

A mon ami J. Fortier
Souvenir d'une amitié
inaltérable

Lyon le 14 novembre 1869
a / Mayer

GUIDE PRATIQUE

DE

MINÉRALOGIE APPLIQUÉE

L'auteur et l'éditeur se réservent le droit de traduire ou de faire traduire cet ouvrage en toutes langues. Ils poursuivront conformément à la loi et en vertu des traités internationaux toute contrefaçon ou traduction faite au mépris de leurs droits.

Le dépôt légal de cet ouvrage a été fait à Paris, et toutes les formalités prescrites par les traités sont remplies dans les divers États avec lesquels il existe des conventions littéraires.

Tout exemplaire du présent ouvrage qui ne porterait pas, comme ci-dessous, ma griffe, sera réputé contrefait, et les fabricants et débiteurs de ces exemplaires seront poursuivis conformément à la loi.



GUIDE PRATIQUE
DE
MINÉRALOGIE APPLIQUÉE

(HISTOIRE NATURELLE INORGANIQUE)

OU

Connaissance des combustibles minéraux, des pierres précieuses, des matériaux de construction, des argiles céramiques, des minéraux manufacturiers et des laboratoires, des minerais de fer, de cuivre, de zinc, de plomb, d'étain, de mercure, d'argent, d'antimoine, d'or, de platine, etc.,

PAR

A.-F. NOGUÈS

Professeur de Sciences physiques et naturelles.

PREMIÈRE PARTIE

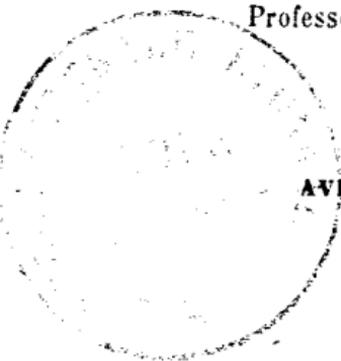
AVEC 124 FIGURES DANS LE TEXTE

PARIS

LIBRAIRIE SCIENTIFIQUE, INDUSTRIELLE ET AGRICOLE
EUGÈNE LACROIX, ÉDITEUR

LIBRAIRE DE LA SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS
Quai Malaquais.

Tous droits de traduction et de reproduction réservés.



A M. DÉSIRÉ GIRARDON

DIRECTEUR DE L'ÉCOLE CENTRALE LYONNAISE

CHEVALIER DE LA LÉGION D'HONNEUR



MONSIEUR,

Veillez accepter la dédicace de cet ouvrage, comme un témoignage de ma reconnaissance, pour l'honneur que vous m'avez fait en me confiant la chaire des sciences naturelles de l'École industrielle que vous dirigez avec autant d'intelligence que de succès.

A.-F. NOGUÈS.



AVERTISSEMENT DE L'AUTEUR

Notre *Guide pratique de Minéralogie appliquée* ne s'adresse pas aux savants, qui recherchent dans un livre des faits nouveaux, des hypothèses hardies ou des théories brillantes : il a été écrit principalement pour les personnes qui désirent acquérir des notions justes, pratiques et usuelles sur les minerais métallifères et les minéraux employés dans les arts et l'industrie. Les étudiants qui suivent les cours des Facultés, les élèves des Écoles spéciales et industrielles, les ingénieurs, les élèves des Écoles des mines, les mineurs, les agriculteurs, les directeurs d'exploitations minières, les garde-mines, les amateurs et les gens du monde qui voudront acquérir des connaissances pratiques en minéralogie, le consulteront avec fruit.

Ce Guide a été conçu dans un esprit essentiellement pratique et industriel ; les matériaux qui le

forment ont été recueillis, avant d'être condensés en un corps d'ouvrage, pour les besoins d'un cours de minéralogie industrielle, professé à l'École centrale lyonnaise. Ce n'est donc pas un traité original où la personnalité de son auteur est en évidence à chaque phrase. Non. On offre au public un livre où toutes les hypothèses, toutes les abstractions spéculatives, toutes les opinions exclusivement personnelles à l'auteur ont été mises de côté : les faits et rien que les faits.

Ce Guide est un véritable cours de minéralogie usuelle ; c'est une coordination de tous les faits pratiques, de toutes les données bien acquises à la science et à l'industrie minérales.

On a consulté, pour sa rédaction, tous les ouvrages français écrits sur les minéraux, depuis l'*Essai de Cristallographie* (1772), de Romé Delisle, qui renferme les bases de la science des cristaux, jusqu'aux mémoires les plus récents de M. Descloizeaux et son manuel en cours de publication. Ces ouvrages sont : *Traité de Cristallographie* (1822) et *Traité de Minéralogie* (1801), par Haüy ; *Nouveau système de Minéralogie*, par Berzélius (1819) ; *Traité de Minéralogie*, par Beudant (1830) ; *Traité des Essais par voie sèche*, par Berthier (1834) ; *Éléments de Cristallographie*, par G. Rose (1834) ; *De l'Emploi du Chalumeau*, par Berzélius (1843) ; les bons articles de Brongniart dans le grand *Dictionnaire des Sciences naturelles*, édité par Levrault ; *Traité de Minéralogie*, par Dufrénoy (1856-1859),

qui a fourni la plus grande partie des analyses au *Guide pratique de Minéralogie ; Nouveau cours de Minéralogie*, par M. Delafosse (1858-1862) ; *Cours de Minéralogie*, par M. Leymerie (1857-1859) ; *Précis de Minéralogie*, par M. Rivière (1864) ; *Minéralogie appliquée*, par M. Burat (1864) ; *Docimasia*, par M. Rivot (1861-1866) ; *Traité de Chimie*, par MM. Pelouze et Frémy (1860-1865) ; *Minéralogie et Pétrologie des environs de Lyon*, par M. Drian (1849) ; notes prises aux cours de M. de Sénarmont, de M. Bayle ; *Dictionnaire des Arts et Manufactures*, par M. Ch. Laboulaye, dont la 3^e édition vient d'être terminée, etc.

Parmi les recueils périodiques, on a consulté les *Comptes-rendus hebdomadaires de l'Académie des Sciences*, le *Bulletin de la Société géologique*, les *Annales du Génie civil*, etc.

L'auteur du *Guide pratique de Minéralogie appliquée* a cru inopportun de faire de fréquentes citations ; il a donné la liste des ouvrages qu'il a consultés, afin de faire connaître les autorités sur lesquelles il appuie ses assertions. Un livre, comme celui-ci, qui n'a aucune prétention à l'originalité et ne vise qu'à l'utilité immédiate, est le résultat ou le résumé de tout ce qui est dans le domaine public de la science des minéralogistes.

Cependant, si les matières qui font l'objet de ce Guide ne se prêtent à rien de personnel pour l'auteur, puisqu'elles sont communes ou bien connues, leur disposition ou leur agencement pourra permettre

un certain cachet d'originalité. Le lecteur, s'il le désire, consultera la table placée à la fin du volume pour s'assurer de la distribution des matières.

Une innovation heureuse de ce traité de minéralogie qui, avec d'autres caractères, le distinguent de ses pareils, c'est l'emploi de la méthode dichotomique dans la détermination des espèces minérales.

A la suite de chaque famille, est placé un tableau analytique résumant les caractères des espèces importantes qui la constituent.

On sait que cette méthode facile, qui procède par dualisme et par élimination d'un caractère saillant sur deux, a été introduite dans la botanique par Lamarck ; M. Dufrenoy en a fait un essai d'application à la minéralogie.

