

Dans le four que nous venons de décrire, 18 mesures de houille ou poussière de houille, mêlées à 10 mesures de cinders, ou charbon de houille, calcinent très-promptement 112 mesures de pierres à chaux.

III. Nécessité du concours de l'eau pour faciliter la calcination de la pierre calcaire et la rendre complète.

Tous les chauxfourniers savent très-bien que la pierre calcaire, nouvellement sortie de la carrière, se calcine plus facilement que celle qui est extraite depuis long-tems. Aussi ont-ils l'usage (*Art du Chauxfournier*, page 42) de jeter de l'eau sur la pierre à calciner, quand ils jugent qu'elle est trop desséchée, et d'humecter la houille.

Lord Stanhope, dont nous avons décrit le four à chaux, page 158, emploie pour la même raison un mélange de houille et de charbon de houille fortement imprégné d'eau. Ces diverset pratiques sont tout-à-fait d'accord avec les expériences récemment faites par M. A. Pictet. Cet habile physicien ayant essayé de calciner la craie en vase clos, avec ou sans eau, a observé que la différence, dans la quantité relative d'acide carbonique, dégagé dans les deux cas, est si considérable, qu'il regarde la présence de l'eau comme une condition nécessaire à la calcination, et il est convaincu que celle très-imparfaite, qu'on obtient en vase clos, ne s'opère qu'en raison de l'eau contenue dans la craie. La production du gaz acide carbonique cessait toujours dans son appareil, malgré l'incandescence, quand on avait lieu de croire que toute l'eau d'agrégation de la craie était dissipée, et le gaz reparaisait avec une extrême abondance, quand, par une stillation ménagée à volonté, on faisait arriver sur la craie de l'eau en vapeur.

IV. Moyen de reconnaître si la calcination de la pierre calcaire est complète.

Pour juger si la calcination a été parfaite, il suffit d'éteindre dans l'eau un morceau de la chaux qu'on veut éprouver, et de verser dessus, lorsqu'elle est réduite en bouillie, quelques gouttes d'acide nitrique ou sulfurique. Si tout l'acide carbonique a été dégagé, on n'observera point d'effervescence.

JOURNAL DES MINES.

N^o. 75. FRIMAIRE AN II.

M É M O I R E

Sur les formes cristallines du Tungstate de chaux, avec quelques observations cristallographiques sur les pyrites martiales, et sur les substances qui prennent le cube et l'octaèdre régulier pour forme primitive.

Par BOURNON, membre de la Société royale de Londres, et de celle de Linnée.

PARMI les formes géométriques qu'admettent les cristaux, il n'en existe pas qui soient plus souvent répétées que le cube et l'octaèdre régulier. Ces deux formes, dont l'une est absolument l'inverse de l'autre, les angles solides ayant simplement pris la place des faces, se rencontrent même d'autant plus fréquemment parmi les cristaux des substances minérales, que la plupart de celles qui ont l'une d'elles pour cristal primitif, admettent l'autre au nombre de ceux secondaires, auxquels les diverses modifications que cette forme primitive éprouve le font passer. Comme un grand nombre de ces substances ne se soumettent pas au clivage, il

Volume 13.

L

est souvent extrêmement difficile de se déterminer à laquelle de ces deux formes on doit donner la préférence, pour la regarder comme étant celle primitive. Le choix, à cet égard, n'est cependant pas indifférent, puisqu'il sert, en partie, à fixer l'opinion sur la substance, et à déterminer en même-tems les formes secondaires qui peuvent se présenter. Au défaut des moyens mécaniques, lorsque la substance s'y refuse, l'observation vient alors au secours du minéralogiste, en lui faisant préalablement remarquer les faits suivans, dont il peut, je pense, tirer un grand avantage.

Plusieurs substances minérales ont le cube pour cristal primitif, sans jamais offrir, parmi ses modifications, l'octaèdre régulier. Telle est la zéolithe cubique (analcime de M. Haüy), la leucite, le borate de magnésie, l'arseniate de fer, le sulfure de fer cubique, et murio-carbonate de plomb.

