

24784

Neu. sloque

NOUVEAUX

DE L

SOCIÉTÉ BELGE DE GÉOLOGIE

DE PALÉONTOLOGIE ET D'HYDROLOGIE

(BRUXELLES)

SÉRIE IN-4°. — 1908

D 1189

~~7 B. 24784~~

LES CRISTALLISATIONS

DES

GROTTE DE BELGIQUE

PAR

W. PRINZ

PROFESSEUR A L'UNIVERSITÉ LIBRE DE BRUXELLES

BRUXELLES

HAYEZ, IMPRIMEUR DES ACADEMIES ROYALES DE BELGIQUE

112, rue de Louvain, 112

1908

LES CRISTALLISATIONS
DES
GROTTE DE BELGIQUE

PAR

W. PRINZ

PROFESSEUR A L'UNIVERSITÉ LIBRE DE BRUXELLES

D 1189

~~J.B. 29784~~



BRUXELLES

HAYEZ, IMPRIMEUR DES ACADEMIES ROYALES DE BELGIQUE

112, RUE DE LOUVAIN, 112

1908

LES CRISTALLISATIONS
DES
GROTTES DE BELGIQUE

~~24784~~

La littérature relative aux formations stalactitiques est peu considérable. Les minéralogistes et les géologues laissent volontiers aux représentants d'autres sciences (spéléologues, paléontologues) le soin d'explorer les cavités souterraines et d'en décrire les merveilles. Il semblerait que les renseignements courants sur la croissance et la structure des ornements des grottes, suffisent à tout expliquer.

Notre dévoué collègue, M. E. van den Broeck, m'a instruit du contraire. Cédant à son aimable insistance, j'ai visité à diverses reprises, avec lui et avec M. E. Doudou, la grotte que ce dernier a découverte près d'Engihoul (Engis, Liège). J'ai pu me rendre compte de l'intérêt minéralogique qu'offraient les formations cristallines qu'elle renferme et choisir sur place, pour les étudier de près, celles qui présentaient des caractères exceptionnels. Ainsi est né le présent travail.

Avec sa générosité habituelle, M. E. Solvay a mis mon laboratoire à même de faire face aux dépenses qu'entraînaient les fouilles, dont j'avais reconnu l'utilité au point de vue de l'étude de l'érosion chimique.

M. le baron de Rosée, propriétaire, a bien voulu autoriser ces dernières recherches. Je les ai confiées à M. G. Cosyns, qui en a consigné les résultats dans deux notes, auxquelles je renvoie. On y trouvera, ainsi que dans les travaux que M. van den Broeck publiera de son côté, les renseignements topographiques, chimiques et autres.

Le présent mémoire reste limité à la description des cristallisations de cette

grotte et d'autres cavités encore, dans lesquelles M. Cosyns a recueilli, au prix de bien des peines, les mêmes stalactites : par exemple celle de Sy (Luxembourg) et surtout celle de Tilff (Liège). Comme des cristaux analogues se retrouvent dans les cavernes de Dinant, comme notre collègue, M. X. Stainier, en a observé de fort beaux à Bomal-sur-Ourthe, le titre de mon travail se trouve justifié et l'on comprendra que je n'aie pas cru devoir désigner la provenance de chaque échantillon.

A tous ceux qui, à des titres divers, ont favorisé mes recherches, j'adresse l'expression de toute ma gratitude.

Dans sa *Spéléologie au XX^e siècle*, M. E. Martel, qui a su faire de l'exploration des cavernes une véritable science, constate, comme je viens de le faire, la pénurie de travaux consacrés aux stalactites : « l'étude de leurs formes et de leur croissance reste fort peu avancée », dit-il, et les rares citations contenues dans cette bibliographie, confirment l'appréciation émise par ce savant si autorisé.

Il est vrai qu'on sait de longue date que la multiplicité des formes des dépôts dus aux suintements, aux ruissellements, dépend de causes accidentelles : du débit de l'eau incrustante, de son degré de saturation, de la forme de l'ouverture de sortie, etc., etc., en sorte que les aspects peuvent varier à l'infini, sans qu'il y ait grand intérêt scientifique à les étudier.

Mais il n'en est pas de même des ornements dont j'ai à m'occuper. Leur mode particulier de développement les signale à l'attention, ce qui permettait de supposer qu'ils avaient déjà été l'objet de travaux spéciaux. Parcourons donc la littérature qui les concerne.

Je citerai d'abord les notes prises dans la Blue-John-Mine, à Castleton (Angleterre), par MM. Barnes et Holroyd. Ces explorateurs y mentionnent des cristaux de calcite « en forme de dent de chien » (scalénoèdre) et des « stalactites contournées, de petite taille, mais très nombreuses », baptisées du nom « d'anémolites (wind-stones) », parce que, pensent-ils, ces formations « sont dues à des changements de sens des courants d'air qui poussent l'eau d'un côté ou d'un autre : l'évaporation rapide provoque le dépôt du carbonate de chaux d'un côté plus que de l'autre ».

Cette explication, que l'on donne aussi aux visiteurs de certaines de nos grottes, ne saurait prévaloir, comme on le verra par la suite. Il faut également rejeter celle, des mêmes auteurs, qui rapporte à « de menus fungus couverts d'une légère couche de carbonate de chaux les excroissances, fines comme des poils, ayant à peu près un huitième de pouce de longueur (3^{mm}17) et qui sont terminées par un bouton rond ».

Par contre, MM. Barnes et Holroyd ont très bien reconnu l'action prépondérante de la dissolution, dans la formation de cette grotte qui paraît avoir beaucoup d'analogies avec celles de nos régions

Dans son attachant opuscule *Sur la croissance des pierres*, M. A. Brezina,

figure des stalactites des grottes de la Carniole, qui se rapprochent des nôtres. D'après la communication que M. Brezina a bien voulu me faire, le temps lui a manqué pour les décrire de façon détaillée. M. Martel en a photographié de semblables dans la grotte du Pont, à Majorque.

En Amérique, certaines cavernes contiennent aussi des ornements analogues à ceux qui vont nous occuper. Un géologue, M. P. Merrill, leur consacre quelques photographies et une discussion qui donne un excellent aperçu de leur origine. A en juger d'après les illustrations, ces excroissances vermiculées sont moins cristallines que celles des grottes belges.

Je passe sur les vagues indications relatives à des stalactites rappelant les nôtres, qui se trouvent éparpillées dans de courtes notes concernant les cavernes d'Europe, pour citer finalement l'article récemment publié dans un journal illustré par M. le Dr G. Fritsch, sur la grotte de Jenolan (Blue Hills, Australie). L'une des photographies accompagnant cette description représente un groupe de fils de calcite qui se rapporte évidemment aux objets que j'ai à décrire. Cette stalactite hérissée porte le nom caractéristique de « mystère ». Si une désignation particulière a été donnée à ce groupe, on est en droit de supposer que les formations analogues sont rares dans cette grotte, quoique ses galeries s'étendent sur plus de 600 mètres, suivant le plan que je trouve dans la *Geology of Sydney* de M. Curran.

Relativement aux cristaux proprement dits, qui terminent souvent les tubes et autres ornements fixés au plafond des grottes, rappelons qu'ils furent déjà déterminés exactement par le père de la cristallographie, Haüy. Les observations isolées de quelques spécialistes ont complété suffisamment ses descriptions, ainsi qu'on le remarquera plus loin.

Mais il ressort de cette revision de la littérature et des illustrations sommaires qui l'accompagnent, que nous disposons ici de matériaux exceptionnels, tant en qualité qu'en quantité. Leur description complète mérite d'être faite.

Afin de ne pas trop allonger celle-ci, j'ai multiplié les croquis et abrégé le texte, ce qui met le lecteur à même de se rendre mieux compte de la grande diversité de nos stalactites. Je n'ai tracé des dessins cristallographiques que quand l'épure ne schématisait pas trop l'aspect de l'échantillon. Les formes cristallines, ainsi que leurs combinaisons, étant très simples, les petits solides dessinés à main levée à côté de certaines pièces suffiront à préciser leurs caractères géométriques et leur orientation.

Dans le cas présent, il était inutile aussi d'accumuler les mesures goniométriques. D'une centaine de résultats, je n'ai renseigné que ceux qui pouvaient aider à la compréhension du texte. Ces valeurs angulaires sont données en angles normaux (supplément de l'angle réel).

La notation adoptée est celle de Lévy. Les angles calculés sont donnés d'après Des Cloizeaux.

Les pièces sont ordinairement représentées en position de gisement; d'autres sont figurées en position d'examen. Le contexte permettra de reconnaître l'orientation naturelle.

Les indications bibliographiques ont été placées à la fin du mémoire; les passages désignés plus spécialement sont notés dans le texte par la pagination entre parenthèses.

Quand on parcourt les couloirs encore revêtus de leur végétation de calcite de nos grottes, lorsqu'on jette les yeux sur les échantillons qu'on y a récoltés, on reconnaît bientôt la possibilité de classer tous ces ornements en un certain nombre de types, réunis par d'innombrables formes de passage. J'examinerai successivement :

LES STALACTITES :

Les tubes et les baguettes;
Les ergots et autres appendices qu'on y remarque;
L'épaississement de ces formes;
Les fils et les clochettes;
Les crochets, les gargouilles et autres ornements des parois;
Les draperies.

LES STALAGMITES :

La soudure des stalactites au sol;
Les stalagmites proprement dites;
Les débris collés au sol, les guérissages, etc.;
Les efflorescences du sol;
Les bassins de cristallisation (gours) et leur contenu.

Chacune de ces divisions sera traitée dans un nombre variable de paragraphes, d'étendue bien différente. Malgré mon désir d'en rester aux grandes lignes, j'ai dû poursuivre quelques descriptions jusque dans d'infimes détails, afin de remonter jusqu'à la source de certaines transformations, si considérables, qu'elles ne pouvaient être passées sous silence.

Petites causes, grands effets, telle est l'épigraphe qui conviendrait le mieux à mon exposé.

LES STALACTITES

§ 1. GÉNÉRALITÉS. — Les stalactites communes, opaques, jaunâtres, sont le résultat du suintement des solutions incrustantes, ce qui autorise leur comparaison avec les pendentifs analogues dont le gel et le dégel festonnent le rebord des toitures. Ce rapprochement est aussi ancien que l'observation des ornements des grottes.

Les cônes pleins, de carbonate de calcium, ont une structure rayonnante dans la cassure, les axes des cristaux constitutifs étant approximativement perpendiculaires à l'axe de la pièce. D'après les récentes études de M. Futterer, les cônes de glace présentent un arrangement analogue, quoique moins net; on y retrouve pourtant la disposition radiée des grains d'orientation variable, ainsi que des cercles concentriques d'inclusions bulleuses, évidemment comparables aux zones colorées des stalactites calcaires.

Ces formations s'expliquent donc très simplement dans leur ensemble, mais il est probable que leur étude détaillée amènerait à modifier les interprétations qu'on en a données, telles que celles de Senft, ou encore celles de Lapparent. Dans son classique traité de géologie, ce dernier admet qu'au début, la calcite des stalactites et des stalagmites se dépose en tout petits cristaux, disposés en couches concentriques, concrétionnées, molles, imbibées par les eaux calcaires, et que ce n'est qu'une recristallisation ultérieure qui les transforme en un seul individu, à clivages parallèles, avec effacement de la structure primitive (4^me éd., p. 331).

Senft pense que l'épaississement des stalactites a lieu par superposition de pellicules glaireuses de carbonate calcaire. Leur forme conique serait le résultat de dépôts successifs de moins en moins longs, le calcaire se déposant de plus en plus rapidement dans le haut, au fur et à mesure que la surface s'accroît. Les bourrelets proviendraient d'un glissement, d'un tassement, des pellicules glaireuses (p. 281).

Certaines stalactites sont, il est vrai, peu cohérentes, papyracées, terreuses, sans que le processus admis par Senft leur soit applicable. Cet auteur ruine, du reste, lui-même sa conception en remarquant que les stalactites de glace ont les mêmes bourrelets. Tous ces pendentifs sont des formes de ruissellement, dont on retrouve des analogues aussi bien parmi les recouvrements de matières visqueuses, telles que le verre, les laves, la stéarine, etc., que parmi celles qu'édifient des solutions fluides de sels divers et même les particules impalpables entraînées par des

gaz. — Leur étude sort des limites que je me suis imposées; elle serait à reprendre sur d'autres bases et avec plus de patience que ne l'a fait De Lafontaine.

Les recristallisations qui ont lieu dans les incrustations des grottes sont, en somme, exceptionnelles. Les stalactites dont j'ai à m'occuper n'en présentent pas de traces. Chacune a pour point de départ un individu cristallin, ou un petit nombre de ceux-ci, tubulaire ou plein, dont l'orientation moléculaire détermine celle des couches suivantes, au moins pendant un certain temps.

Pour comprendre leur agencement, nous avons donc à nous remémorer d'abord les propriétés cristallographiques du carbonate de calcium.

La calcite est certainement le minéral le plus riche en combinaisons cristallines qui soit; on en connaît un millier. Il est d'autant plus remarquable de constater que la calcite des grottes est limitée à quelques formes, toujours les mêmes, à en croire les indications que j'ai pu réunir.

On sait que ce minéral a un clivage marqué, suivant les faces d'un rhomboédre considéré comme primitif, p de la notation de Lévy; mais cette forme constitue rarement les cristaux; ce sont des rhomboédres plus aigus ou plus obtus qui leur donnent les aspects caractéristiques bien connus. Les uns sont directs, c'est-à-dire tournés avec une face en haut vers l'observateur; les autres sont inverses et présentent une arête, en haut, vers le spectateur. On en a observé un grand nombre.

Dans les stalactites, Haüy en renseigne trois, auxquels il donne, suivant l'usage d'alors, des noms particuliers; ce sont : le *primitif*, l'*inverse* et le *contrastant*, c'est-à-dire précisément ceux que vom Rath trouvait, avec le prisme en plus, sur les tubes cristallins extraits de la grotte de Bel-lamar à Cuba, exposés à Paris en 1867. Les mêmes sont encore mentionnés par von Zepharowich et Vrba. Si j'ai trouvé

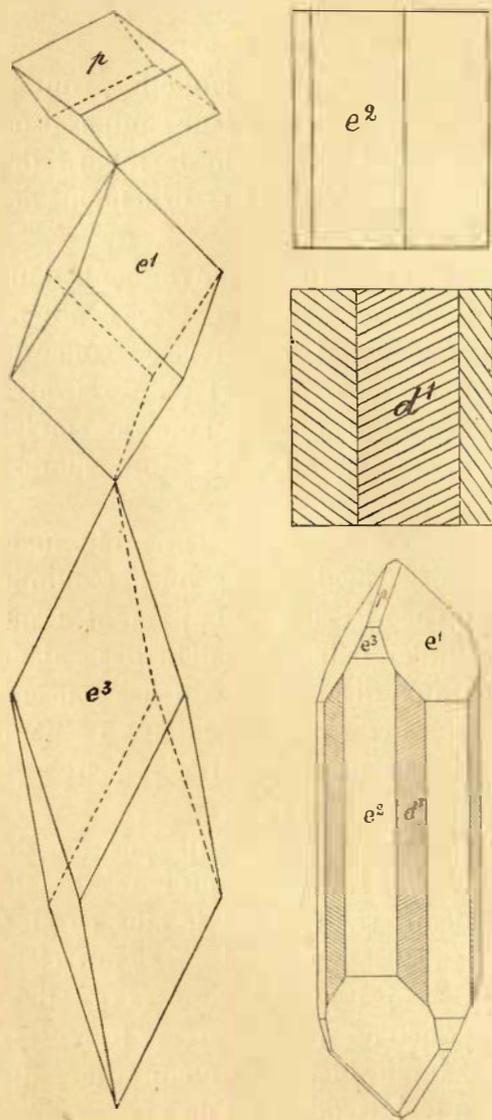


FIG. 1.

d'autres formes sur les échantillons fournis par nos grottes, c'est que je disposais d'un très grand nombre de pièces.

Ces trois rhomboédres sont figurés ci-dessus (fig. 1), avec leur orientation

réciroque, ce qui permet de voir que p tronque parallèlement les arêtes culminantes de e^1 et que ce dernier, à son tour, tronque parallèlement les arêtes culminantes de e^3 .

Ils sont associés, dans les cristaux des grottes, à deux prismes hexagonaux dont l'orientation correspond à celle des rhomboédres. L'un, noté e^2 , a une face vers l'avant, tandis que l'autre, noté d^1 , est tourné avec une arête vers l'observateur. Ce deutéropisme est strié suivant les arêtes en zigzag de p .

Fréquemment, un même cristal, ayant l'aspect donné par la dernière projection de la figure 1, constitue une combinaison de toutes ces formes.

Les diverses notations employées pour les désigner sont reproduites dans le tableau suivant, avec les angles normaux des arêtes culminantes de chacun d'eux; j'y ajoute les autres formes que j'ai rencontrées.

Haüy.	Naumann.	Lévy.	Bravais.	Angles culm. normaux.
—	—	—	—	—
Le rhomboédre primitif	R	p	$\{10\bar{1}1\}$	$74^{\circ}55'$
— inverse.	$2R$	e^1	$\{02\bar{2}1\}$	$101^{\circ}9'$
— contrastant.	$4R$	e^3	$\{40\bar{4}1\}$	$114^{\circ}10'$
—————				
La base.	$0R$	a^1	$\{0001\}$	
Le prisme hexagonal (protoprisme, prisme direct).	∞R	e^2	$\{1010\}$	
Le prisme inverse (deutéropisme).	$\infty R2$	d^1	$\{11\bar{2}0\}$	
Le scalénoédre.	$R3$	d^2	$\times \{21\bar{3}1\}$	

Les dernières formes ne sont que rarement mesurables; par contre, on sait facilement observer

$$e^3 : e^1 = 57^{\circ} 5'$$

$$p : e^1 = 50^{\circ} 35'$$

$$p : e^3 = 31^{\circ} 10'$$

et quelques autres angles, suivant la disposition des pièces. Ce travail est rendu pénible par la nécessité dans laquelle on se trouve de manier des échantillons encombrants et fragiles, dont chacun nécessite un support spécial, si l'on veut éviter de le sacrifier.

La pureté des faces de ces diverses formes est variable (§ 10). Les moins bonnes sont celles de e^1 , dont les mesures, laborieusement obtenues, dépassent souvent 102° . Ces valeurs sont sans signification vis-à-vis des pointés, toujours voisins de 101° , réalisés sur les bons cristaux.

Les trois rhomboèdres sont communs sur nos stalactites; d^1 s'y reconnaît presque toujours. Les formes d^2 et a^1 sont rares; le rhomboèdre $e^7/5$, découvert par M. Abraham (§ 51), est exceptionnel.

§ 2. LES TUBES. — Les stalactites tubulaires sont mentionnées dans tous les traités de minéralogie. Elles ont un diamètre assez constant, déterminé par la grosseur d'une goutte d'eau, soit un peu plus de 5 millimètres. Celles qui dépassent ces dimensions ont subi un accroissement extérieur. L'épaisseur de la paroi est d'une fraction de millimètre; j'en ai mesuré qui avaient moins d'un dixième de millimètre. Leur longueur varie de quelques centimètres à 1 mètre, jusque 2 mètres. La plupart sont droites; exceptionnellement on en observe de courbes et de contournées. Leur mode de formation est facile à concevoir, aussi a-t-il été décrit exactement par plusieurs anciens minéralogistes. On ne saurait mieux en parler, de façon générale, que le fit Haiüy dans le passage suivant :

« L'eau qui s'infiltré dans les fissures... forme des gouttes qui restent suspendues un certain temps à la voûte. Elles éprouvent un desséchement qui commence par la surface extérieure, et les molécules pierreuses, dont le liquide se dessaisit, exerçant leur action les unes sur les autres et attirées en même temps par la paroi dont elles sont voisines, forment en cet endroit un tube initial ou une espèce de petit anneau. Ce rudiment de tube s'accroît et s'allonge par l'intermède des autres gouttes, qui arrivent à la suite de la première, en conduisant de nouvelles molécules que l'orifice du tube attire à son tour. Quelquefois ce tube conserve la forme d'un cylindre creux, de peu d'épaisseur et semblable à un tuyau de plume. Mais le plus souvent il grossit et s'enveloppe de couches concentriques, dont la matière est formée par le liquide qui descend le long de la surface extérieure. Il devient alors un cylindre épais ou un cône, et quelquefois les molécules charriées par les gouttes qui coulent aussi dans l'intérieur de son canal finissent par l'obstruer entièrement. »

Plus loin, le même auteur continue : « Ces concrétions tubulées présentent un fait curieux, qui consiste en ce qu'elles sont susceptibles d'être divisées parallèlement aux faces d'un rhomboïde semblable au primitif, dont l'axe se confondrait avec celui du tube. On est surpris de trouver le noyau d'une forme déterminable, caché sous celle d'une stalactite; et rien ne prouve mieux la puissance de la cristallisation que la formation de ces corps, moitié tubes par leur configuration, moitié rhomboïdes par leur structure, et dont les molécules, charriées par une eau qui descendait goutte à goutte, ont pris, en se réunissant, l'empreinte des mêmes lois auxquelles obéissent celles qui sont tenues en dissolution dans un liquide tranquille. Quelquefois, le tube est terminé inférieurement par un cristal proprement dit, dans lequel les lames composantes sont parallèles à celles dont ce tube est l'assemblage. Ce cristal prend, suivant les circonstances, différentes formes parmi lesquelles j'ai observé celles du rhomboïde inverse, du contrastant et de la variété moyenne (pp. 90 et 364) ».

Une description cristallographique plus concise, mais plus moderne, est donnée par les lignes que M. Cesàro consacre précisément à la calcite fistulaire de Tilff, dans un de ses savants travaux sur les minéraux belges :

« L'orientation est la même que celle d'un cylindre creusé dans un cristal de calcite avec son axe parallèle à l'axe ternaire. C'est un vrai cristal creux limité par une surface cylindrique... Ici il ne s'agit plus évidemment de faces à caractéristiques simples : la surface cylindrique résulte de l'ensemble d'une série de faces de la forme $h10$ [donc prismatiques], h étant quelconque ou variant très lentement. La surface, cependant, n'est pas quelconque, mais accuse la cristallinité par de nombreuses stries parallèles aux intersections des clivages avec le cylindre; l'arrangement est ternaire autour de l'axe vertical » (p. 94).

Il sera question de ces stries au § 4.

§ 3. — Les tubes sont assimilables à des empilements de rhomboédres e^1 , avec diverses facettes modifiantes. Ils n'ont pas tous l'axe cristallographique principal cc confondu avec l'axe de l'empilement, comme dans le premier schéma ci-contre (fig. 2). On trouvera, par la suite, des exemples d'inclinaisons telles que celle du deuxième schéma, où les rhomboédres se pénètrent parallèlement à une face (fig. 3), et d'autres encore (fig. 39).

Dans le deuxième empilement, deux faces opposées e^3 deviennent verticales et l'axe principal s'incline de $14^\circ 13'$ sur l'axe de la pile. Lorsque cette condition est sensiblement réalisée, les faces brillantes e^3 forment

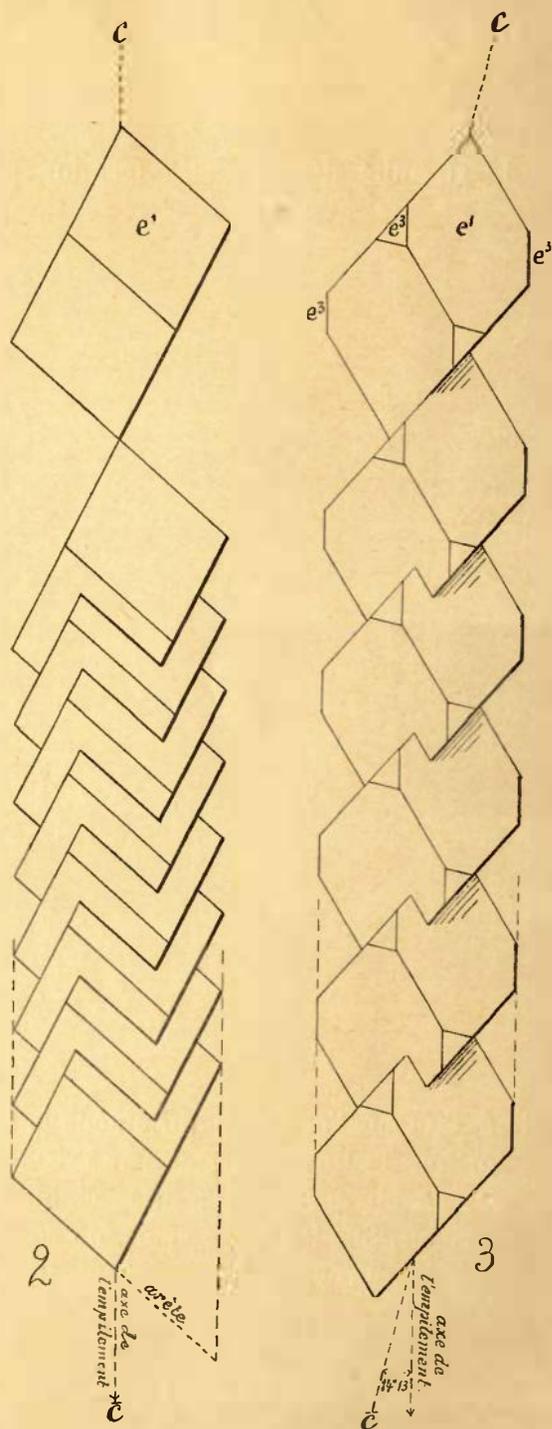


FIG. 2 et 3.

Projections orthogonales sur une face de d^1 .

des troncatures presque continues tout le long de l'échantillon. Quand ces facettes sont légèrement inclinées, elles apparaissent sur les nodosités isolées de la pièce ou contribuent, avec d'autres, à constituer une infinité de pointements microscopiques, qui recouvrent la stalactite d'un moiré scintillant. La forme *p* se présente fréquemment dans ces conditions; de très bonnes mesures sont ainsi rendues possibles.

L'extrémité des tubes se termine par de fines dentelures, plus rarement

par de grandes indentations, à faces plus ou moins parallèles, simulant un petit trépan. La forme de la terminaison ne varie pas d'une façon sensible durant l'allongement de la stalactite, ainsi que l'indiquent les cicatrices annulaires qui se suivent sur toute leur longueur (fig. 4). On compte jusque 15 à 25 de ces marques circulaires par centimètre sur certains échantillons; elles indiquent autant de variations dans la marche de l'accroissement. Un grossissement suffisant établit que les éléments allongés, constituant les anneaux, sont en creux (fig. 4e), tandis que les parties intermédiaires, lisses, sont en relief.

Pour beaucoup de tubes, le vide central est excentrique (fig. 4a). La génératrice la plus mince aboutit, à l'extrémité, à une échancrure accusée, qui correspond à un joint courant tout le long de l'échantillon. C'est que celui-ci n'est pas simple. Il est d'ordinaire composé de deux empilements, légèrement

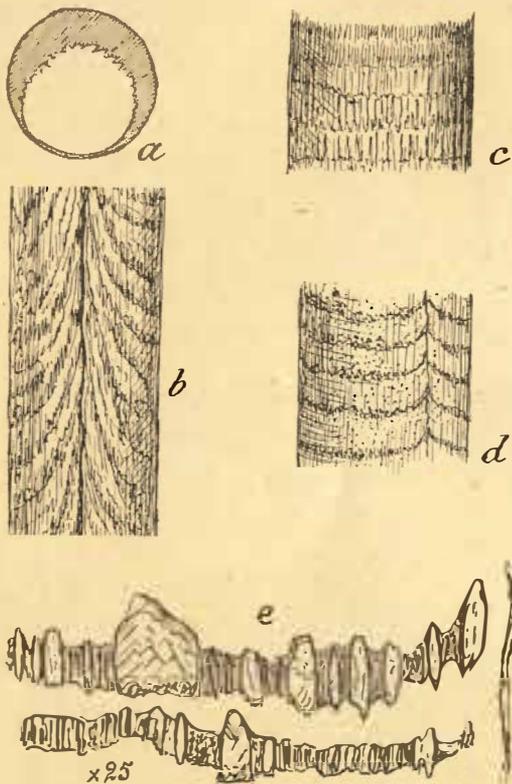


FIG. 4.

inclinés l'un sur l'autre, ce qui amène la formation d'un double pointement terminal, lorsque le tube se ferme par cristallisation. De là aussi l'angle rentrant des cassures de clivage; les mesures établissent qu'il est de quelques degrés, sans être constant. Sur les tubes épais, on constate que le joint est diamétral; il peut y en avoir plusieurs qui provoquent des cassures d'aspect variable, suivant que les individus constituant se prolongent plus ou moins loin le long du tube. A titre d'exemple, je citerai les mesures prises sur un gros tube dont le joint diamétral avait facilité la végétation de nombreuses excroissances latérales. A un bout, deux faces de clivage, inclinées en rentrant, faisaient un angle de $18^{\circ}34'$; 4 centimètres plus loin, l'angle avait $18^{\circ}48'$. Généralement, l'inclinaison est plus faible.

Sur le croquis ci-contre (fig. 5), représentant sous une amplification de quatorze fois une terminaison de tube avec deux échancrures et de nombreuses facettes, se trouve aussi la projection, sur une face antérieure du prisme e^2 , des deux individus constitutifs, supposés normalement développés et parallèles.

Je ne puis rappeler qu'en passant l'existence d'une suture longitudinale sur les cônes de glace, signalée par M. Futterer. La glace est également rhomboédrique. Il y aurait lieu d'étudier l'origine de cette similitude.

Ces délicats cristaux tubulaires acquièrent des longueurs de 1 et de 2 mètres; nous verrons que malgré leur minceur et la fragilité de la calcite, ils sont plus résistants qu'ils ne le paraissent. Leur poids ne dépasse pas 30 à 40 grammes par mètre, plus le poids d'une dizaine de centimètres cubes d'eau qui remplit ceux à large canal; ceux dont l'enveloppe est mince ne pèsent guère que 25 grammes.

Les causes amenant leur rupture, ainsi que les transformations que subissent leurs débris, seront examinées dans la suite.

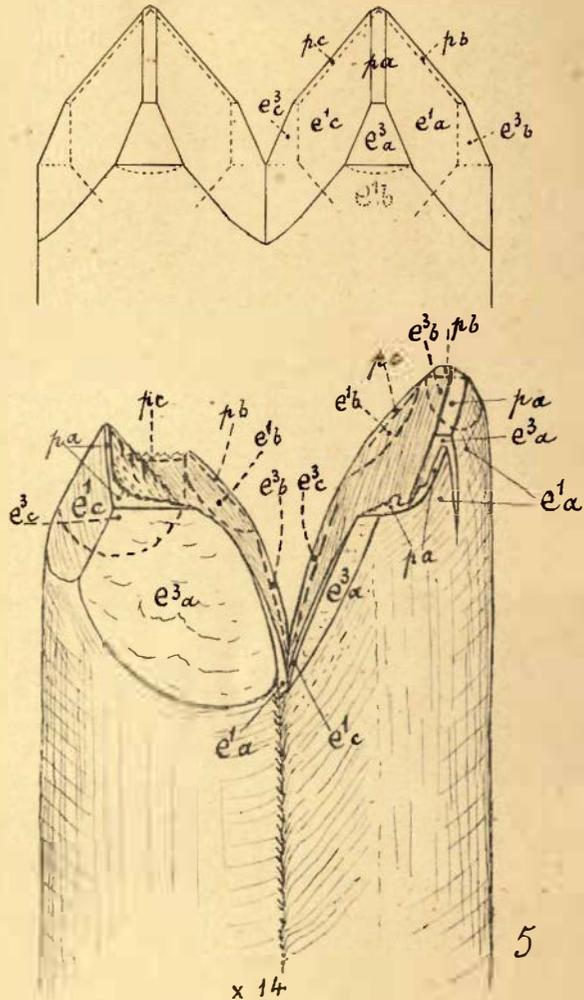


FIG. 5. — Projection orthogonale sur une face antérieure du prisme hexagonal e^2 .

§ 4. LES BAGUETTES. — J'ai donné ce nom à des tiges pleines, ou presque pleines, constituées encore par des empilements de rhomboèdres e^1 , dont la croissance est alimentée tantôt par un canalicule excentrique, tantôt par un ou plusieurs joints. Elles sont fréquemment en spath limpide et couvertes de stries et de rugosités cristallines. Leur diamètre est moindre que celui des tubes (au-dessous de 5 millimètres); leur longueur ne dépasse pas quelques décimètres au plus. L'une des formes peut passer à l'autre : le tube se continue par une baguette.

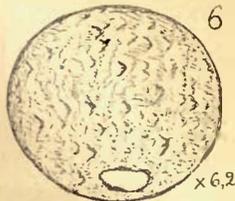


FIG. 6.

Dans la coupe fig. 6, le canal est assez large; les arrachements triangulaires, dont la surface est couverte, proviennent du polissage.

La figure 7 représente la terminaison d'une baguette simple avec tous ses détails; au-dessus se trouve la projection du cristal normalement développé. Ce pointement possède le scalénoèdre d^2 , qui manque habituellement. Par contre, il n'a qu'une indication des stries, qui sont si fréquentes.

Ces dernières correspondent aux six arêtes non culminantes du rhomboèdre p et se suivent sur des plats, plus ou moins développés, que je noterai d^1 . En effet, un bout d'une semblable tige, placé verticalement sur le goniomètre à cercle horizontal, renvoie des lueurs obliques permettant des lectures telles que les suivantes, pour un tour entier de la pièce (fig. 8) :

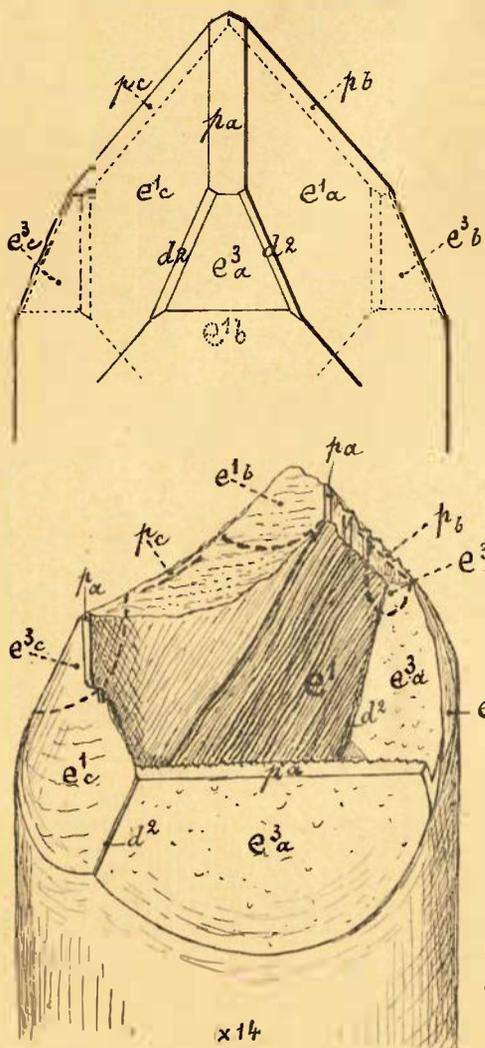


FIG. 7.