Le *Guide pratique de Minéralogie* ne décrit que les espèces qui ont de l'importance ou de l'utilité dans les arts, l'industrie ou l'agriculture ; une courte description est consacrée aux espèces peu communes ou peu importantes ; enfin, celles qui sont rares ou sans utilité pratique sont seulement indiquées dans la liste des composés naturels qui suit chaque genre.

Il est inutile de dire que ce Guide est au niveau de la science et que les faits les plus récemment découverts y sont cités. Il va de soi que, dans l'esprit de son auteur, ce livre est mieux fait et plus conforme à sa destination, que les traités analogues auxquels il prétend faire la plus rude, la plus redoutable et la plus mortelle concurrence... Puisse cet espoir ne pas être déçu, et ce *Guide* obtenir du

public, qui juge souverainement, le succès qu'ambitionnent l'auteur et l'éditeur.....

.....

L'histoire naturelle n'a pas les sympathies des mathématiciens qui ont l'oreille de S. Exc. le ministre de l'instruction publique : par arrêté ministériel, les aspirants au baccalauréat ès-sciences, à partir du 1^{er} juillet 1866, auront la possibilité, à leur entrée dans le monde, d'être complètement ignorants de tout ce qui les entourera : homme, animaux, végétaux, minéraux. Ils auront la liberté de ne pas savoir ce qu'est le marbre ou le granit, le sucre ou le bois, la fibre musculaire ou l'os, le vin, l'alcool, la bière, le pain, l'amidon, un cristal, etc. ; d'ignorer comment se développe une graine ou croît un arbre, pourquoi et comment ils respirent, comment leur sang circule, de quelle manière se transmettent les sensations et s'exécutent les mouvements.

Quoique le programme d'enseignement fasse une part assez convenable aux sciences naturelles, les élèves ne leur accorderont qu'une très-médiocre importance. Le candidat au baccalauréat n'apprend strictement que l'exigé par la lettre du programme. Tous les hommes familiers avec l'enseignement secondaire savent que les jeunes gens négligent fort, quand ils ne dédaignent complètement, toutes les matières qui ne leur sont pas demandées à l'examen du baccalauréat.

Le baccalauréat ès-sciences a été sacrifié à la préparation à l'École militaire de Saint-Cyr ; dans un

but restreint et limité, l'étude la plus belle et la plus intéressante a été retranchée de l'examen du baccalauréat ès-sciences ; pour la convenance de 200 futurs officiers, chaque année plusieurs centaines de jeunes gens seront privés des notions les plus usuelles sur les choses de la nature. Du reste, l'étude de l'histoire naturelle durant l'année de seconde, alors que l'élève ne possède encore aucune notion de chimie ni de physique, n'est pas une chose possible. La véritable place de l'histoire naturelle est en rhétorique ou en philosophie, tandis qu'il n'y a aucun inconvénient à transposer la cosmographie descriptive en seconde.

En effet, comment expliquer les actes chimiques de la digestion et de la respiration, les mouvements inspiratoires et expiratoires, etc., à des jeunes gens qui ne savent pas encore ce qu'est l'oxygène, l'acide carbonique, la pression atmosphérique ; comment rendre intelligible la composition et la structure des muscles, des os, des nerfs à des enfants qui ignorent les notions les plus simples et les plus usuelles de la chimie organique ? Les amis des sciences naturelles espèrent que le ministre qui a tant fait pour relever le niveau des études, mieux informé, replacera la chimie organique dans le programme d'enseignement secondaire, et que l'histoire naturelle sera exigée des aspirants au baccalauréat ès-sciences.

« Je ne sais si ma qualité de naturaliste m'aveugle, » dit M. Raulin ; mais je crois qu'il est fort à craindre que l'absence des sciences naturelles au pro-

» gramme du baccalauréat ès-sciences, dans la patrie
 » de Buffon, des Geoffroy Saint-Hilaire, de Cuvier,
 » de Tournefort, des Jussieu, de Haüy, d'Élie de
 » Beaumont, ne rende la France du dix-neuvième
 » siècle la risée de l'Angleterre, de l'Allemagne, et
 » même de la Suède, la patrie de Linné ! »

.

L'histoire naturelle, répudiée par l'enseignement classique, et par les programmes du baccalauréat ès-sciences a trouvé une large hospitalité dans l'enseignement professionnel et dans les Écoles industrielles : il n'y a que quelques Écoles (l'École des arts et métiers, La Martinière, à Lyon), dont les programmes paraissent immuables, qui aient résisté jusqu'ici au courant du progrès.

Les programmes des écoles et des gymnases de l'Allemagne font une large part à l'histoire naturelle. En France, l'École impériale des mines, l'École impériale centrale des arts et manufactures, l'École forestière de Nancy, les Écoles impériales d'agriculture, vétérinaires, les Écoles professionnelles de la ville de Paris, de Mulhouse, l'École centrale lyonnaise donnent à l'histoire naturelle une bonne part de leur enseignement. A l'École centrale lyonnaise, pour le commerce et l'industrie, l'histoire naturelle est distribuée dans les trois années d'études. Comme des Écoles semblables peuvent être créées, nous indiquerons sommairement les programmes de cet enseignement :

- 1^{re} ANNÉE. — I. Histoire naturelle organique : zoologie, — anatomie, — physiologie, — classifications, — zoologie descriptive. — II. Botanique : anatomie et physiologie végétales, — classifications, — principales familles naturelles.
- 2^e ANNÉE. — I. Histoire naturelle organique appliquée : 1^o Anthropologie : hygiène privée et publique ; 2^o Zootechnie ou exploitation des animaux utiles, — connaissance des animaux nuisibles ; 3^o Phytotechnie ou connaissance des plantes utiles et industrielles. — II. Géologie : terrains, minéraux utiles, — filons, — fossiles, — sources, — agromonie et agrologie ou connaissance et exploitation du sol arable.
- 3^e ANNÉE. — I. Histoire naturelle inorganique : minéralogie, — caractères généraux des minéraux, — cristallographie, — description des minéraux et des minerais métallifères. — II. Exploitation des mines.

Pour faciliter l'étude de l'histoire naturelle, les collections, les modèles et les échantillons sont indispensables ; non-seulement les objets que le professeur décrit doivent être constamment placés devant les yeux des élèves, mais il faut en outre que ceux-ci aient le loisir de les toucher, de les manier et de les examiner à leur aise et sous toutes leurs faces.

L'École centrale lyonnaise a fait construire, dans ses propres ateliers, des modèles en fil métallique pour l'étude de la cristallographie. Ces modèles ont

l'avantage sur des cristaux artificiels massifs, en bois ou en plâtre, de laisser voir les axes des cristaux et les traces des modifications que l'on opère sur leurs angles, leurs arêtes ou leurs faces en passant d'un solide à celui qui en dérive selon les lois de la cristallographie. Comme tous les professeurs de minéralogie peuvent faire exécuter aisément des modèles pareils aux nôtres, cette seule indication peut leur être utile. C'est dans cette bonne intention, du moins, que nous l'avons donnée au lecteur.





GUIDE PRATIQUE

DE

MINÉRALOGIE APPLIQUÉE



LIVRE PREMIER

PROPRIÉTÉS GÉNÉRALES DES MINÉRAUX

CHAPITRE PREMIER.

Définitions des termes, et généralités.

HISTOIRE NATURELLE — L'histoire naturelle, comme son nom l'indique, comprend l'étude de la nature entière. Elle a pour objet la connaissance des êtres qui vivent à la surface de la terre, dans les eaux ou dans l'air ; elle s'occupe aussi des corps minéraux enfouis dans l'écorce de notre planète, de leurs propriétés, de leur origine, de leur formation, de leur gisement et de l'agencement des masses minérales qui forment la croûte de la terre.