D'autres ont pour cristal primitif l'octaèdre régulier, sans jamais prendre le cube. Tel est le spinelle, la ceylanite, l'oxyde très-attractif de fer (fer oxydulé de M. Haüy), et le sulfure de fer octaèdre.

Quelques-unes n'ayant ni le cube, ni l'octaèdre régulier pour cristal primitif, admettent le cube au nombre de leurs formes secondaires seulement. De ce nombre est la zéolithe méso-type, le molybdate de plomb, et la blende ou sulfure de zinc.

D'autres enfin, et c'est le plus grand nombre, montrent à la fois, parmi leurs formes cristallines, le cube et l'octaèdre régulier. Ce sont ces dernières sur lesquelles porte la difficulté

du choix dont j'ai parlé; lors sur-tout que le clivage ne pouvant avoir lieu sur elles, ne peut contribuer à la faire disparaître: difficulté qui ne peut exister dans celles que nous venons de voir n'admettre qu'une de ces deux formes. Il est nécessaire alors, pour pouvoir fixer ce choix, de porter son attention sur l'ensemble de toutes les variétés de forme, que présentent les substances qui sont dans ce cas. Les unes admettent au nombre de leurs formes secondaires le dodécaèdre complet à plans rhombes, ainsi que le passage plus ou moins avancé, et très-souvent complet aussi, ou tétraèdre régulier, qui, dans ce cas, n'est que l'octaèdre lui-même, dans lequel quatre des faces ont prises, aux dépens des quatre autres, un accroissement tel que quelquefois il les fait totalement disparaître. Les autres n'admettent point au contraire, parmi leurs formes secondaires, le dodécaèdre à plans rhombes complet, quoique on en entrevoie quelquefois de légers passages, et ne présentent jamais le tétraèdre régulier complet, non plus qu'aucune trace de passage de l'octaèdre régulier à ce tétraèdre.

Les premières de ces substances ont bien certainement l'octaèdre régulier pour forme primitive. Tel est le plus grand nombre des métaux à l'état métallique, soit natifs, soit artificiels, le sulfure d'argent, l'oxyde rouge de cuivre, le cobalt arsenical, le fluaté de chaux.

Les seconds ont pour forme primitive le cube. Tels sont quelques métaux à l'état métallique, le muriate d'argent, le sulfure de plomb, le cobalt arsenico-martial (cobalt gris de M. Haüy), le muriate de soude.

Il me paraît donc qu'on peut regarder comme un fait, sinon parfaitement démontré, du moins extrêmement probable, que parmi les substances qui prennent à la fois le cube et l'octaèdre régulier, celles qui n'admettent pas, parmi leurs formes secondaires, le dodécaèdre à plans rhombes complet, ou le tétraèdre régulier, plus ou moins complet, ont le cube pour cristal primitif, tandis que les autres ont l'octaèdre régulier. Je ne connais encore aucun fait qui paraisse devoir offrir aucune exception à cette observation.

Les substances ayant, soit le cube, soit l'octaèdre régulier pour forme primitive, sont, ainsi qu'on vient de le voir, déjà si multipliées, que c'est, je pense, rendre un véritable service à la minéralogie, que de retrancher de leur nombre celles dans lesquelles aucune de ces deux formes ne peut être considérée comme étant celle de leur cristal primitif. Tel est le tungstène ou tungstate de chaux (schéelin calcaire de M. Haüy); ce savant dit, dans sa minéralogie, que cette substance a le cube pour cristal primitif, et place l'octaèdre régulier au nombre de ses formes secondaires. Je crois pouvoir assurer, que non-seulement aucune de ces deux formes n'est dans le cas d'être considérée comme étant celle primitive de cette substance, mais même aussi qu'aucune d'elle ne lui appartient. La petitesse assez habituelle des cristaux de tungstate de chaux, joint à ce qu'ils appartiennent le plus communément à un octaèdre secondaire, qui approche beaucoup de celui régulier, aura sans doute trompé ce célèbre minéralogiste. Je ne dois moi-même

qu'à un hasard heureux la rectification de cette erreur, et la connaissance des véritables formes de cette substance.