Projection sur une face antérieure du prisme hexagonal e^2 .

$$\begin{aligned} e^3 : e^3 &= 114^\circ 10' \text{ et } 65^\circ 50' \\ e^3 : d^2 &= 19^\circ 24' \\ e^1 : d^2 &= 37^\circ 41' \end{aligned}$$

Un fragment choisi, fixé sur l'instrument de façon que l'axe de la zone $e^1 d^2 e^3$ soit vertical, donne les mesures réunies dans la projection figure 9, dont le plan est perpendiculaire à cet axe. Les angles observés correspondent aux valeurs calculées ci-dessus.

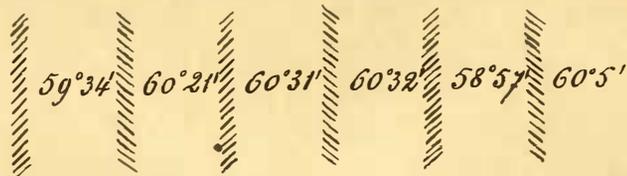


FIG. 8.

D'autres sont couvertes de pointements microscopiques, striées comme une lime dite queue de-rat, et laissent reconnaître, au goniomètre, la plupart des formes déjà énumérées.

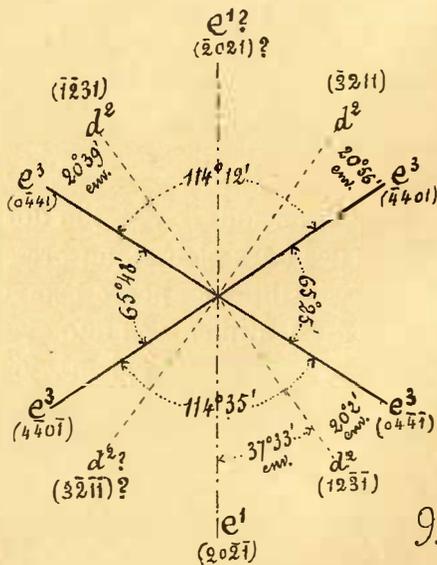
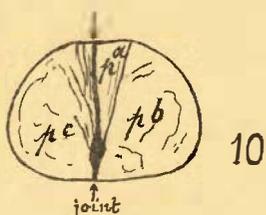


FIG. 9.

Projection sur un plan normal à l'axe de zone $e^1 d^2 e^3$, des angles normaux de ces faces.

Certaines baguettes présentent une extinction oblique; l'axe est alors incliné de $14^{\circ}13'$ environ sur l'axe de l'empilement, de façon à correspondre au schéma figure 3. Grâce à cette orientation et à celle qui est discutée au § 13, les faces e^3 forment des bandes polies le long de la pièce.

La plupart de ces tiges sont constituées par plusieurs individus cristallins, séparés par des joints non soudés, chaque cristal ayant une orientation plus ou moins différente de celle de son voisin. L'examen optique d'une section longitudinale apprend que les axes forment un angle de quelques degrés, qui n'est pas constant. Le manque de parallélisme se constate d'ailleurs directement sur les arêtes des pointements terminaux (fin § 23) et encore sur les plans de clivage. La section transversale d'un tronçon de baguette (fig. 10; $\times 5$) donne, par exemple, les mesures suivantes :



$$\begin{aligned} pa : pb &= 74^{\circ}46' && \text{calc. } 74^{\circ}55' \\ pb : pc &= 95^{\circ}15' \end{aligned}$$

FIG. 10.

Ces groupements expliquent la multiplicité des faces d^1 , à stries obliques, que l'on trouve sur certains de ces cylindres. Dans la figure 11, on a la projection sur un plan normal à l'axe, d'une cassure mettant en évidence la disposition des arêtes de clivage qu'il a été possible de réaliser sur les quatre individus associés (traits fins). Les joints, disposés en croix, (traits barbelés) sont rendus visibles. Les traces des plans striés d^1 sont reconnaissables par de légers aplatissements dans le contour (traits gras); les faces striées sont rabattues tout autour de la projection. Il y en a dix; un peu plus loin, il n'y en avait plus que sept.

Ces joints, souvent accompagnés d'un canalicule, changent ainsi de disposition le long de la pièce et, de même que les sutures des tubes proprement dits, permettent des suintements latéraux ainsi que l'amorce de bourgeons cristallins. Des ornements compliqués se greffent sur la stalactite en modifiant complètement son aspect.

Voyons la marche de ces transformations.

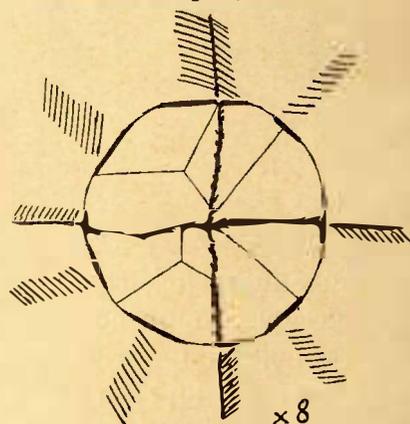


FIG. 11.

§ 5. L'OBSTRUCTION PARTIELLE DES STALACTITES TUBULAIRES. — Les complications auxquelles il vient d'être fait allusion se produisent volontiers lorsque la stalactite se bouche.

L'obstruction se fait par la cristallisation complète de son extrémité, ou encore

par l'accroissement de pointements internes. Un échantillon s'est montré clos par une mince membrane cristalline, permettant néanmoins le suintement du liquide par d'infimes interstices.

Plus curieuse est la façon dont se ferment les tubes dont une cause quelconque a amené la rupture. Le plan de clivage mis à nu s'entoure d'une collerette cristalline qui se contourne en se développant (fig. 12 à 16). D'autres s'agrémentent d'un petit pavillon dont l'ouverture est à angle droit sur le tube; le fond est fermé, mais l'alimentation se fait encore au travers du bouchon ou par une petite ouverture latérale (en noir), à la façon des sels grimpants (fig. 15 et 16).

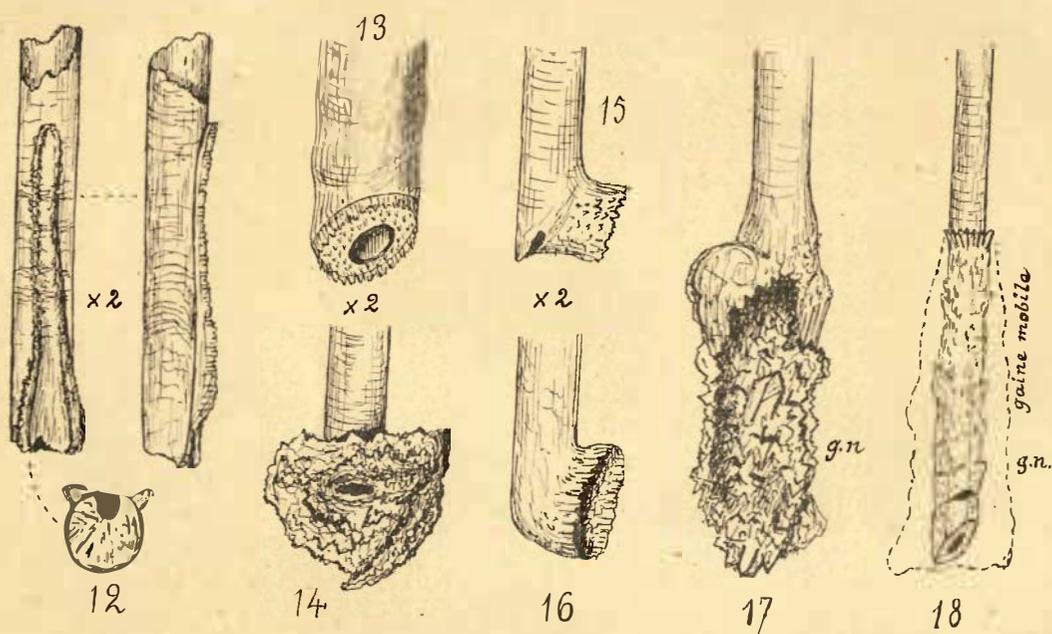


FIG. 12 à 18.

Le point de départ de ces évâsements est visible sur la figure 13, où la cassure, peu ancienne, commence seulement à se couvrir d'une multitude de pointements microscopiques. La cristallisation étant plus rapide tout autour du bord externe de la cassure, celui-ci se garnit de petites épines dont la croissance l'emporte sur celle des pointements situés plus au centre.

Certaines agglomérations prennent un développement considérable et constituent des géodes recroquevillées pleines de petits cristaux bien terminés, orientés au hasard (fig. 17).

Mentionnons encore le singulier mode d'occlusion dans lequel la stalactite se bouche imparfaitement par un de ces pompons de calcite cristalline d'où sort un nouveau tube. D'autres fois, la calcite grimpante part de cet amas pour remonter extérieurement le long du tube, sans se souder à lui, et constituer une gaine grossière, de quelques centimètres de hauteur, qu'on ne sait retirer bien qu'elle joue, attendu que les aspérités des deux parties s'y opposent. Lorsqu'on brise

cette enveloppe, on constate que le tube était cassé à son extrémité et que toute la partie engainée est comme corrodée, hérissée de pointements cristallins dirigés vers le haut; sa section est vaguement hexagonale (fig. 18; ouvertures en noir).

La même interprétation est applicable à tous ces cas. Il est clair qu'un trouble considérable est produit dans le lent développement du cristal tubulaire, au moment de sa rupture, par la brusque apparition d'une face de clivage *p*. La nature réalise ici l'expérience connue, dans laquelle on replace un cristal dans sa solution après l'avoir mutilé, ou muni artificiellement de faces autres que celles que la composition et l'état de son eau mère lui assignaient. Le guérissage s'accompagne alors de désordres marqués dans la cristallisation (rugosités, pointements multiples, etc.) qui, pour les stalactites, seront poussés à l'extrême, celles-ci ne plongeant pas même dans un bain.

§ 6. LES ERGOTS ET AUTRES ORNEMENTS DES STALACTITES. — Que la stalactite se ferme, que sa paroi mince arrive à céder, que l'excès de liquide chargé de carbonate de calcium vienne simplement perler par un joint, et un bourgeon latéral va naître à cette place. Sa croissance se fera capricieusement suivant que la capillarité, le suintement, l'orientation cristalline interviendront dans son développement. Quelle que soit sa forme, celle d'une simple saillie (coupe fig. 19), d'un renflement pédonculé (fig. 20), d'un fil, toujours on y trouve, au microscope, un capillaire, d'une ténuité extraordinaire, puisque son diamètre est parfois inférieur à $0^{\text{mm}}008$, par lequel le liquide nutritif alimente son extrémité.

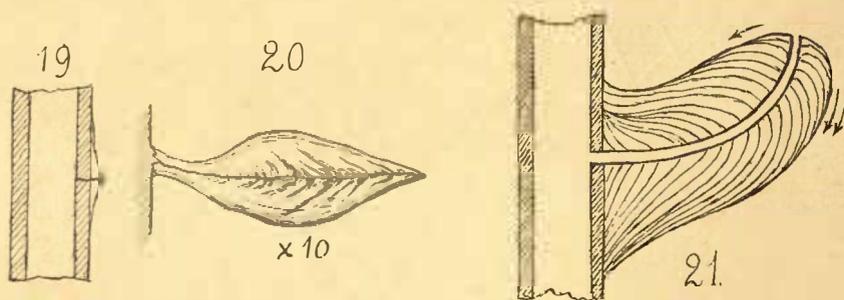


FIG. 19 à 21.

Des impuretés indéterminables viennent périodiquement se déposer sur le bourgeon et en accuser les enveloppes coniques ou ogivales disposées le sommet en avant (fig. 20). Ces couches laiteuses seront examinées dans un prochain paragraphe.

Lorsque le bourgeon est abondamment alimenté de solution calcique, il reçoit une large base et se développe en une sorte d'ergot ayant parfois la grosseur du doigt et sa longueur.

Ces ergots, greffés latéralement sur les tubes, s'accroissent en se dirigeant volontiers vers le haut, sous un angle de 45° ; pourtant, il n'en manque pas qui pointent horizontalement ou vers le bas. La même stalactite en possède qui ont

toutes les directions possibles; cependant les coupes prises dans l'ensemble des pièces montrent, par la disposition des couches d'accroissement, que chez tous ces appendices il y a retour en arrière d'une partie du liquide après sa sortie du capillaire. Dès lors, le débit du liquide incrustant doit régler, au moins partiellement, l'incurvation de l'ergot. En effet, si le dépôt se fait plus abondamment vers le bas, l'ouverture du capillaire se trouvera reportée vers le haut, ainsi que l'indique le schéma ci-dessus (coupé fig. 21) sur lequel la double flèche marque la région où le dépôt s'effectue avec le plus de rapidité.

Le phénomène est, en réalité, plus compliqué, car la stalactite est enduite d'une mince couche de solution, que l'ergot retient avec d'autant plus de facilité qu'il est couvert de rugosités cristallines, constituant une surface finement grenée, et que le tout est placé dans une atmosphère saturée d'humidité.

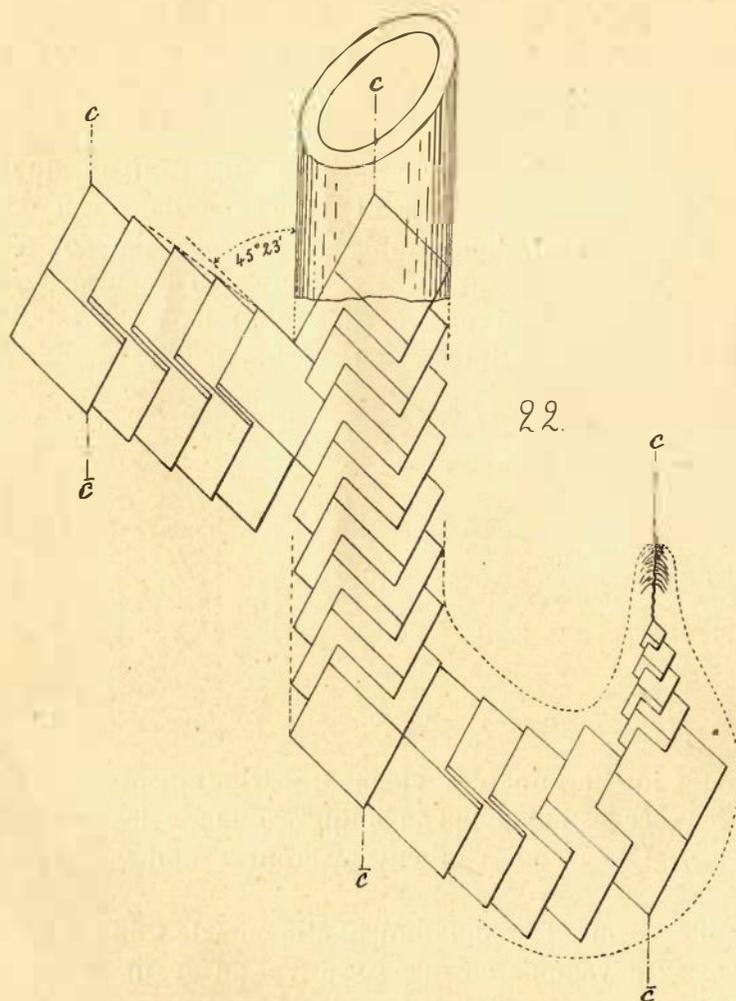


FIG. 22. — Projection orthogonale sur une face du prisme d' .

Enfin, l'examen des coupes établira que les ergots ont la même orientation cristalline que le tube qui les supporte; par conséquent, les molécules apportées à

leur extrémité doivent se grouper dans un certain ordre et tendre à édifier un cristal parallèle à celui qui constitue la stalactite. En d'autres termes, si l'ensemble était immergé dans un bain permettant le dépôt rapide de la calcite sur toute la pièce, celle-ci se compléterait en un cristal unique, englobant le tube et ses ornements.

Laissant de côté les facettes accessoires et ne considérant que le rhomboèdre e^1 , on aurait donc des empilements tels que ceux du schéma de la figure 22, où l'empilement vertical constitue le tube. A gauche, un ergot est figuré par un empilement oblique qui ferait un angle de $45^{\circ}23'$ avec le premier, si tous les rhomboèdres avaient suivi l'alignement donné par celui qui est à sa base. Mais, comme en conservant leur orientation, ils se sont déplacés vers le bas, l'angle de l'ergot sera plus ouvert que la valeur ci-dessus; il pourra atteindre et dépasser 90° , comme le fait comprendre la partie inférieure du schéma.

La cristallisation s'effectuant ici par simple humectation et non en plein liquide, les ergots ont, comme les tubes, des surfaces courbes, presque lisses, tout au plus moirées par des milliers de pointements microscopiques, parallèlement

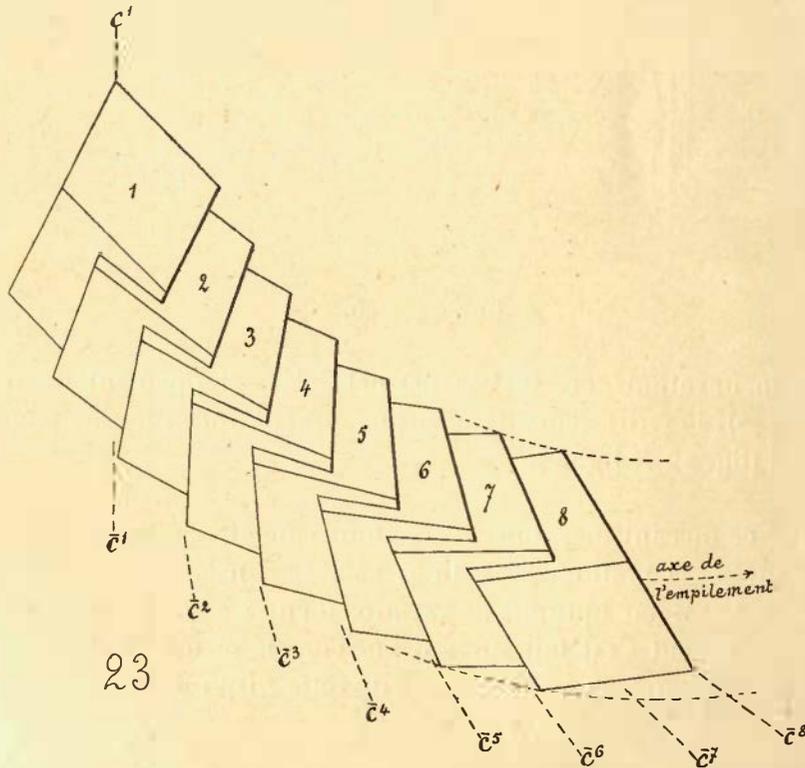


FIG. 23. — Empilement courbe de rhomboèdres e^1 , en projection orthogonale sur une face du prisme d^1 .

orientés. Toutefois, l'excédent du liquide, en s'accumulant à la partie inférieure des appendices, est susceptible d'y alimenter des cristaux nets.

Il y a lutte entre le suintement et la cristallisation. La disposition réalisant les

meilleures conditions d'équilibre est celle où l'ergot se trouve incurvé vers le haut, ou vers le bas, jusqu'à la verticale. Les rhomboédres élémentaires suivent ces mouvements par des déplacements parallèles analogues à ceux qui viennent d'être

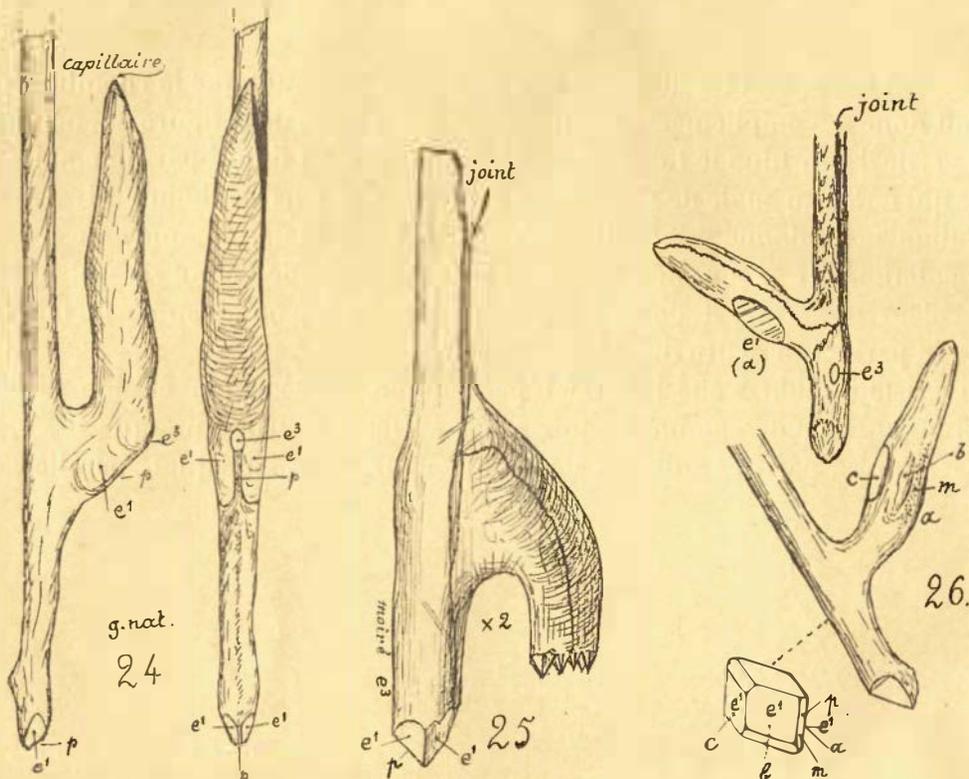


FIG. 24 à 26.

schématisés. L'incurvation vers le bas permet le développement de pointements terminaux (fig. 25); le redressement supprime, au contraire, toute apparence extérieure de cristal (fig. 22 et fig. 24).

§ 7. — Par ce mécanisme, tous les contournements sont possibles, sans qu'il y ait changement d'orientation cristalline; cela se constate sur tous les échantillons. Cependant, l'examen optique de certains d'entre eux, à courbure régulière, établit que l'empilement s'est fait suivant une courbe et même suivant une partie de spire. Le schéma figure 23 rend compte de cette disposition. Ces pièces ont un clivage à courbure marquée.

§ 8. — Ces explications seront confirmées par l'examen de quelques échantillons que je choisis parmi les plus petits et les plus simples. Ils sont représentés par les dessins ci-dessus, qu'il suffira d'accompagner de peu de mots.

La pièce reproduite figure 24, en grandeur naturelle, qui se trouvait au bout d'un tube assez long, porte à son extrémité les faces e^1 et p . L'ergot, très épais,

puisqu'il reçoit d'abord le liquide incrustant amené par le tube, s'insère sur celui-ci vers le haut, sous un angle de 45° environ, puis devient brusquement vertical. L'empilement de e^1 se marque, par des courbes successives, à la racine de l'ergot; p est représenté par un moiré scintillant; e^3 apparaît au coude sous forme d'un petit ovale très brillant. La mesure donne :

$$\text{moiré } p : e^3 = 30^{\circ}55' \quad \text{calc. } 31^{\circ}10'$$

La partie remontante, cylindro-conique, est couverte d'un moiré cristallin.

Les stalactites de ce genre, plus courtes, remontent ainsi jusqu'au plafond de la grotte, où leur ergot se soude près du point d'attache du tube.

Le spécimen figure 25, représenté au double, montre, au contraire, le déploiement vers le bas d'un ergot fixé à une baguette. Le pointement terminal de cette dernière comprend e^1 , avec une troncature p , faisant suite à un moiré e^3 visible sur une génératrice du cylindre. Cette zone et l'angle culminant de e^1 , donnent :

$$\begin{array}{ll} \text{moiré } e^3 : p = 31^{\circ}12' & \text{calc. } 31^{\circ}10' \\ p : e^1 = 108^{\circ}18' \text{ (sur } a^1) & 107^{\circ}44' \\ e^1 : e^1 = 101^{\circ}34' & 101^{\circ} 9' \end{array}$$

L'extrémité de l'ergot ne possède que e^1 , en pointements multiples, orientés parallèlement à la terminaison de la baguette.

L'échantillon figure 26, dessiné au double, est intéressant par la façon irrégulière dont l'éperon est fixé à la petite baguette. Celle-ci se termine par un pointement e^1 , p , qui ne permet de mesurer qu'avec peine :

$$\begin{array}{ll} e^1 : e^1 = 101^{\circ}40' & \text{calc. } 101^{\circ} 9' \\ e^1 : p = 50^{\circ}50' \text{ env.} & 50^{\circ}35' \end{array}$$

Pourtant on voit un bel ovale e^3 sur la baguette. Les faces et indications de faces, que l'ergot présente jusque sur la partie habituellement arrondie, fournissent au contraire de bonnes mesures; elles ont le résultat ci-après (moyennes). La face p est représentée par un moiré brillant (m); un petit rhomboèdre indique l'orientation générale.

$$\begin{array}{ll} a : b = e^1 : e^1 = 101^{\circ}16' & \text{calc. } 101^{\circ} 9' \\ a : m = e^1 : p = 50^{\circ}38' & 50^{\circ}35' \\ b : c = e^1 : e^1 = 78^{\circ}34' \text{ (sur } d^1) & 78^{\circ}51' \end{array}$$

Baguette et éperon ont la même orientation.

§ 9. — Ces exemples suffisent à établir, de façon générale, le mode de croissance de nos stalactites. Il est cependant utile de compléter les renseignements qu'ils fournissent, par un coup d'œil jeté sur quelques coupes prises dans des pièces analogues à celles qui viennent d'être décrites. Ces préparations sont surtout intéressantes lorsqu'on les taille dans des échantillons ayant des couches laiteuses

d'accroissement bien marquées et après infiltration d'encre de Chine dans le tube et le capillaire.

On obtient ainsi des sections telles que celles qui se suivent de figure 27 à figure 30, où elles sont dessinées en grandeur naturelle. L'orientation commune du tube et de l'éperon est rendue évidente par l'extinction simultanée de toute la coupe vue en lumière polarisée.

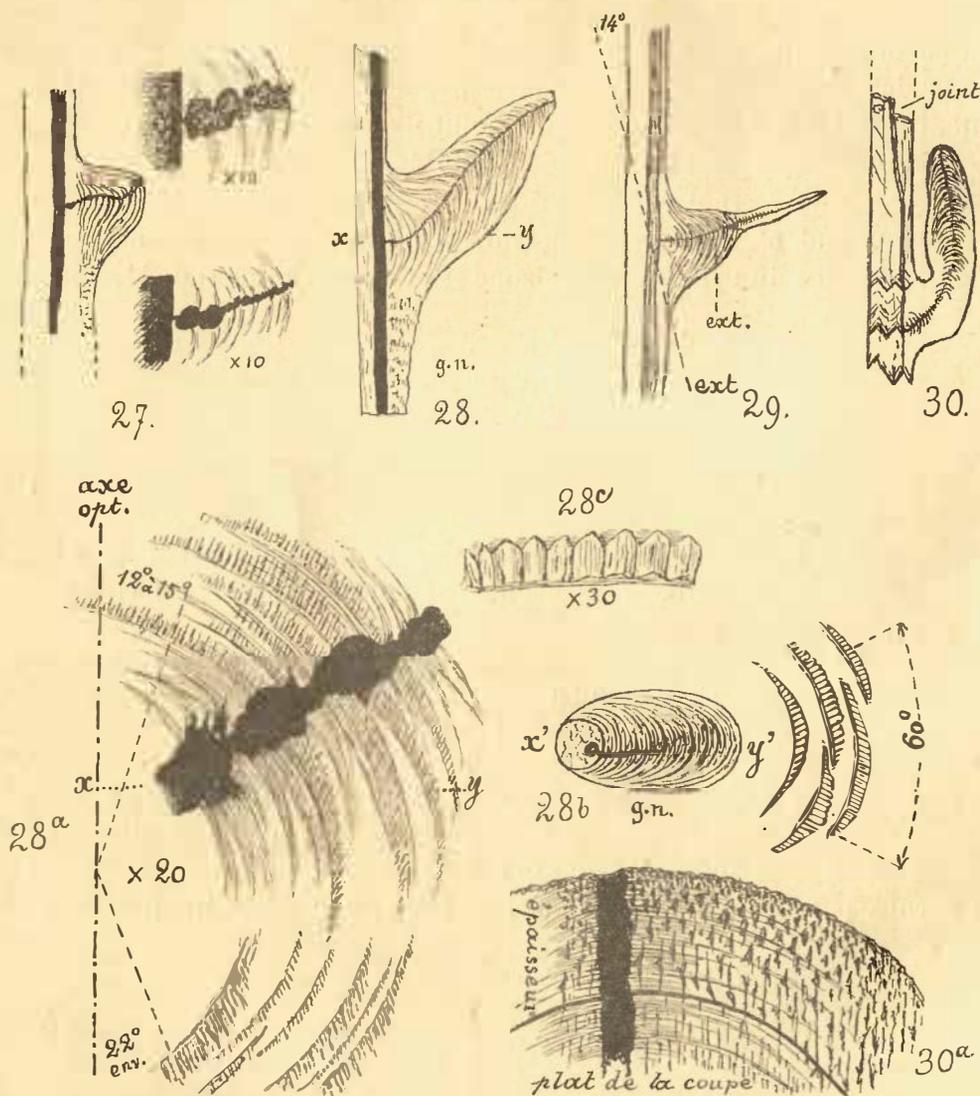


FIG. 27 à 30.

On remarquera l'obliquité de l'extinction sur l'axe du tube dans la figure 29, qui est à comparer au schéma figure 3; à la base de la proéminence est intercalé un secteur d'orientation habituelle.

Des croquis accessoires indiquent, par des agrandissements, la façon dont le capillaire se soude au canal du tube et les renflements qu'il possède (près de figure 27).

Les couches laiteuses ont, en lumière transmise, une teinte brunâtre. En lumière polarisée, le pléochroïsme (pseudopléochroïsme) est intense avec, en général, une absorption plus marquée, lorsque l'axe optique est perpendiculaire au plan vibratoire du nicol. Ces particularités rappellent celles d'un milieu trouble, tel que l'opale par exemple; c'est aussi la comparaison faite par Schröder van der Kolk, qui a observé le même phénomène sur une calcite de Célèbes. Il est probablement causé par d'infinitésimales inclusions gazeuses ou liquides; on le retrouve encore dans le calcaire fibreux des fossiles et des valves des mollusques.

Les agrandissements plus considérables, tels que celui de la figure 28a font ressortir les renflements successifs du capillaire rempli d'encre de Chine, les courtes ramifications, bientôt fermées, qui en partent, ainsi que les couches laiteuses auxquelles il a donné naissance.

Beaucoup de ces couches ont une structure fibreuse qu'un fort grossissement montre constituée d'infimes canalicules, qui se sont maintenus entre les cristaux élémentaires composant la masse; certains contiennent un gaz; d'autres un liquide avec bulle. Sur le croquis figure 28a, j'ai indiqué par des chiffres la façon dont la fibrosité change de direction à faible distance, ce qui ne permet guère d'interpréter les mesures.

Dans les coupes verticales épaisses, prises un peu hors du plan de symétrie de la pièce, comme l'est figure 30 par exemple, un segment de l'extrémité hémisphérique de l'ergot est vu en perspective (fig. 30a). On y voit la surface couverte de rugosités cristallines, dont les joints, parallèles, affectent des formes de plus en plus allongées, au fur et à mesure que les axes de ces petits cristaux élémentaires deviennent tangents à l'hémisphère terminal. Le plan de coupe montre la section de ces joints sous les apparences de petits tirets parallèles.

Les zones à coloration d'intensité variable, toujours fortement marquées près du capillaire (fig. 28a), ont vraisemblablement la même structure en plus fin encore; la rapidité variable avec laquelle la solution, préservée jusque-là du contact de l'air, cristallise et laisse échapper l'acide carbonique qu'elle contient, explique peut-être l'origine de ces couches.

Les pointements des individus élémentaires ne sont pas reconnaissables sur les coupes verticales que nous étudions en ce moment (fig. 28a et 30a); leurs contours doivent mieux se marquer en coupe horizontale, puisque les inclusions linéaires les soulignent. Voyons donc une section ainsi réalisée, telle que $x y$ figure 28 et figure 28a. Elle a un contour ovale (fig. 28b), englobant la section circulaire d'une baguette, à lumière très étroite, de laquelle part le capillaire; comme il se relève vers le haut, il disparaît bientôt de la coupe. La fibrosité des couches d'accroissement est marquée. A l'avant (en y'), deux directions voisinent et font un angle de 60° environ, qui s'ouvre vers les côtés, jusqu'au delà de 90° . Les individus élémentaires de certaines couches sont nettement visibles; leurs plans séparatifs (faces?) restent parallèles entre eux, malgré la courbure de la strate à laquelle ils appartiennent (fig. 28c).

Il est encore question de cette structure aux §§ 17 et 49.

§ 10. — Les diverses formes cristallines, dont les faces constituent ces singuliers cristaux, s'adaptent différemment aux conditions anormales auxquelles elles sont obligées de se plier.

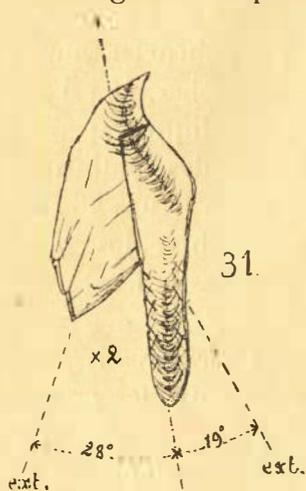


FIG. 31.

Il en est de même de e^3 . Mais cette forme est surtout remarquable par l'éclat extraordinaire de ses faces et la persistance avec laquelle celles-ci apparaissent sur les parties des stalactites les moins favorables à la croissance de cristaux. La partie supérieure des ergots, les nodosités des stalactites, l'extrémité des fils, tous points où l'apport de liquide se fait mal, sont couverts de sortes de courbes de niveau, qui circonscrivent de petits plans ovales, d'un poli parfait, représentant les faces de e^3 . Le long de certaines haguettes, une bande onduleuse, plus brillante, indique sa présence (§ 13). Bien des dessins renseignent ces particularités (par exemple fig. 24, 26, 37, 39, 60, 110).

§ 11. — Si le suintement ne sait contrecarrer l'orientation cristalline, il conserve cependant une certaine indépendance. Le petit échantillon détaché d'une paroi rocheuse et représenté figure 31 en fournit la preuve. C'est un bourgeon assez volumineux, associé à un rhomboèdre e^1 , que j'ai sectionné suivant le plan de symétrie de l'ensemble. Les deux parties constituantes sont différemment orientées, ainsi qu'on le constate par les directions des extinctions, le joint qui les unit forme un angle vif, presque droit. Pourtant les couches laiteuses d'accroissement, guidées par un capillaire très fin, se continuent, sans déviation, d'un cristal dans l'autre.

La même superposition des deux structures se retrouve chez les stalactites épaissies et les cloisons des bassins de cristallisation (§§ 17 et 49).