On a divisé en deux grands groupes, appelés *règnes*, tous les objets dont peut s'occuper le naturaliste. Dans le premier, le plus élevé, le *règne organique*, sont compris les êtres qui ont des organes pour accomplir les fonctions vitales, ce sont :

l'homme, les animaux et les végétaux. Le deuxième, le *règne inorganique*, comprend les corps bruts ou sans vie, les *minéraux*.

Le *règne organique* se subdivise en trois *sous-règnes*, savoir :

1° Le sous-règne humain ou hominal renfermant un seul genre et une seule espèce avec quelques variétés. L'homme croît, vit, sent, pense, et seul possède le sentiment de la Divinité ;

2° Le sous-règne animal renferme tous les êtres qui croissent, vivent et sentent ;

3° Le sous-règne végétal est caractérisé par des êtres qui croissent, vivent, mais n'ont pas de sensibilité nerveuse ni de mouvements musculaires.

De cette division naturelle ont découlé les branches des connaissances humaines, connues sous les noms :

1° d'*Anthropologie*, ou étude de l'homme et de ses différentes races ;

2° de *Zoologie*, ou connaissance des animaux et des affinités qui les rapprochent ;

3° de *Phytologie*, ou étude des végétaux, tant de leur organisation que de leurs affinités ;

4° de *Minéralogie*, connaissance des caractères, des propriétés, du gisement des minéraux ;

5° de *Géologie*, ou mode de formation et disposition des matériaux de l'écorce terrestre.

Puisque le globe n'est formé que par l'assemblage des masses minérales, la connaissance de sa constitution physique, chimique et minéralogique, sera le résultat final de la *géognosie* (minéralogie et géologie).

GÉOGNOSIE. — La géognosie, selon son acception étymologique la plus étendue, signifie connaissance de la terre ; elle a pour objet principal les masses

minérales dont l'ensemble compose la partie solide de notre planète. Elle considère la composition minéralogique et chimique, la structure, la forme et l'étendue des divers groupes ou systèmes des masses minérales. Elle traite de leur disposition relative, de leur superposition, de leur agencement, du mode et de l'âge de leur formation, des changements, des dégradations, des mutations et des métamorphoses qu'elles ont éprouvées depuis l'origine des choses.

Les masses minérales, qui entrent dans la constitution de notre globe, peuvent être étudiées sous plusieurs points de vue : 1° elles peuvent être examinées comme des groupes ou des systèmes de masses en ayant égard à leur origine, à leur formation, à leur disposition réciproque, à leur âge relatif, aux modifications qu'elles ont éprouvées sous l'influence de causes diverses : c'est là l'objet de la géologie ; 2° ou bien, en elles-mêmes, comme individus distincts, indépendants, en ayant seulement égard à leur composition chimique, à leur forme, à leurs propriétés physiques et optiques : c'est alors l'objet de la minéralogie.

CARACTÈRES DIFFÉRENTIELS DES CORPS VIVANTS ET DES CORPS BRUTS. — Les corps organisés ou vivants naissent de parents généralement semblables à eux-mêmes ; ils ont une forme prévue à l'avance et déterminée qui est celle de leur espèce. Les corps inorganisés ou bruts ne naissent pas, ils n'ont pas de parents, ils se forment toutes les fois que les forces chimiques ou électro-chimiques peuvent agir sur des substances simples ou composées propres à les produire.

Les êtres organisés s'accroissent par intus-susception, ou en faisant pénétrer dans leur intérieur des substances prises au dehors d'eux-mêmes.

Les minéraux s'accroissent par agrégation ou par juxtaposition, en ajoutant des particules inorganiques à leur propre surface ; ils s'agrandissent donc par des couches successives et superficielles.

Les êtres organisés sont composés de différents tissus, disposés comme la trame et la chaîne d'une étoffe, ou bien dont les parties élémentaires (cellule, fibre, etc.) sont comme feutrées, pénètrent les uns dans les autres. Ils ont une organisation, une texture tissulaire, tandis que les minéraux n'ont rien de semblable. Enfin, les êtres organisés ont leurs tissus formés essentiellement par des principes ternaires ou quaternaires, résultant de la combinaison du carbone, de l'azote, de l'hydrogène et de l'oxygène avec quelques proportions de soufre, de phosphore, et des sels alcalins et alcalino-terreux, et d'une minime quantité de fer.

Les êtres inorganisés ou minéraux sont formés par les combinaisons des 66 corps simples dont s'occupe la chimie ; ces combinaisons sont le plus souvent binaires ou ternaires ; mais quelquefois les éléments s'unissent entre eux dans d'autres rapports. Parmi les corps simples, c'est l'oxygène, ensuite le soufre et l'arsenic qui forment, en se combinant avec les métaux, le plus grand nombre de minéraux.

Les êtres organisés ont une durée limitée : la mort est la conséquence de la vie. Les êtres inorganisés n'ont pas vécu, ne meurent pas, ils ont une durée illimitée, qui ne peut avoir de terme que par l'intervention décomposante des forces chimiques ou électro-chimiques.

MINÉRAL. — Le minéral est un corps dépourvu d'organisation ou composé de parties similaires, placé à la surface ou dans le sein de la terre, et formé de molécules unies entre elles, par combinaison chimique et non par mélange.

Quelquefois deux ou plusieurs minéraux sont mélangés ; ces mélanges, qui se font dans des proportions non définies, altèrent les caractères spécifiques extérieurs des espèces minérales : les sulfures de plomb (galène) et de zinc (blende) se trouvent fréquemment associés dans les mêmes gites et dans les mêmes échantillons. Dans ce cas, la blende, qui est jaune et transparente lorsqu'elle est pure, devient opaque, brune et même noire. La galène mélangée de sulfure d'argent (argyrose) prend une couleur gris-blanchâtre et une structure grenue, dite à grain d'acier.

Tous les minéraux sont formés par la combinaison des 66 corps simples ; cependant, le nombre de ces combinaisons a été limité par la nature, qui n'en a admis qu'un nombre restreint. En combinant les 66 corps simples un à un, deux à deux, trois à trois, etc., on formerait un grand nombre de composés ; c'est à peine pourtant si le nombre des espèces minérales bien établies dépasse 600. Les combinaisons entre les différents corps ont été limitées par des antipathies naturelles : les uns ont une tendance marquée à se combiner, tandis que d'autres s'y refusent absolument.

Les corps simples peuvent se diviser, selon leur manière d'agir ou leur mode d'action réciproque, en deux groupes, savoir :

1° Les *minéralisateurs* ou électro-négatifs, corps simples actifs, qui acquièrent, principalement par leurs combinaisons avec l'oxygène, les propriétés acides. Ces corps, ainsi acidifiés, s'emparent des bases

et en modifient puissamment les caractères, ils les minéralisent. Tels sont l'oxygène, le soufre, l'arsenic, le carbone, le silicium, le phosphore, le chlore, le fluor. L'oxygène est le minéralisateur par excellence; il entre dans 400 espèces minérales; après lui vient le soufre (80 espèces environ), et à sa suite l'arsenic (34 à 36 espèces).

2° Les *minéralisables* ou électro-positifs, corps simples passifs, dont l'union avec l'oxygène produit des composés basiques. Tels sont les métaux:

Les minéraux se présentent dans la nature sous les états gazeux, liquide ou solide; ils peuvent prendre successivement, par des températures et des pressions suffisantes, ces trois états. Ils forment les trois grandes couches extérieures de notre globe: la couche gazeuse ou l'air atmosphérique, la couche liquide ou les eaux douces et les mers, la couche solide ou l'écorce de notre planète.