Dans un des voyages minéralogiques que j'ai fait autrefois dans les Alpes Dauphinaises, je m'y rencontrai dans le moment où il venait d'être trouvé, dans les exploitations de la montagne du Puy, près de Saint-Christophe, qui ont fourni une grande partie des morceaux d'oisanite qui existent dans les Cabinets, un cristal isolé de tungstate de chaux, d'environ un pouce de longueur, et d'une régularité parfaite. M. Colson, alors contrôleur de la mine d'argent d'Allemond, entre les mains duquel il était passé, eut la générosité de m'en faire le cadeau. Ce cristal était, ainsi que je viens de le dire, parfaitement régulier; il était d'une assez belle transparence, et laissait apercevoir, dans son intérieur, un grand nombre de petites fibres, d'une substance habituellement fibreuse, très-voisine de l'actinote, à laquelle elle paraît aujourd'hui assez généralement rapportée; mais que je crois cependant en différer assez pour constituer une substance particulière.

La pesanteur spécifique de ce cristal, ayant été prise par M. Brisson, à la demande qui lui en fut faite par le célèbre Romé de Lisle, fut trouvée, par lui, être de 5941, légèrement inférieure par conséquent à celle de 6066, qui avait été trouvée, par le même savant, être celle propre au tungstate de chaux; ce qui était une suite nécessaire de la différence que devaient y apporter les parties de la substance fibreuse interposée dans la sienne.

Cet octaèdre était aigu, l'angle solide de son

sommet, pris sur deux de ses faces opposées, était de 48° , et par conséquent celui formé par la rencontre de ces mêmes faces à la base de 132° . Les angles plans de ses faces triangulaires isocèles, étaient de $44^\circ 16'$ pour l'angle solide du sommet, et de $67^\circ 52'$ pour chacun des deux autres. Il présentait de légers plans de remplacement, à chacune de ses huit arêtes pyramidales, ainsi qu'à l'angle solide du sommet de chacune de ses deux pyramides, comme le représente la *fig. 2. PL. IV.*

Les cristaux de tungstate de chaux étaient encore assez rares à cette époque, et leur forme n'avait pas été exactement déterminée : on s'était contenté de dire qu'elle était octaèdre, sans rien spécifier sur la nature de cet octaèdre. Tout, dans celui aigu que je possédais, me mettait dans le cas de le considérer comme étant la forme primitive de cette substance qui se refuse au clivage.

Peu de tems après M. Schreiber, minéralogiste distingué, dont je me plais à conserver le souvenir, et qui m'a souvent accompagné dans les montagnes du Dauphiné, dont il était alors Directeur des mines, me manda de Strasbourg qu'il venait de voir dans le cabinet de M. Pasquay, minéralogiste de cette ville, un fort bel octaèdre de tungstate de chaux, mais qu'il différait cependant du mien, en ce qu'il était beaucoup plus surbaissé. Le remplacement des arêtes de celui que je possédais, joint à quelques traces de décroissement, parallèlement à ces mêmes arêtes, me firent soupçonner que l'octaèdre, dont me parlait M. Schreiber, devait être secondaire, et produit par le rem-

placement des arêtes de celui primitif. Je lui mandai mon doute, en lui ajoutant que si il était fondé, l'octaèdre de tungstate de chaux de M. Pasquay devait avoir $64^\circ 22'$ pour mesure de l'angle solide de son sommet, pris sur les faces; cette mesure étant celle de ce même angle pris sur les arêtes du mien. M. Pasquay ayant eu la grande honnêteté de m'envoyer son cristal, j'ai eu la satisfaction de reconnaître par moi-même que je ne m'étais pas trompé.