Quoique le rhomboèdre e^1 prenne facilement naissance et se rencontre encore à l'état de nodosité reconnaissable sur des échantillons où sa croissance ne saurait être que fort précaire, il ne fournit que rarement de bons cristaux lorsqu'il est placé dans de meilleures conditions. Ses faces sont ternes, courbes, marquées de stries d'accroissement. J'en ai mesuré un grand nombre et choisi les meilleurs sur place, sans en trouver plus de trois ou quatre qui fussent assez nets pour fournir des valeurs voisines de celles que le calcul assigne à cette forme.

Le primitif p , qui apparaît assez souvent, donne de très bonnes mesures, même lorsque ses faces ne sont qu'indiquées par une rugosité cristalline, constituée par une foule de plans microscopiques, à orientation parallèle.

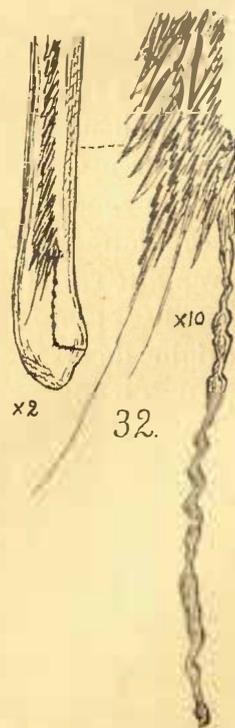


FIG. 32.

§ 12 — Les baguettes courtes, dont le canal est de section très réduite, sont sujettes à s'obstruer à leur extrémité, la cristallisation y étant particulièrement active. Elles acquièrent aussi un ergot terminal, qui s'amorce d'une façon particulière, mise en évidence par les coupes longitudinales. On y voit le canal, le joint plutôt, s'effiloche, en quelque sorte, en un faisceau de canalicules plus fins, dont un seul se maintient ouvert (fig. 32). Sa disposition en zigzag, avec renflements, établit que son parcours est influencé par la cristallisation, qui tend à supprimer complètement ce vide intérieur. Il s'allonge de plus en plus, jusqu'au moment où, déviant latéralement, il donne naissance à un bourgeon dont les stades de progression sont représentés fig. 33 et 34.

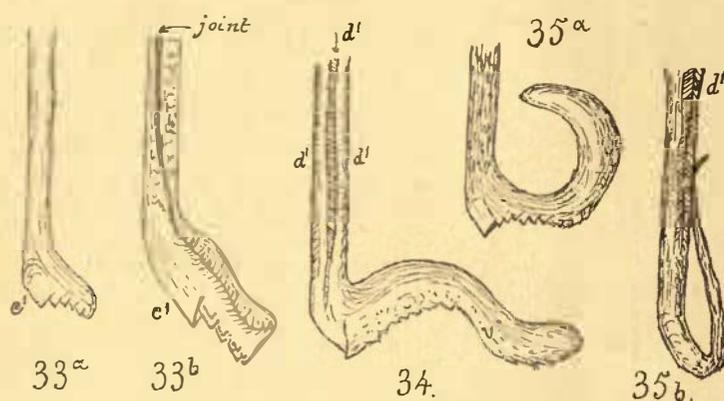


FIG. 33 à 35.

L'ergot, définitivement constitué, s'allonge capricieusement, tandis que des rhomboédres e^1 se succèdent à sa partie inférieure. D'autres fois, il se courbe en demi-cercle et, s'il est resté grêle, il lui arrive de se souder à nouveau à la baguette dont il est issu (fig. 35a et 35b).

Le développement d'un ergot n'entrave pas toujours l'allongement de la baguette. Le joint plat, couvert de cannelures cristallines, se déplace sans cesse, de façon à décrire un trajet en hélice irrégulière, allongée, dans le cristal cylindrique. Le capillaire naît à un moment donné dans ce joint, et comme le bourgeon qu'il alimente est, au début, si minime qu'il ne saurait y avoir obstruction complète de la fissure, celle-ci se maintient : une partie du liquide nutritif passe dans le bourgeon, tandis que le reste continue à alimenter les pointements terminaux (fig. 36). La baguette se prolonge donc vers le bas, malgré cette dérivation latérale.

L'échantillon fig. 37 nous montre les deux parties se développant indépendamment l'une de l'autre et le bourgeon prenant déjà la direction remontante. Il possède une facette e^3_a parallèle à l'une de celles de la terminaison de la baguette. Celle-ci présente e^1 , e^3 , p , disposés conformément aux croquis. Le joint canaliculaire aboutit au fond d'une trémie de la face e^1 , près de lamelles empilées : tous détails confirmatifs d'un accroissement lent et difficile (fig. 37a).

La figure 38 ne donne que la silhouette d'une stalactite plus évoluée, pour faire ressortir la disposition du joint et du capillaire.

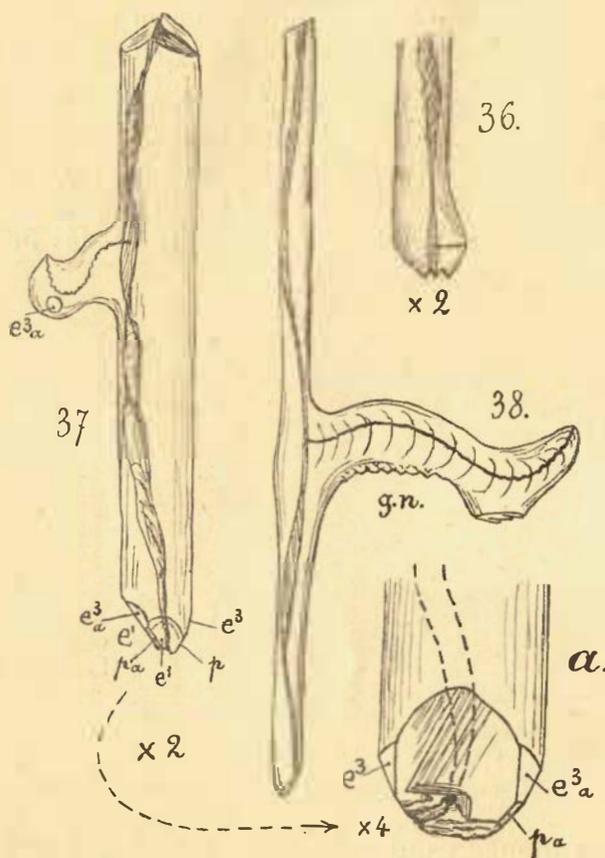


FIG. 36 à 38.

Les ergots peuvent donc naître dans le cours de la croissance de la stalactite, sans lui causer d'autre préjudice immédiat que de la priver d'une partie de la matière cristallisable.

§ 13. ÉPAISSISSEMENT DES FORMES PRÉCÉDENTES, AVEC MAINTIEN DE L'ORIENTATION CRISTALLINE PRIMITIVE. — Lorsque les tubes courts et les baguettes se ferment complètement, ils peuvent être soumis au ruissellement externe, ce qui les transforme en tiges coniques, à section ovale, couvertes de bourrelets, dont chacun porte un plan e^3 très pur. L'extrémité possède un pointement net indiquant parfois, de façon précise, l'inclinaison de l'axe cristallographique sur l'axe de la pièce.

L'empilement du croquis fig. 39 est orienté de telle manière que quatre des faces de e^3 et deux opposées de e^1 soient sensiblement verticales, ce qui

incline l'axe optique de 27° environ ($26^\circ 53'$) et une arête culminante de e^1 de 108° environ ($107^\circ 44'$) sur l'axe de l'échantillon. Les faces e^3 , qui jouent un rôle très actif dans ces cristallisations, tendent alors à se joindre d'une nodosité à l'autre, en constituant de longues troncatures, qui atteignent plusieurs centimètres. En même temps, l'ovale de section s'allonge suivant le grand axe passant précisément entre les bourrelets e^3 , de sorte que la stalactite s'aplatit. Dans un échantillon ayant la section fig. 39a, le rapport des axes est 1 : 1,6 (agrandissement des deux figures : 4 fois).

Une stalactite de ce genre mérite une mention spéciale, parce qu'elle laisse apparaître, par transparence, dans sa moitié supérieure, la silhouette d'un bout de tube de 5 centimètres, actuellement tout à fait rempli, et, dans sa partie inférieure pleine, des zones d'accroissement opalines, bleues, visibles sous certaines incidences, qui montrent, par leur parallélisme, les terminaisons successives e^1 .

§ 14. — Toutes les pièces munies d'appendices, décrites dans les paragraphes précédents, sont grêles, la presque totalité de la solution qui débouche à l'extrémité

du capillaire étant employée à favoriser leur allongement. Lorsque le débit est plus abondant, ce qui arrive surtout pour les pièces dont le tube principal est bouché à son extrémité, l'ergot s'épaissit par mouillage extérieur, jusqu'au moment où l'attache, trop faible pour supporter ce poids grandissant et mal équilibré, vient à se rompre.

L'accident est surtout à prévoir pour des échantillons tels que celui de la figure 40. On y reconnaît l'ergot fortement développé (poids 20 gr.) et poussant de telle manière qu'il tend à courber, donc à briser, la petite baguette à laquelle il est fixé. Les phases successives d'accroissement sont visibles sur cette pièce, qui présente aussi des facettes exceptionnelles, appartenant au scalénoèdre d^2 . En effet, les mesures renseignent :

$$\begin{aligned} e^3 : d^2 &= 19^\circ 30' \text{ env.} & \text{calc. } 19^\circ 24' \\ e^1 : d^2 &= 37^\circ 10' \text{ env.} & 37^\circ 41' \end{aligned}$$

D'autres stalactites tubulaires, qui augmentent de volume sans porte-à-faux, sont susceptibles de s'accroître pendant longtemps. Dans celle que représente la figure 41, le capillaire très court, difficile à voir, débouche sur un tubercule qui se continue en un cône hyalin, massif, terminé par e^1 , p , e^3 .

Remarquable est la présence de e^1 sur le renflement, à une place où on ne l'observe que rarement.

Un autre spécimen (fig. 42), bien plus volumineux puisque le débris représenté pèse près de 150 grammes, constitue un double cristal identique à ceux dont tant de tubes sont composés. Sur la cassure de clivage, on retrouve les deux individus inclinés de quelques degrés (mesuré 4° à 5°) l'un sur l'autre. Un moiré cristallin p scintille sur toute la pièce. Les bourrelets dont elle est couverte sont déplacés le long du plan séparatif des deux cristaux ; des facettes e^3 coupent les sommets des nodosités.

Il ne s'agit donc pas d'une recristallisation, mais d'une cristallisation primitive, à laquelle se rattache aussi la formation des bourrelets déjà observés sur une pièce précédente (fig. 39). Ces derniers ne sauraient avoir pour origine un glissement, un tassement de couches glaireuses de carbonate de calcium, ainsi que l'admettait Senft (§ 1).

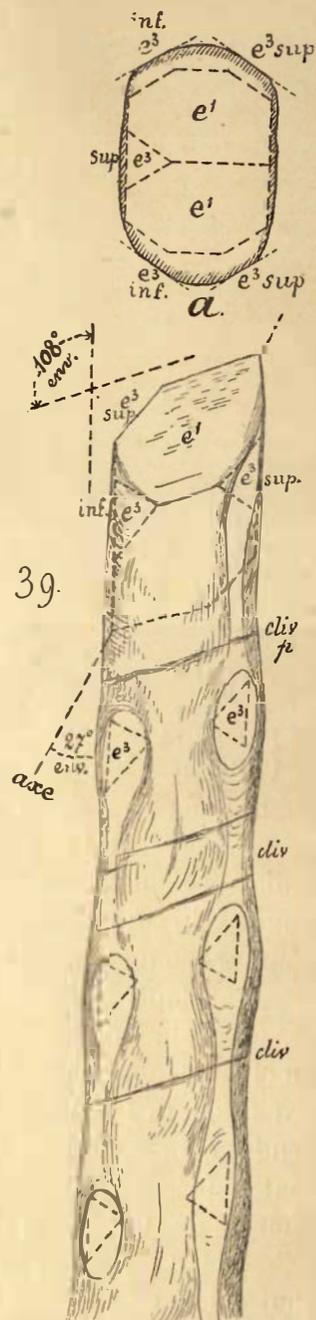


FIG. 39.

L'alimentation de cette masse se faisait par des joints et un capillaire contourné, visibles près de l'attache de l'échantillon à un tube épais.

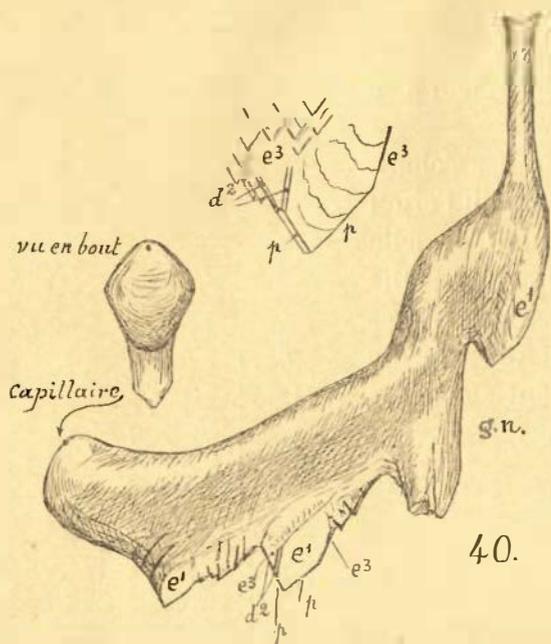


FIG. 40.

Je dois cette pièce instructive à M. le D^r J. Bommer.

Les capillaires de plusieurs ergots concourent, d'ordinaire, à la formation d'un semblable amas terminal. Il est certain que c'est à eux seuls que revient la fonction de débiter la liqueur calcique circulant dans le tube et destinée à les empâter à leur base, car les surépaisseurs n'apparaissent que dans leur voisinage. Les tubes et les baguettes auxquels ils sont fixés gardent leur diamètre initial au-dessus des épaissements (fig. 43a b c; dans l'échantillon c, le tube est oblique).

§ 15. — Tant que les capillaires restent libres, la masse augmente de volume; finalement, elle acquiert un poids

de plusieurs centaines de grammes, d'où rupture possible de l'attache à laquelle elle était suspendue. Les débris, qui gisent dans les recoins non visités des grottes, témoignent de ces accidents. On y voit encore pendre des terminaisons coniques dont la grosseur est hors de proportion avec la fragilité du support; aussi suffit-il du moindre attouchement pour provoquer leur chute.

Pourtant, il ne faudrait pas s'exagérer la fragilité de ces tubes de calcite. Autant ils sont sensibles à la flexion, au choc surtout, autant ils se montrent rebelles à la cassure par traction. Les essais que j'ai entrepris dans le but de me rendre compte de leur résistance ont eu des résultats assez inattendus. Je les résume ci-après, en mentionnant les charges de rupture en chiffres ronds.

1° Un fragment de baguette laiteuse, saine, à lumière tout à fait excentrique et irrégulière, ayant les dimensions suivantes :

Longueur	65 ^{mm} 0
Diamètre externe .	4 ^{mm} 6
Diamètre de la lumière .	1 ^{mm} 5 environ.

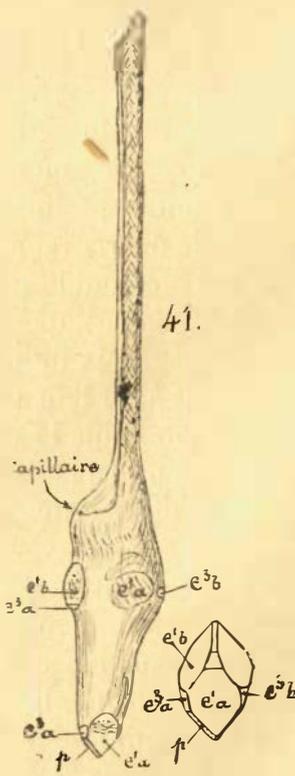


FIG. 41.

fut entouré, aux extrémités, de larges bagues de papier, collées de façon à ne laisser libre qu'une partie de 21 millimètres au milieu. Deux attelles en liège, bien serrées, complétaient le dispositif et permettaient de suspendre l'éprouvette, garnie à son autre extrémité d'un plateau où l'on coulait de la grenaille de plomb. La rupture n'eut lieu que sous une charge de 2918 grammes; elle se produisit dans l'intérieur de l'attelle supérieure, à un endroit où la lumière était un peu élargie.

2° Le deuxième essai a été fait avec le même dispositif, sur un tube cristallin, à lumière peu excentrique, tressaillé de plans de clivage naturels, dont plusieurs étaient l'origine de petites épines avec capillaire. Dimensions :

Longueur	170 ^{mm} 0
Diamètre externe .	5 ^{mm} 7
Diamètre de la lumière .	3 ^{mm} 5 environ.

Malgré ses nombreuses fêlures, ce tube résistait encore sous la charge considérable de 5 kilogrammes. La rupture eut lieu, sous la charge de 5156 grammes, à quatre places à la fois et un certain temps après que le poids ci-dessus eut été atteint.

3° Un débris de baguette a été essayé à la flexion, en l'encastrant dans les mêmes armatures de liège, de façon à laisser une partie libre de 10 millimètres. La grenaille tombait dans un plateau, suspendu à un bras de 50 millimètres de long fixé horizontalement à l'attache inférieure, la pièce étant maintenue verticale par l'armature supérieure. La baguette était saine, mais à lumière tout à fait excentrique. Dimensions :

Diamètre externe	4 ^{mm} 9
Diamètre de la lumière .	2 ^{mm} 3 environ.

La cassure se fit dans le milieu, sous un poids de 225 grammes.

4° Le quatrième essai fut disposé de même, en utilisant, cette fois, un tube mince, sans tressailures visibles, avec anneaux d'accroissement laiteux et lumière peu excentrique. Dimensions :

Diamètre externe .	5 ^{mm} 2
Diamètre de la lumière .	3 ^{mm} 9

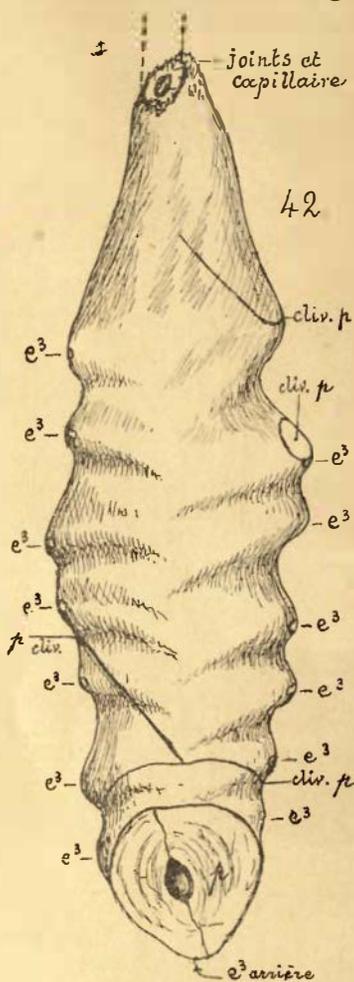


FIG. 42.

Sous la charge de 287 grammes la pièce résistait encore, mais un tramway venant à passer, des vibrations se transmirent au support et la rupture eut lieu près de l'attache inférieure.

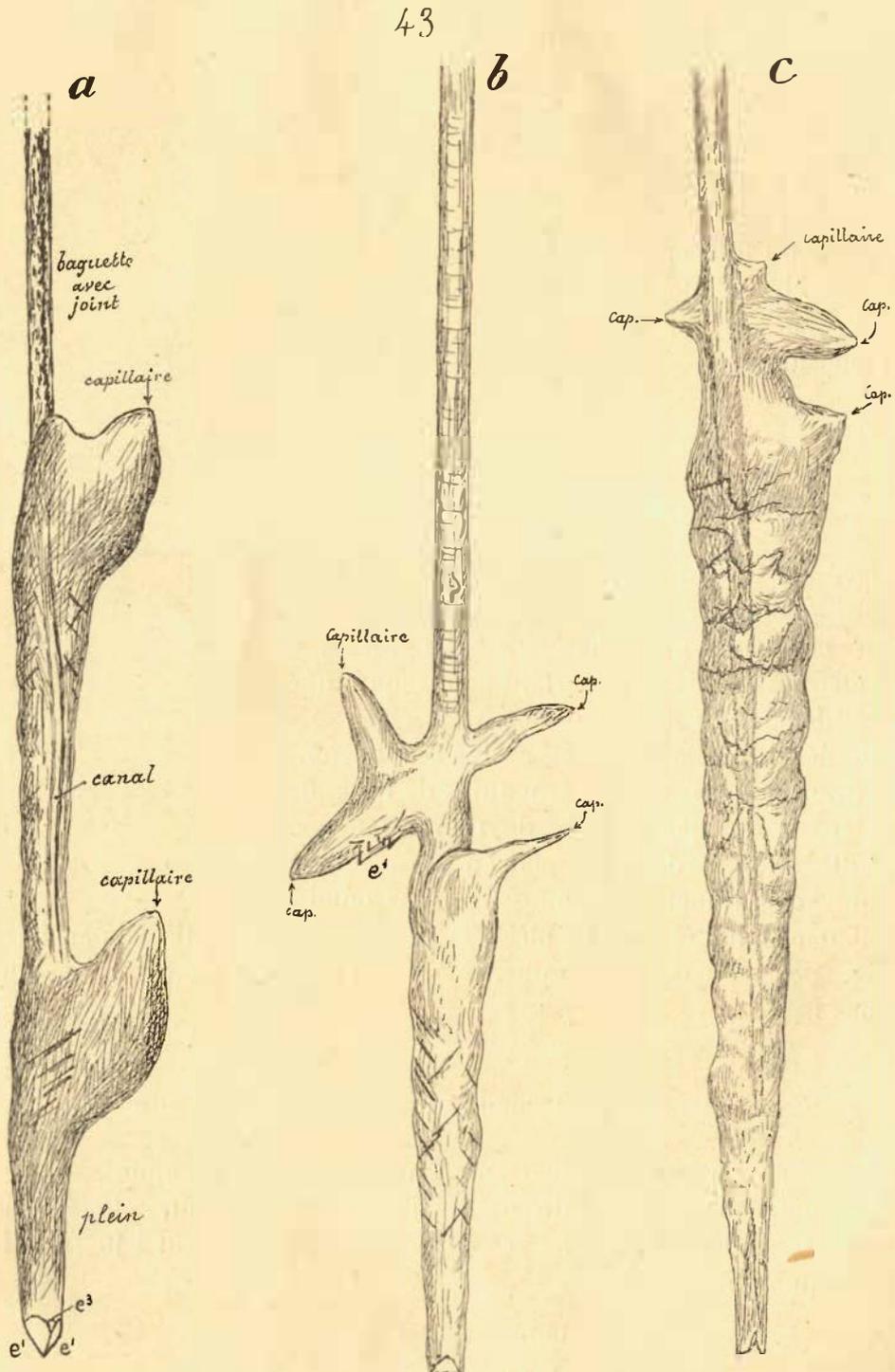


FIG. 43.

5° Une baguette transparente, mince, à canal étroit tout à fait excentrique, fut encastrée horizontalement entre des joues de liège; le plateau destiné à recevoir les plombs était attaché à une anse en gros fil ciré, embrassant la pièce à 50 millimètres de l'encastrement. Dimensions :

Diamètre externe.		4 ^{mm} 2
Diamètre de la lumière.		1 ^{mm} 6

La rupture se produisit sous la charge de 233 grammes.

Ces mesures, pour approximatives qu'elles soient, n'en établissent pas moins la grande résistance des tubes; cependant, les accidents auxquels il a été fait allusion sont assez fréquents, parce que, une fois tendues par un poids supplémentaire, les stalactites se rompent plus facilement sous l'influence d'un choc, d'une vibration (expérience 4), tels qu'il peut s'en produire dans les grottes par des éboulements, la chute de l'enduit de calcite séparé de la voûte par une couche pourrie, la brusque invasion de l'eau, etc. En outre, toutes ces cristallisations sont fort sensibles à la chaleur et à la sécheresse. Une fois sorties de leur gisement, elles se couvrent de fêlures de clivage; celles que l'on tient trop longtemps en main reçoivent de multiples gerçures.

Un exemple de rupture spontanée est donné par un échantillon épaissi, conique-allongé, analogue à fig. 43c, de section ovale (axes 1 : 1,55 sur les nœuds e³), en spath transparent. Au plan de rupture, qui est le clivage *p* plus près de l'horizontalité (fig. 39), la section est arrondie et le canal centré; les dimensions à cette place sont :

Diamètre externe.		7 ^{mm} 2 × 6 ^{mm} 4
Diamètre de la lumière.		3 ^{mm} 0

L'échantillon était donc susceptible de résister à une forte traction; ce n'est pas un effort de ce genre qui l'a brisé, car le tube supérieur, qui n'a que 5^{mm}4 de diamètre, n'a pas cédé.

La face de cassure est représentée fig. 13 et décrite au paragraphe correspondant.

Quant à la moindre résistance des baguettes, qu'indiquent les essais, elle s'explique, sans doute, par le fait qu'elles sont d'habitude composées de plusieurs pièces incomplètement soudées; dans celles qui sont simples, la disposition irrégulière du canal et leur faible diamètre interviennent également.

Les essais de flexion, répétés avec des tubes longs fourniraient vraisemblablement des valeurs différentes de celles que j'ai obtenues.

§ 16. REMPLISSAGE INTERNE DES TUBES ET DES BAGUETTES. — Il ne se fait que partiellement, dans la majorité des cas. Les tubes constitués par du spath limpide,

se couvrent intérieurement de couches successives, dont la concentricité s'accuse par quelques traces laiteuses; leur lumière prend une section triangulaire ou losange, mais se ferme rarement tout à fait, contrairement à ce qu'admettent certains auteurs. L'orientation cristalline reste conservée.

Lorsqu'il n'y a pas d'ergots, la circulation s'arrête dans les tubes fermés à l'extrémité inférieure et le remplissage ne peut se faire. Quand l'obstruction a lieu à l'attache, le résultat est le même, sauf que le tube perd son liquide. Il arrive aussi que des bouchons de calcite se forment à des niveaux différents et créent une inclusion liquide contenant une bulle gazeuse. Si l'on désire conserver un semblable échantillon, il est nécessaire de le vernir, afin d'empêcher l'évaporation par les fêlures des parois.

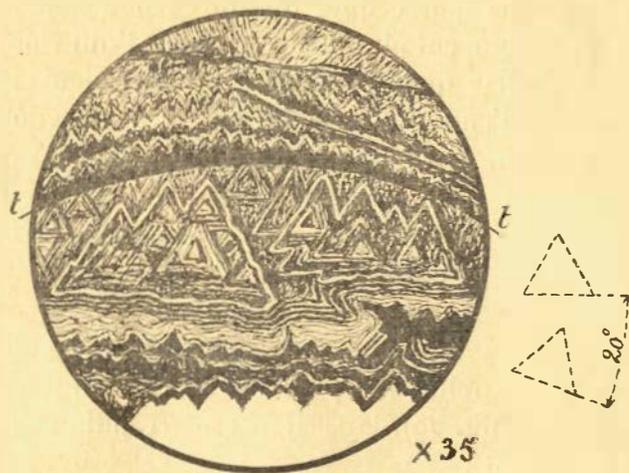


FIG. 44.

Les tubes plus laiteux, opaques, jaunâtres, se garnissent intérieurement de lamelles, de côtes longitudinales, à section triangulaire, car elles sont constituées d'éléments rhomboédriques orientés, parallèles à ceux qui composent le tube lui-même. Ce remplissage est excentrique d'ordinaire (coupe fig. 4a). De plus, il ne saurait être à orientation rigoureusement constante, d'après ce que nous savons de l'agencement des tubes, qui sont, pour le moins, des cristaux doubles.

Cette association se manifeste clairement sur la coupe fig. 44. Elle représente la section d'un semblable tube, vue sous le microscope. La surface interne primitive *t t* marque la limite du remplissage. Celui-ci, presque opaque dans certaines zones, fait admirablement ressortir la structure concentrique des bâtonnets triangulaires et des couches dentelées successives qui les englobent. Le vide central est au bas du dessin.

Dans une autre partie de la section, non représentée, les triangles sont tournés de 20° environ (fig. 44, à droite); les axes optiques, des deux groupes, sont inclinés l'un sur l'autre de 8° à 9°, ce qui confirme la double orientation.

Au-dessus de *t t* sont les couches externes, également dentelées, irrégulièrement

concentriques; elles ont encore l'axe optique à peu près normal à la section. Ce n'est que dans le haut du dessin qu'apparaît une orientation totalement différente, dont nous avons à rechercher l'origine.

§ 17. ÉPAISSISSEMENT EXTERNE DES TUBES ET DES BAGUETTES, AVEC CHANGEMENT D'ORIENTATION CRISTALLINE. — Lorsqu'un tube se bouche et qu'il ne possède pas d'appendices latéraux permettant à la circulation interne de continuer, son évolution est terminée. Cependant, le liquide incrustant, qui circule sur la surface libre de la voûte, peut être amené à son point d'attache, ruisseler sur sa surface extérieure et l'épaissir dans toute sa longueur, par des enrobages concentriques.

Ces couches sont habituellement jaunâtres, opaques même, de façon qu'elles se dessinent d'autant mieux dans les coupes nécessaires à leur examen. On vient de voir, par les explications accompagnant la figure 44, qu'elles sont finement dentelées et qu'elles ont, de façon générale, l'orientation du support.

La surface du tube reste lisse ou finement dépolie durant les premières phases de cet accroissement, mais bientôt y apparaissent de petites plaques, les unes vaguement hexagonales, les autres triangulaires à angles coupés, bordées d'un cadre délimitant une partie centrale pointillée, de 1 millimètre ou davantage, que l'on trouve isolément aussi sur d'autres échantillons : les ergots très épaissis par exemple.

Ces petites plaques envahissent progressivement toute l'enveloppe du tube et lui donnent un aspect cristallin particulier, craquelé, qui rappelle, la couleur aidant, celui du sucre candi, selon la comparaison déjà faite par Leibnitz (*Protogaea*, pl. I).

La cassure d'une pièce ayant cette apparence permet de constater que chacune de ces petites plaques est la base d'une minuscule pyramide, souvent très surbaissée, dont les pans ne sont que des faces de joints. Les plus régulières, sectionnées suivant la base un peu bombée, rugueuse, donnent la figure d'interférence uniaxe négative; ce sont donc des cristaux de calcite plus ou moins *normalement* implantés dans les dernières enveloppes du tube et faisant saillie sur celui-ci.

La coupe mince, transversale, d'un semblable tube, montre les petites pyramides en place. La direction des extinctions indique que leur axe principal cc est parfois normal à l'axe du tube (fig. 45); il y en a de très obliques.

Des préparations de ce genre permettent encore de voir que, au fur et à mesure de l'épaississement externe de la stalactite, de nouvelles plaques sont apparues, et, comme elles allaient en s'élargissant vers l'extérieur, elles ont fini par se toucher, pavant de leurs bases la surface entière de la pièce.

Désormais, l'accroissement se fera suivant cette nouvelle disposition, et la stalactite prendra la structure fibro-rayonnée, commune à tous les cônes ayant une certaine taille.

La coupe fig. 45 établit aussi que les zones d'accroissement traversent sans dévier les parties différemment orientées qui composent le tube après l'apparition

des petites pyramides. Dans ces dernières, les couches paraissent plus accusées que dans les parties ayant conservé l'orientation primitive. Toutes les zones colorées présentent un pseudopléochroïsme intense.

Ce dessin, de même que le précédent et le suivant (fig. 44 et 46), met en évidence les irrégularités dans le dépôt des enveloppes successives : aucune d'elles ne fait un cercle complet en conservant la même épaisseur.

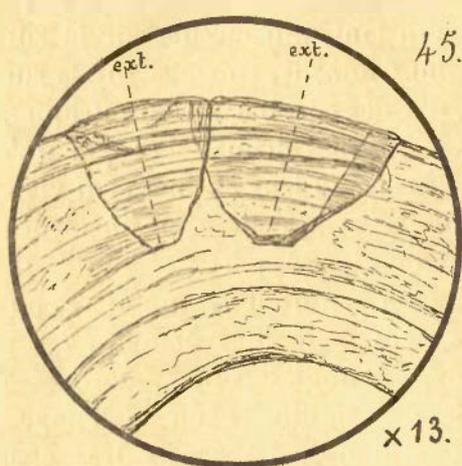


FIG. 45.

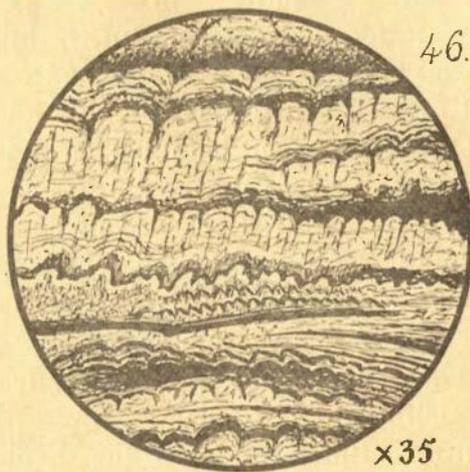


FIG. 46.

Il n'est pas toujours facile de se rendre compte de l'orientation des diverses parties d'une section polie ou d'une coupe mince des stalactites ainsi transformées, sans employer la lumière polarisée.

C'est ainsi que la plage représentée fig. 46, qui est prise à plusieurs millimètres de la paroi interne d'un tube fortement épaissi et qui rappelle, par ses fortes indentations, plutôt des couches de cristaux rayonnants, a, en réalité, conservé l'orientation cristalline primitive du tube. La présence de la figure d'axe parfaitement centrée, sur toutes les parties de cette surface, en fait foi. Ce n'est que plus loin qu'apparaît, sans que les zones en soient troublées, l'orientation perpendiculaire due à la présence de cristaux divergents; en même temps le pléochroïsme devient manifeste. Nous connaissons déjà cette structure par l'étude des coupes des ergots (§ 9 et fig. 28*b* et *c*).

Telle est l'origine de la structure fibro-rayonnante des grosses stalactites de nos grottes; la recristallisation n'y est pour rien.

§ 18. — La pièce dont la coupe est donnée fig. 45 demande une description plus complète; je l'ai surtout détachée pour en examiner la terminaison, car elle offre des particularités qu'il importe de mettre en évidence.

L'enveloppe de petites pyramides cristallines dont il a été question plus haut, couvre tout l'échantillon, qui a une longueur de près de 60 centimètres. Ce n'est

qu'à l'extrémité qu'elle fait place, sur 1 à 2 centimètres de longueur, à un bout lisse, d'un poli gras, terminé par le double pointement habituel e^1 (fig. 47).

Les deux longues arêtes des rhomboédres (fig. *b*) ne sont pas parallèles, elles font le petit angle que l'on trouve sur la plupart de ces terminaisons doubles (ici 5° env.; voir fin § 23). En conséquence, les clivages pratiqués sur ces arêtes ont une légère inclinaison : moins d'un degré. Cependant, une lame de clivage, prélevée un peu plus haut, traverse le couple et paraît plane. Au microscope, on y observe un joint très fin et une extinction légèrement onduleuse, commune aux deux moitiés. Enfin, la cassure du tube, plus haut encore, ne donne également qu'un plan de clivage suivant cette direction; ce n'est pourtant pas un individu unique.