ROCHES. — On donne le nom de roches aux substances minérales qui, réunies en masses plus ou moins considérables, constituent les matériaux essentiels du sol. Quelquefois les roches sont composées d'un seul minéral, tels sont le calcaire, le gypse; mais le plus souvent elles sont composées de la réunion de plusieurs minéraux distincts. Le granit offre l'association de trois minéraux: quartz, mica et feldspath. Considérées dans leur composition minéralogique, les roches sont donc tantôt simples, tantôt composées. Les roches simples ou homogènes sont celles qui sont formées d'éléments ou d'individus minéralogiques de même nature (gypse, calcaire).

Les roches composées ou hétérogènes sont formées de minéraux différents, reconnaissables à leurs caractères physiques (granite, porphyre).

Les roches, considérées dans les formes des éléments qui les constituent, sont dites phanérogènes, lorsque leurs parties sont apparentes et discernables à l'œil nu (granite), et adélogènes quand les minéraux constituants n'ont pas des parties assez volumineuses pour se détacher du restant de la masse et devenir très-discernables (pétrosilex).

INDIVIDU MINÉRALOGIQUE. — Dans le règne organique, les individus sont des êtres qui ne peuvent être divisés sans être détruits en totalité ou en partie. Les végétaux paraissent des agrégations d'individus susceptibles d'être séparés, jusqu'à un certain point, sans être détruits (boutures, greffes).

Parmi les animaux supérieurs (vertébrés) et le plus grand nombre d'invertébrés, les individus sont des êtres réels, isolés et distincts, qu'on ne peut diviser sans opérer chez eux des désordres graves ou provoquer la mort. Parmi les invertébrés inférieurs, les polypes agrégés présentent des individus simples associés ou réunis, en général, sur une tige commune.

Dans les minéraux on ne voit pas d'individus isolés et visibles comme dans le règne organique. Ces corps peuvent être divisés sans que leur destruction s'ensuive; les parties séparées sont semblables entre elles et à la masse qu'elles forment. Ainsi, pour ne citer qu'un exemple, un cristal n'est point un individu, mais la réunion d'un grand nombre d'individus ou de molécules. La molécule intégrante ne pouvant être divisée sans être détruite, peut être considérée comme l'individu minéralogique; donc, le véritable individu minéralogique est la molécule intégrante. Les échantillons des minéraux sont, par suite, des agrégations formées de molécules intégrantes ou d'individus.

ESPÈCE MINÉRALOGIQUE. — Dans le règne organique « l'espèce est l'ensemble des individus plus ou moins semblables entre eux, qui sont descendus ou qui peuvent être regardés comme descendus d'une paire primitive par une succession ininterrompue de familles. » (De Quatrefages.)

Les individus d'une même espèce descendent les uns des autres : ce fait est constant dans le monde des êtres vivants ; le titre spécifique se transmet par hérédité, il est reproduit sans altération dans ses caractères essentiels. Dans le règne inorganique, il n'y a point de génération, par conséquent on ne peut rattacher l'idée de l'espèce à un phénomène de descendance et de transmission des caractères par hérédité. Cependant, on peut, dans le règne organique comme dans le règne inorganique, envisager l'espèce comme un type d'organisation défini, fixe, bien arrêté, rigoureusement déterminé et se répétant avec une grande fixité dans un grand nombre d'individus.

Mais, si dans le règne inorganique il n'y a pas de génération, il y a bien quelque chose d'analogue : c'est la reproduction constante, en tout lieu et dans tous les temps, de corps absolument semblables, par les mêmes éléments réagissant dans les mêmes circonstances.

L'espèce en minéralogie est la collection des corps formés des mêmes principes et en mêmes proportions et affectant la même forme.

Pour la détermination d'une espèce, il faut donc tenir compte d'abord de la composition chimique, ensuite des caractères géométriques et physiques.

MOLÉCULE PHYSIQUE, MOLÉCULE CHIMIQUE. — On sait déjà que les corps simples ou indécomposables sont des substances qui ne contiennent qu'une seule

espèce de matière ; les corps composés ou décomposables résultent de la combinaison de deux ou plusieurs corps simples ou de la combinaison des corps composés avec d'autres corps simples ou composés.

On donne le nom d'atomes aux parties indivisibles et indestructibles de la matière, qui, par leur petitesse, échappent à nos sens et aux mesures. Les actions chimiques peuvent diviser les corps en leurs atomes, car les réactions qui se passent au contact ont lieu entre ces parties infiniment tenues de la matière. On admet autant d'espèces d'atomes élémentaires qu'il y a de corps simples.

On peut donc se figurer les minéraux comme formés par un assemblage d'atomes élémentaires distincts, placés les uns à côté des autres sans se toucher, pouvant s'attirer ou se repousser, se fixer entre eux comme dans les solides, ou demeurer libres et mobiles, comme dans les liquides et les gaz. En admettant cette hypothèse, tous les phénomènes chimiques, les combinaisons des corps entre eux s'expliquent facilement. On comprend que deux corps simples puissent se réunir intimement ou se combiner ; les atomes de l'un se joignant aux atomes de l'autre, pour former des molécules mixtes et donner naissance à un nouveau corps qui résultera de la superposition des deux éléments.

Les atomes simples, d'espèces différentes, se groupent en diverses proportions et de diverses manières, pour former des atomes composés ou molécules chimiques qui échappent à nos sens. Le groupement moléculaire peut s'arrêter aux molécules chimiques ; alors, la molécule chimique et la molécule physique sont une seule et même chose. Mais il peut arriver que les molécules semblables se surgroupent plusieurs entre elles pour constituer une sorte de molécule physique qui échappe aussi à nos sens par sa

petitesse extrême. Deux minéraux, qui ont les mêmes molécules physiques, ont des molécules chimiques identiques ; mais l'inverse n'est pas toujours vrai. Quand on dit que deux corps ont même composition chimique, c'est dire qu'ils sont formés des mêmes molécules chimiques ; mais s'ils ont, en outre, une molécule physique semblable, nous dirons qu'ils ont même constitution physique. Ces deux corps sont alors identiques sous le rapport de la composition et de la constitution moléculaire ; ils sont donc, minéralogiquement parlant, de la même espèce.

Ces distinctions nous montrent qu'en minéralogie il y a deux bases différentes pour établir les espèces et, par conséquent, la possibilité de concevoir deux sortes d'espèces parmi les minéraux. Une espèce purement chimique, fondée uniquement sur la composition ou sur l'identité de la molécule chimique, et une espèce physico-chimique ou minéralogique, fondée sur l'identité de la molécule physique, par suite, sur la composition chimique et la constitution physique tout à la fois. Les minéralogistes qui ont fait de la science des minéraux une dépendance de la chimie, ont basé les caractères de l'espèce uniquement sur la composition ou l'identité de substance, sans tenir compte des modifications qui pouvaient avoir lieu en dehors de la molécule chimique.

Les véritables minéralogistes, au contraire, en leur double qualité de physiciens et de naturalistes, ont tenu grand compte des différences que présente la constitution physique des minéraux ; pour eux, les caractères de l'espèce résident dans la molécule physique ou dans l'identité de constitution physique, qui entraîne nécessairement l'identité de composition chimique.

Le fondement de l'espèce minéralogique réside

dans le groupement moléculaire et dans l'identité de substance. La ressemblance de la composition chimique nous est indiquée par l'analyse ; celle de la constitution physique nous est signalée par la forme cristalline.

Ces considérations sur la constitution moléculaire des minéraux et sur les caractères de l'espèce en minéralogie, justifient la définition que nous en avons donnée ci-dessus.