J'ai eu très-souvent, depuis cet instant, l'occasion de renouveler cette observation, non sur l'octaèdre aigu ou primitif, qui paraît être très-rare, et que je n'ai aperçu qu'une seule fois depuis, en petits cristaux colorés en un jaune brun, et à arêtes remplacées, venant de Schlaggenwald en Bohême, mais sur l'octaèdre secondaire. Et récemment enfin j'ai pu la vérifier de nouveau, sur des cristaux que renferme la collection de M. Gréville, et dont quelques-uns sont d'un volume étonnant, puisqu'ils ont environ un pouce et demi de côté, sur plus de trois de hauteur. Ces octaèdres m'ont constamment donné pour leurs angles, les mêmes mesures que celles que j'ai citées précédemment.

Le cristal primitif de tungstate de chaux est donc un octaèdre aigu, ayant 48° pour mesure de l'angle solide de son sommet, pris sur les faces, et $64^\circ 22'$ pris sur les arêtes. Ses faces triangulaires isocèles ont $44^\circ 16'$ pour mesure de l'angle de leur sommet, et $67^\circ 52'$ pour chacun des deux autres, *fig. 1.*

Cet octaèdre éprouve un décroissement à ses huit arêtes pyramidales, qui les remplace chacune d'elles par un plan également

incliné sur ceux adjacens, *fig. 2*. Le morceau que j'ai cité précédemment, et dont les cristaux appartiennent à cette modification, existe dans la collection de Sir John Saint-Aubyn.

Lorsque ces plans de remplacement des arêtes pyramidales de l'octaèdre primitif, prennent assez d'accroissement pour faire disparaître les plans de cet octaèdre, le cristal passe alors à un octaèdre plus surbaissé, dont l'angle solide du sommet, pris sur les faces, est de $64^{\circ} 22'$, et à la rencontre de ces mêmes faces, à la base de $115^{\circ} 38'$. Celui de l'angle du sommet de ses plans triangulaires isocèles, est de $56^{\circ} 6'$, et chacun des deux autres de $61^{\circ} 57'$, *fig. 3*. Cet octaèdre est la forme qui se rencontre le plus communément dans le tungstate de chaux : il est de quelque chose plus aigu que celui régulier ; mais comme il ne diffère de ce dernier que de $6^{\circ} 10'$ dans la mesure de l'angle solide de son sommet, et simplement de $3^{\circ} 54'$ dans la mesure de ceux de ses angles plans qui concourent à la formation de ce même sommet, et $1^{\circ} 57'$ dans celle des autres ; il est très-difficile de le distinguer de l'octaèdre régulier, surtout lorsque les cristaux ont peu de volume.

Il reste quelquefois sur les cristaux qui appartiennent à cet octaèdre secondaire, de légères traces des plans de celui primitif. Les angles solides de la base sont alors interceptés chacun par deux plans triangulaires isocèles, ayant même mesure que ceux de l'octaèdre primitif, *fig. 4*. Parmi les grands cristaux du superbe groupe du cabinet de M. Gréville que j'ai cité, on en observe plusieurs qui sont dans ce cas : il existe en outre dans le même cabinet, un cristal isolé

d'environ neuf lignes de hauteur, dont un des angles solides de la base offre, d'une manière très-sensible, les mêmes plans, dont les autres sont privés. C'est parallèlement à ces plans, que le cristal doit être cassé pour obtenir des cassures nettes, et suivant leur véritable direction ; mais cette substance résiste fortement à ce clivage, et ne donne ordinairement que des cassures irrégulières.

La description que j'ai donnée du cristal, *fig. 2*, trouvé dans les Alpes Dauphinaises, fait voir que l'octaèdre primitif de cette substance, éprouve une autre modification encore, qui remplace le sommet de chacune de ses deux pyramides par un plan perpendiculaire à l'axe du cristal. Ce plan est quelquefois d'une grandeur considérable, et se rapproche, en conséquence, fortement de la base commune aux deux pyramides, ainsi que le représente la *fig. 5*, dont les arêtes, dans ce cas, pyramidales, sont aussi remplacées lorsque les cristaux sont fortement engagés, et ne présentent qu'une petite partie de leur longueur ; il est très-facile, au premier aspect, d'être induit en erreur à leur égard, et de les prendre pour des cubes, dont quatre des bords (ceux longitudinaux) seraient remplacés. Ce fait existe dans le cabinet de Sir John Saint-Aubyn, dans un groupe d'assez grands cristaux de tungstate de chaux, placés sur un morceau d'oxyde d'étain cristallisé de Schlaggenwald : ce n'est qu'avec beaucoup de soin qu'on parvient à échapper à l'illusion qu'ils offrent à cet égard.