Or, ce pointement était alimenté par la circulation interne; la lumière du tube est libre et vient déboucher dans une gouttière, qui continue le joint entre les deux rhomboédres, ainsi que l'indique le croquis. Ce canal, de section losange, a encore 1 millimètre de diamètre; à l'attache du tube, il est cylindrique, avec 3 millimètres de diamètre.

Le revêtement cristallin, lui, recevait au contraire la solution calcique venant de l'extérieur, non pas par ruissellement proprement dit, mais plutôt par un mouillage de proche en proche, grâce au réseau de joints existant entre les rugosités cristallines surajoutées. Il est donc permis d'admettre que les deux solutions ne se mélangeaient pas et favorisaient, chacune, une cristallisation particulière. En effet, les grains cristallins d'orientation aberrante (lumière polarisée) font leur apparition, sur la partie lisse terminale, par une suite de rugosités continuant directement la surépaisseur. Plus bas encore, il n'y a que quelques petits groupes isolés, en relief, des points microscopiques polygonaux, qui semblent marquer la limite où les deux solutions arrivaient en contact (fig. 47).

De toutes ces observations il résulte que, tant que l'épaississement extérieur d'un tube est la conséquence du ruissellement de la solution venant de son intérieur par les capillaires, l'orientation cristalline primitive reste longtemps conservée; lorsque, au contraire, le liquide incrustant lui vient directement de l'extérieur, les couches surajoutées constituent bientôt des agrégats de grains cristallins, orientés plus ou moins normalement sur l'axe du tube et devant, en tout cas, prendre une disposition rayonnante pour se partager la place.

Cette conclusion suggère quelques hypothèses qu'il y a lieu d'examiner.

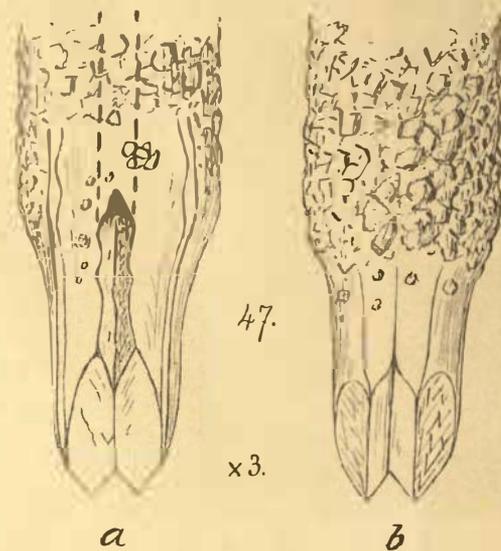


FIG. 47.

§ 19. — En se basant sur les recherches poursuivies en vue d'établir l'influence qu'ont de minimes quantités de corps étrangers, mélangés à une solution, sur la forme des cristaux qui y naissent, études reprises avec un soin méticuleux par M. Vater, on serait tenté d'attribuer à une légère différence chimique entre la solution qui circule à l'intérieur des tubes et celle qui ruisselle à l'extérieur, les changements d'orientation et de forme qui viennent d'être reconnus.

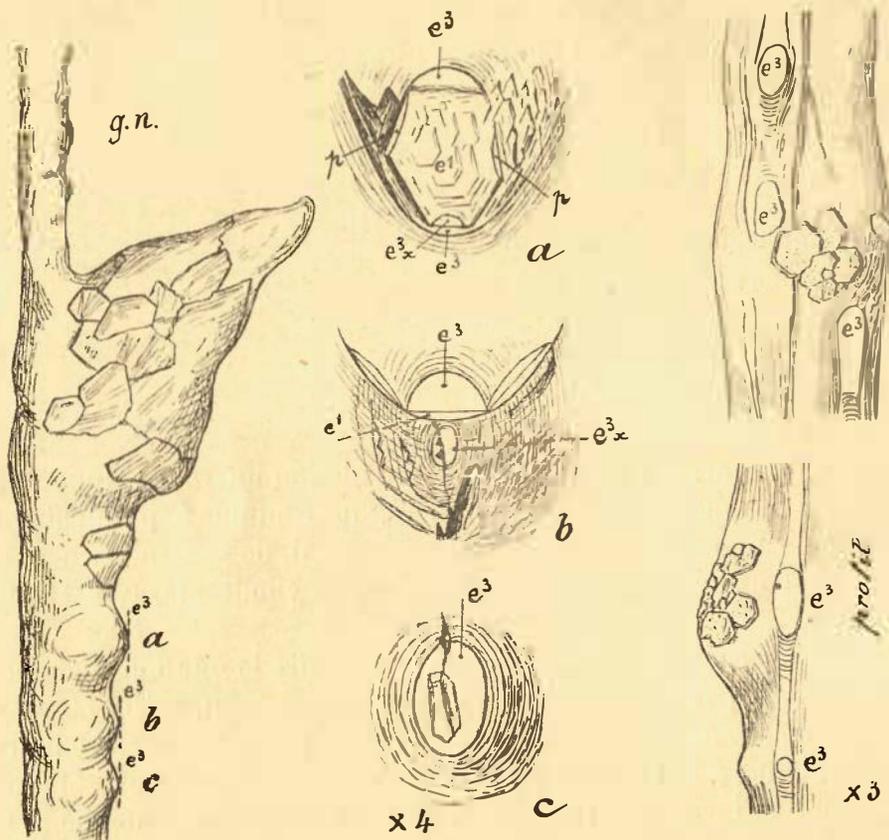


FIG. 47bis.

Diverses constatations m'avaient fait penser à une intervention de la silice. Or, un dosage, que M. le professeur Nihoul, de l'Université de Liège, a bien voulu faire avec le plus grand soin, n'a donné que des traces de SiO^2 dans la calcite d'un cône opaque. J'ai répété moi-même l'opération en tenant scrupuleusement compte de toutes les précautions que M. Nihoul m'avait indiquées, et suis arrivé au même résultat (5 milligr. SiO^2 , pour 8537 milligr. CaCO^3).

On revient d'ailleurs de cette hypothèse, si l'on observe que les solutions, tant internes qu'externes, que nous considérons, ne sont pas comparables aux liqueurs chimiquement pures mises en œuvre dans les expériences auxquelles il vient d'être fait allusion. Les phénomènes particuliers à nos stalactites se produisent aussi bien

pour celles qui sont limpides que pour celles qui sont opaques, rouges (Fe^2O^3) ou noires (MnO^2).

Il y aurait plutôt lieu de rechercher l'influence de causes physiques, telles que le degré de concentration, la rapidité de la cristallisation, etc.

Ce travail devrait être poursuivi sur place, dans des conditions exigeant beaucoup de patience et de temps.

Essayons d'arriver à un résultat en multipliant et discutant les observations faites sur les spécimens récoltés. Examinons, notamment, de près, les pièces où la transformation en est à son début. Choisissons, pour cela, une stalactite tubulaire, en spath limpide, soudée au sol et ayant un seul ergot épaissi, servant encore à débiter la solution intérieure (fig. 47 bis, à gauche).

La surface de l'excroissance est couverte de grandes plages mates, polygonales, irrégulières, dont on trouve encore, de distance en distance, des spécimens plus petits, sur toute la longueur du tube, soit une soixantaine de centimètres. Ces petites plaques se tiennent le long d'une génératrice de la pièce, que je considérerai comme étant sa face.

Cette sélection indique déjà que l'accroissement externe ne se fait pas par un enrobage brutal.

Les faces e^3 , qui brillent sur tous les bourrelets de l'échantillon, ont une disposition faisant ressortir l'obliquité de l'axe des rhomboédres de l'empilement, sur l'axe du tube; celui-ci est, en outre, fortement courbé (rayon 32 centim. env.).

Ces nodosités, que nous avons tant de fois rencontrées, ne sont donc pas uniquement dues au ruissellement; elles marquent surtout les régions où la cristallisation est plus active. Si un changement a lieu, c'est en ces points qu'il se produira de préférence, surtout que le tube-cristal n'est que mouillé par la solution.

Considérons trois de ces mamelons en dessous de l'ergot. Ils se suivent sur la face de l'échantillon, dans une partie qui commence à être envahie par les petites plaques (fig. 47^{bis}, a, b, c). Les faces e^3 , qui les terminent, semblent être verticales. Leur situation est telle, heureusement, qu'un support spécial permet de placer l'encombrant cristal sur le goniomètre et de préciser, par des mesures exactes, les observations faites à la loupe.

Le premier ovale e^3 (fig. a) est presque totalement couvert par une plaque hexagonale irrégulière, en sorte qu'on n'en voit plus briller qu'un bord en haut et en bas (moins que sur le dessin). Ce recouvrement possède : trois faces e^1 , dont la plus grande, terne et bombée par répétition, fait face à l'observateur; deux faces p brillantes; enfin, une facette e^{3x} très brillante. Bien que la petite plaque fasse corps avec la nodosité du tube, vers la droite, par une suite de minuscules pointements parallèles, elle ne constitue pas un individu rigoureusement orienté conformément au support, sinon e^{3x} et e^3 inférieurs coïncideraient. La différence d'inclinaison semble faible; à la mesure on a :

$$e^{3x} : e^3 = 9^{\circ}11' \text{ à } 13'$$

En dépit des apparences, la petite plaque est donc un cristal étranger à l'édifice moléculaire du tube, qui, en se développant, fournira une plage ou une fibre d'orientation aberrante et contribuera à la transformation de la stalactite.

Le deuxième ovale e^3 (fig. *b*) est plus dégagé dans sa partie supérieure, tandis que sa partie inférieure disparaît sous un mamelon continuant celui du support; il est couronné par une facette e^3_x , découpée elle-même en deux parties par un joint et parallèle à e^3 sous-jacent. Négligeant les détails, nous noterons cependant encore la présence d'un bord de la face e^1 supérieure, commune à l'ajoute et au tube, semble-t-il. Au goniomètre, cette apparente conformité d'orientation disparaît : e^3_x et e^3 ne sont pas parallèles et, suivant que l'on prend l'une des deux moitiés de e^3_x , la différence va de :

$$(\text{partie de droite } e^3_x) : e^3 = 1^{\circ}51', \text{ à } (\text{partie de gauche } e^3_x) : e^3 = 2^{\circ}53'.$$

D'où il ressort aussi que les deux moitiés de la facette e^3_x sont inclinées l'une sur l'autre d'un degré environ.

Par contre, l'angle fait par e^1 avec la grande moitié de e^3_x (dans la partie voisine de cette facette bien entendu) se rapproche de la valeur calculée :

$$e^3_x \text{ inf.} : e^1 \text{ sup.} = 40^{\circ}52' \quad \text{calc. } 41^{\circ}6'.$$

Le troisième ovale e^3 , enfin (fig. *c*) n'a, sur sa face polie, qu'un grain cristallin, une ébauche, dont on peut seulement dire que son orientation diffère de celle du tube, en lumière polarisée. Le même artifice d'éclairage fait ressortir de-ci de-là des punctuations polygonales, qui sont les amorces d'autant de plaquettes.

Un autre tube très cristallin, dont l'épaississement est à son début, possède également des amas de plaquettes, des grains hexagonaux et triangulaires, sur trois nodosités; deux d'entre elles sont représentées, l'une de face, l'autre de profil, figure 47^{bis} (à droite).

La cassure a établi que ces grains avaient une racine pyramidée de $1 \frac{1}{2}$ millimètre de profondeur. Séparés par groupes de trois ou quatre et polis parallèlement à la surface libre, les grains montraient la croix axiale avec des inclinaisons différentes. On peut dire, par conséquent, que leur axe principal était vaguement perpendiculaire à l'axe du tube, comme dans l'exemplaire entièrement envahi par cette granulation, qui a été décrit antérieurement (fig. 45).

Comme dernier exemple de localisation de l'épaississement externe d'orientation aberrante, au début de son apparition, je citerai un débris de tube épais, partiellement ovale dans la section (axes = 1 : 1,34), analogue à fig. 39, ayant aussi cette orientation à peu près, qui ne possède de petites plaques triangulaires, serrées les unes aux autres, que le long des deux génératrices par lesquelles passe le grand axe de l'ovale de section, c'est-à-dire à proximité desquelles seraient les faces e^3 (comparez fig. 39a).

Une fois l'orientation initiale du cristal-tube abandonnée par les couches subséquentes, elle ne peut plus être recouverte. Sur les pièces qui viennent d'être examinées plus minutieusement, on voit déjà persister cet antagonisme entre les grains cristallins, pourtant si rapprochés, et le tube lui-même. Ces divers éléments gardent leur individualité. Entre les plaquettes se maintiennent des gouttières faites de facettes brillantes, que le renflement du tube, qui s'accroît de son côté, ne franchit plus. Les nouveaux venus, au contraire, s'épanouissent au fur et à mesure que les gouttières se ferment dans le fond et que certains des leurs avortent.

Quant à la raison du phénomène, elle est à chercher dans les conditions exceptionnelles où les cristaux tubulaires se trouvent placés, ainsi que dans la lenteur de leur développement.

J'ai insisté (§ 5) sur le trouble profond jeté dans la marche de la cristallisation des tubes par le simple fait de leur rupture. Un effet analogue doit être produit par l'intervention de corps étrangers, attendu qu'ils ne croissent pas dans un bain dans lequel un filet d'une solution contaminée serait dilué, dans lequel encore un germe cristallin susceptible d'altérer l'orientation moléculaire primitive serait écarté ou transformé.

L'épaississement externe du cristal tubulaire dépend, il est vrai, pendant tout un temps, d'une solution qui ne lui arrive du canal interne que filtrée par la roche et par le revêtement auquel il pend; cette solution est en outre conservée à l'abri de l'air, jusqu'au moment où elle s'échappe des capillaires pour humecter graduellement toute la pièce; mais ces filtres sont sujets à de continuelles transformations et celles-ci retentiront d'autant plus fortement sur l'arrangement moléculaire, qu'il se fait à fleur de peau, pour ainsi dire, et se trouve particulièrement influencé par les phénomènes de capillarité, de tension superficielle, de pesanteur.

Aussi le trouble, même local, jeté dans ces cristallisations, par des impuretés venant de l'intérieur et surtout de l'extérieur, est-il profond et irrémédiable.

Parmi les causes perturbatrices, il faut encore mentionner le dessèchement complet de la stalactite, avec reprise ultérieure de la circulation interne ou externe.

§ 20. — Ces motifs expliquent vraisemblablement pourquoi le contact temporaire de solutions variées produit, sur certaines stalactites, des couches non adhérentes, des membranes qui fuient le support. Elles se soulèvent un peu, pour constituer de véritables ampoules plates, remplies de liquide, qui se recouvrent ensuite de nouvelles enveloppes. La stalactite devient caverneuse.

A ce type appartiennent des renflements peu allongés, des tronçons cylindro-coniques, directement soudés au plafond des grottes, hérissés de bourgeons et d'épines, qui semblent en être aux premiers stades de leur développement.

L'apparition de ces proéminences, à la surface d'une masse de calcite de plusieurs centimètres d'épaisseur, se comprend lorsqu'on y pratique une coupe longitudinale (fig. 48). Celle-ci établit qu'il y a communication entre la lumière d'un tube initial et des canalicules sinueux (en noir), des interstices, des joints, ménagés

dans les couches successives du cône. On ne voit leurs capricieux trajets qu'en usant soi-même la pièce. Ce sont ces vides qui aboutissent aux capillaires des excroissances superficielles et y amènent le liquide calcique (voir aussi fig. 102).

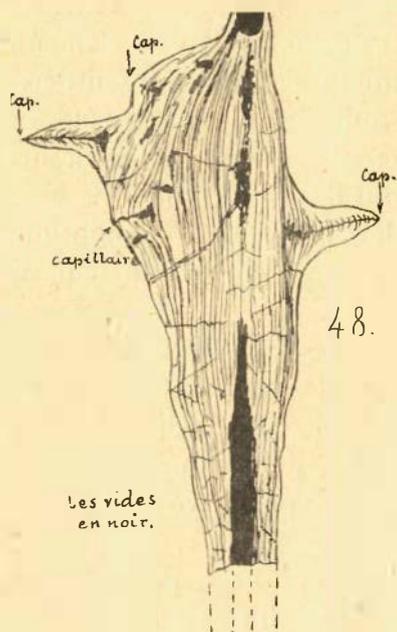


FIG. 48.

Le cône figure 48, imparfaitement fixé à la voûte, recevait des solutions diverses, tant de l'intérieur que de l'extérieur; sa cristallisation est partiellement fibreuse. Le cylindre de la figure 102 était, au contraire, largement soudé au revêtement; il en faisait partie intégrante.

Il y a des stalactites volumineuses qui gardent cette structure lacunaire. L'eau calcaire circule dans leur épaisseur, les imbibe peut-on dire, puis, suintant à leur surface, couvre celle-ci d'excroissances variées, de filaments bizarres, alimentés par des capillaires. Des tubes s'y greffent latéralement, même lorsqu'elles se sont soudées au sol (fig. 49). En un mot, elles se comportent, à leur tour, comme la croûte luisante à laquelle elles sont enracinées.

Certaines variétés opalescentes de calcite donnent rapidement naissance à des grains différemment orientés sur les ergots, sans qu'on puisse en accuser la circulation externe.

Ces excroissances perdent alors les contours arrondis et la symétrie qu'elles possèdent lorsqu'elles cristallisent avec orientation unique. Les formes deviennent anguleuses, irrégulières, bosselées, avec indications de faces courbes. Une suée de liquide cristallisable se fait sur toute la surface, sans qu'il y ait d'autres canaux d'amenée de la solution que le tube, les joints irréguliers, les fêlures de clivage et les rudiments de capillaires tortueux de l'ergot.

§ 21. LES FILS. — Outre les pendants de grande taille qui viennent d'être passés en revue, nos grottes renferment une véritable végétation calcaire, fixée au plafond et aux parois, dont elle souligne les fissures.

Partout où les joints de la roche laissent passer le liquide incrustant, il dépose des enduits de calcite, sur les pores desquels naissent des fils transparents, dont la croissance s'effectue toujours par le procédé du déversement à l'extrémité d'un capillaire d'une ténuité extrême (0,005 millimètre.)

Les fils les plus fins, d'une fraction de millimètre de diamètre, n'ont que

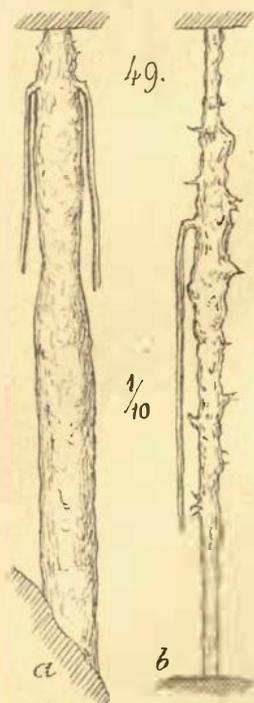


FIG. 49.

quelques centimètres de longueur; les plus gros atteignent 12 et 15 centimètres. Les uns sont cylindriques et lisses; les autres, anguleux, ont des facettes confuses. Certains ont un renflement terminal, des nœuds cristallins (fig. 50 à 57). Au microscope, on reconnaît les zones laiteuses d'accroissement et les clivages. Pour la plupart l'axe cristallographique est parallèle à l'axe de figure, mais il n'en manque pas qui ont une obliquité marquée des extinctions, indiquant une inclinaison de l'axe principal, jusque 30° et au delà.

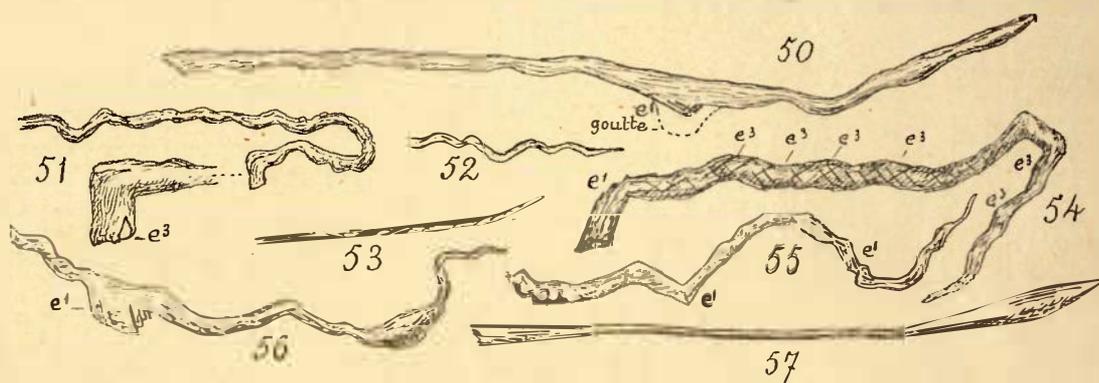


FIG. 50 à 57.

Ce sont bien les mêmes filaments que représentent les photographies de la grotte de Jenolan, citées au début de ce mémoire; on en conclura que « le mystère » s'explique sans difficulté.

La plupart de ces excroissances se contournent, se croisent, s'enchevêtrent; elles se soudent bien rarement, à cause de leur orientation cristalline différente. Jamais elles ne se bifurquent.

Les longs fils sont souvent coudés; ils rappellent les ergots par les ébauches de cristaux qu'ils présentent aux points où l'eau de suintement se réunit en gouttes. Leur incurvation vers le haut établit que le liquide d'alimentation provient de l'ouverture terminale du capillaire et qu'il en arrive en excès.

§ 22. — On trouve encore, parmi les fils, des formes courtes, droites, constituées d'une suite de petits renflements équidistants, couverts de facettes brillantes malgré leur exigüité. Ce sont toujours les mêmes empilements, moins serrés, toutefois, que les autres.

Ils sont formés, nous dit la figure 58 ($\times 20$), de rhomboédres e^1 globuleux, avec tronçatures e^3 , ce qui donne à ces fils leur aspect perlé et scintillant.

Ceux dont l'empilement n'est pas rigoureusement axial, qui ont des faces allongées par répétition, prennent l'apparence de vrilles fort délicates; elles possèdent aussi d^1 strié (fig. 59; $\times 10$).

D'autres spécimens, à étranglements moins marqués, cylindriques même, d'un poli parfait, avec six facettes longitudinales finement striées d^1 , se terminent par

une pointe en ogive, où brillent trois petites saillies ovales avec e^3 . A l'extrémité, très aiguë, débouche un capillaire extrêmement fin (fig. 60 et 61; $\times 10$).

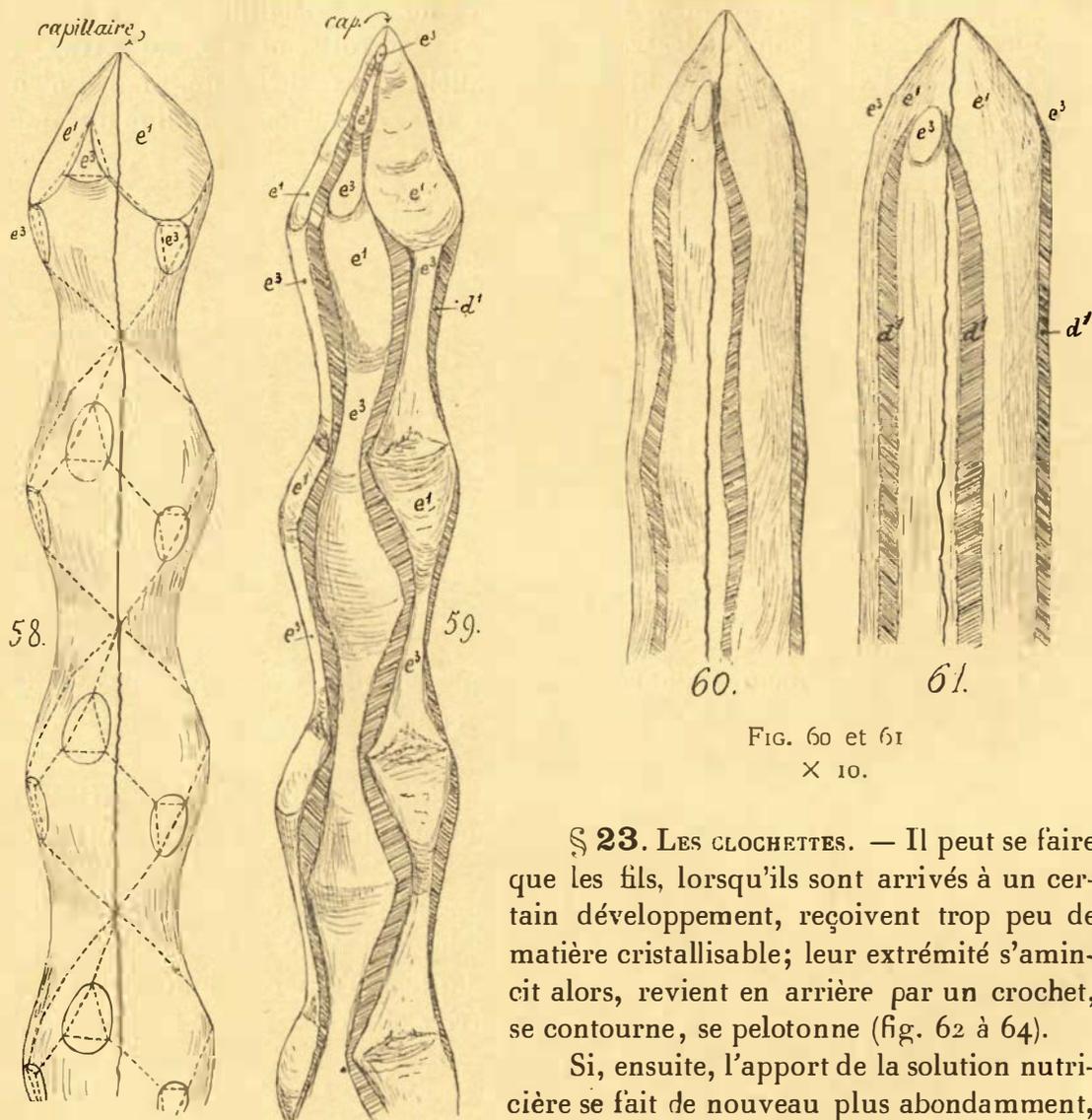


FIG. 58 ($\times 20$) et 59 ($\times 10$).

FIG. 60 et 61
 $\times 10$.

§ 23. LES CLOCHETTES. — Il peut se faire que les fils, lorsqu'ils sont arrivés à un certain développement, reçoivent trop peu de matière cristallisable; leur extrémité s'amincit alors, revient en arrière par un crochet, se contourne, se pelotonne (fig. 62 à 64).

Si, ensuite, l'apport de la solution nutritive se fait de nouveau plus abondamment, le liquide est retenu par cette nodosité terminale et un glomérule cristallin s'amorce, informe d'abord, puis mieux constitué, à pointement double ou multiple, ayant les apparences d'une clochette suspendue à un fil si ténu qu'un souffle la détache (fig. 65 à 72).

Sur les croquis amplifiés au triple, sur celui, fig. 67, qui est plus agrandi encore, on remarquera que, toutes les fois qu'il est possible de suivre le trajet du capillaire, on lui voit décrire des zigzags très serrés, puis dévier brusquement par un coude, une boucle même, qu'une petite saillie marque extérieurement, près de l'attache de la clochette (fig. 66, 69, 70, 71).

L'apparition de cette dernière crée les conditions requises à la formation et au maintien d'une goutte à l'extrémité du fil, de sorte que la petite campanule peut

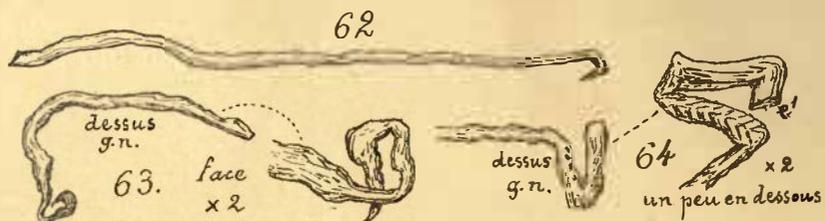


FIG. 62 à 64.

s'accroître comme une baguette quelconque. L'allongement n'est jamais considérable, tant l'attache est fragile, à moins que le support ne se renforce ou que

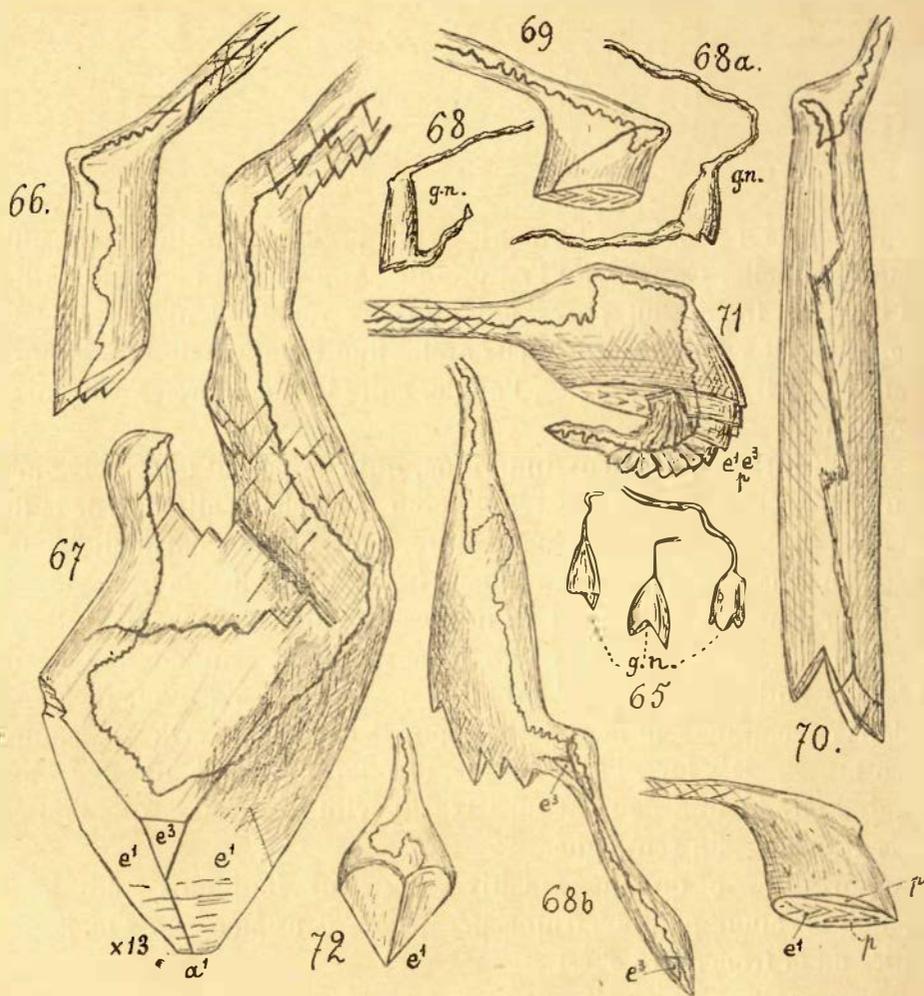


FIG. 65 à 72.

d'autres fils ne viennent, par hasard, se souder à la baguette naissante pour la soutenir.

Avec l'agrandissement de la clochette, le capillaire se transforme et passe à un joint parfois disposé en zigzag, la cristallisation lui imposant un trajet variable (fig. 70). L'extrémité porte des terminaisons nettes, disposées comme celles des baguettes proprement dites, sur lesquelles nous pourrions recueillir quelques observations complémentaires.

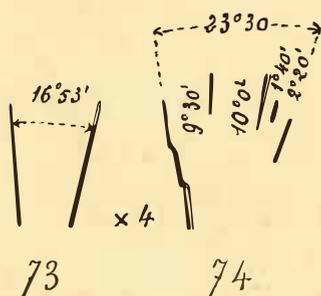


FIG. 73 et 74.

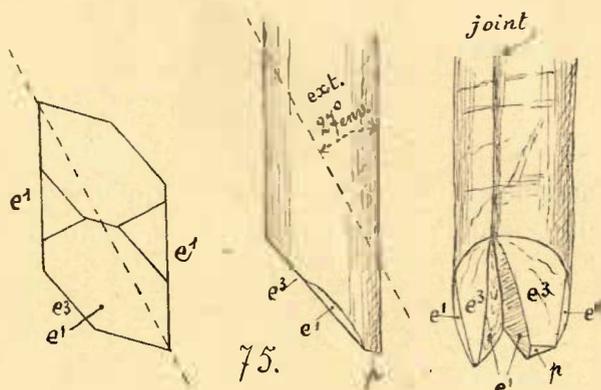


FIG. 75.

Deux ou plusieurs angles culminants de e^1 , presque parallèles, constituent la terminaison habituelle. En prenant l'empreinte des arêtes, à l'encre d'aniline, sur un carton lisse, les traces sont pures, telles que les représentent, amplifiées quatre fois, les figures 73 et 74. Dans l'une, deux arêtes font un angle de $16^{\circ}53'$ (moyenne), et dans l'autre, où il y a cinq arêtes, l'angle, entre les deux arêtes extrêmes, est de $23^{\circ}30'$ (moyenne).

Le parallélisme entre les deux individus, qui composent tant de baguettes, est moins troublé d'ordinaire. C'est aussi le cas pour la clochette allongée de la figure 75 (analogue à fig. 70) qui présente, par contre, l'orientation particulière déjà rencontrée dans un échantillon plus volumineux (fig. 39). En effet, la troncature oblique de la double terminaison appartient à une face brillante e^3 , largement développée, inclinée sur une génératrice du cylindre d'environ 139° , au goniomètre d'application. L'angle normal e^3 sup. : e^1 inf. (sur e^2) étant $41^{\circ}6'$ (suppl. de $138^{\circ}54'$), on voit que dans cet empilement deux faces opposées de e^1 sont verticales, comme dans le spécimen fig. 39. Dès lors, l'axe optique, qui fait un angle de $26^{\circ}53'$ avec une face de e^1 , doit être incliné d'autant sur l'axe du cylindre; c'est ce que l'observation vérifie et ce que le dessin renseigne.

Ces mesures ne sont qu'approximatives, les deux individus étant légèrement déplacés; l'observation goniométrique permet de constater que l'inclinaison des deux moitiés de la troncature e^3 est :

$$e^3 \text{ à droite} : e^3 \text{ à gauche} = 1^{\circ}34'$$

En conséquence, un joint s'est maintenu entre les deux cristaux, tandis qu'il n'y en a pas dans l'échantillon fig. 39, dont la troncature e^3 est, en outre, bien moins développée.

§ 24. — On peut se demander si le suintement extérieur n'intervient pas, partiellement au moins, dans le développement des clochettes. En plaçant ces échantillons dans leur position primitive et en amenant de l'eau avec une pipette à la base du fil, on voit, chez certains, le liquide glisser d'un coude à l'autre, s'étaler sur la clochette et se réunir en goutte à sa base.

Mais cette expérience est sans application. D'abord, le ruissellement externe augmenterait le diamètre des fils; ensuite, la disposition remontante de beaucoup d'entre eux a déjà été signalée : elle empêcherait l'arrivée du liquide au renflement cristallisé.