OBJET DE LA MINÉRALOGIE. — Il existe des rapports intimes entre la chimie minérale et la minéralogie ; mais ces deux sciences diffèrent entre elles par la manière dont elles procèdent. Dans la chimie, on se propose surtout de savoir les transformations qu'éprouvent les corps quand on les fait réagir les uns sur les autres : ce sont donc les propriétés chimiques qui prédominent. Dans la minéralogie, on se propose uniquement de connaître ce que sont les corps en eux-mêmes, en sorte que les caractères physiques doivent nécessairement prédominer ; le minéralogiste est plutôt physicien et naturaliste que chimiste.

La minéralogie est la science qui a pour objet la connaissance des minéraux, c'est-à-dire de leurs propriétés physiques, géométriques et chimiques, ainsi que de leur gisement et des usages auxquels ils peuvent être destinés. Elle se partage en plusieurs branches d'après les différents points de vue sous lesquels les minéraux peuvent être considérés.

Nous ne les considérerons ici que sous trois points de vue, savoir : 1^o leurs caractères et leurs propriétés, 2^o leur position dans le sein de la terre et leur formation, 3^o leurs applications. De là :

1^o La *minéralogie descriptive* ou histoire naturelle des minéraux, qui a pour objet l'étude des

caractères physiques, géométriques et chimiques de chaque espèce et la description de chaque variété dont elle se compose.

2° La *minéralogie géologique*, qui considère les minéraux dans leur position dans le sein de la terre, leurs associations entre eux, la forme et la position des masses qu'ils constituent, les circonstances et les époques relatives de leur formation. Pour chaque espèce minérale, on cherche à quelle époque elle a paru pour la première fois, à combien d'époques elle s'est formée, quand elle a cessé de paraître, etc.

3° La *minéralogie technologique* a pour but la connaissance des minéraux dans leur application à nos usages, nos besoins et même nos plaisirs, par conséquent, à ce qu'on appelle généralement les arts utiles et les arts d'agrément. Telles sont les pierres gemmes, considérées comme objets d'ornement, le gypse, comme pierre à plâtre, la houille, comme combustible, etc.

CARACTÈRES. — Les propriétés sont des qualités ou des signalements qui servent à faire connaître les minéraux ; les unes sont générales, les autres sont spéciales à certaines espèces. Mais, ces propriétés communes à tous les minéraux, ne se montrent pas partout au même degré ni de la même manière. Chaque degré ou mode de qualité devient, pour le corps qui le présente, un signe distinctif, un signalement, un caractère.

Nous diviserons les caractères des minéraux en quatre grands groupes, savoir :

Les *caractères physiques* qui sont plus particulièrement propres à l'histoire naturelle des minéraux ; tels sont les caractères extérieurs, organoleptiques, calorifiques, électriques, optiques, etc.

2° Les *caractères géométriques* ou cristallogra-

phiques qui dépendent de la mesure des angles, des clivages, des modifications qu'affectent les molécules physiques dans leurs groupements.

3° Les *caractères chimiques* qui nous signalent la composition du minéral ou les éléments dont il se compose.

4° Les *caractères géologiques* qui indiquent la position, l'origine et l'âge des minéraux, ainsi que les altérations qu'ils ont éprouvées.

Le tableau suivant montre les principaux traits des caractères physiques, géométriques, chimiques et géologiques des minéraux, ainsi que l'ordre dans lequel nous allons les faire connaître.

Caractères des minéraux.

I.

Caractères géométriques : cristallogie.

Éléments des cristaux . . .	} A Cristallographie ou morphologie minérale.
Formes cristallines . . .	
Systèmes cristallins . . .	
Dérivations. Hémiedrie . .	
Formation des cristaux . .	} B Cristallogénie.
Cristallisation. Relations entre la forme et la com- position	

II.

Caractères physiques : physique minéralogique.

1° *Signalements organoleptiques*. Couleur. Saveur. Happement à la langue. Toucher. Sonorité. Odeur.

2° *Signalements extérieurs*. Cassure. Éclat. Transparence. Dureté. Densité.

3° *Signalements calorifiques*. Conductibilité. Dilatabilité. Fusibilité. Solubilité. Volatilité. Diathermie.

4° *Signalements électriques*. Électricité. Pyro-électricité. Magnétisme. Phosphorescence.

5° *Signalements optiques*. Réfraction ; réfraction simple ; réfraction double. Polarisation. Cristaux uniréfringents, biréfringents. Polychroïsme. Dichroïsme. Astérisme.

III

Caractères chimiques : chimie minéralogique.

Recherche de l'élément électro-négatif ou acide.

Recherche de l'élément électro-positif ou base.

Caractères pyrognostiques et hydrognostiques.

Formules minéralogiques.

Conversion des formules.

IV

Caractères géologiques : géologie minéralogique.

Gisement des minéraux : couches, amas, filons.

Gangue. Minerai. Formation des filons.

Formation artificielle des minéraux.

Gîtes métallifères.

CHAPITRE II.

Caractères géométriques des minéraux ou cristallogie.

A.

CRISTALLOGRAPHIE COMPARÉE OU MORPHOLOGIE MINÉRALE

CRISTALLOGIE. — « Dans la comparaison que j'ai » faite des minéraux avec les êtres organiques, dit » Haüy (1), je les ai considérés comme un assemblage » de molécules similaires, liées entre elles par l'affinité. Ces molécules, ainsi que nous le verrons » plus bas, ont des formes également remarquables » par leur régularité et par leur simplicité. Or, » lorsque celles qui appartiennent à un minéral sont » suspendues dans un liquide, et qu'ensuite ce liquide, soit en s'évaporant, soit par quelque autre » cause, les abandonne à leur affinité réciproque, » et, de plus, lorsqu'aucune force perturbatrice ne » gêne cette affinité, les molécules, en s'unissant les » unes aux autres par les faces les plus disposées à » cette union, composent, par leur assemblage, des » corps réguliers, terminés par des faces planes et » analogues aux solides de la géométrie. Ce sont ces » corps que l'on a nommés en général cristaux, » quelle que soit la substance qui en ait fourni les » matériaux. » La cristallogie s'occupe de l'étude des cristaux ; elle traite de leurs formes et de leur

(1) Haüy, *Traité de Cristallographie*, tome I, p. 5, année 1822.

origine ou mode de formation ; de là, elle se divise en deux parties :

1° La *crystallographie* ou morphologie minérale, qui s'occupe des cristaux, des lois géométriques auxquelles est soumise leur structure et de celles qui régissent leurs formes extérieures ;

2° La *crystallogénie*, qui recherche la loi d'après laquelle les molécules inorganiques, dissoutes ou liquéfiées, se réunissent sous une forme cristalline.

La cristallisation est le résultat de la réunion des molécules inorganiques sous une forme cristalline.

CRISTAL, CRISTAUX. — On donne le nom de cristal à un polyèdre minéral qui affecte des formes géométriques, régulières, terminé par des faces planes parallèles deux à deux.

« Un corps est cristallisé, lorsque ses molécules, dans leur arrangement en commun, ont tellement converti leurs positions et leurs distances mutuelles, qu'elles se trouvent symétriquement espacées sur des systèmes de plans et de lignes droites, et offrent dans leur ensemble un réseau continu et uniforme. Un corps cristallisé doit se prêter avec plus ou moins de facilité à un clivage ou à une division mécanique de sa masse par lames ou couches planes, dans une ou plusieurs directions. Tout corps présentant une pareille disposition de molécules, et dans lequel le clivage est possible, soit réellement, soit du moins intellectuellement, est un corps cristallisé.