On peut avoir été étonné, dans la partie de ce Mémoire qui a trait aux substances, qui

admettent parmi leurs formes le cube et l'octaèdre régulier, de m'avoir vu considérer le sulfure de fer, ou pyrite martiale, sous deux rapports différens. Il existe en effet deux espèces de pyrites martiales parfaitement distinctes, et qui toutes deux ont pour base commune la combinaison du soufre avec le fer. Dans l'un de ces deux sulfures, les joints naturels sont parallèles aux faces d'un cube, son cristal primitif. Dans l'autre, ces mêmes joints sont parallèles aux faces d'un octaèdre régulier. Chacun d'eux à sa série de modifications à part, dans lesquelles il en existe qui semblent, dans le cube, ramener cette forme à l'octaèdre régulier, et dans l'octaèdre semblent tendre à le faire passer au cube; mais ce ne sont jamais que des ébauches plus ou moins avancées; je n'ai jamais vu dans l'un, ainsi que dans l'autre, aucun de ces passages complet. Ils pourraient cependant exister, sans que cela changeât en rien la distinction qui vient d'être établie.

La nature indique elle-même qu'elle a établi une différence entre ces deux pyrites, par l'interposition qu'elle fait très-souvent du cuivre dans celle octaèdre, tandis que je ne connais pas d'exemple de pyrites cubiques, qui soient dans le même cas. Il est à présumer que le soufre et le fer sont dosés inégalement dans chacune d'elles; mais nous n'avons pas encore d'analyses assez exactes du sulfure de fer, pour oser avancer, à cet égard, autre chose qu'une forte présomption. La pyrite artificielle ne peut même servir de guide à l'opinion, ce sulfure de fer ayant des caractères minéralogiques totalement différens de ceux des pyrites natu-

relles. Quelle que soit la raison de la différence qui sépare l'une de l'autre ces deux pyrites, cette différence existe, et je suis fortement persuadé que la découverte de la cause, à laquelle elle appartient, ferait faire quelques pas de plus à la chimie minéralogique.

Les pyrites attendent donc encore, de la chimie, un travail qui puisse nous donner quelques lumières sur elles. Ce travail intéressant pourrait peut-être aller jusqu'à nous faire connaître aussi en quoi la pyrite cubique, dont les faces sont lisses, diffère de celle dans laquelle ces mêmes faces sont striées, de manière à ce que les stries de chacune d'elles, soient perpendiculaires à celles des faces adjacentes. Cette dernière a bien sensiblement, ainsi que celle lisse, le cube pour cristal primitif, à défaut du clivage auquel ne se soumettent pas les sulfures de fer; on observe très-distinctement sur les faces de cette pyrite, lors sur-tout qu'il existe quelque interruption de continuité sur quelques-unes d'elles, la direction des lames ou joints naturels parallèlement aux faces du cube. D'ailleurs, lors même qu'elle est passée à la forme dodécaèdre à plans pentagones, elle montre toutes les modifications qui sont propres à la pyrite cubique lisse. M. Haüy, dans sa savante minéralogie, a représenté sous sa *fig.* 152, pl. LXXVII, ce dodécaèdre, dans lequel les angles solides correspondans à ceux du cube, sont remplacés chacun d'eux par trois plans triangulaires isocèles, prenant naissance sur les trois faces qui concourent à la formation de chacun de ces angles; et sous celle 153, cette même modification réunie

à celle qui remplace ces mêmes angles solides par un seul plan perpendiculaire aux axes. J'ajouterai aux variétés qu'a donné ce célèbre minéralogiste, celle *fig. 6*, dans laquelle le dodécaèdre, à plans pentagones, a ceux de ses angles solides qui correspondent à ceux du cube, remplacés par trois plans trapézoïdaux, placés sur les bords, et analogues à ceux qu'il a représentés sur le cube dans sa *fig. 151*.