Il est d'ailleurs certain que son alimentation se fait par l'extrémité du capillaire, car, lorsque, la campanule étant constituée, l'apport de liquide devient de nouveau trop faible pour que la goutte destinée à lui conserver son diamètre puisse se former, la croissance de la clochette se trouve compromise. Bientôt un fil se reforme à sa base, en s'amorçant quelquefois par une pile de petits cristaux très nets (fig. 68, 68a, 68b, 71). Ainsi naissent des appendices démesurés, qui serpentent au hasard et amènent la rupture du pédoncule, lorsqu'ils prennent quelque volume. Certaines clochettes creuses exigent aussi une alimentation par l'intérieur.

§ 25. LES CROCHETS ET AUTRES ORNEMENTS DES PAROIS. — Une place spéciale leur est accordée dans cette énumération, bien qu'ils se rattachent aux formes déjà

décrites, parce que ces excroissances, fixées à la surface de la roche ou végétant sur l'enduit de calcite qui la recouvre, ne bénéficient pas d'une orientation déjà déterminée par un support cristallin; il en résulte quelques apparences particulières.

Le mécanisme de formation est toujours le même; toutefois, les échantillons sont volontiers plus empâtés, plus massifs. On en trouve cependant beaucoup

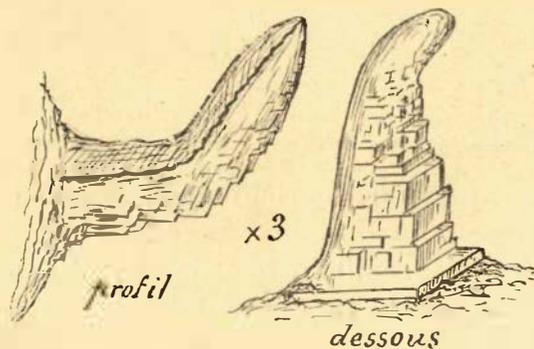


FIG. 76.

qui montrent des files de rhomboèdres e^1 , empilés à leur partie inférieure.

Les plus simples sont des crochets lisses, jaunâtres, courbés en tous sens, volontiers vers le haut. Les empilements e^1 qui les constituent sont déviés de maintes façons, parce qu'ils s'amorcent mal, ainsi que cela s'est produit pour la pièce fig. 76, représentée de profil et de dessous. La croissance se faisant ici dans une direction horizontale, une face en avant, l'extrémité tend à s'orienter d'une manière plus conforme au développement régulier du cristal, de façon qu'un plan de symétrie soit vertical et la pointe du rhomboèdre en avant, deux faces ou deux arêtes culminantes étant plus ou moins horizontales. Les formes droites, régulièrement développées, sont nombreuses; elles correspondent à des schémas tels que celui de la figure 77, qui n'est autre chose que l'empilement de la figure 39 placé horizontalement, ou encore à ceux des figures 78 et 79, qui sont voisins de la figure 3.

Les crochets régulièrement courbés en demi-cercle et au delà sont souvent des empilements courbes, analogues au schéma fig. 23. Leurs clivages ont alors

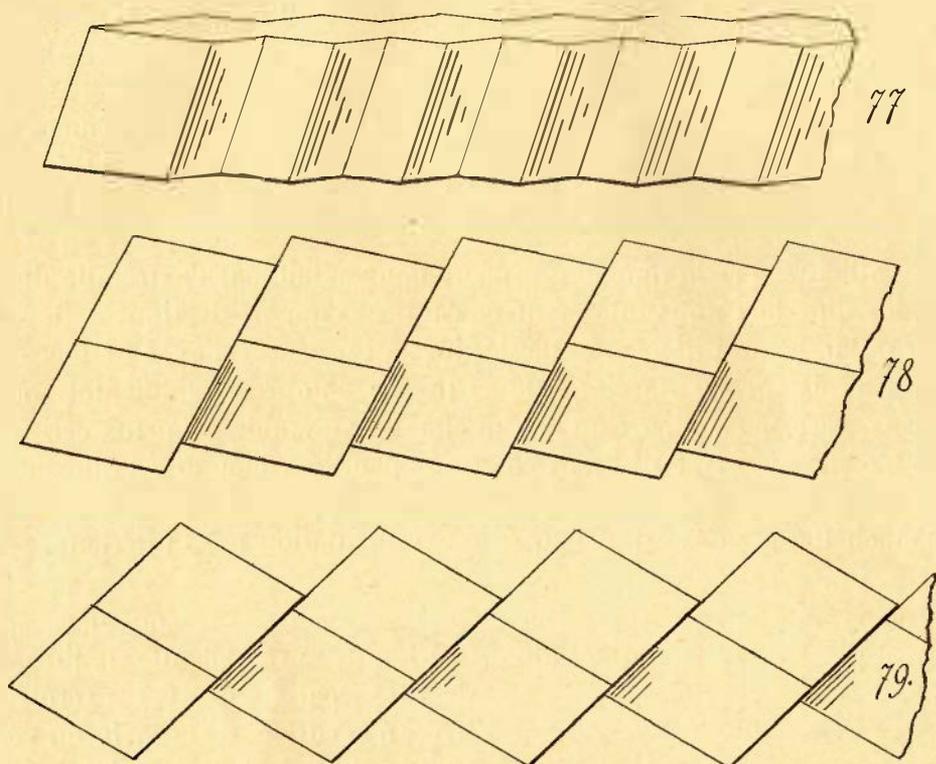


FIG. 77 à 79.

une sphéricité marquée; j'en ai mesuré dont le rayon de courbure ne dépassait pas 5 à 6 millimètres.

Dans toutes ces excroissances (fig. 80 à 85), le capillaire se maintient dans la partie supérieure de la pièce, l'épaississement se faisant surtout vers le bas, où le liquide incrustant s'accumule. Pour cette raison, le dos est arrondi, lisse, tandis que la partie inférieure est cristalline, avec faces e^1 assez bonnes, e^3 et p très brillantes. Les sections sont vaguement triangulaires (fig. 85), losangées ou circulaires. Exceptionnel est un petit échantillon dont la partie supérieure, plane, indique également la succession des faces e^1 ; les angles non culminants des rhomboèdres qui le composent étant également très nets, il réalise si complètement le schéma de la figure 77, qu'il est inutile d'en donner le dessin.

Les empilements ayant cette dernière orientation (fig. 77, 81, 85) ont, aux deux bords du plat inférieur, une suite de minuscules troncatures brillantes e^3 et leur extrémité en montre alors, souvent, deux plus grandes, facilement mesurables (fig. 81, 85 à droite et 86a).

Quoique les conditions imposées à la cristallisation de ces bâtonnets soient encore plus défavorables que celles des tubes, il est remarquable de constater que

néanmoins les deux formes, qui ont le privilège de triompher de toutes les entraves apportées à leur développement, e^3 et p , se présentent avec un poli parfait et des

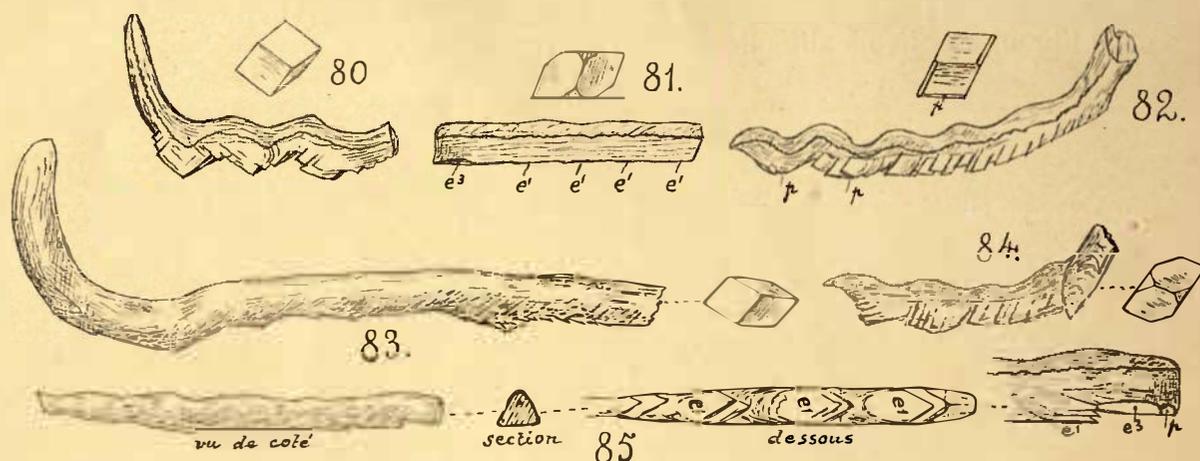


FIG. 80 à 85.

valeurs angulaires pour le moins aussi exactes que celles qu'on relève sur les cristaux provenant des bassins de cristallisation des mêmes grottes. L'extrémité de l'échantillon fig. 85 donne :

$$\text{d'un côté, } e^3 : p = 31^\circ 8' \quad \text{calc. } 31^\circ 10';$$

$$\text{de l'autre, } e^3 : p = 31^\circ 15'$$

§ 26. — Parmi les pièces droites, il y en a qui sont doublées d'une sorte de semelle plus transparente, qui seule porte des faces e^1 et e^3 ; un joint sépare les deux parties. La cassure accuse deux groupes de clivages appartenant à deux rhomboédres p , à axes parallèles, semble-t-il. Il s'agirait donc de l'association de deux rhomboédres e^1 , accolés suivant une face de prisme e^2 . Dans ce cas, les clivages p , qui sont parallèles aux arêtes culminantes de e^1 , feraient entre eux un angle (normal) de $89^\circ 14'$ (fig. 86a, à droite).

Ce n'est pas ce qu'indiquent les mesures. Elles ont des valeurs approchant de $80^\circ 30'$, les axes étant inclinés de 5° environ, de part et d'autre du plan séparatif, ainsi qu'on s'en assure optiquement par une coupe longitudinale pratiquée dans un débris du même échantillon.

Quoiqu'il soit établi que l'inclinaison des cristaux constituant les macles n'est pas rigoureusement constante, la différence renseignée ici par la mesure est trop grande pour qu'on ne considère pas les limites admissibles comme franchies.

D'autres échantillons donnent des valeurs différentes, mais voisines cependant, ce qui m'amène à revenir un moment en arrière, pour constater combien les excroissances de nos grottes, parfois si différentes d'aspect, se tiennent de près, lorsqu'on en connaît les termes de passage.

Celles dont la dualité vient d'être reconnue, étant diversement inclinées dans

l'espace, il arrive que l'un des individus constituant se développe plus que l'autre : tantôt l'inférieur (fig. 86*b*), tantôt le supérieur (fig. 86*c*). Fréquemment aussi, la moitié traversée par le capillaire est non seulement opalescente, mais elle est vaguement fibreuse, à clivage difficile et indistinct.

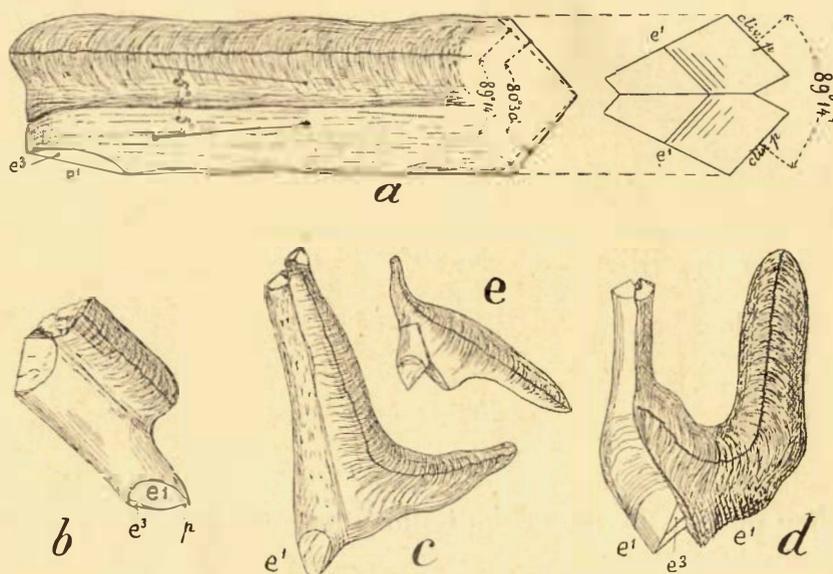


FIG. 86.

Enfin, lorsque les formes de ce type sont verticales, elles s'amorcent par un tronçon de baguette à double clivage, avec un joint séparant deux individus, dont l'un est plus limpide que l'autre. Un capillaire s'amorce au joint et l'un des deux cristaux devient un ergot opalescent, qui se sépare de son compagnon pour s'incurver vers le haut (fig. 86*d*). L'autre cristal, voisin de la position de macle, continue à croître normalement dans la goutte formée par l'excès de liquide du capillaire et du joint mal cicatrisé (§ 12). Sur la pièce fig. 86*d* on mesure :

$$e^3 : e^1 = 57^{\circ} 11' \quad \text{calc. } 57^{\circ} 5'$$

Semblable échantillon, venant à s'empâter, donnerait un cône mamelonné, couvert de faces e^3 , composé de deux individus cristallins, comme ceux dont il a été plusieurs fois question.

Le petit bourgeon de la figure 31 est également à citer ici, et celui de la figure 86*e* lui constitue un pendant qui nous rappelle aussi la forme habituelle des clochettes à leur début (fig. 65).

Au milieu de la profusion de ces protubérances, le hasard en dirige parfois deux, de même orientation à peu près, l'une vers l'autre, sous un très petit angle, ce qui les oblige à se souder lorsqu'elles s'épaississent. Un joint persiste néanmoins entre les deux; les rugosités cristallines de la surface courbe supérieure, près du joint, restent divisées en deux champs qui ne miroitent pas à l'unisson.

En dessous, où sont les pointements cristallins, se trouvent des empilements courbes, des tentatives de raccordement qui n'aboutissent pas, tant il est vrai que l'action de la cristallisation sait intervenir, malgré celle du ruissellement, quand ce dernier n'est pas trop abondant.

Lorsque, au contraire, deux ou trois crochets partent d'un mamelon commun fixé à la muraille, ils se séparent bientôt, pour constituer chacun un individu isolé (fig. 104).

§ 27. — Les empilements décrits au § 25 ne sont pas toujours droits ou courbés vers le haut; il y en a dont les rhomboédres constitutifs e^1 , tout en conservant leurs faces inférieures à peu près dans le même plan, dévient à droite ou à gauche par des coudes brusques. D'autres se déplacent dans le sens vertical et donnent naissance à des formes brisées, telles que celle de la figure 87, représentée au double.

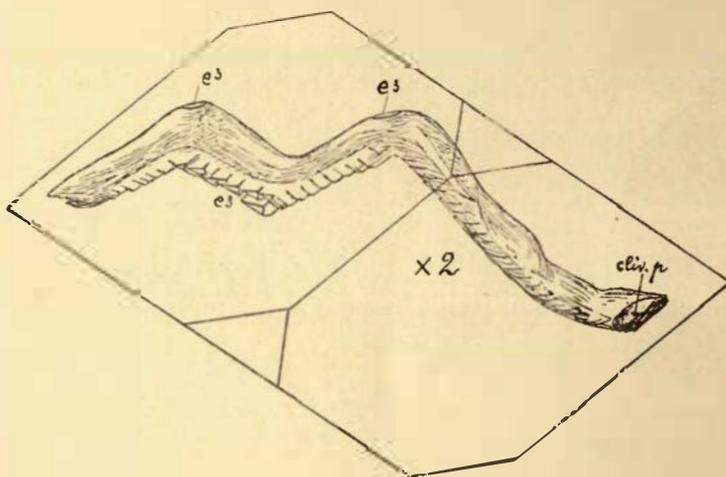


FIG. 87.

§ 28. — Une orientation fréquente encore, est celle où l'empilement se présente avec une arête culminante de e^1 en dessous; il en résulte une disposition sinueuse, régulière, que le schéma figure 79 explique. Quelques pièces de ce genre sont représentées sur un croquis antérieur (fig. 80, 82, 84).

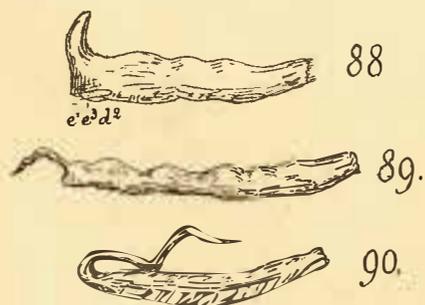


FIG. 88 à 90.

§ 29. — Chez les excroissances du type droit, il arrive que le bourgeon terminal se développe en un fil qui se recourbe vers le haut, puis se reploie sur le dos de la pièce fig. 88 à 90; comparez à fig. 35b).

§ 30. LES GARGOUILLES. — Cette dénomination est applicable à des échantillons comptant parmi les plus curieux. Ils ont ce caractère commun d'être constitués par un boyau relativement volumineux, à parois fort minces, mais consolidé par un contrefort inférieur, d'épaisseur variable. Le boyau, ainsi soutenu, greffé sur une paroi rocheuse verticale, s'avance de 1 ou 2 décimètres dans l'espace; on peut le considérer comme une véritable stalactite horizontale.

En effet, la partie mince possède les lamelles dendritiques que l'on trouve aussi sur les tubes verticaux. Comme pour les tubes encore, il y a des marques d'accroissement (inclines ici), une suture longitudinale, des joints, qui favorisent la naissance d'épines et de filaments parasites (fig. 93 et 94).

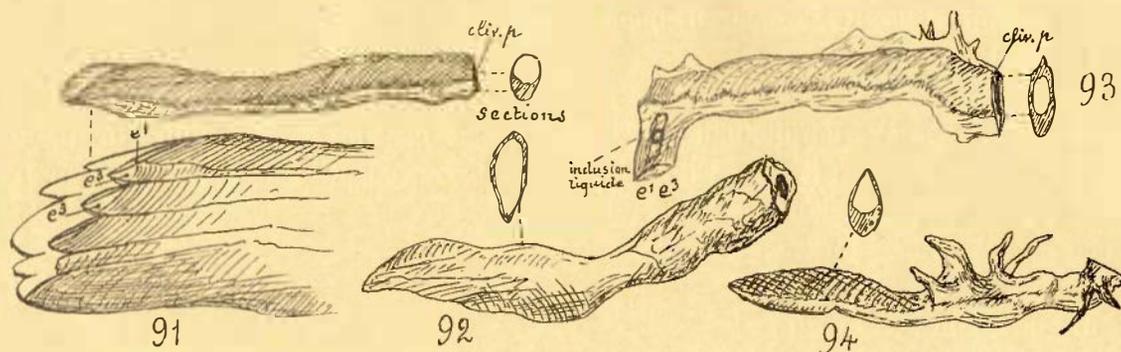


FIG. 91 à 94.

Pour que la formation de ces boyaux horizontaux ait lieu, il faut que l'apport de liquide cristallisable se fasse par une ouverture assez large; la concentration de

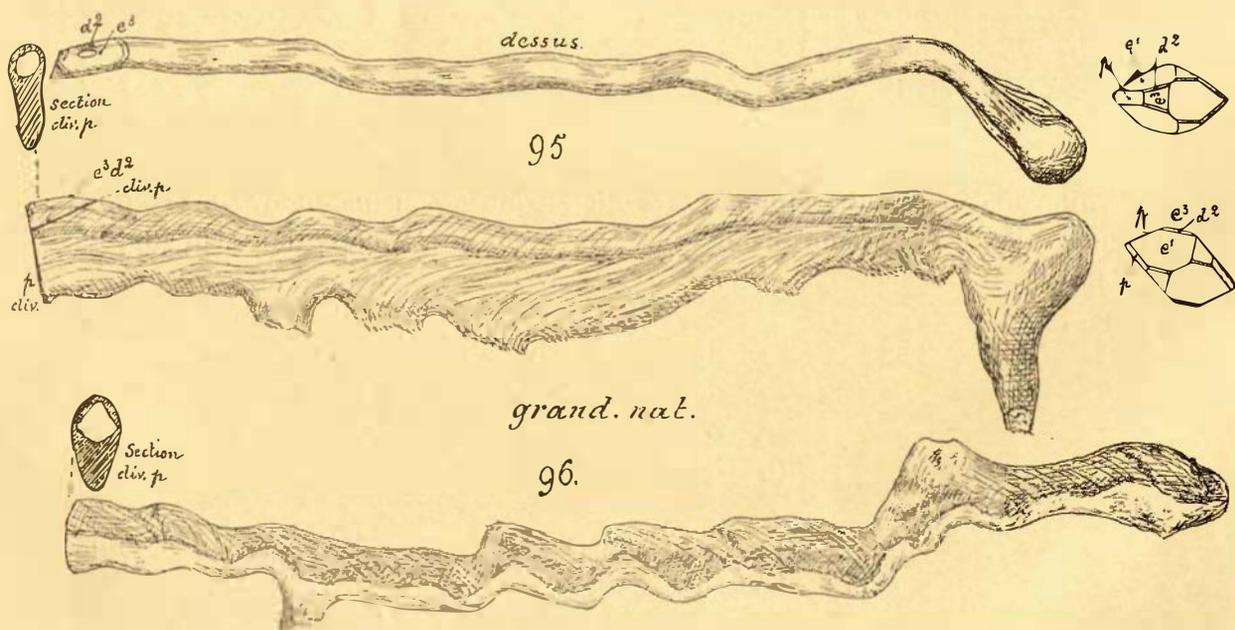


FIG. 95 et 96.

la solution intervient également. Le processus de développement se reconnaît sur des échantillons simples, tels que celui de la figure 91. Le contrefort y est encore peu épaissi, ainsi que l'indique la section; il ne se marque qu'un peu en arrière du

bec d'écoulement. Tant que l'eau vient seulement mouiller l'ouverture, la cristallisation dendritique, mise en évidence par le dessin agrandi, se continue lentement. Petit à petit, une goutte se gonfle à l'extrémité du bec, glisse le long de la partie inférieure du tube et contribue à augmenter le volume du contrefort. Pour peu que la stillation s'arrête, les dendrites recouvrent la goutte, le boyau se ferme (fig. 92). S'il possède des points de moindre résistance entre les nombreuses lamelles qui le constituent, des excroissances s'y établissent sous l'influence des poussées du liquide (fig. 94).

Lorsque l'accroissement est régulier, des échantillons exceptionnels, gorgés d'eau, viennent faire saillie de 15 à 20 centimètres sur les parois des grottes. Les figures 95 et 96 en représentent deux, sur lesquels on constate une disposition serpentine amenée moins par la cristallisation, semble-t-il (§ 28), que par une variation dans le débit du liquide calcique.

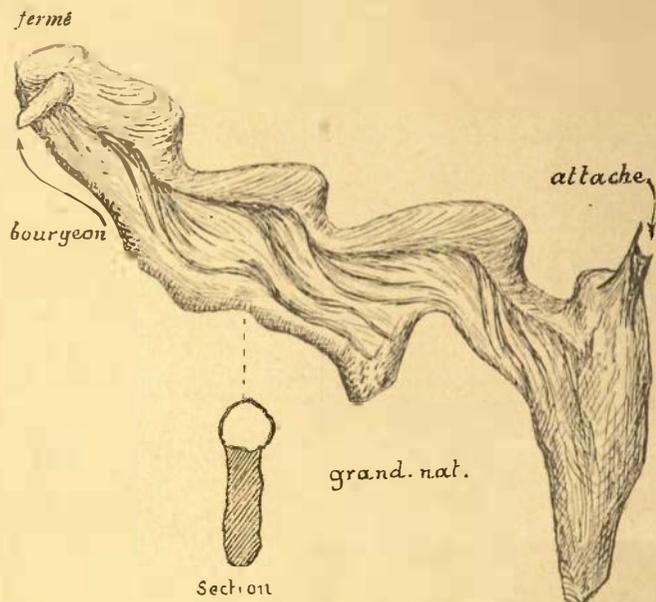


FIG. 97.

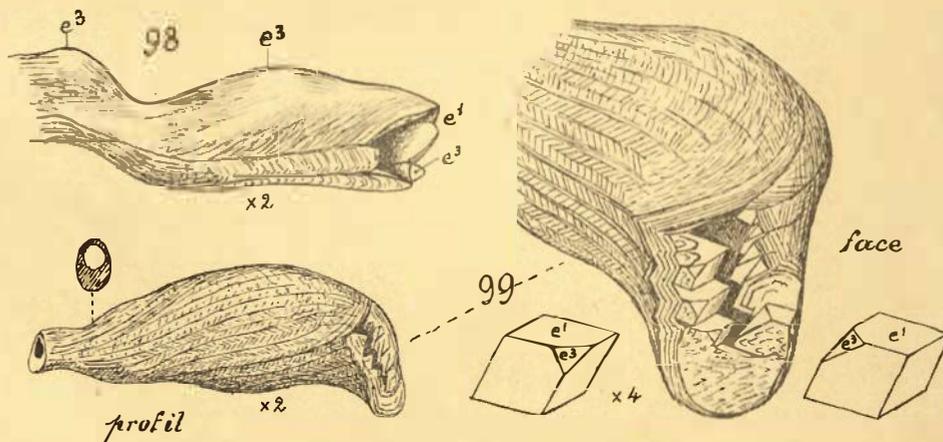


FIG. 98 et 99.

Les veines laiteuses, qui marquent les périodes d'agrandissement de la pièce remontante figure 97, montrent que les appendices inférieurs, avec des ébauches

de e^1 , ont été surtout alimentés à chaque incurvation ascendante du boyau.

Le terme de gargouille s'applique mieux aux échantillons plus courts, dont les lamelles composantes s'étalent en éventail, s'associent en surfaces contournées, pour constituer d'élégants déversoirs aux bords cristallisés (fig. 98 et 99).

Des espèces de cloches, de petites coquilles remplies d'eau, naissent de cette manière et finissent par se fermer. Ces « enhydros » formés en l'air se couvrent également de fils et d'épines (fig. 100 et 101; avec liquide et bulle).

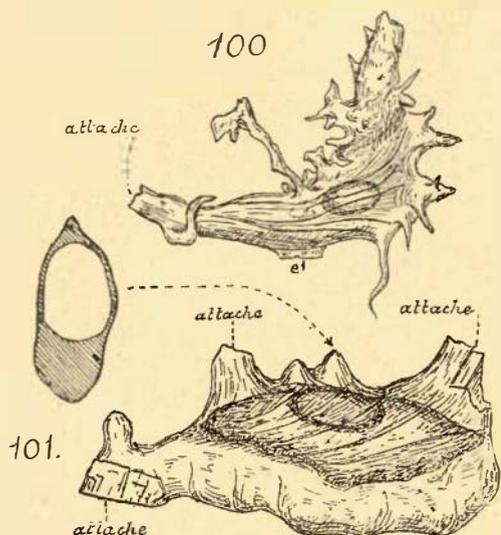


FIG. 100 et 101.

§ 31. ASSOCIATIONS DIVERSES. — L'étonnante variété de cristallisations, que l'on rencontre dans nos grottes, dépend aussi de la réunion des formes qui viennent d'être décrites isolément. En voici des exemples, auxquels il suffira d'ajouter la remarque que toutes sont susceptibles de se grouper ainsi.

Ici, un cône s'agrément de gargouilles remontantes ou descendantes; là des

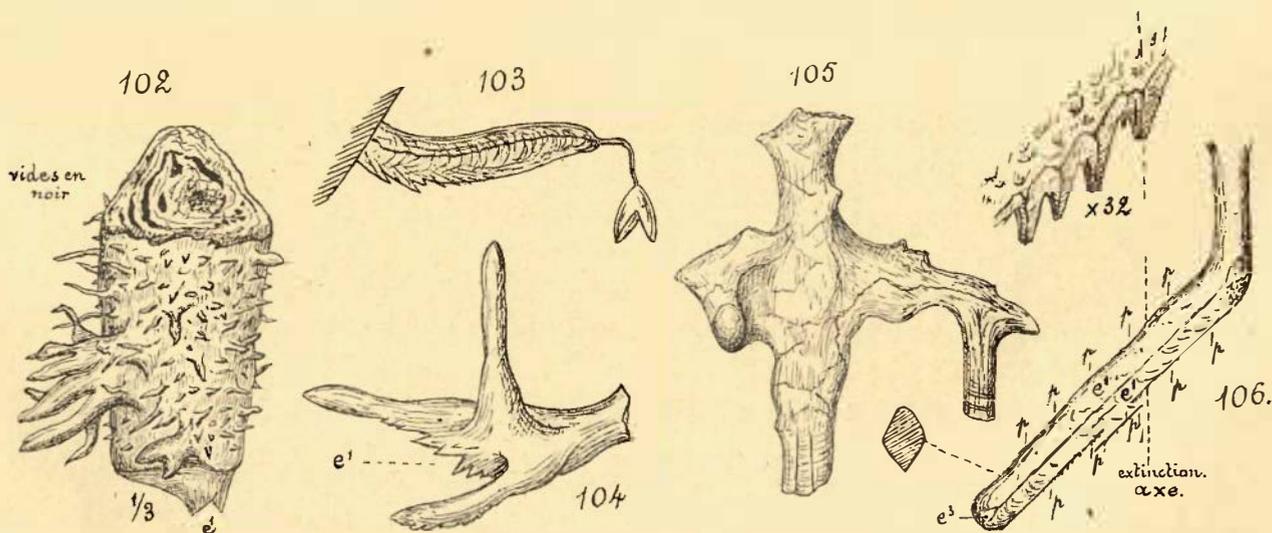


FIG. 102 à 106.

bouts de gros cylindres se hérissent d'une multitude de bourgeons et d'ergots, grâce au liquide s'infiltrant par des couches mal jointes (fig. 102 et § 20) Des

crochets se terminent en clochette ou en baguette (fig. 103). D'autres partent ensemble, à deux ou à trois, d'une même base, pour se séparer bientôt et s'allonger dans des directions diverses (fig. 104). A des moignons cristallins s'amorcent plusieurs tubes (fig. 105). Des tronçons de baguettes se terminent par des piles de rhomboèdres e^1 dont l'alignement est si régulier, qu'ils forment une règlette oblique, avec un tranchant inférieur garni de pointements microscopiques, comme une scie (fig. 106). Les tubes, enfin, se couvrent de touffes de filaments; lorsqu'ils ont un joint diamétral bien marqué, les ergots et les clochettes se disposent le long de deux génératrices opposées et forment des crêtes, qui s'empâtent, finalement, en une seule masse de spath.

Plafonds et parois sont ainsi couverts de délicats groupements, de réparations baroques, dont il faut noter la disposition sur place, la fragilité des échantillons interdisant leur récolte.

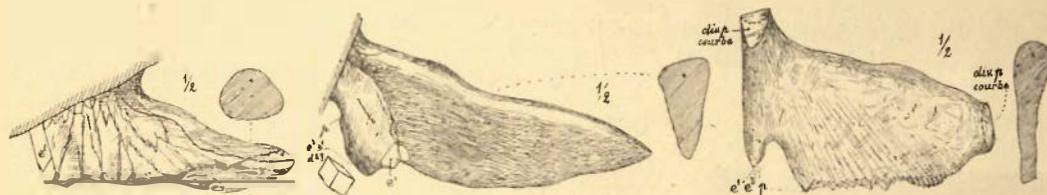


FIG. 107 à 109.

§ 32. — Cette profusion d'excroissances manque dans certains couloirs. On rampe dans un conduit gluant, aux parois unies et sombres, sans aucune incrustation. La surprise est d'autant plus vive, lorsqu'on voit luire, dans une anfractuosité, l'un ou l'autre bel échantillon isolé, du genre de ceux dont la description suit.

Ce sont des crochets ayant pris un volume considérable. Leur aspect rappelle celui d'une bottine; au talon apparaissent des terminaisons cristallines d'allongement variable. Beaucoup d'entre eux constituent, par leur dentelure cristallisée (fig. 109), des formes de passage vers les draperies dont parle le paragraphe suivant; chez tous, il y a un capillaire à la partie supérieure.

Les pièces représentées en demi-grandeur par les figures 107 à 109, donneront une idée des divers stades d'accroissement de ces masses cristallines, qui en arrivent à acquérir des poids de 50 à 100 grammes et davantage.

A ce type appartient aussi l'échantillon de la figure 110 (grandeur naturelle). Il est fortement épaissi, laiteux à sa partie supérieure, où passe le capillaire d'alimentation; les trois secteurs qui le constituent ont une orientation différente. La crête inférieure a quelques pointements cristallins, d'une limpidité adamantine. La mesure de deux de ces rhomboèdres a donné les meilleures valeurs que j'ai obtenues pour e^1 (comparez les chiffres ci-après, à ceux de la page 21).

Le premier, dessiné à part, est tourné et agrandi de façon à montrer l'apparence monosymétrique de beaucoup de ces cristaux; il a donné :

$$e^1 : e^2 = 101^{\circ}28' \quad \text{calc. } 101^{\circ} 9'$$

$$e^1 : e^3 = 57^{\circ} 5' \text{ à } 13' \quad 57^{\circ} 5'$$

Pour le deuxième cristal on a :

$$e^1 = e^2 = 101^{\circ}20' \quad \text{calc. } 101^{\circ} 9'$$

Au talon de cette pièce était une courte baguette qui s'est brisée.

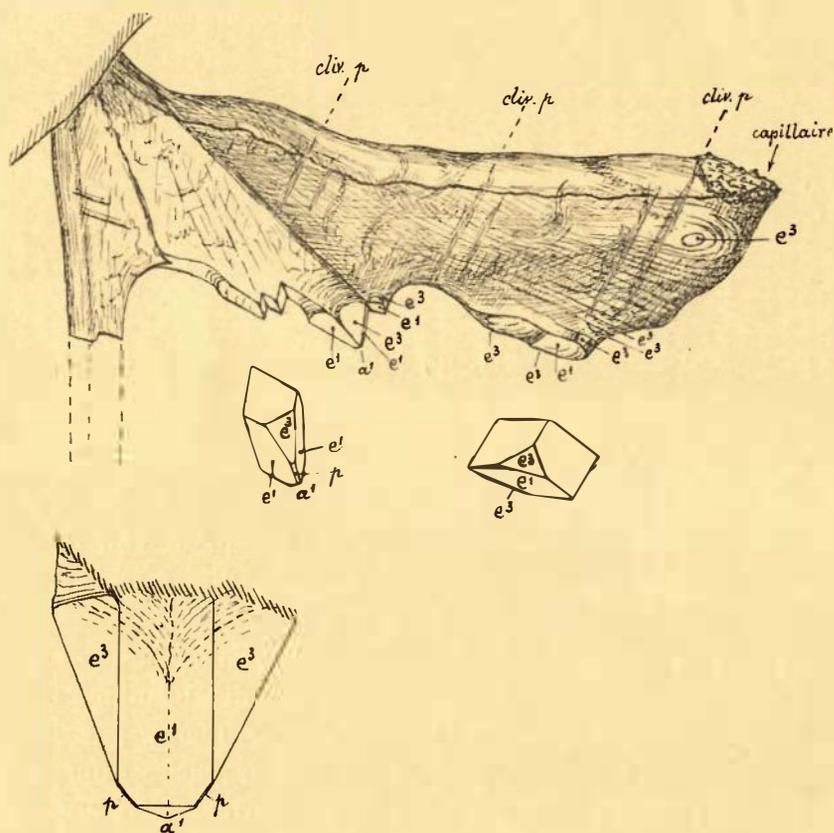


FIG. 110.