» Il faut bien se garder de confondre dans une seule et même idée les corps cristallisés et les cristaux. Le mot cristal a une signification plus restreinte. Tout cristal est un corps cristallisé ; mais la proposition inverse n'est pas également vraie. Le cristal est un corps que la cristallisation

» a marqué deux fois de son empreinte, d'abord
» au dedans de la masse, puis encore à l'extérieur,
» en sorte qu'il présente de lui-même une première
» configuration polyédrique toujours en rapport avec
» celle que le clivage nous révèle ensuite à l'inté-
» rieur. De l'acte de la cristallisation peuvent donc
» résulter deux effets distincts, deux caractères es-
» sentiels, souvent réunis dans le même corps et
» toujours alors dans une dépendance évidente l'un
» de l'autre, la structure cristalline et la forme cris-
» talline. S'ils se montrent ensemble dans un même
» corps, ce corps est un cristal ; si celui-ci n'offre
» que le premier des deux caractères, ce n'est plus
» qu'un corps cristallisé, un corps à structure cris-
» talline, et qui, comme tel, jouit de propriétés phy-
» siques particulières. Certains minéraux présentent
» à l'extérieur une forme polyédrique, sans aucune
» trace de structure régulière : ce ne sont que de
» faux cristaux, des pseudomorphoses ou formes
» empruntées (1). »

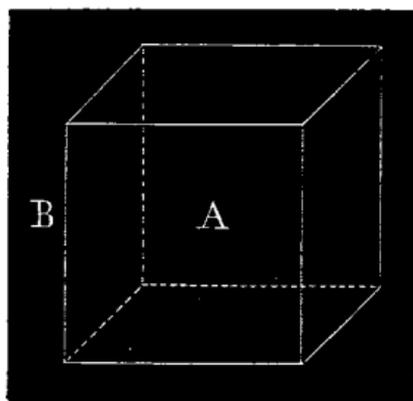
La plupart des minéraux se présentent dans la nature sous la forme de cristaux. Ces formes régulières sont parfaitement semblables dans les individus d'une même substance, elles fournissent d'excellents caractères spécifiques. Les formes que prennent les cristaux sont souvent très-nombreuses pour un même minéral ; mais, en les étudiant attentivement, on reconnaît bientôt que tous les cristaux appartenant à une même espèce, peuvent, à l'aide de certaines lois, se rapporter géométriquement à une forme unique.

ÉLÉMENTS DES CRISTAUX. — Dans un cristal il y a

(1) De Lafosse, *Nouveau cours de Minéralogie*, t. I, p. 26. 1858.

trois éléments principaux à considérer, savoir :
 1° les faces, 2° les arêtes, 3° les angles.

Fig. 1.



Les faces sont des plans ou surfaces planes A (fig. 1) qui terminent le cristal. Presque toujours à chaque face plane correspond une seconde face parallèle à la première.

Les faces d'un cristal prennent le nom de facettes quand elles sont très-petites, ou qu'une face principale est remplacée par plusieurs autres sans que leur présence altère sensiblement la configuration du cristal.

Les faces se coupent toujours en formant des angles saillants et jamais d'angles rentrants ; mais quelquefois deux cristaux s'accolent l'un à l'autre, et le cristal complexe qui résulte de cette union présente des angles rentrants.

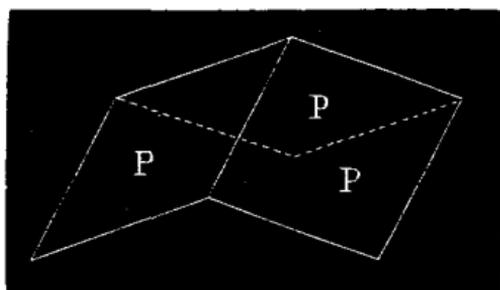
Les arêtes ou bords sont les lignes droites suivant lesquelles les faces d'un cristal se coupent ; on les dit rectangulaires, aiguës, obtuses, suivant que les faces qui se coupent font entre elles un angle droit, aigu, ou obtus.

Les angles sont formés par la rencontre de deux arêtes, de deux ou de plusieurs faces ; on les

distingue en 1° angles plans ou rectilignes, 2° angles dièdres, et 3° angles solides.

Les angles plans sont formés par les arêtes quand elles se rencontrent deux à deux ; les angles dièdres (ou *kanten*) résultent de l'intersection de deux faces, dont ils expriment l'incidence mutuelle ou l'écartement.

Fig. 2.



Les angles solides ou polyédriques sont formés par trois ou un plus grand nombre de faces qui se réunissent en un point ; on les classe d'après le nombre de ces faces : ils sont dits angles à 3 faces (fig. 2), angles à 4 faces, A (fig. 3), angles à 6 faces, A (fig. 4), quand ils résultent de la réunion de 3, 4 ou 6 faces.

Fig. 3.

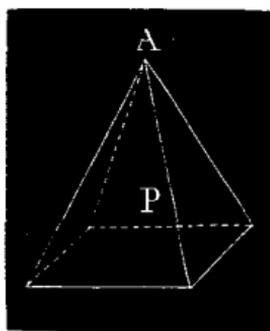
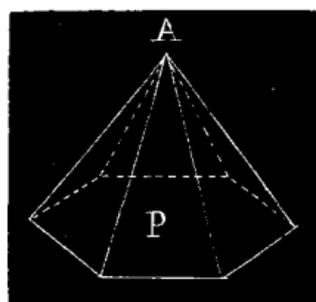


Fig. 4.



Dans un cristal, on donne le nom d'éléments identiques ou de même espèce, à ceux qui sont égaux et

semblablement disposés. Dans la plupart des cristaux, les arêtes et les faces opposées sont égales et parallèles deux à deux ; les angles solides opposés sont aussi égaux ; les arêtes, les faces et les angles par rapport aux arêtes, aux faces et aux angles semblablement disposés, sont des éléments identiques.

FIXITÉ DE L'ANGLE DIÈDRE. — Quelle que soit la grandeur des cristaux, pour la même forme cristalline, la valeur des mêmes angles dièdres est constante. Ainsi, les angles dièdres de rhomboèdre primitif du quartz sont de $85^{\circ} 45'$ et $94^{\circ} 15'$; ceux du rhomboèdre primitif du spath, d'Islande, sont de $74^{\circ} 55'$ et de $105^{\circ} 5'$.

Le principe de la fixité de l'angle dièdre, n'est rigoureux que tout autant que l'on considère des cristaux de composition chimique identique et de même température.

Mesure des angles.

MESURE DES ANGLES. — Les angles dièdres sont les seuls qu'il faille mesurer directement : de leur valeur donnée par l'observation, il est facile d'en déduire, par le calcul, celle de l'angle plan ; d'ailleurs, il n'y a réellement que l'angle dièdre qui reste constant au milieu de toutes les variations que les cristaux sont susceptibles d'éprouver.

Pour mesurer les angles dièdres d'un cristal, on emploie des instruments appelés goniomètres. Nous en décrirons deux : le goniomètre d'application ou de Carangeau et le goniomètre à réflexion de Babinet.

GONIOMÈTRE DE CARANGEAU. — Le goniomètre d'application se compose : 1^o d'un demi-cercle de laiton ou d'argent divisé en degrés et demi-degrés, dont le

diamètre porte une cavité à son centre ; 2° de deux alidades ou lames en acier ou en laiton qui peuvent glisser l'une sur l'autre. L'une des alidades est évidée en coulisse à jour, excepté sur une petite étendue où l'on a laissé une petite traverse pour donner plus de solidité à l'instrument. Cette alidade est fixée sur le diamètre au centre du demi-cercle, de manière qu'elle reste constamment dans la direction de ce diamètre qui passe par les points 0° et 180°, en même temps qu'on peut, à volonté, raccourcir ou allonger la partie comprise entre le centre et son extrémité amincie et pointue.

