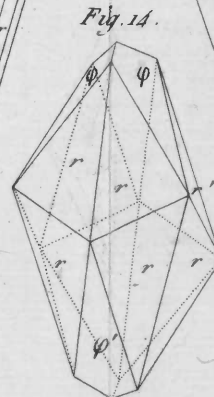
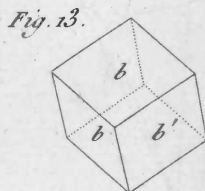
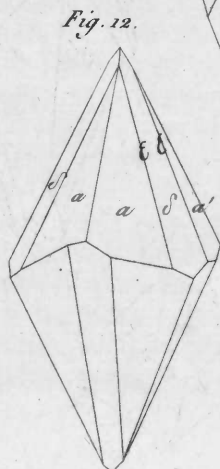
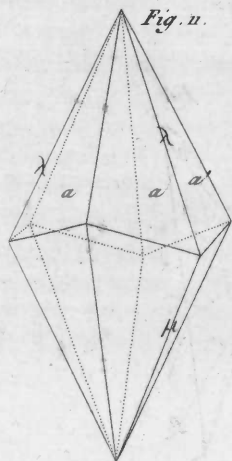
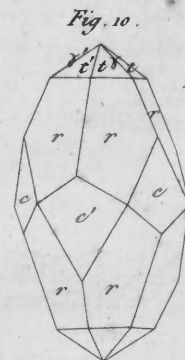
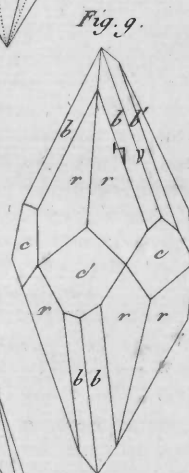
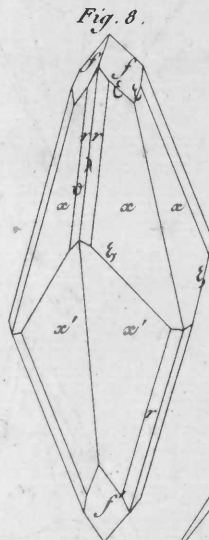
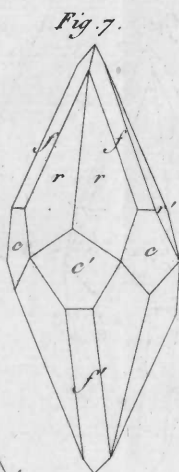
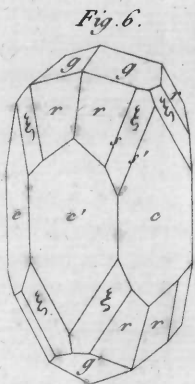
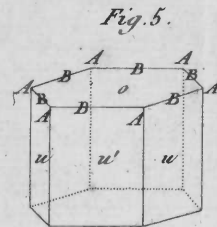
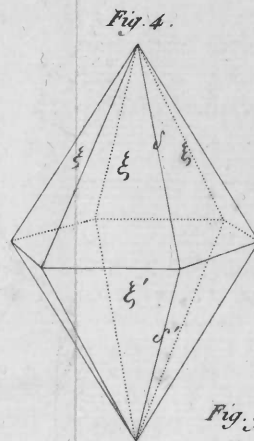
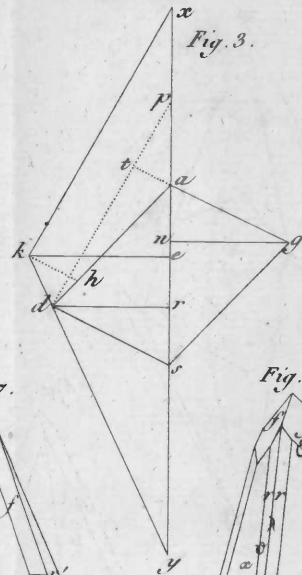
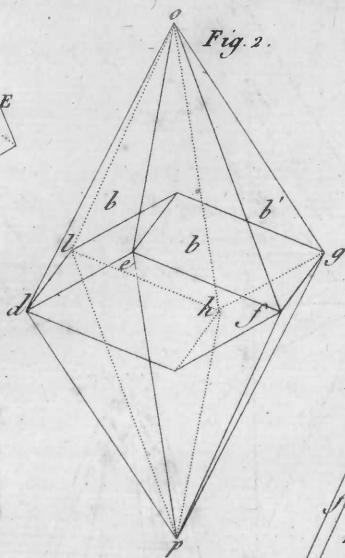
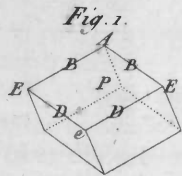


Fig. 15.



STRUCTURE DES CRISTAUX.



SUR LA RÉUNION DU NATROLITHE  
AVEC LA MÉSOTYPE;

Par M. L. P. DEJUSSIEU.

Voici encore une conformité de résultat entre la cristallographie et l'analyse chimique, qui doit faire espérer que les différences qu'elles présentent quelquefois ne sont qu'apparentes, et disparaîtront à mesure que cette dernière approchera de plus en plus de la perfection.

Quelques formes cristallines du natrolithe, quoique très-imparfaites, semblaient indiquer que cette substance ne constituait point une espèce à part, et n'était qu'une simple variété de la mésotype. Cependant, comme le goniomètre n'avait pas encore pu vérifier les soupçons de la théorie, et que d'un autre côté la chimie ne paraissait pas s'accorder avec l'idée de ce rapprochement, M. Haiiy n'avait pas cru devoir réunir les deux substances en une seule espèce avant d'avoir quelque chose de plus certain sur la forme du natrolithe; et ce minéral attendait dans l'appendice de la méthode minéralogique, que de nouvelles observations lui vinsent assigner la véritable place qu'il y doit occuper.

L'analyse du natrolithe avait donné jusqu'ici, entre les mains des plus habiles chimistes, une quantité assez considérable de soude, dans le rapport de 16,5 pour 100, sans qu'on en eût encore trouvé un atome dans la mésotype. M. Smithson, ainsi qu'on peut le voir dans