J'y ajouterai, en outre, celle *fig. 7*, dans laquelle cette même variété est réunie avec celle dans laquelle les mêmes angles solides sont remplacés par trois plans triangulaires isocèles, placés sur les faces.

Ces deux variétés m'ont été fournies par des pyrites de l'isle d'Elbe; chacune d'elles y existe aussi avec la réunion de celle dans laquelle les mêmes angles, correspondans à ceux du cube, sont remplacés par un seul plan perpendiculaire aux axes qui passeraient par eux, ce qui ajoute une face de plus à chacun des angles solides, où elle se rencontre, et porte à 68 facettes le nombre de celles de la variété représentée sous la *fig. 7*, et à 74, lorsqu'il existe, en même-temps, sur le dodécaèdre des traces conservées des faces du cube, ce qui arrive fréquemment.

Les mêmes pyrites dodécaèdres à plans pentagones de l'isle d'Elbe, présentent une autre variété, qui n'a pas non plus été décrite, et rappelle de même la forme cubique dans cette espèce, les angles solides, formés par la rencontre du plus grand des angles des plans pentagones, avec les bords opposés à ces mêmes angles. Dans les côtés adjacens, sont rem-

placés par un plan triangulaire isocèle obtus, qui suit avec le plan pentagone sur lequel il est placé, un angle de $161^{\circ} 34'$, et un autre de 135° avec le bord commun aux deux pentagones adjacens, *fig. 8*. Ces plans représentent donc ceux de remplacement, faits aux bords du cube, de manière à être également inclinés sur les côtés qui leur sont adjacens: modification du cube que j'ai vu assez fréquemment dans la pyrite, et qui a été citée par Romé de Lisle. J'ai vu aussi cette nouvelle variété, *fig. 8*, réunie avec celles *fig. 6* et *7*; lorsqu'elle se rencontre avec celle que j'ai dit être composée de 74 facettes, elle en fait monter le nombre à 86.