La réunion de cette alidade avec le diamètre s'opère au moyen de deux petites tiges à vis, qui s'insèrent dans la coulisse et dont chacune porte un écrou.

L'autre alidade est pareillement évidée depuis son extrémité jusqu'au point d'attache, au-dessus de la première, à l'aide de la tige à vis qui traverse les deux rainures des alidades. Au moyen de ces écrous, on peut raccourcir ou allonger, à volonté, les parties évidées des deux alidades. La partie non évidée de l'alidade qui court sur le limbe, est amincie en forme de tranchant vers son bord, dont la direction prolongée passe par le centre de l'instrument ; c'est ce bord qui indique sur la circonférence graduée la mesure de l'angle cherché.

Lorsque le cristal dont on veut mesurer l'angle dièdre adhère à la gangue, il est important, quelquefois, pour ne pas être gêné dans cette opération, de pouvoir plier le demi-cercle ou rapporteur en deux parties. A cet effet, le diamètre porte au centre une tringle d'acier munie d'une échancrure dans laquelle entre une tige d'acier garnie d'un écrou qui fixe la tringle à la circonférence. Le demi-cercle est brisé à l'endroit du 90° degré et porte une charnière qui permet de replier un quart de cercle au-dessous de l'autre quart de cercle.

MESURE D'UN ANGLE DIÈDRE. — Pour mesurer un angle dièdre avec le goniomètre de Carangeau, on tient le cristal de la main gauche et de la droite les alidades ouvertes. On se place à un endroit bien éclairé, puis on applique les lames des alidades par leur tranchant sur les deux faces du cristal, en ayant soin qu'elles soient bien perpendiculaires à l'arête. D'ailleurs, on fait varier leur ouverture, jusqu'à ce qu'elles ne laissent aucun jour entre elles et les plans qu'elles recouvrent : dans ce cas, les faces qui embrassent le cristal sont tangentes aux deux plans dont on veut connaître l'incidence. Ensuite on lit sur la demi-circonférence de l'instrument le degré que marque la ligne de foi, ou l'angle que fait cette ligne avec celle qui passe par le centre et par 0° , lequel angle est égal à celui que forment les deux portions d'alidades au-dessous du diamètre, puisqu'il lui est opposé au sommet.

Le goniomètre d'application donne la valeur de l'angle dièdre d'une manière rapide, mais avec une approximation qui ne va pas au-delà d'un quart de degré; en outre, il ne peut servir à mesurer les angles des cristaux d'un très-petit volume, pour lesquels il faut employer les goniomètres à réflexion,

PRINCIPE DES GONIOMÈTRES A RÉFLEXION. Les goniomètres à réflexion sont fondés sur les propriétés dont jouit la lumière en se réfléchissant spéculairement sur des surfaces polies. Supposons l'angle que forment entre eux deux plans réfléchissants ou l'angle dièdre; imaginons un rayon lumineux incident tombant sur un point quelconque de l'un des deux plans. Ce rayon se réfléchira dans une certaine direction en faisant avec ce plan un angle de réflexion égal à l'angle d'incidence, car l'angle formé par le rayon incident et la normale est égal à l'angle

formé avec cette même normale et le rayon réfléchi, d'après les lois de la réflexion de la lumière. Le rayon réfléchi pourra donc être reçu dans l'œil d'un observateur où il portera l'image du point lumineux qui l'a émis.

Supposons maintenant qu'on garde l'œil fixé dans la même position, tout en faisant tourner le système des deux plans autour de leur arête d'intersection, jusqu'à ce que le second plan atteigne une position angulaire déterminée dans le prolongement de la première position du premier plan, qui se trouvera actuellement aussi dans une autre position.

L'œil fixé toujours au même point, après avoir perdu pendant ce mouvement l'image du point lumineux, la percevra de nouveau aussitôt que les plans s'arrêteront dans leur nouvelle position angulaire. Or, il est évident que l'angle formé par le second plan, dans ses deux positions, est le supplément de l'angle formé par les deux plans eux-mêmes ; de sorte qu'en mesurant l'angle formé par le second plan dans ses deux positions, et en retranchant sa valeur de 180° , on aura exactement la mesure de l'angle formé par les deux plans entre eux, ou leur angle dièdre.

GONIOMÈTRE DE BABINET. — Le goniomètre de Babinet peut être employé à toute heure et à toute saison ; il se suffit à lui-même. Cependant il a l'inconvénient de diminuer la netteté des images, ce qui rend son emploi difficile ou même impossible lorsque les cristaux sont très-petits.

Il consiste en un cercle gradué portant sur sa circonférence deux lunettes, dont l'une est fixe et l'autre est mobile et pourvue d'un vernier. En outre, sur cette circonférence se meut une alidade qui tourne au centre de l'instrument. Sur ce centre se trouve un

petit support pouvant tourner sur lui-même, et sur lequel on fixe le cristal dont on veut mesurer l'angle dièdre.

Chaque lunette renferme intérieurement deux fils croisés à angle droit au foyer de l'oculaire. Avant de se servir de l'instrument, il faut arranger chacune des lunettes de manière à voir distinctement des objets éloignés, pour qu'en amenant la lunette mobile vis-à-vis la lunette fixe ou collimateur, on aperçoive les quatre fils à la fois.

On commence par placer un des fils de la lunette fixe parallèlement au plan du cercle ; l'autre fil sera, par conséquent, perpendiculaire à ce plan ou vertical comme l'arête du cristal à mesurer. Pour donner ces positions aux fils, on tourne d'abord l'oculaire de la lunette mobile de manière que ses fils soient parallèles à ceux de la lunette fixe, puis on fait mouvoir la lunette mobile vers la droite ou vers la gauche sans que l'œil abandonne l'oculaire. Si les fils parallèles se rapprochent ou s'écartent l'un de l'autre, le parallélisme au plan du cercle n'existe pas ; mais, si les fils ne changent pas de distance pendant le mouvement, on est alors certain que deux des fils sont parallèles au cercle et que les deux autres lui sont perpendiculaires. Cela posé, on fixe avec de la cire le cristal sur le support, de manière que son arête soit perpendiculaire au plan du cercle. Pour lui donner cette position, on fait mouvoir la lunette mobile et puis on tourne le support jusqu'à ce que l'une des faces du cristal réfléchisse les points de mire fournis par la lunette fixe, et on amène l'image dans la lunette mobile. Si, en faisant mouvoir cette lunette dans divers sens, le parallélisme établi persiste, l'arête est perpendiculaire au plan du cercle ; mais, si le parallélisme est dérangé, l'arête n'est pas perpendiculaire, alors on presse un peu avec les doigts le cristal dans un sens ou dans l'autre, jus-

qu'à ce qu'on obtienne le parallélisme désiré. Après avoir opéré sur une face du cristal, on tourne le support pour opérer de même sur l'autre face.

Pour mesurer l'angle du cristal, on tourne d'abord un peu l'oculaire de la lunette mobile, de manière que ses fils soient obliques sur ceux de la lunette fixe, ce qui permet d'observer plus facilement les coïncidences des fils micrométriques. On met l'alidade sur 180° du limbe et la lunette mobile sur la partie opposée du cercle ; on fait mouvoir le support du cristal, de telle manière qu'une de ses faces réfléchisse les fils de mire dans la lunette mobile et amène le point de croisement des fils de cette dernière sur le fil vertical de la lunette fixe. Puis on fait mouvoir l'alidade jusqu'à ce qu'on amène l'autre face du cristal à réfléchir de même les fils de mire, et à effectuer la coïncidence du point de croisement avec le fil vertical de la lunette fixe. Il n'y a plus alors qu'à lire sur le limbe la valeur de l'angle cherché.