§ 33. LES DRAPERIES ET LES CRÊTES CRISTALLISÉES. — Elles constituent l'un des ornements caractéristiques de toute grotte et peut-être aussi celui sur lequel on trouve le moins de renseignements. Les secondes nous occuperont d'abord, parce qu'elles nous révèlent le mécanisme du développement des draperies en général.

Les crêtes cristallisées, transparentes, terminées par des indentations cristallines, sont assez rares; je n'en connais que des spécimens de petites dimensions. Leur

épaisseur ne dépasse pas 5 millimètres. Elles sont fixées soit au bord d'arêtes rocheuses décomposées, soit le long d'un joint, et débutent par une rangée de cristaux pointant vers le bas. Ceux-ci sont parfois nets et brillants.

L'apport de matière cristallisable a lieu par infiltration entre les joints de la pièce, qui est comme craquelée. Les gouttes alignées occupent des points peu distants, siège d'une cristallisation plus active, lorsque le bord inférieur de la crête est horizontal (fig. 111); s'il est incliné, les gouttes courent le long de la dentelure et l'alimentent ainsi.

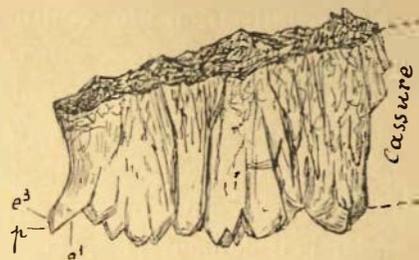


FIG. 111.

Les terminaisons permettent de reconnaître les faces de e^1 . Dans l'exemplaire dessiné, le cristal courbe, au bout de la pièce, a, en outre :

$$p : e^3 = 31^\circ 8' \quad \text{calc. } 31^\circ 10'$$

Il n'y a pas d'arrangement régulier. Quand l'un des cristaux occupe toute l'épaisseur du bas de l'échantillon, un de ses plans de symétrie concorde à peu près avec le plan de symétrie de la pièce. Quand il y a deux pointements, ils se partagent la place, laissant entre eux de petits creux pyramidés qui retiennent bien les gouttes. Les arêtes et faces tournées vers l'intérieur sont droites et planes; celles de l'extérieur sont courbes.



FIG. 112.

D'autres crêtes transparentes, blanches, moins bien cristallisées ont des indentations régulières, profondes, qui se fusionnent plus haut en une seule lame, ayant encore 5 millimètres d'épaisseur environ. Les dents semblent être e^1 arrondi et rendu méconnaissable par des rugosités cristallines, obliquement implantées sur ses faces.

La coupe mince, parallèle au plat de la pièce et comprenant quelques dents terminales (fig. 112a) est constituée d'une masse de calcite, dont les clivages indiquent déjà l'orientation uniforme; celle-ci est confirmée par l'examen optique, qui fait cependant ressortir la présence de grains isolés, irréguliers, dont les extinctions se font dans des directions obliques.

Chaque dent a des couches d'accroissement brunâtres, très pléochroïques, ainsi qu'une ligne axiale, marquée par des impuretés et des inclusions liquides à bulle. Les pointements parasites, inclinés vers le bas, sont également zonaires (fig. 112b).

Le prolongement des axes dans la partie supérieure à orientation unique, les vagues stries horizontales d'accroissement qu'on y remarque, les restes de grains

autrement orientés que contient cette masse, tout indique qu'elle s'est progressivement soudée en haut, au fur et à mesure de l'allongement des dentelures terminales.

Ces types facilitent la compréhension de la structure de draperies plus grandes, mais à cristallisation plus confuse encore.

Ce sont des franges laiteuses, grenues, ayant une longueur (verticale) de 1 décimètre et plus, épaisses de 5 à 6 millimètres, qui bordent les saillies sur une longueur de plusieurs décimètres parfois. Malgré leurs dimensions relativement grandes, elles sont composées de bâtonnets élémentaires, assez réguliers, non soudés les uns aux autres et même totalement séparés; on peut donc les considérer isolément (fig. 113a). Chaque bâtonnet a une largeur sensiblement égale à l'épaisseur; la section est carrée (fig. 113c), ce qui permet d'orienter les lames minces. Voyons-les successivement en coupe parallèle au plat de l'échantillon, en coupe transversale verticale et en coupe transversale horizontale.

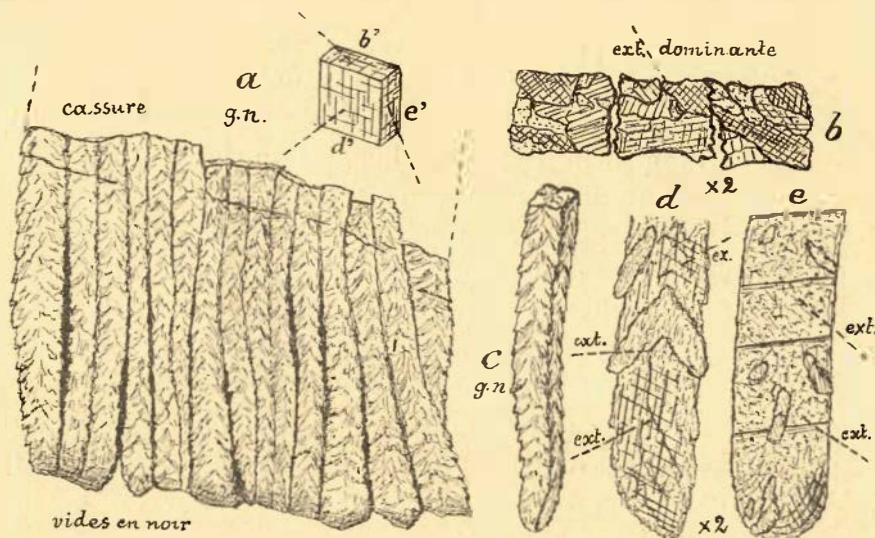


FIG. 113.

Les coupes parallèles au plat de la pièce (fig. *d*) établissent que les individus cristallins inclinés sur l'axe des bâtonnets l'emportent, et règnent même presque exclusivement dans toute leur longueur; les extinctions sont obliques. Chaque bâtonnet a une orientation dominante propre, voisine cependant de celle du bâtonnet suivant; les cassures et plans de clivage conservent à peu près la même orientation dans toute la pièce (cassure fig. *a*). Les lames minces (fig. *d*) mettent deux systèmes de lignes de clivage en évidence, faisant entre elles un angle voisin de 108° , ce qui indique que le plat de l'échantillon est à peu près parallèle à une face du rhomboèdre *p*, dont l'angle plan est $109^\circ 8'$.

Cette orientation détermine les apparences de la deuxième coupe, la transversale verticale (fig. *e*). On y voit la trace d'un plan de clivage particulièrement accusé; il est presque horizontal. C'est celui qui se marque dans la cassure de la

pièce (fig. a). Les extinctions sont obliques. L'extrémité libre est arrondie, avec indications de zones d'accroissement rayonnantes et concentriques. Des grains d'orientation différente s'observent de-ci, de-là.

Les coupes horizontales (fig. b) montrent bien la section carrée des bâtonnets, leur légère concavité sur les faces externes, les dentelures des faces internes. On y constate, conformément à l'orientation reconnue, une extinction à peu près diagonale dominante et la présence des grains irréguliers, dont les axes optiques sont fortement inclinés, en divers sens, sur l'axe du bâtonnet.

Malgré cette structure hétérogène, l'individualité de chaque bâtonnet est suffisamment marquée pour qu'il ne puisse se souder à ses voisins; c'est par les interstices que la solution calcique arrive au bord libre, où elle cristallise.

§ 34. — LES DRAPERIES COMMUNES, jaunes, translucides, presque opaques

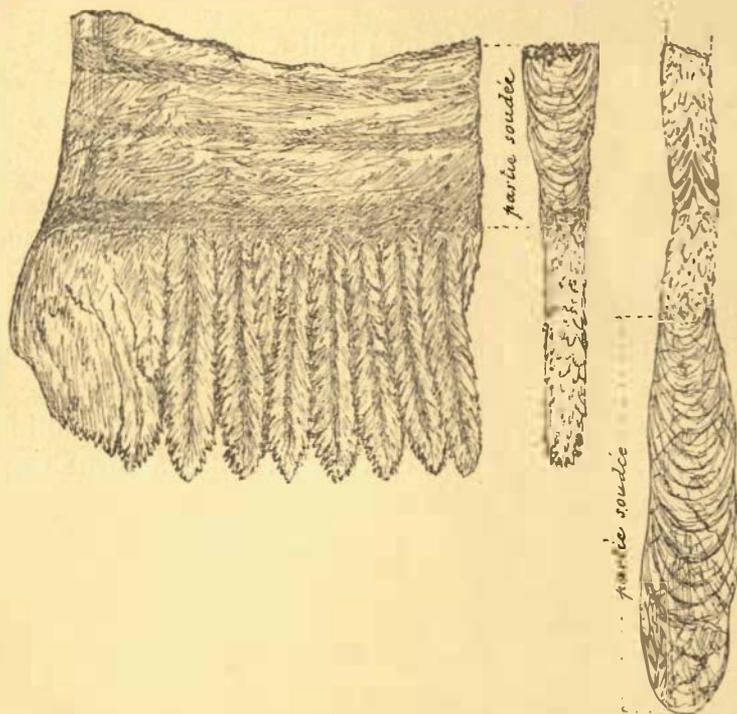


FIG. 114.

sont comparables aux stalactites communes dont il a été incidemment question (§ 1), c'est-à-dire qu'elles sont composées de cristallisations confuses. D'autres, même les plus grandes, présentent des traces de bâtonnets, lorsqu'elles sont vivement éclairées par derrière; ces bâtonnets sont recoupés par des bandes sombres, parallèles au bord libre, qui marquent les phases d'accroissement.

La structure plus régulière n'apparaît, chez certains spécimens, qu'après un

stade de développement irrégulier; les bâtonnets viennent ensuite franger le bord de la partie massive, grenue, à disposition concentrique (fig. 114, à gauche).

Le contraire se produit aussi, c'est-à-dire que les bâtonnets à peine soudés persistent dans le haut, ou tout au moins gardent des traces évidentes de leur disposition première, tandis que l'épaississement se fait vers le bord libre (fig. 114; coupe à droite).

Cette surépaisseur ne provient pas du ruissellement externe le long des faces de la draperie, celles-ci n'ayant subi aucune transformation; elle est probablement le résultat de la circulation de solutions impures amenées au bord inférieur, par son contact avec les parois rocheuses voisines.

S'inspirant de ce qui se passe pour les tubes, on pourrait encore admettre que le liquide imbibant les bâtonnets ne dépose presque pas de calcite, jusqu'au moment où, arrivé au haut de la partie soudée (fig. 114; coupe à droite), il serait obligé de s'étendre sur la surface externe massive et de contribuer à son augmentation. Cette supposition n'expliquerait pas aussi bien la surépaisseur plus considérable du bourrelet vers le bas, qui est contraire au profil constant des formes édifiées par le ruissellement, toutes plus minces à leur partie inférieure.

Pour le premier échantillon décrit (fig. 114 à gauche) l'hypothèse d'une recristallisation partielle n'est nullement exclue; elle rendrait bien compte des faits observés.

Quoi qu'il en soit de ces deux échantillons plus compliqués, on voit que la minceur constante des draperies est réglée, comme l'est le diamètre des tubes, par la grosseur d'une goutte d'eau.

Les draperies sont rarement associées à d'autres stalactites. Notons cependant que le long d'un des bords verticaux, le suintement, plus actif, crée volontiers un cône épais, de nature tubulaire chez les échantillons blancs, cristallins.

Les circonstances locales donnent encore naissance à bien des groupements; leur description m'écarterait trop du but de ce travail; je passerai donc à l'exposé de ce qui concerne les stalagmites.

LES STALAGMITES

§ 35. GÉNÉRALITÉS. — On ne considère ordinairement que la stalagmite pleinement développée, qui se dresse sur le sol et finit par se souder à la stalactite à laquelle elle doit son origine. La jonction opérée, le ruissellement continue le long de la colonnette, en la couvrant de côtes longitudinales, de ressauts superposés. Ainsi s'accumulent, au cours des années, des amas de calcaire jaunâtre, que l'on compare à des troncs de palmiers, des minarets, des tiars, toutes formes dont le schéma commun est une suite de cônes tronqués ayant la troncature bombée, la plus grande, vers le haut.

Plus directement en rapport avec mon sujet, sont les observations relatives au début de la constitution de la stalagmite.

Son établissement est laborieux, car elle n'est constituée que de l'excès de matière incrustante que lui abandonne l'une ou l'autre excroissance de la voûte. Le liquide n'étant pas guidé comme chez les stalactites, la nature du plancher, sa forme, sa distance au plafond sont autant de facteurs qui interviennent dans sa genèse. Si l'eau tombe de haut, la goutte s'aplatit violemment, éclabousse une large surface, de sorte que, à l'endroit qu'elle a frappé, l'apport de matière incrustante est presque nul. Si le terrain est en pente, il y a écoulement; s'il est soumis à des crues périodiques, le limon recouvre l'amorce déjà établie et empêche son développement régulier.

Il faut donc un concours de circonstances favorables pour l'édification des stalagmites; c'est pourquoi elles sont moins nombreuses que les stalactites.

Aussi, toutes les colonnes qui relient la voûte au plancher n'ont-elles pas pour origine la réunion d'une stalactite à une stalagmite normalement développée. Beaucoup proviennent d'une stalactite qui s'est elle-même fixée au sol.

Examinons donc rapidement, en manière de transition, ce qui se passe en cette occurrence.

§ 36. LA SOUDURE DES TUBES AU SOL. — Dans les salles assez basses, l'allongement continu des tubes rapproche leur ouverture du plancher couvert d'une croûte de calcite. Les gouttes tombent d'une hauteur qui va en diminuant et la stalagmite n'a qu'un relief sans importance. Finalement, les deux pièces s'accolent.

Mais chaque tube ne donne même pas naissance à un rudiment de stalagmite; on vient de voir pourquoi. En outre, l'allongement du tube est beaucoup plus rapide que la croissance de la stalagmite; il vient donc se souder lui-même au plancher luisant, couvert de mamelons et de nodosités avortés. Ses destinées changent alors : qu'il passe par une phase intermédiaire, durant laquelle la circulation interne se continue et le couvre d'excroissances diverses; qu'il s'obstrue définitivement, le ruissellement externe finira par le transformer en une colonnette.

§ 37. — Quand les tubes arrivent en contact avec un sol limoneux, ils s'y évasent en un disque calcaire de quelques centimètres de diamètre; ils s'enracinent en quelque sorte et ferment, de leurs fils de cristal, les tortueux conduits des grottes.

En brisant leur attache supérieure, on les enlève avec leur base. Celle-ci, transformée en lame mince, permet l'étude détaillée de la soudure. La coupe verticale montre que le tube, dont l'extrémité inférieure est remplie sur une hauteur de quelques millimètres, se comporte, en lumière polarisée, comme un seul cristal; tandis que le pied, constitué d'un concrétionnement argileux, est composé de calcite fibreuse, qui rayonne autour des grumeaux d'argile qu'elle englobe. La plupart de ces petites boules de glaise sont si peu imprégnées, qu'elles sont entraînées par lavage.

On retrouve la même structure, en plus grand, à la base des stalagmites.

§ 38. -- L'AMORCE DES STALAGMITES se laisse particulièrement bien étudier sur les échantillons fixés sur sol argileux; on sait les détacher, les déplanter est plus exact, pour les nettoyer au jet d'eau.

Après cette opération, on a un disque légèrement bombé, de 6 à 7 centimètres de diamètre, d'une épaisseur de 1 à 2 centimètres au centre, translucide, glauque, rappelant l'aspect des méduses qui gisent sur nos plages. La face inférieure présente un aspect scoriacé, par suite de la pénétration irrégulière de la calcite dans l'argile. Le bord du disque est constitué d'une collerette tuyautée, trouée, où l'on voit le carbonate de calcium isoler des grumeaux argileux, gros comme des pois, et les entourer d'une pellicule hyaline fibreuse.



FIG. 115.

Le sommet du mamelon est quelquefois muni d'un rebord cristallin fragile, mince comme du papier, délimitant un petit godet de la contenance de quelques centimètres cubes (fig. 115). Ces petites corolles, dont le mode de croissance est analogue à celui des sels grimpants, sont aussi subdivisées en logettes, où s'amorcent des pointements cristallins.

Elles sont à rattacher à d'autres formations, plus délicates encore, véritables efflorescences du sol, décrites dans un paragraphe ultérieur (§ 43).

§ 39. — LA CROISSANCE ET LA STRUCTURE DES STALAGMITES. — Dans ce qui suit, je m'occuperai surtout des stalagmites qui jaillissent, un peu partout, du revêtement d'argile, constituant le plancher de certaines parties de la grotte d'Engihoul. Chacun de ces échantillons est donc un spécimen complet.

Là où le sol argileux est assez mou et le plafond élevé, les gouttes creusent, en se succédant, un enfoncement cylindrique de quelques centimètres de profondeur. La solution cristallisable étant diluée, la calcite a le temps d'imprégner l'argile, de s'y concrétionner comme on l'a dit plus haut, bref, de consolider les environs immédiats de l'enfoncement cylindrique.

Dans celui-ci, la cristallisation s'amorce; la calcite s'étend au delà de l'orifice, et même, si une crue passagère exceptionnelle vient recouvrir l'embryon de stalagmite d'une couche de limon, les gouttes, en tombant exactement à la même place, reprennent le travail interrompu.

Bientôt, un mamelon se dessine sur une base large et bien fixée, en sorte que si le suintement continue, l'accroissement se fait sans encombres (fig. 116; coupe).

Toutes les pièces sectionnées montrent une cristallisation en aiguilles divergentes vers le haut. Elles ont plusieurs centimètres de longueur; les couches d'accroissement les recourent. Sur la section figure 117, illustrant ces détails, on voit aussi, à la base, le pédoncule cylindrique initial, creux, avec ses pointements cristallins.

Suivant la hauteur de chute des gouttes, une cupule se maintient au sommet du mamelon; la plupart des échantillons ont une terminaison hémisphérique, un peu aplatie.

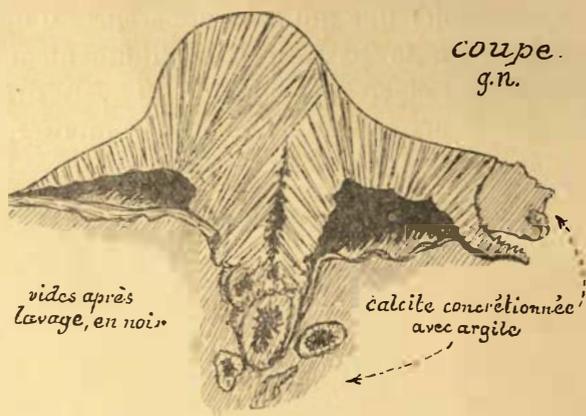


FIG. 116.

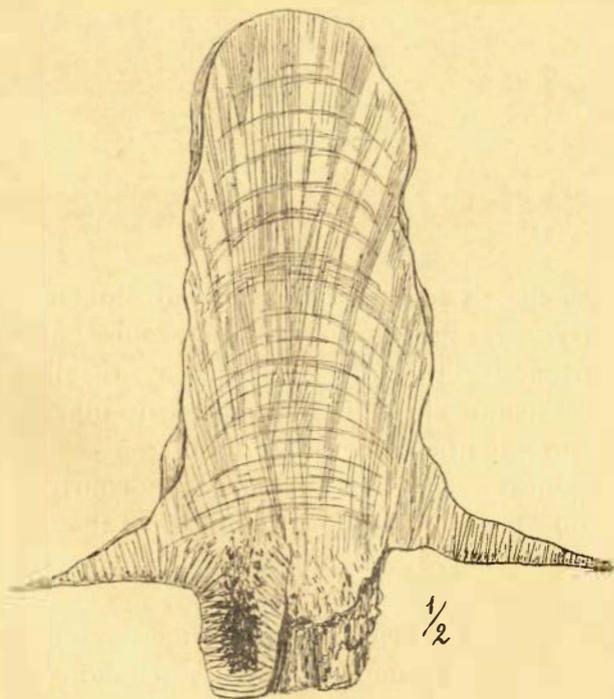


FIG. 117.

Sectionnons encore quelques-unes de ces stalagmites, pour lire, sur les coupes verticales, les accidents survenus au cours de leur développement.

En voici une qui a les apparences d'une actinie (fig. 118). La coupe met en évidence, à la base, le concrétionnement scoriacé, avec inclusions d'argile, sur lequel s'est élevé un mamelon plat. A droite et à gauche, deux boules argileuses, deux cailloux incomplètement décomposés, n'ont pu être franchis par le ruisselle-

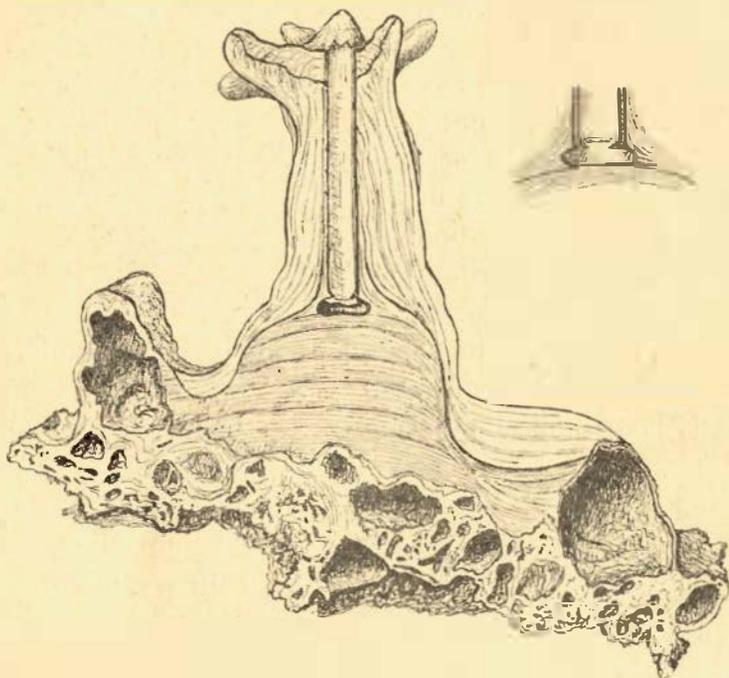


FIG. 118.

ment ; les strates, appartenant à cette période, s'y arrêtent. Le tube qui alimentait la stalagmite commençante a fini par arriver très près de son sommet, mais sans le toucher, la circulation du liquide et surtout la différence de structure cristalline ayant empêché la jonction des deux pièces (coupe agrandie fig. 118). Un vide s'est maintenu entre elles ; sa largeur est plus grande que l'ouverture du tube.

Le ruissellement extérieur amena la soudure par l'intermédiaire d'une couronne de bourgeons (une douzaine), appartenant au tube. Puis, un mouvement brisa le tube à la hauteur de cette couronne plus résistante. Enfin, une pellicule de calcaire ferma le sommet du tronçon et empêcha son remplissage.

Une autre stalagmite (fig. 119), plus haute (15 centimètres), a une large base (diamètre, 11 centimètres). Le mamelon aplati, formé d'abord, n'atteignait que 3 centimètres de haut lorsqu'il fut recouvert, par une crue, d'une couche de boue gluante, adhésive, que l'eau ne sut enlever en se retirant.

Après la mise à sec, les gouttes tombant d'une faible hauteur sur son sommet plat, remirent la calcite à nu sur une surface ronde d'environ 12 millimètres de diamètre, visible dans l'intérieur de la pièce, grâce à sa transparence. En cet

endroit, les nouvelles couches cristallines purent donc faire corps avec les premières. Partout où il y a contact, on voit nettement les aiguilles de calcite du mamelon primitif se continuer dans l'ajoute nouvelle; ailleurs, le vernis argileux, qui a moins d'un millimètre d'épaisseur (en noir), n'a pas été imprégné.

Ainsi, une masse ovoïde, de 3 centimètres de hauteur, se constitua lente-

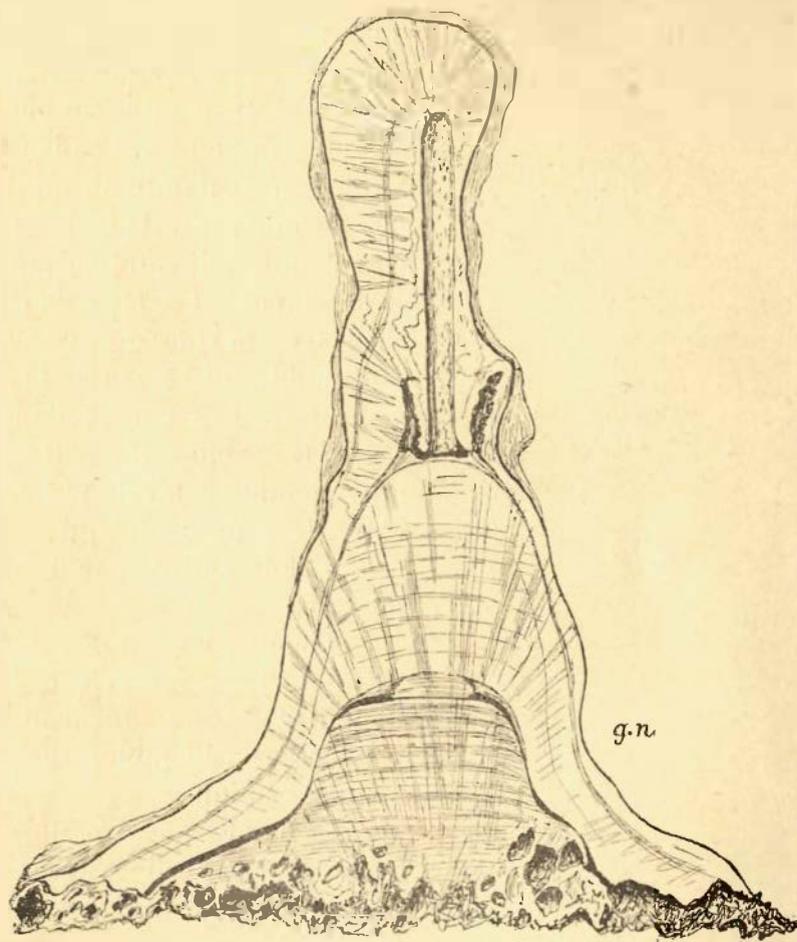


FIG. 119.

ment et elle aurait continué à croître en s'effilant, si le tube n'était venu toucher presque son sommet.

Au contact imparfait entre les deux pièces à structure cristalline si différente, il se développa, ainsi que je l'ai constaté plusieurs fois sur place, une sorte de collerette au sommet de la stalagmite et un boursoufflement au bout du tube, laissant entre eux un vide (en noir) qui ne put se combler. A quelques millimètres du contact, le tube reçut un épaissement annulaire interne, semblable à celui de la pièce précédente (fig. 118, à droite).

La soudure une fois accomplie, le tube se rompit à près de 5 centimètres au

dessus du contact, sans doute en plusieurs endroits à la fois, comme cela se produit invariablement lorsqu'on veut en détacher un, de sorte que l'orifice de stillation fut reporté plus haut. L'épaississement et l'accroissement continuèrent ensuite par couches extérieures concentriques, avec cristaux fibreux radialement orientés. Le tronçon de tube, rempli d'eau, s'étant fermé au sommet, son intérieur resta libre.

§ 40. — L'instabilité du sol des grottes fait que beaucoup de stalagmites

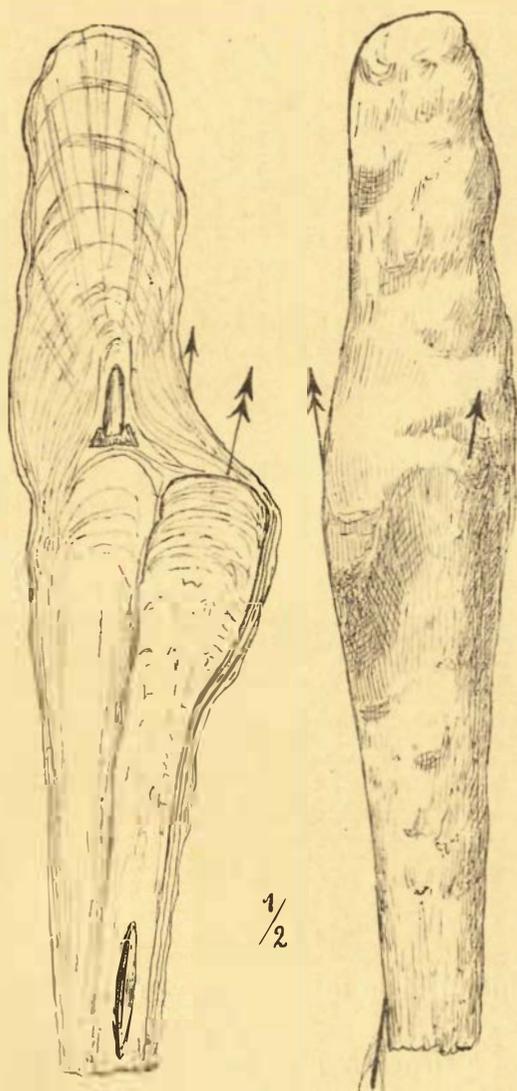


FIG. 120.

présentent de ces anomalies structurales ; elles se révèlent extérieurement par des coudes et des bosses. Le plancher stalagmitique n'est d'ordinaire qu'un revêtement étendu sur de la boue et des éboulis. Que l'argile soit entraînée, que l'éboulis se décompose et se tasse, le jeu du plancher en est la conséquence : les colonnes qui semblaient supporter la voûte, largement scellées par la base et par le sommet, se rompent par traction. Celle-ci est rendue évidente par l'espace créé entre les tronçons, qui se déplacent quelquefois ensuite par des glissements latéraux.

Toutes les grottes offrent des exemples de ces accidents locaux, que l'on attribue communément à des mouvements considérables du sol, à des actions sismiques.

Le hasard amène parfois une stalagmite, qui s'est inclinée avec son support, sous une autre gouttière du plafond ; une ajoute verticale se greffe sur la colonnette penchée et fait avec elle un angle ouvert. On en voit un spécimen de grande taille à Han.

La coupe de la pièce (fig. 120) servira à illustrer ce qui précède. Les gibbosités qui la déforment proviennent :

1° D'un tube, point de départ de la stalagmite, indiqué par une simple flèche sur les croquis. Il n'est pas obstrué et peut être sondé, avec un fil métallique, jusqu'à près de la surface extérieure, vers le haut ; la coupe l'entame obliquement à la base de l'échantillon. Celui-ci était vertical au début, mais en se penchant, il a produit la rupture du tube, ainsi que le déplacement du point frappé par les gouttes.

2° D'un deuxième empâtement, plein, bien accusé par sa couleur plus foncée; il est marqué par une flèche à deux fers. Enfin, la stalagmite s'inclina une deuxième fois, provoquant le dépôt :

3° D'une troisième ajoute, alimentée, cette fois, par un tube dont un débris inclus est actuellement presque vertical. Il présente la soudure incomplète déjà décrite (fig. 118 et 119) et n'est peut-être que l'extrémité du premier tube régénéré, mais brisé à nouveau pendant l'accumulation de ce troisième dépôt, dont les couches serrées recouvrent l'ensemble de l'échantillon.

Les stalagmites, ayant pour support de grosses pierres appelées à se caler par à-coups pour suivre les réarrangements de l'éboulis sur lequel elles reposent, sont soumises à de semblables oscillations.

Le visiteur isolé dans une grotte où le travail de dissolution se poursuit encore, démêle bientôt, au milieu des coups mats produits par la chute des gouttes, des craquements secs, des chocs précis, qui l'avertissent du jeu incessant de toutes les pièces dont se compose le décor, immuable en apparence, des cavités souterraines.

§ 41. — L'eau qui mouille le sol des cavernes, celle qui imprègne l'argile, est encore active; elle agglutine les débris de toute espèce qu'elle vient à mouiller. Plus d'un beau fragment, qu'on croirait déposé par une main prévoyante sur le rebord d'une saillie du plancher, s'y trouve définitivement scellé. Les débris de tubes appuyés contre les stalagmites, les pierres détachées de la voûte, ne tardent pas à faire corps avec le pavement du souterrain, tout en contribuant à tracer de nouvelles routes au ruissellement et à varier le travail de l'incrustation.

Décrire ces curiosités, serait sortir de mon sujet. Pourtant, je dois m'arrêter aux produits cristallisés, véritables efflorescences du sol, que l'on trouve, avec une abondance variable, dans plusieurs de nos grottes.

§ 42. CONCRÉTIONS DIVERSES SUR LE SOL. — Les descriptions courantes n'en parlent pas, tant ces excroissances sont insignifiantes d'ordinaire.

Leur diversité est la conséquence de la composition différente des solutions qui suintent dans le sous-sol; en passant sur des roches hétérogènes, en filtrant par des fissures dont le remplissage varie d'un point à un autre, leur nature se modifie constamment. Déjà la coloration particulière de stalactites et de stalagmites isolées attire l'attention sur ce fait; certaines sont noires et d'autres rouges. Tel groupe de tubes se distingue par sa transparence presque parfaite, alors que, non loin, on ne voit que des fils laiteux et jaunâtres.

Il circule même, dans les grottes, des liquides possédant une action dissolvante, comme en témoignent ces tubes dont il ne reste que des lambeaux troués, qu'un souffle éparpille. C'est une cause de rupture à ajouter à celles qui sont énumérées dans un paragraphe antérieur (§ 15).

Les fragments de tubes qui gisent à terre, sur l'argile, sont ternes, dépolis sur la

cassure *p*, dont le bord est parfois arrondi, comme fondu. La surface du tube *a*, au contraire, un poli gras, qui devient parfait au voisinage d'une sorte de côte spiralée, striée, une grande face courbe (fig. 121).

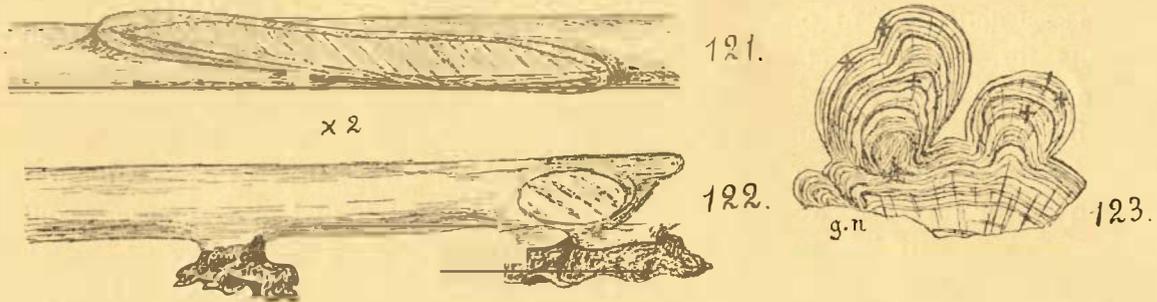


FIG. 121 à 123.

Certains se collent à l'argile, aux points où ils la touchent, par de petites ventouses faites de calcite chargée de limon (fig. 122).