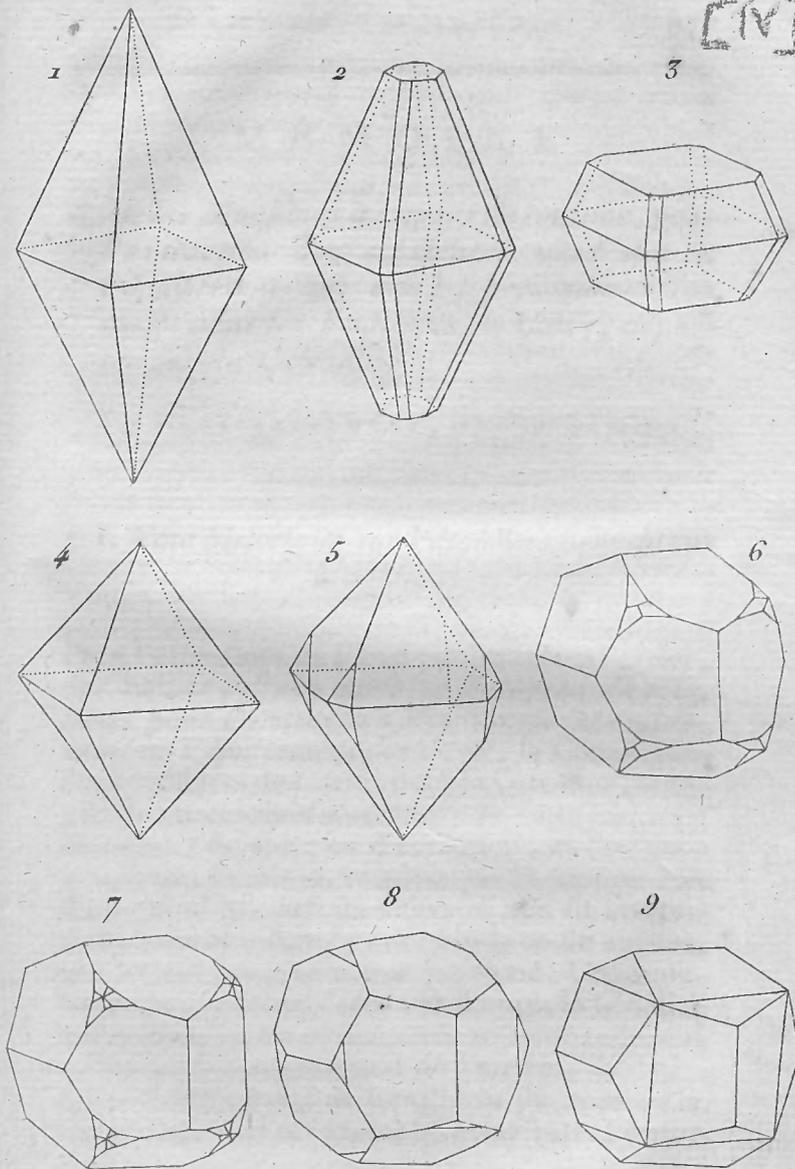
Parmi les pyrites de l'isle d'Elbe, qui appartiennent à la variété précédente, *fig. 8*, il en existe dans lesquelles les nouveaux plans, placés à chacun des angles de $126^{\circ} 52'$ des plans pentagones, s'étendent jusqu'à ceux de $106^{\circ} 36'$ des mêmes plans. Le cristal devient alors un solide à 24 facettes, dont 12 sont des trapèzes semblables, et les 12 autres, des triangles isocèles aussi semblables, *fig. 9*. Ce cristal est bien souvent fort difficile à reconnaître, principalement lorsqu'il existe quelque irrégularité dans ses faces.

Je reviens à la différence qui semble exister entre la pyrite en cubes à faces lisses, et celle dont il vient d'être question, et dans laquelle les mêmes faces sont striées. Nous venons de voir qu'elles ont bien certainement aussi le cube pour cristal primitif; mais d'où peuvent provenir les stries très-souvent parfaitement régulières qui recouvrent ses faces? M. Haüy en a donné une explication très-ingénieuse,

qui fait considérer ce cube comme n'étant autre chose que le *résultat d'une cristallisation ébauchée, qui eût produit la dodécaèdre à plans pentagones, si elle eût été secondée par des circonstances convenables*. Cependant, ainsi que je viens de le dire, ces stries sont fort souvent d'une régularité parfaite : et le cube auquel elles appartiennent, ne montre lui-même d'ailleurs aucune autre irrégularité quelconque. Il existe fréquemment, en outre, sur ses bords, de petits plans dûs à un commencement de passage, déterminé au dodécaèdre à plans pentagones, et le plus souvent ces plans sont aussi parfaitement réguliers, et aussi parfaitement lisses que le reste du cristall'est peu, bien plus, parmi les cristaux dodécaèdres les plus parfaits, si il reste quelques traces des plans qui appartiennent au cube ; il est extrêmement rare, quelque petits que soient ces plans, qu'ils ne soient striés. Tout me paraît donc indiquer, dans la pyrite en cube strié, un but et un travail constant de la cristallisation, et non un accident, tel que pourroit être une ébauche imparfaite.

La nature indique encore ici cette différence, de la même manière qu'elle a indiqué celle qui existe entre les pyrites en cube lisse ; et celles octaèdres, par le mélange de cuivre qui existe si fréquemment dans les dernières. Parmi les pyrites aurifères, celles qui ont une forme cristalline déterminée, appartiennent généralement, soit au cube strié, soit au dodécaèdre qui en dérive : je ne connois même aucun exemple, si il en existe, de l'or renfermé dans la pyrite en cube lisse, ainsi que dans ses modifications.

[VI]



[M]