Sur l'argile, on recueille encore des concrétions globuleuses, rappelant des amas de noisettes, dont on reconnaît en coupe (fig. 123) la structure fibreuse et les couches concentriques plus ou moins colorées par du limon et des sels de fer. Je n'en eusse pas figuré la coupe, si elle ne donnait lieu à une remarque sur la disposition réelle des fibres qu'on y voit. A la base de l'échantillon, les individus élémentaires sont sectionnés en long; mais dans les couches supérieures, il y en a beaucoup qui sont coupés normalement à l'axe. Quelques-unes de ces parties sont désignées par de petites croix, sur le dessin.

§ 43. — Les concrétions les plus remarquables prennent naissance sur les menus débris cristallins, que la chute des tubes éparpille sur le sol. Chacun de ceux qui tombent dans un endroit favorable, amorce une masse boursoufflée, tourmentée, qu'on peut comparer, comme aspect, à une scorie et, comme matière, à de l'ivoire (fig. 124).

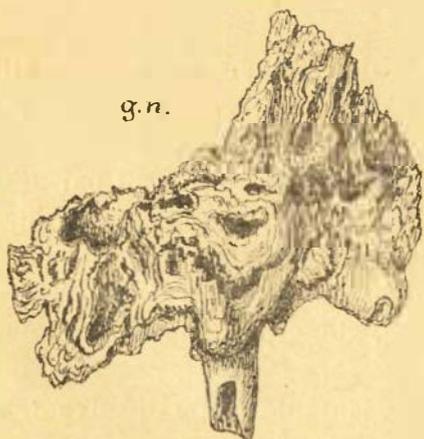


FIG. 124.

Ces échantillons, dont les dimensions n'excèdent guère 5 à 6 centimètres, sont parfois bosselés et lisses sur la face inférieure, tandis que le dessus est ourlé et fouillé comme une oreille compliquée: d'autres font penser à une fleur aux pétales chiffonnés. La plupart ont cependant des détails structuraux rappelant, à l'observateur, l'action des sels grimpants. Ce sont, d'abord, de minuscules cloisonnements verticaux, délimitant des tubulures d'une fraction de millimètre, qui permettent la circulation de l'eau incrustante;

ensuite, des becs d'écoulement, des cuillers si l'on veut, par lesquels se déverse l'excès du liquide, ou encore des pochettes dans lesquelles il séjourne.

Ces particularités sont visibles sur l'échantillon fig. 125, qui possède trois de ces petites vasques, dont chacune est munie intérieurement de divisions secondaires. Celle de droite est fort saillante; celle du milieu est très profonde et bien développée, tandis que sa voisine (à gauche), qui est massive, n'a qu'un rebord insignifiant.

Le dessin a été pris sous un éclairage heurté, afin de ne mettre que les principaux reliefs en évidence; il n'a pas la prétention de rendre la demi-transparence de l'objet, ni ses menus plissements, dont la délicatesse égale celle des dentelles d'une figurine de Saxe.

L'orientation verticale des petits tubes, visible de face, indique la position de gisement: l'un d'entre eux (en haut à droite) s'évase en une corolle au bord contourné.

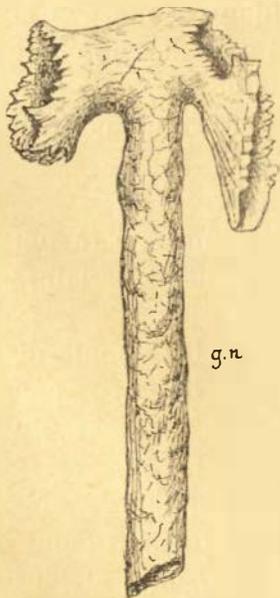


FIG. 126.

J'ai trouvé ce fragile objet dans la grotte d'Engihoul, sur le sol, adossé contre une pierre; à l'égal de beaucoup de ces concrétions, il était sans soudure à la roche. Son analogie avec l'échantillon précédent (fig. 124) et même avec le petit godet de la figure 115, est évidente.

Ces productions se rattachent aussi aux cristallisations grimpances qui se développent à l'extrémité des tubes brisés encore attachés aux voûtes (§ 5). Toutes sont constituées de calcite fibreuse, couverte de pointements microscopiques.

L'échantillon représenté figure 126, est également à classer parmi les efflorescences greffées à l'extrémité d'un tube brisé; le fragment s'était fiché dans l'argile et soudé aux feuillettes stalagmitiques intercalés entre ses strates.

Le tube est épaissi extérieurement. Sa lumière est libre jusque près du sommet, où s'ouvrent deux becs symétriquement placés. Ces cavités étant bouchées par de petits rhomboédres, l'accroissement ne pouvait se faire que par imbibition.

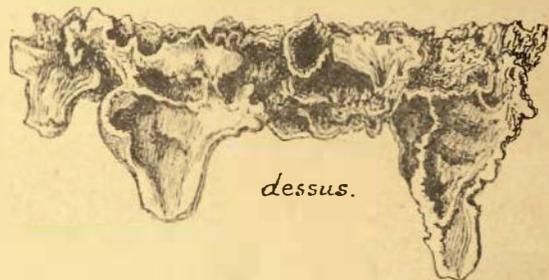


FIG. 125.

§ 44. — Des excroissances du même genre se trouvent aussi fixées directement

aux parois rocheuses, auxquelles elles n'adhèrent que faiblement; elles rentrent alors dans la catégorie des ornements stalactitiques.

Ce sont de petites consoles massives, mais à bords finement ourlés et dentelés de cristaux microscopiques, superposées à deux ou à trois, légèrement soudées les unes aux autres, avec tendance marquée à se séparer. Leurs surfaces contournées paraissent se toucher en plusieurs points et pourtant une bandelette de papier, que

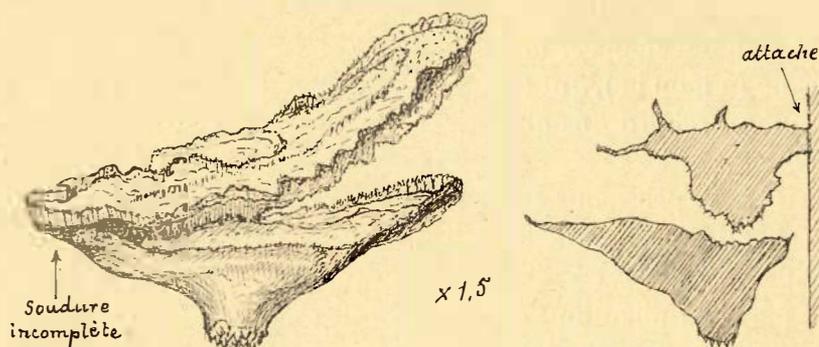


FIG. 127.

l'on glisse entre elles, établit l'absence de contact. Le dessous de la pièce inférieure est lisse et possède une saillie marquée à l'endroit où se forment les gouttes; des rugosités cristallines s'y trouvent (fig. 127; avec coupe médiane, à droite).

Les parties plus creuses contiennent des rhomboédres atteignant rarement un millimètre, chacun disputant la place et la matière cristallisable à ses voisins, au lieu de contribuer avec eux à l'édification d'un seul individu, ainsi que cela se produit pour la majorité des cristallisations décrites.

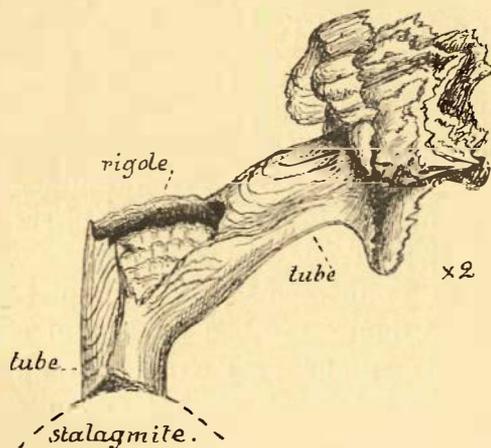


FIG. 128.

§ 45 — De la même nature encore sont les fragiles ajoutés qui terminent certaines stalagmites, relativement grandes.

Au sommet de l'une d'elles, haute de 40 à 50 centimètres, j'ai détaché le pompon représenté au double, figure 128, sous un éclairage heurté.

La partie verticale, tubulaire, très mince, composée de plusieurs pièces, est close par une membrane horizontale formant le fond d'une petite rigole inclinée; celle-ci est couverte, un peu plus loin (à droite), par une lame bombée, avec stries d'accroissement. L'extrémité est fermée par des colerettes, dont l'inférieure forme bec. Cette excroissance était alimentée par un tube brisé et partiellement obstrué par une formation analogue.

Son axe ne correspondait plus à celui de la stalagmite, celle-ci s'étant légèrement penchée.

La connexion entre un tube et la stalagmite qui se trouve en dessous (fig. 129a) ne peut durer que dans les parties les plus stables d'une grotte. Au moindre mouvement, le tube se brise; ses deux extrémités sont alors le siège de la cristallisation troublée plusieurs fois décrite (§§ 5 et 39). Dans le cas de l'échantillon figure 129b, il s'agit d'un tube épaissi, soudé au sol; après la rupture, l'épaississement s'est continué excentriquement et l'excroissance scoriacée s'est surtout développée au sommet du cône ainsi formé, en lui donnant les apparences d'une carotte surmontée d'une touffe de petites feuilles.

En admettant que les deux pièces se soudent à nouveau et que le ruissellement extérieur consolide définitivement le joint, la stalactite conservera, par des vides internes et un reste de tube, des traces de l'efflorescence scoriacée (fig. 119).

§ 46. DÉPÔT CRISTALLIN INCOHÉRENT. — Dans ces vastes cristallisoirs que sont les grottes, les caprices de la capillarité, le hasard des éclaboussures, les variations dans les suintements amènent les combinaisons les plus imprévues, les plus étranges.

Une pierre est à peine tombée sur le sol, qu'elle se recouvre d'un vernis mat sur lequel s'élève, par places, une moisissure cristalline, sous laquelle certains explorateurs ont même supposé une moisissure réelle, tant son aspect est trompeur. Ce sont des concrétions vermiculées, fibreuses (parfois de l'aragonite), n'ayant pas l'intérêt de celles dont il va être question.

Entre les grosses pierres des éboulis, les pas grincent sur un sable grossier blanc, qui est probablement analogue à la *Bergmilch* ou *Montmilch* (et non *Mondmilch*), le « lait des montagnes » des minéralogistes allemands, désignation que de Lapparent traduit par « dépôt calcaire de caverne ». (*Minéralogie*, 2^{me} édit.)

Ce corps, analysé par Rose, paraît être, dit Zirkel dans ses *Elemente der Mineralogie*, un mélange cryptocristallin d'aragonite et de calcite crayeuse, avec un peu de matière organique. Dans un autre écrit, l'éminent pétrographe rappelle qu'Ehrenberg a trouvé le dépôt calcaire de Bar (France) constitué de microscopiques bâtonnets articulés, droits, tandis que celui de la célèbre Baumannshöhle (caverne du Hartz) se composait de bâtonnets articulés et spiralés. Les articles isolés, globuleux, avaient 0.0006 à 0.0015 millimètre.

Relativement à l'origine de cette matière, Tschermak rappelle qu'elle se forme dans les cavernes et les fissures du calcaire « grâce à une rapide diffusion de

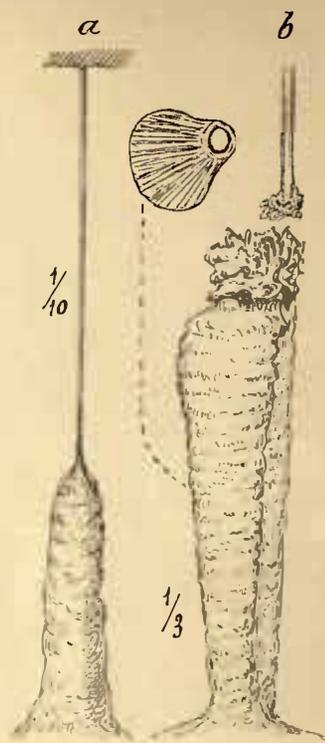


FIG. 129.

l'acide carbonique » et que, sous le microscope, elle se montre constituée de rhomboèdres *p*, isolés et réunis en bâtonnets. (*Lehrb. der Min.*, 2^me édit.)

Les éléments du dépôt de la caverne d'Engihoul, dont il s'agit particulièrement

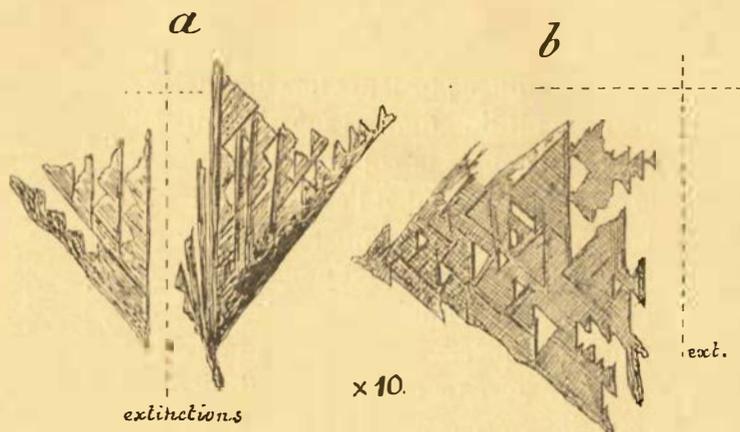


FIG. 130.

ici, sont loin d'être aussi fins que ceux dont parle Ehrenberg; un faible grossissement suffit à reconnaître leur structure. Ce sont des paillettes, des grumeaux coralloïdes, des grains scoriacés constituant une sorte de givre, parfois d'un blanc pur, dont on peut extraire les différents cristallites de carbonate de calcium qui vont être décrits et figurés.

La plupart des paillettes sont opaques, laiteuses, blanc de porcelaine; d'autres sont transparentes à des degrés divers. Certaines s'éclaircissent dans la térébenthine

et perdent leur opalescence, due peut-être à des inclusions gazeuses. Leur contour est triangulaire, avec un angle voisin de 90°; les extinctions se font parallèlement et perpendiculairement à l'hypothénuse. Une d'elles correspond à l'axe principal *cc*, et il est facile d'établir optiquement que c'est la première; les paillettes sont donc à orienter conformément au dessin figure 130.

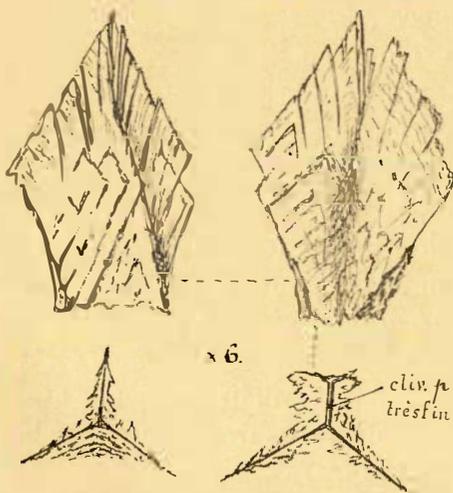


FIG. 131.

Beaucoup de ces pellicules sont plates, avec une fine structure réticulée (fig. 130b); il y en a de presque pleines, plus cristallines, avec de petites lamelles disposées comme les lattes d'une persienne, comme les plumes d'une aile.

Deux de ces éléments s'accolent volontiers sous un angle de 120° environ. Lorsque, sur l'arête formée par leur réunion, se développe une troisième paillette, les trois plans de symétrie du système rhomboédrique sont amorcés, et l'ajoute de

lames nouvelles, dans les trois espaces, y fait naître des faces imparfaites, plus ou moins concaves (fig. 131).

Dans un stade suivant, un rhomboèdre incomplet se constitue; il appartient toujours à e^1 , le clivage se faisant parallèlement aux arêtes culminantes. Mais ce n'est qu'une ébauche de cristal, car il n'y a qu'un des pointements qui s'achève. L'autre est remplacé, dans tous ces petits solides, quelle que soit leur grandeur (jusque 5 millimètres), par un plan qui n'est jamais perpendiculaire à l'axe et n'a pas d'inclinaison constante. Cette troncature, légèrement concave, a, au centre, une cicatrice ou un pédoncule. Les dessins (fig. 132 et 134) en représentent quelques-uns, choisis parmi les plus réguliers.

Les coupes normales à l'axe (fig. 132a), que j'ai taillées dans ces rhomboïdes, ont mis en évidence, au centre, la disposition à 120° des lamelles dendritiques de première formation, dont les pennes supportent des grossissements considérables, tant elles sont ténues. La partie périphérique est plutôt fibreuse. Les faces sont courbes. La figure d'axe est régulière, quoique voilée; toutefois, elle se décentre vers la périphérie des coupes.

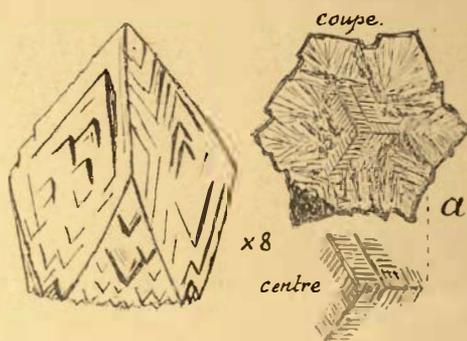


FIG. 132.

Parmi les formes fréquemment rencontrées, est la suivante, qui se rattache aux éléments moins nettement cristallisés encore, que contient le givre calcaire. C'est un pointement rhomboédrique, avec base plus ou moins oblique, avec ou sans pédoncule, surmonté d'une sorte de petite mitre, ornée d'épines, dont les trois crêtes correspondent aux trois faces du cristallite inférieur (fig. 133). Ces groupements sont loin d'être toujours aussi réguliers que le spécimen figuré; les déformations auxquelles ils sont sujets leur donnent des apparences très curieuses.

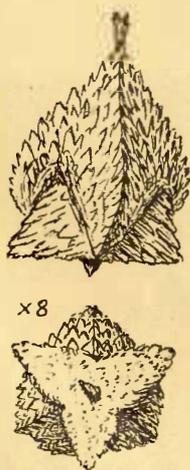


FIG. 133.

Dans les endroits salis par les eaux limoneuses le dépôt qui nous occupe est moins blanc; on y retrouve des parcelles jaunâtres, plates, opaques, à bord dentelé, les unes pleines, les autres annulaires (fig. 135*i*), ainsi que des agglomérations de ces éléments, auxquels sont joints des rhomboïdes qui, bien qu'ils soient analogues aux précédents, méritent un court examen. Je choisis, de nouveau, les plus réguliers.

On y retrouve le pointement e^1 , ainsi que la large face qui coupe le solide plus ou moins parallèlement à une des arêtes culminantes (fig. 134*a*). Comme c'est de préférence suivant ce plan que le cristallite se place sur le porte-objet, il ressemble à un toit minuscule, dont le faite serait précisément une des arêtes culminantes (fig. 134*d*).

Le clivage se fait suivant ces dernières et crée un plan qui montre une certaine fibrosité sous un éclairage approprié (fig. 134c).

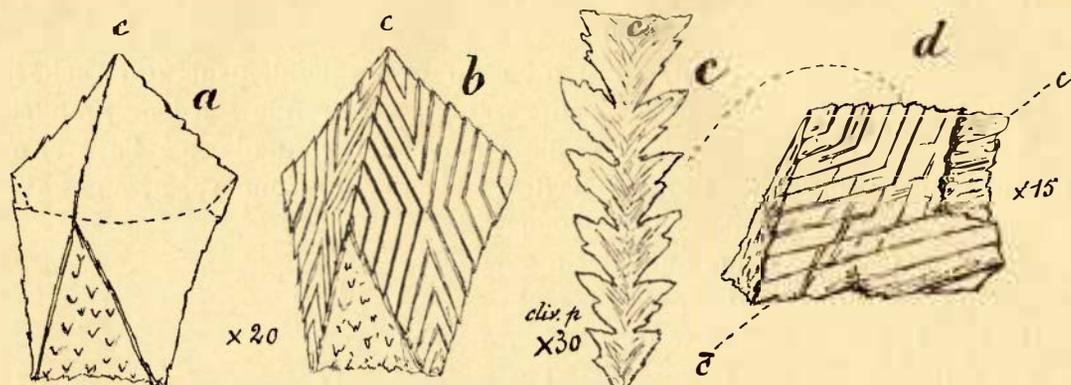


FIG. 134.

§ 47. — D'autres éléments de ce dépôt sont bientôt remarqués, lorsqu'on l'éparpille sur un papier noir, pour le trier à la loupe.

Le plus simple est un secteur de sphère, à surface un peu rugueuse, avec une cicatrice au milieu de l'arête ou un pédoncule (rarement 3 à 4 millimètres). En réalité, c'est déjà une association de deux parties sphériques plus petites, marquée par un joint, ainsi que par le double bombement de la surface arrondie et par la légère inclinaison des parties planes les unes sur les autres (fig. 135a).

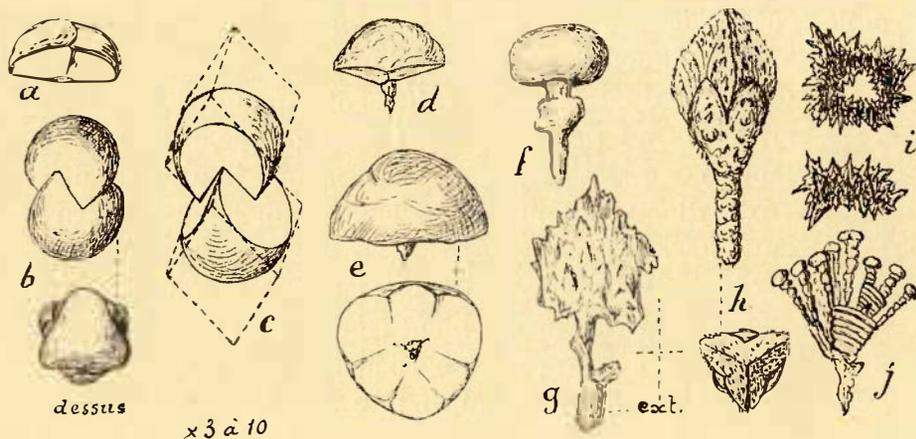


FIG. 135.

L'élément fondamental serait, par conséquent, une sorte de pyramide trigonale à base courbe. On trouve, en effet, des globules ayant cette apparence et tous les passages vers des espèces de clous très petits, à pédoncule de longueur variable. Souvent le plan de la demi-sphère, formant la tête de ces clous, est un triangle curviligne, plutôt qu'un cercle. D'autres fois, la symétrie trigonale se marque sur ce

plan par le miroitement particulier de trois secteurs, qui aboutissent à de légères indentations (fig. 135 *d, e, f*, ; diamètre, 4 millimètres).

La coupe mince, parallèle au plan d'une tête de clou, et passant par le milieu, possède un vide central; la structure est fibro-rayonnante. Près du centre, les fibres, coupées normalement, donnent la figure monoaxe, négative, de la calcite.

Quant aux petites pyramides simples, déjà mentionnées, elles s'assemblent volontiers à deux, pour constituer une sorte de mâcle (fig. 135*b*). Si l'on considère chaque partie du couple comme un rhomboèdre moitié pointement, moitié sphère, on peut dire que l'ensemble est une pénétration partielle, suivant l'axe principal, de deux individus e^1 , parallèlement orientés (fig. 135*c*).

Celles de ces associations qui sont pédonculées, nous ramènent à des formes telles que celles des figures 133 et 135*h*. Quelquefois, on trouve des chapelets de cinq ou six de ces couples; les plus réguliers sont isolés. Les très petits cristallites en forme de clou, se réunissent à plusieurs autour d'un centre, pour former des touffes, des portions de sphère, rappelant les rabdosphères des boues marines (fig. 135*j*). Ils montrent aussi une tendance à se grouper en un seul glomérule, mamelonné comme un chou-fleur. Enfin, leur relation avec les pellicules triangulaires, constituant les rhomboïdes, décrites au début du § 46, se trouve indiquée par l'association de ces deux espèces d'éléments. Le bord des lamelles triangulaires, qui correspond à une arête culminante de e^1 (fig. 130*a*, bord supérieur), porte alors un petit clou à chaque indentation.

§ 48. — Le mode de formation de ce dépôt ne pourra être élucidé que par de nouvelles observations. On sait que les cristallites sont des mélanges moléculaires de corps différents; qu'ils naissent dans des solutions épaissies par des matières colloïdes; qu'ils sont le produit d'une cristallisation troublée.

La première de ces conditions est certainement réalisée, dans les grottes, par les crues amenant des impuretés diverses en contact avec les dépôts formés sur le sol; pourtant, la blancheur de certaines parties du givre calcaire d'Engihoul cadre mal avec semblable origine. De plus, le carbonate de calcium, qui se précipite dans les grottes, est toujours cohérent; seules les efflorescences du sol font exception et constituent des éléments isolés, libres.

C'est probablement à une formation de ce genre qu'il faut rattacher le dépôt de cristallites, plutôt qu'à un produit développé en plein liquide; il est probable que ses éléments n'y resteraient pas longtemps séparés. En fait, j'ai trouvé des cristallites empâtés sous une croûte luisante, cristalline, jaunâtre, caverneuse, aux endroits mouillés par les suintements.

Les parties moins pures du dépôt, sont composées d'éléments analogues aux petites concrétions vermiculées, faites de sphérules associées, de grossières paillettes, végétant isolément sur les pierres qui ne sont qu'éclaboussées par les gouttes tombant du plafond. Il y a peut-être là une indication sur leur origine.

§ 49. LES GOURS ET LES BASSINS DE CRISTALLISATION. — Ces vasques, de dimension considérable parfois, sont lentement édifiées par le ruissellement séculaire, ainsi que M. Martel le dit en termes excellents, dans le passage suivant, relatif aux « gours » de la Balme :

« La moindre saillie du sol primitif, arête rocheuse, relèvement du rebord d'une pente argileuse, bourrelet de sable ou cordon de cailloux suffit à l'origine pour provoquer en arrière de l'obstacle une retenue d'eau ; si faible que soit cette retenue, si légère que soit la saillie, il en résulte que, s'il y a des intermittences dans l'écoulement, le phénomène suivant se manifestera inmanquablement au moment où le liquide cessera d'affluer : le carbonate de chaux, dont l'eau des grottes calcaires est sursaturé, commencera à se précipiter sur le relief, même à peine sensible, de l'obstacle ; la couche d'eau, extrêmement mince, qui s'arrêtera sur la surface du bourrelet, sera bien vite *saisie*, pour ainsi dire, par l'évaporation... A la prochaine crue ou venue d'eau, celle-ci déposera une deuxième pellicule aussi fine, mais les siècles, répétant la manœuvre à l'infini, élèveront peu à peu ces étonnants barrages ou cuvettes qui se reforment, en définitive, de la même manière que les simples stalactites et stalagmites... Leur forme sera serpentine, en plan, selon les caprices de l'obstacle qui en aura formé la base originaire et à angle dièdre en profil, parce que l'eau en s'évaporant redescendra de part et d'autre de la crête. »

La coupe transversale radiale du rebord d'un petit gour plat, de la grotte d'Engihoul, ayant la forme d'une assiette à soupe de soixante centimètres de diamètre environ, confirme la manière de voir du savant spéléologue. Elle est constituée d'une multitude de couches fibreuses superposées. Plusieurs vides, remplis d'argile très fine, marquent des périodes de crue.

D'autres bassins sont le siège d'une cristallisation continue. Des bords, partent des cloisons qui se propagent vers l'intérieur, pour rejoindre des bouquets de cristaux arrivés jusqu'au niveau du liquide. Ils se découpent ainsi en petits golfes et en promontoires, frangés de cristallisations rayonnantes.

La section transversale verticale d'une de ces cloisons, à peine soudée dans le fond, mérite de nous arrêter un moment, parce que nous pouvons tirer de son étude la confirmation de certaines observations faites sur les stalactites.

Cette coupe a l'aspect de la figure 136 ; l'ancien contour, perdu durant le sciage, est restitué par un pointillé. Les deux faces étaient couvertes de pointements rhomboédriques remontants, fondus, vers l'intérieur, en une masse très résistante. Dans cette partie, elle est constituée de trois individus, dont l'un est séparé, par une suture mal jointe, des deux autres, qui ont une extinction presque commune, mais des clivages différents.

Des zones d'accroissement brunes, en arcs sensiblement parallèles, traversent indifféremment les trois plages ; par contre, les striations dont ces arcs sont surtout formés, conservent une direction immuable, parallèle, dans chaque plage, à la direction d'extinction correspondant à l'axe principal.

Le pseudo-pléochroïsme marqué se manifeste par un maximum d'absorption

lorsque les fibres sont perpendiculaires à la section principale du nicol. Tous ces caractères sont bien ceux que nous avons reconnus dans les diverses cristallisations stalactitiques; seulement, la structure de la présente coupe est beaucoup plus grossière. Il suffit de comparer la figure 136a aux dessins 28a et 46, qui sont à peu près à la même échelle, pour s'en assurer.

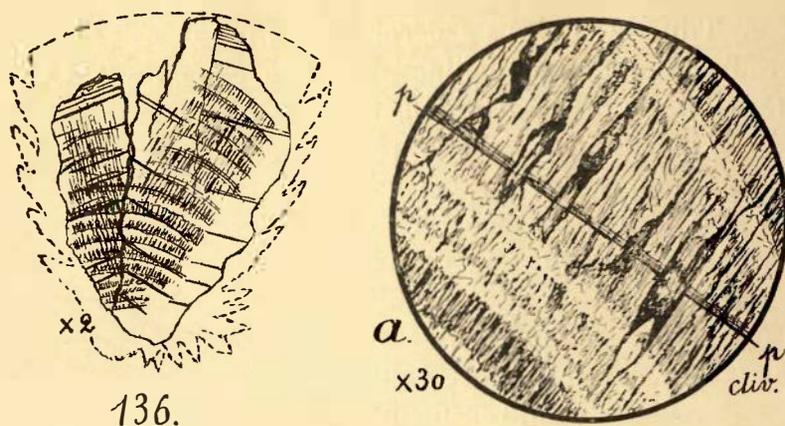


FIG. 136 et 136a.

Un très fort grossissement établit que les fibres de la pièce que nous examinons maintenant sont des canalicules, des joints, remplis d'impuretés brunâtres, ou encore d'un liquide avec bulle; la plupart ne paraissent contenir qu'un gaz. Les terminaisons successives des cristaux parallèles constituant cette masse sont aussi parfois soulignées par des inclusions, et l'on comprend que si ces pointements sont à peine visibles dans cette coupe à structure grossière, ils doivent échapper dans les sections des ergots, où la fibrosité est excessivement ténue.

Sous cette amplification considérable, on constate des traces d'un colorant brun clair, sépia, qui imprègne la calcite par places et contribue à augmenter le pléochroïsme constaté.

§ 50. — Dans certains de ces bassins, les cristaux peuvent se développer normalement; il est à prévoir qu'ils représentent les exemplaires les plus parfaits de ces groupements polysynthétiques tourmentés, qui végètent dans des conditions si spéciales sur les parois des cavernes.

Leur examen sommaire sera le complément naturel des descriptions précédentes.

Les cristaux de quelques millimètres, qui bordaient le cristalliseur rencontré à Engihoul, sont groupés parallèlement sur les deux faces de la cloison dessinée figure 136. Ils appartiennent à un rhomboèdre aigu, surmonté d'un autre plus obtus. Ce dernier est e' , d'après le clivage; l'autre est également un inverse. Les mesures prises tant au goniomètre qu'au microscope (angles plans), sont sans

signification précise, à cause de la rugosité des faces et de leur courbure. Ces tâtonnements aboutissent à :

$$e^? : e^? \text{ ar. culmin.} = 116^\circ \text{ à } 117^\circ \text{ env.}$$

Peut-être s'agit-il de $e^{7/5}$, inverse de e^3 , dont il va être question.

§ 51. — A Tilff, M. Cosyns a découvert un bassin assez profond, bordé à différents niveaux de croûtes cristallines dont il a pu, en s'exposant à un bain désagréable, recueillir de bons échantillons.

Les tubes, qui plongeaient dans ce réservoir, étaient eux-mêmes munis de grosses masses de calcite, évasées vers le haut et toutes hérissées de cristaux analogues à ceux dont il me reste à parler (fig. 137).

Pendant que je les examinai, M. Cesàro eut l'amabilité de me faire savoir que M. Arth. Abraham, répétiteur de minéralogie à l'Université de Liège, venait de découvrir un dirhombôdre sur des échantillons de la même provenance.

De son côté, M. Abraham a bien voulu me communiquer ses observations, afin de les joindre aux miennes; je m'empresse donc de transcrire, dans ce qui suit, la note qu'il m'a remise, concernant un de ces cristaux particulièrement net.

« Ce cristal est remarquable en ce qu'il présente la combinaison de deux rhombôdres ayant même inclinaison sur l'axe ternaire vertical et sensiblement même développement. L'un d'eux, direct, a pour notation e^3 , l'autre, inverse, a pour notation $e^{7/5}$.

» A première vue, on est tenté de considérer cet ensemble dirhombôdrique comme un isoscéloèdre. Pour orienter ce cristal comme il doit l'être, il suffit de cliver son sommet comme l'indique la figure 138, de façon à obtenir une face p . L'arête d'intersection de cette face avec le rhombôdre e^3 est horizontale, ce qui vérifie l'orientation.

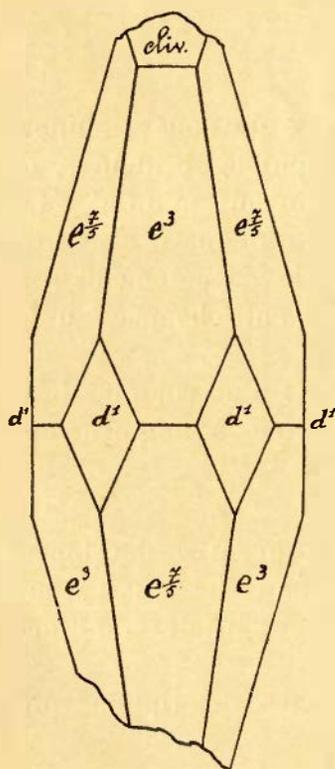


FIG. 138.

Projection orthogonale sur la face antérieure du prisme hexagonal e^2 (dessin de M. Abraham).

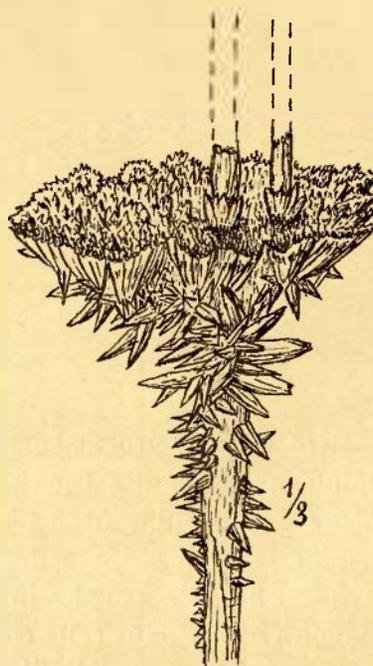


FIG. 137.

» Les faces du rhomboèdre direct e^3 sont bien miroitantes et bien planes et permettent des mesures d'angles précises.

» Quant aux faces du rhomboèdre inverse $e^{7/5}$, elles sont ternes et légèrement incurvées à leur partie supérieure, ce qui rend la mesure des angles difficile.

» Ce dirhombroèdre est modifié par les faces peu développées du prisme hexagonal d^1 donnant des images peu nettes.

» *Rhomboèdre direct* e^3 . — Angles qui ont servi à déterminer sa notation :

	Angles.	Donnés par Des Cloizeaux.	Mesurés.
I.	pe^3 adj.	31°10'	31° 6'
	e^3e^3 ar. culmin.	114°10'	114°23'
	e^3e^3 sur d^1	65°50'	65°47'

» *Prisme hexagonal inverse* d^1 . — Angles qui ont servi à déterminer sa notation :

	Angles.	Donnés par Des Cloizeaux.	Mesurés.
II.	d^1e^3 sup. adj.	32°55'	32°45'
	d^1e^3 inf. adj.	32°55'	33° 6'
	d^1d^1 adj.	60°	59°42'

» *Rhomboèdre inverse* $e^{7/5}$. — Cette notation a été déterminée par la mesure des angles suivants :

	Angles.	Donnés par Des Cloizeaux.	Mesurés.
III.	$e^3e^{7/5}$ adj. (sur e^2)	28°25'	28° 8'
	$e^{7/5}e^{7/5}$ (sur d^1)	65°50'	66°
	$e^{7/5}d^1$ adj.	32°55'	33°

» *Remarques* : 1° Les faces d^1 sont à l'intersection des deux zones e^3e^3 et $e^{7/5}e^{7/5}$.

» 2° Les deux rhomboèdres e^3 et $e^{7/5}$ sont également inclinés sur l'axe ternaire, comme le prouvent les angles suivants :

	Angles.	Donnés par Des Cloizeaux.	Mesurés.
IV.	e^2e^3 adj.	14°13'	14°17' (*)
	$e^2e^{7/5}$ adj.	14°13'	13°55' (*)

» Les valeurs marquées d'un astérisque dans ce dernier tableau n'ont pas été mesurées directement, mais tirées respectivement des tableaux I (pe^3) et III ($e^3e^{7/5}$ sur e^2). »

§ 52. — Les cristaux que j'ai examinés de mon côté, appartiennent à divers types. Le plus fréquemment, la zone prismatique est bien développée; trois faces de e^2 dominant et règnent même exclusivement. Elles sont défoncées et striées suivant les arêtes de combinaison avec les e^3 correspondants. Les faces de e^3 sont brillantes, mais inégales, au pointement libre; tandis que celles de l'attache sont très planes. La terminaison présente une troncature courbe sur les arêtes e^3 , qui n'est pas mesurable ($e^7/5$?). D'ordinaire, elle s'étend jusqu'au sommet, parallèlement à l'arête, et constitue alors e^1 (fig. 139a). En effet, les mesures donnent :

1^{er} cristal : $e^3 : e^1 = 57^{\circ}4'$ (moyenne de onze mesures).

2^e cristal : $e^3 : e^1 = 57^{\circ}13'$ (moyenne de six mesures).

Calc. $57^{\circ}5'$.

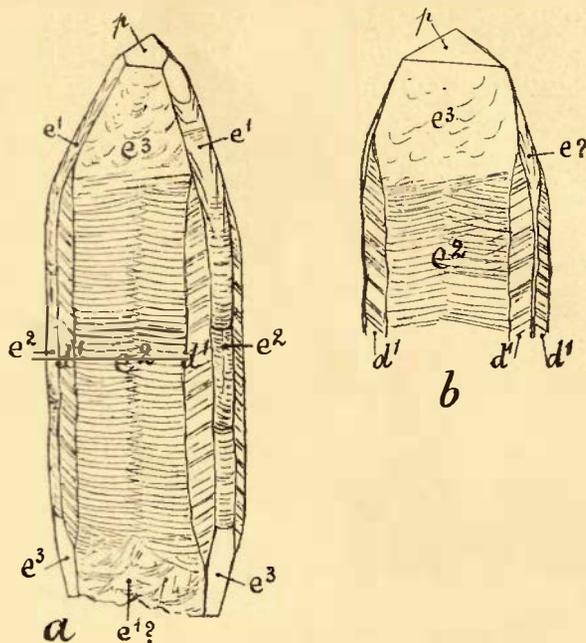


FIG. 139.

Fréquent aussi est le pointement p , très développé sur certains individus (même plus que sur fig. 139b) et d'une pureté telle, que le résultat de la mesure est identique à la valeur calculée :

$$p : p = 74^{\circ}55'$$

Les faces d^1 , du deutéropisme, sont parfois assez lisses; lorsqu'elles apparaissent nettement, elles effacent presque trois des faces étroites et courbes du protopisme e^2 . Elles ont des inégalités diverses et présentent volontiers la striation habituelle, parallèle aux arêtes en zigzag de p . Les mesures sont néanmoins suffisamment précises; on a par exemple :

$$d^1 : d^1 = 59^{\circ}40' \quad \text{calc. } 60^{\circ}.$$

$$e^2 d^1 : = 30^{\circ} \text{ env.} \quad \text{calc. } 30^{\circ}.$$

Ces cristaux reproduisent, par conséquent, la combinaison des mêmes formes que chez les stalactites (déjà représentée fig. 1, en bas, à droite), moins tourmentée, mais imparfaite encore, par suite des lentes fluctuations du niveau de l'eau des cristallisoirs et des variations dans la nature du liquide qu'ils reçoivent.

La première cause détermine des arrêts et des reprises de la cristallisation, mar-

qués sur bien des cristaux par la présence d'un deuxième individu, greffé sur ceux de première formation ; beaucoup s'évasent en trémies.

Ce sont encore des bâtonnets triangulaires, de quelques millimètres de longueur, à terminaisons répétées, courbes, aux arêtes desquels on retrouve e^1 inférieur, méconnaissable presque, ainsi que e^3 et p supérieurs, mesurables (fig. 140).

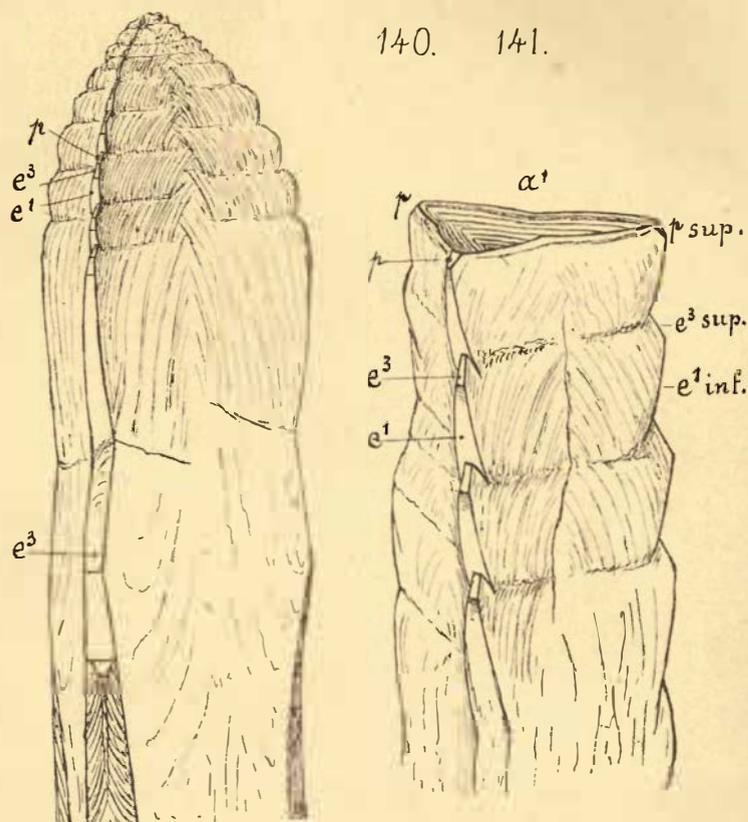


FIG. 140 et 141.

Lorsque la troncature terminale α^1 apparaît, elle constitue une trémie de profondeur variable (fig. 141).

Parmi les types évasés en pyramides triangulaires creuses, on en rencontre qui sont à rapporter à une moitié inférieur de e^1 (fig. 142). Elles sont bordées, à la partie supérieure, d'une fine lame p et remplies de pointements microscopiques également p supérieur, puisqu'ils miroitent à l'unisson avec le clivage.

Le prisme e^2 est plus ou moins indiqué, tandis que e^3 inférieur a des faces répétées, qu'on reconnaît à leur angle de 31° environ avec le clivage p . Les trois faces les plus développées sont indéterminables, tant elles sont bosselées ; par comparaison, je les note e^1 inférieur, avec doute.

Dans une revision des échantillons, j'ai trouvé des petits tronçons de tubes, de quelques centimètres de longueur, dont le bord était garni des mêmes pointements

dendritiques p , donnant également, à la mesure, la valeur exacte de l'angle culminant du primitif.

Les calices, ayant aussi la forme de pyramides triangulaires, mais chez lesquels les plans de clivage p inférieur correspondent aux grandes faces, sont assimilables à une moitié inférieure de e^3 . Ils sont constitués d'une foule de sous-individus (e^1 ?), orientés presque parallèlement, dont beaucoup sont terminés par des facettes e^3 , parfois assez grandes (fig. 143). Le bord supérieur est finement dentelé de pointements p brillants; certains exemplaires ont des traces de prisme e^2 . Quant à l'évidement central, il constitue un cristallisoir en miniature, au fond duquel se dressent des bâtonnets triangulaires isolés, parallèlement orientés, terminés par e^1 supérieur assez net, avec troncature p brillante (fig. 143; l'intérieur, vu de dessus, est figuré d'après un autre cristal).

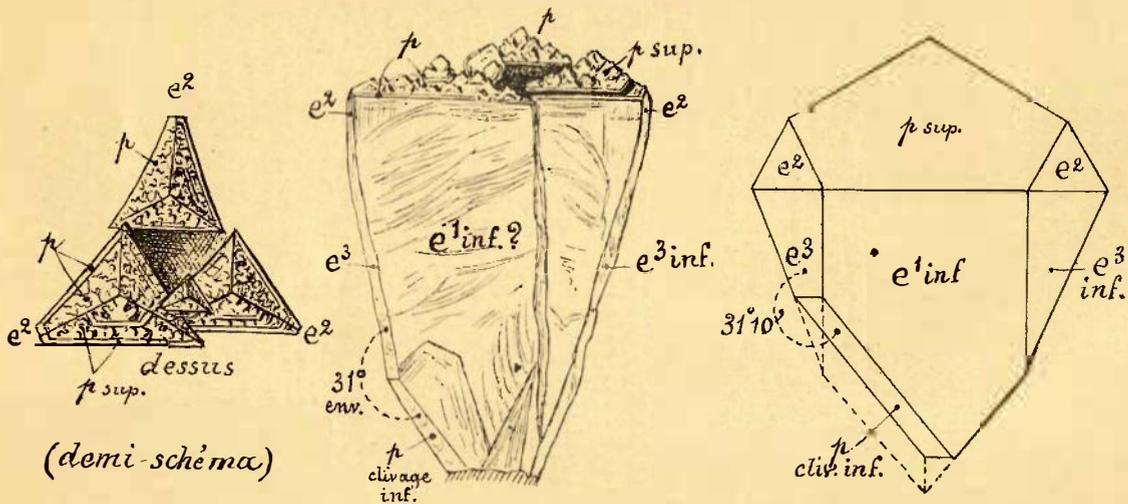


FIG. 142.

Ces élégantes corolles tapissent, de leurs groupes divergents, les croûtes de calcite des bassins de cristallisation; elles sont toutes coupées par un même plan, quelle que soit leur inclinaison. Par leur disposition et par leur forme, elles rappellent de près celles que Des Cloizeaux a trouvées dans une galerie abandonnée des Eaux-Bonnes (Basses-Pyrénées). Le savant cristallographe les décrit ainsi dans son *Manuel de Minéralogie* (t. II, p. 116) :

« Cette croûte se compose de grosses baguettes creuses terminées, du côté de la surface libre, par un prisme trièdre e^2 et par le rhomboèdre e^3 qui est profondément tronqué par une base triangulaire a^1 . Les bases de tous ces cristaux, complètement évidées au centre ou seulement comme vermiculées par un burin qui n'aurait réservé qu'un bord étroit et régulier, sont sensiblement alignées sur un même plan, ce qui leur donne l'aspect d'un cliché typographique. »

§ 53 ESTIMATION DE L'AGE DES STALACTITES. — Les circonstances ne m'ont pas permis d'observer, sur place, des faits utiles à la solution de ce problème, objet de bien des controverses. Quelques déductions peuvent cependant être tirées des observations réunies dans le présent travail.

A Han, on admet que l'accroissement de certaines stalagmites est moindre que l'épaisseur d'une petite monnaie, par an (un millim. env.), ce qui paraît considérable relativement aux constatations rappelées par Volger : en treize années l'écriture tracée sur des incrustations était seulement recouverte d'une sorte de vernis, et l'on calcule que, dans les grottes d'Adelsberg, certains dépôts puissants auraient exigé de 77 à 128 mille ans pour leur édification.

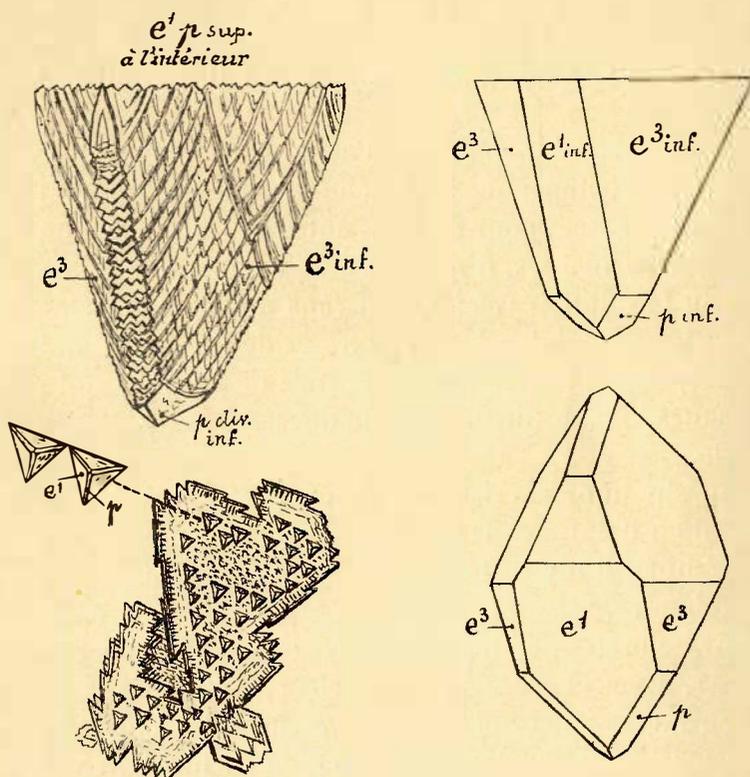


FIG. 143.

A l'aven Armand, où le suintement est actif, M. Martel a constaté que des noms inscrits au crayon et gravés au couteau sur le sommet plat d'une stalagmite n'avaient subi, après un an, qu'une altération à peine appréciable à l'œil nu.

Suivant Farrer et Dawkins, l'accroissement de la circonférence d'une stalagmite, observé, de 1845 à 1873, à Ingleborough cave, se faisait à raison de 7.66 millimètres par an.

Dans une note bien documentée et d'une savante discussion, comme le sont tous les travaux de M. S. Günther, se trouvent de bons exemples de croissance rapide de stalactites dans des constructions souterraines. Ces formations, dont M. Stan-

Meunier a récemment donné une description, se développent parfois dans un court espace de temps. Les observations précises de M. F. Adami, citées par M. Günther, donnent, en chiffres ronds, 1 mètre de longueur pour vingt années, soit 5 centimètres par an.

Je pourrais citer des faits analogues.

M. Adami a même réalisé des stalactites artificielles, en laissant écouler de l'eau calcaire, d'un récipient dont l'ouverture était incomplètement close par un chiffon; en s'échappant goutte à goutte, la solution créa une tige de calcite de 5 centimètres de longueur, en deux mois.

Si les estimations faites dans les grottes, ont le désavantage d'être imprécises, les mesures relevées dans les bâtisses et les laboratoires ont l'inconvénient de se rapporter à des objets nés dans des conditions fort peu comparables à celles que réalise la nature.

On admet que les eaux chargées d'acide carbonique, qui agissent sur les calcaires naturels, proviennent de la couche végétale recouvrant le massif dans lequel une grotte est creusée; pour certains auteurs, c'est même une condition *sine qua non*. Dans les constructions, il n'y a rien de comparable et la composition de la matière qui fournit la solution calcique est sans analogie dans les deux cas: d'un côté on a des calcaires, des dolomies, avec traces de silice, d'alumine, d'oxydes de fer, etc.; de l'autre, on ne trouve que le mortier de l'édifice qui puisse fournir la matière des stalactites, c'est à-dire un silicate de chaux et d'alumine, avec magnésie, oxydes de fer, etc.

L'élaboration du liquide cristallisable est certes fort différente de part et d'autre; la façon dont il entre en contact avec l'atmosphère, et se vaporise, ne l'est pas moins. En résumé, il n'y a de similitude que dans le mode de croissance et dans la forme extérieure.

Les meilleurs points de repère, pour ces évaluations si difficiles, sont les mesures de M. Křiz. Par ses consciencieuses études sur les grottes de la Moravie, ce spéléologue précis nous donne quelques valeurs d'accroissement des dépôts calcaires, comme première estimation et en insistant sur la nécessité de répéter les observations. Voici celles qui peuvent nous être utiles.

Ayant mesuré la quantité de liquide débité par une stalactite et la quantité de matière qu'il abandonne à l'évaporation, M. Křiz trouve :

par jour 1728 centimètres cubes.
par an 631 litres.

Chaque litre donnant 0^{sr}15 de résidu calcaire (avec un peu de silice et d'oxyde de fer), le dépôt sera :

en	1 an,	94.5 grammes.	
»	10 ans,	945.0	—
»	100 »	9450.0	—
»	1,000 »	94500.0	—

Partant de là, une colonne comme la « Denksäule » de la Slouperhöhle, qui a plus de 2^m5 de haut et un poids approximatif de 358 kilogrammes, aurait demandé trois mille huit cents ans environ pour s'édifier.

Dans la même grotte on a brisé, en 1880, des stalactites de l'épaisseur d'un tuyau de plume (« kielfederdicke Stalaktiten »); en octobre 1891, après dix ans, elles avaient repoussé de 3 à 4 centimètres.

Des remblais accumulés en 1881 étaient couverts, après dix ans, d'une couche de 2 à 3 millimètres d'épaisseur.

Dans la Vypustekhöhle, un endroit creusé en 1879-1880 avait reçu, après quatre années, un enduit de 1 millimètre d'épaisseur.

Un montant en bois, placé en 1864 dans la Ochozerhöhle, s'était recouvert, en 1882, donc après dix-huit ans, d'une croûte de calcaire de 3 millimètres d'épaisseur.

Les trois dernières de ces observations paraissent concluantes au point de vue de la lenteur avec laquelle se constitue le plancher stalagmitique. La première, concernant les stalactites, plus précise encore, me semble discutable cependant. Le chiffre de 0,15 de résidu par litre, fourni par les mesures, est probablement trop élevé pour l'application qu'on en fait; il demanderait certainement à être réduit, si l'on voulait l'utiliser pour d'autres calculs.

La stalactite ne retient qu'une partie, probablement très minime, des 0^{sr}15 de la solution qu'elle débite; le reste est employé à la formation de la stalagmite. Celle-ci, à son tour, ne fixe pas toute la matière, puisqu'il y a encore dépôt sur le plancher stalagmitique et concrétionnement plus loin. De façon générale, il n'est pas établi que toute la matière solide amenée par l'eau en un jour, soit déposée durant ce laps de temps.

Nous pouvons arriver, relativement à certaines stalactites, à une appréciation que je crois plus juste, grâce au soin avec lequel M. Kriz̄ a réuni ses renseignements. Par sa deuxième observation, nous apprenons que les stalactites « épaisses comme un tuyau de plume » — par conséquent semblables aux tubes de nos grottes — avaient repoussé de 30 à 40 millimètres en dix ans. Cherchons à quelle quantité de matière cela peut correspondre. Dans ce but, prenons les poids de fragments de longueur connue, de ces stalactites, et réduisons-les à l'unité de longueur, soit le millimètre. On trouve :

Tube jaunâtre; enveloppe mince	17	milligrammes	par	millimètre.
— laiteux;	19	—	—	—
— en spath; enveloppe plus épaisse	20	—	—	—
— — à canal excentrique	26	—	—	—
Baguette, jaune, mince	26	—	—	—
— avec assez grand canal	27	—	—	—
Tube, gros, passant à une baguette	32	—	—	—
Baguette, grosse, canal excentrique	35	—	—	—
— mince, petit canal excentrique	35	—	—	—
— grosse	37	—	—	—

Un gros tube ne dépasse pas 37 milligrammes par millimètre courant, soit 37 grammes au mètre. valeur qui concorde avec une première estimation déjà donnée (fin § 3). Dès lors, les 40 millimètres de régénération, établis par l'observation ci-dessus, correspondent à :

$$0^{\text{re}}037 \times 40 \text{ mm.} = 1.48 \text{ grammes.}$$

ou, en chiffres ronds, 1 gramme et demi en dix ans; ce qui fait :

en 100 ans : 15 grammes.

en 1,000 ans : 150 —

Cette évaluation, qui est admissible pour les stalactites tubulaires, ne pourrait être appliquée, sans plus, à tous les échantillons; chacun mériterait une étude particulière, tant les conditions peuvent changer, d'un point à l'autre, dans une grotte. Admettons, pour rester dans les exemples cités, que la colonne de la Slouperhöhle reçoive de tous côtés de la solution incrustante par l'extérieur; celle-ci, étalée sur une large surface exposée à l'air, déposera beaucoup plus de calcaire que le liquide circulant dans les tubes. Les conditions se rapprocheraient de celles qui servirent de base au calcul de M. K̄r̄iz̄, sans les atteindre cependant.

Que conclure, si ce n'est que les stalactites croissent avec une excessive lenteur? Elle nous est attestée par le mécanisme de leur cristallisation et par la parcimonie avec laquelle la solution nutritive est déversée à la surface des appendices volumineux et des renflements coniques dont elles sont chargées. Que l'on parte des chiffres qui viennent d'être obtenus, que l'on prenne des taux d'accroissement plus considérables, on trouvera que beaucoup de ces fragiles barreaux, que l'explorateur brise par douzaines pour se frayer un premier passage, ont demandé plusieurs siècles à s'édifier.

Il n'y a pas de relation à établir entre ces appréciations et l'âge des cavernes elles-mêmes. Leur creusement, surtout déterminé par la dissolution, a exigé un temps qui échappe au calcul et pendant lequel leur parure s'est bien des fois renouvelée.

CONCLUSIONS

Les grottes belges n'ont pas le privilège exclusif de posséder les cristallisations dont on vient de parcourir la description générale; mais, dans la plupart des cavernes explorées et exploitées, elles ont eu tant à souffrir des visiteurs et des modifications introduites dans le régime de leur milieu, qu'elles y sont fort rares. Celles que renferme notre sous-sol comptent certainement parmi les plus belles.

Les renseignements sommaires sur des formations analogues, réunies dans le présent travail, mentionnent tous le même habitus cristallin chez les calcites fistulaires : les trois rhomboèdres e^1 , e^3 et p . Les autres formes se mettent moins en évidence; ce sont : d^1 , d^2 , e^2 et e^7 .

Ce résultat vient d'être confirmé encore par de récentes observations sur les stalactites de Potter Creek cave en Californie, qui me parviennent à temps pour être mentionnées. M. A. S. Eakle y signale les terminaisons rhomboédriques $4R$ et $-2R$, donc e^3 et e^1 , avec des angles arrondis par un scalénoèdre (probablement d^2).

Une « livrée » spéciale, suivant un terme du savant lithologiste F. Becke, est imposée à ces cristallisations, malgré les conditions variables, évidemment, dans lesquelles elles se trouvent placées. Le seul facteur constant étant la lenteur de la cristallisation, c'est à elle, probablement, qu'est due la similitude constatée.

Si ces trois formes cristallines revêtent les aspects les plus inattendus, c'est que la stillation, la capillarité interviennent sans relâche pour imprimer au cristal telle ou telle apparence extérieure. En outre, ces cristaux offrent la particularité de pousser à l'extérieur de la paroi poreuse du vase qui contient leur solution mère. Celle-ci, ne leur est amenée que par un canalicule ménagé dans l'édifice cristallin relativement volumineux, dont l'accroissement se trouve être à la merci de quelques gouttes de solution.

D'autres sont le résultat d'un mouillage externe et même d'une imbibition par des joints et des craquelures. Il en est, enfin, pour l'édification desquels ces actions ont combiné leurs effets.

Dans un ordre d'idées différent, les cristallisations des cavernes nous disent que tout n'est pas caprice du hasard dans la genèse des colonnettes, lambrequins et vasques, dont ces antres sont parés. Beaucoup de ces ornements ont pour origine des édifices moléculaires soumis aux lois de symétrie, et ce n'est qu'avec

le temps que les cristaux qui leur servirent d'amorce disparaissent, empâtés par le ruissellement.

Devenue puissante par le nombre, la goutte d'eau — dont le rôle avait été important, mais dissimulé — régit ouvertement la transformation du décor. Si elle reste inapte à modifier l'arrangement moléculaire, elle lui ravit de plus en plus ses apparences géométriques extérieures. Déjà au début, elle lui imposait un aspect particulier : car, c'est la goutte qui fixe le diamètre constant des tubes; c'est elle aussi qui maintient la faible épaisseur de ces draperies, dont on admire la transparence; c'est elle encore qui oblige le cristal à se faire clochette, gargouille ou fil. Et, dans toutes ces excroissances, chaque goutte, peut-on dire, marque une trace indélébile, par la couche laiteuse, courbe, qu'elle superpose à la structure cristalline régulière.

Ces cas tératologiques du règne minéral sont susceptibles de fournir d'utiles contributions à la cristallogénie, comme la tératologie du monde organique éclaire certains faits relatifs aux êtres normaux.

S'il est permis de parler de « végétations » de calcite, simples formes imitatives analogues à celles dont les minéraux offrent d'autres exemples, ce ne sont pas encore les fils et les ergots de nos grottes qui nous aident à comprendre le lien réunissant certainement l'inorganique à l'organique. Ils nous apprennent, par contre, que « l'individu » minéral de grande taille est moins sensible à certaines influences qu'on pourrait le supposer : ce n'est ni la pureté chimique absolue de la solution nutritive, ni son repos, ni le cristalliseur confortable qui importent; c'est plutôt l'absence d'une contamination physique du liquide, et le temps, qui sont les facteurs nécessaires à la croissance des grands cristaux.

Les géants parmi les minéraux, les quartz de plusieurs mètres, les rutilés du volume de la tête, ne sont point le résultat de « venues » extraordinaires, « d'injections » tumultueuses; ils sont l'œuvre de la patience multiséculaire de la nature. Aux tubes stalactitiques des grottes pendent de volumineux appendices, faits d'un seul cristal né par une simple humectation, par lesquels nous touchons du doigt le mécanisme de ce développement graduel et très lent.

C'est donc à des titres divers que l'étude des stalactites et des stalagmites mérite d'être continuée, en s'aidant des méthodes perfectionnées modernes. Il est à espérer que les spéléologues, que leur hardiesse rend souvent les seuls admirateurs des merveilleuses efflorescences souterraines, consacreront une partie de leurs efforts à les récolter méthodiquement et à les décrire de façon précise.



BIBLIOGRAPHIE

- Barnes et Holróyd**, *La Blue-John-Mine à Castleton (Angleterre)*. (Extrait avec illustrations de *The mountain limestone cavern of Tray Cliffs*. Trans. Manchester geol. Soc., Part. X, vol. XXIV, 1891.) (MÉM. SOC. DE SPÉLÉOLOGIE, t. IV, n° 23, 1900.)
- Becke (F.)**, *Die Tracht der Kristalle*. (SCHRIFTEN D. VER. ZUR VERBREIT. NATURWISS. KENNTNISSE, Wien, t. XLVII, 1907.)
- Brezina (A.)**, *Wie wachsen die Steine?* (VORTRAEGE DES VEREINES ZUR VERBREITUNG NATURWISS. KENNT., Wien, t. XXX, 1890.)
- Cesàro (G.)**, *Descriptions des minéraux phosphatés, sulfatés et carbonatés du sol belge*. (MÉM. ACAD. BELGIQUE, t. LIII, 1897.)
- Cosyns (G.)**, *Essai d'interprétation chimique de l'altération des schistes et calcaires*. (BULL. SOC. BELGE DE GÉOLOG., Bruxelles, t. XXI, 1907.)
- *L'origine de la grotte de Rosée à Engihoul près d'Engis (Liège)*. (REVUE DE L'UNIVERSITÉ DE BRUXELLES, 1907.)
- Curran (J.-Milne)**, *The Geology of Sydney and the Blue Mountains*, 1899.
- Des Cloizeaux (A.)**, *Manuel de minéralogie*, 1874.
- De Lafontaine**, *Beiträge zur Kenntniss stalactitischer Vorkommnisse und deren Genese* (Dissertation; Université de Berne), 1882.
- Eakle (A.-S.)**, *Notes on Lansonite, Columbite, Beryl, Barite and Calcite*. (UNIV. OF CALIFORNIA BULL. DEP. GEOL., t. V, n° 16, 1907.)
- Fritsch (G.)**, *Die Tropfsteinhöhlen von Jenolan in Neu-Südwaes*. (DIE WOCHE, n° 50, 1906.)
- Futterer (K.)**, *Beobachtungen am Eise des Feldberges um Schwarzwalde im Winter 1901*. (VERH. NATURWISS. VEREIN, Karlsruhe, t. XIV, 1901.)
- Günther (S.)**, *Ueber die Entstehung und Altersbestimmung der Tropfsteingebilde*. (HIMMEL U. ERDE, t. VII, 1895.)
- Haüy**, *Traité de minéralogie*, 2^e édit., 1822.
- Křiz (M.)**, *Die Höhlen in den Mährischen Devonkalken und ihre Vorzeit*. (JAHRB. D. K. K. GEOL. REICHSANSTALT, Vienne, t. XLI, 1891.)
- Lévy (A.)**, *Description d'une collection de minéraux formée par M.-H. Heuland. — Calcites fistulaires cristallisées*, t. I, n° 440 et 446, 1837.

- Martel (E.-A.),** *La grotte de la Balme (Isère). L'aven Armand.* (MÉM. SOC. DE SPÉLÉOLOGIE. t. III, n^{os} 19 et 20, 1899.)
- *La spéléologie au XX^e siècle.* (SPELUNGA, t. VI, mémoires, 1906.)
- *Les cavernes de Majorque.* (MÉM. SOC. DE SPÉLÉOLOGIE, n^o 32, 1901.)
- Merril (G.-P.),** *On the formation of stalactites and gypsum incrustations in caves.* (PROCEED. U. S. NATIONAL MUSEUM, t. XVII, p. 77, 1894.)
- Meunier (St.),** *Stalactites de formation actuelle.* (LA NATURE, 1^{er} semestre, 1902.)
- Rath (G., vom),** *Calcite fistulaire de la grotte Bellamar près Matanzas (Cuba), terminée par p, e¹, e³, e², à l'Exposition de Paris de 1897.* (DES CLOIZEAUX, *Min.*, t. II, p. 116.)
- Schrøeder van der Kolk (J.-L.-C.),** *Mikroskopische Studien über Gesteine aus den Molukken.* (SAMMLUNG. D. GEOL. REICHS-MUSEUMS IN LEIDE, t. VI, 1900.)
- Senft (F.),** *Die Wanderungen und Wandelungen des Kohlensauren Kalkes.* (ZEITSCHR. D. D. GEOL. GESELLSCH., t. XIII, p. 263, 1861.)
- Vater (H.),** *Ueber den Einfluss des Lösungsgenossen auf die Krystallisation des Calciumcarbonates. I à VIII. Das Wesen der Krystalliten.* (ZEITSCHR. F. KRISTALLOGRAPHIE, XXI, 1893 et volumes de la décade suivante.)
- Volger (O.),** *Erde und Ewigkeit,* 1851.
- Van den Broeck (E.),** *La grotte de Rosée à Engihoul près Engis.* (A paraître dans les MÉMOIRES de la Société.) Voir aussi la description sommaire publiée sous ce même titre dans LA NATURE, 10 novembre 1906.
- Vrba (K.),** *Calcit-Stalaktiten von Niemtschitz.* (Extrait de *Lotos*, décembre 1872.) (NEUES JAHRB. F. MINERAL, GEOL, U. PALÆONT., p. 423, 1873.)
- Zepharovich (V., von),** *Mineralogisches Lexicon für das Kaiserthum Oesterreich,* t. II, p. 82, 1873.



TABLE DES MATIERES

	Pages.
Introduction et revue de la littérature	3
LES STALACTITES.	
§§	
1 Généralités. Les formes cristallines habituelles de la calcite fistulaire	7
2 Les tubes stalactitiques	10
3 Les empilements rhomboédriques e^1 qui les constituent	11
4 Les baguettes (avec d^1 et d^2)	13
5 Obstruction partielle, bris et guérissage des tubes	15
6 Les ergots et autres ornements des tubes	17
7-8 Leur orientation cristalline conforme à celle du tube qui les porte	20
9 Microstructure des ergots	21
10 Pureté variable des faces e^1 , e^3 et p	24
11 Superposition de la structure cristalline et des couches d'accroissement	24
12 Développement des ergots	25
13 Épaississement de ces formes, avec maintien de l'orientation cristalline primitive	26
14 Formation d'appendice très volumineux à l'extrémité des tubes.	26
15 Résistance des tubes et des baguettes, à la traction et à la flexion	28
16 Remplissage interne des tubes	31
17-18 Épaississement externe des tubes, avec changement d'orientation cristalline	33
19 Suite de la discussion de ce phénomène	36
20 Stalactites lacunaires	39
21-22 Les fils et leur structure	40
23-24 Les clochettes qui les terminent	42
25 Les crochets fixés aux parois des grottes	45
26 Crochets composés de deux cristaux	47

§§	Pages
27-29 Crochets de formes diverses .	49
30 Les gargouilles ou boyaux horizontaux .	49
31 Associations diverses	52
32 Crochets très épais	53
33 Les draperies et les crêtes cristallines	54
34 Les draperies communes	57

LES STALAGMITES.

35 Généralités	59
36-37 La soudure des tubes au sol	59
38 Amorce des stalagmites .	60
39-40 La croissance et la structure des stalagmites.	61
41 Soudure des débris au sol	65
42-44 Concrétions diverses sur le sol	65
45 Concrétions au sommet des stalagmites	68
46 48 Dépôt cristallin incohérent; cristallites divers	69
49 Les gours et les bassins de cristallisation	74
50-52 Les cristaux qu'on y trouve; le rhomboèdre $e^{7/8}$	75
53 Estimation de l'âge des stalactites .	81
Conclusions	85
Bibliographie .	87