Formes cristallines.

FORMES CRISTALLINES. — Les minéraux affectent des formes cristallines très-nombreuses, qui, en apparence, semblent variables à l'infini. Mais des lois, auxquelles sont soumises les formes cristallines des minéraux, en limitent considérablement le nombre ; en outre, des considérations géométriques permettent de simplifier beaucoup ce nombre déjà limité. Il résulte de l'étude approfondie de la cristallographie :

1° Qu'un grand nombre de formes dissemblables se lient entre elles et sont des modifications plus ou moins profondes les unes des autres ;

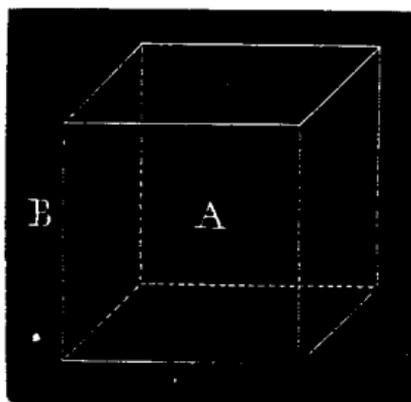
2° Que toutes les formes connues peuvent être groupées en un nombre restreint de types ou système de types distincts ;

3° Que dans chacun de ces types, toutes les formes

qui s'y rapportent peuvent se déduire géométriquement d'une forme unique.

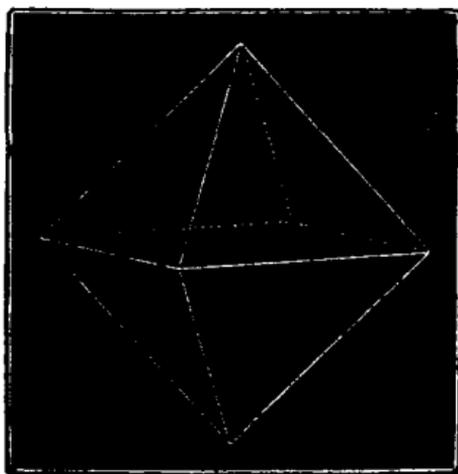
FORMES SIMPLES, FORMES COMPOSÉES. — Les cristaux à formes simples sont ceux qui sont terminés par des faces semblables entre elles, comme, par exemple, le

Fig. 5.



cube (fig. 5) qui est terminé par six carrés égaux ; l'octaèdre régulier (fig. 6) terminé par huit triangles

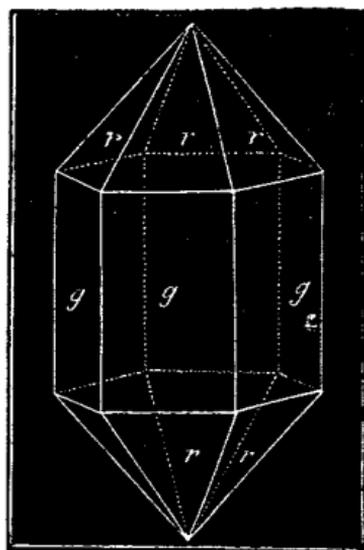
Fig. 6.



équilatéraux ; le rhomboèdre (fig. 10) par six losanges ou rhombes ; le prisme terminé par six rectangles ou parallélogrammes.

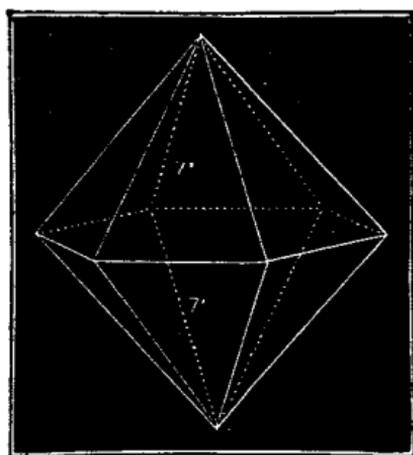
Les cristaux à formes composées ou complexes sont ceux qui sont terminés par des faces dissemblables.

Fig. 7.



La figure 7 représente un cristal de forme composée ; il offre, en effet, la réunion de six faces g rectangulaires et de douze faces triangulaires isos-

Fig. 8.



cèles r . Si, par la pensée, on admettait que les faces rectangulaires g se réduisent à zéro, le cristal deviendrait un dodécaèdre hexagonal (fig. 8), forme

simple composée de douze faces r triangulaires isocèles. Si dans un cristal composé, on suppose toutes les faces d'une même espèce prolongées de manière à faire disparaître celles de l'autre espèce, on obtient une forme simple ; mais il peut arriver souvent que les faces de même espèce, étant prolongées, produisent une forme illimitée, qui ne pourrait à elle seule terminer un cristal ; tel serait le cas du cristal (fig. 7) si on prolongeait les faces rectangulaires g ; on produirait, en effet, un prisme régulier composé de six faces indéfinies, tandis que, si dans le même cristal, les douze faces triangulaires r étaient prolongées, la forme obtenue serait un solide fermé, le dodécaèdre hexagonal. On est donc amené à considérer, parmi les cristaux : 1° des formes closes ou finies, qui sont celles qui embrassent un espace limité de toutes parts (exemples : cube, octaèdre régulier, etc.) ; 2° des formes ouvertes ou indéfinies, dont les faces ne limitent l'espace que de certains côtés et le laissent indéfini dans d'autres sens (exemple : prismes). On regarde les formes ouvertes ou prismatiques comme ne pouvant pas constituer à elles seules, un cristal complet ; quand on les observe, elles sont ordinairement en combinaison avec d'autres formes fermées ou ouvertes.

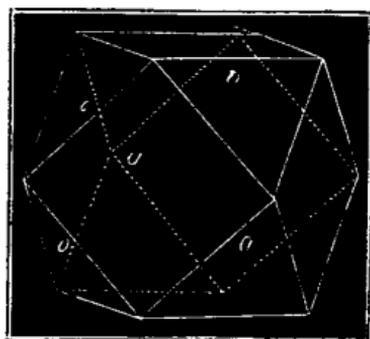
Cependant, je rapporterai tous les types cristallins à la forme prismatique ; cette manière d'envisager les formes cristallines est plus simple que celle qui consiste à les rapporter aux formes fermées ; elle est, en outre, plus facile et se rapproche davantage des cristaux que nous présente la nature.

Quelques cristallographes, à l'exemple de Haüy, font généralement usage des octaèdres comme type cristallin. A la vérité, les formes fermées sont déterminées dans tous les sens et le rapport de leurs dimensions est fixe, tandis que les formes ouvertes sont

des prismes dont leurs hauteurs paraissent illimitées. Mais, comme chaque forme ouverte a une forme correspondante fermée, on convient de prendre pour hauteur de la forme prismatique, la hauteur de la forme fermée correspondante; ainsi, la hauteur du prisme à base carrée, sera la hauteur de l'octaèdre à base carrée, le prisme hexagonal aura pour hauteur celle du dodécaèdre hexagonal (fig. 8). Lorsqu'un cristal est composé de deux sortes de faces, on l'appelle biforme; triforme, quand il contient trois sortes de faces, etc.

FORME DOMINANTE, FORMES SECONDAIRES, FACES MODIFIANTES. — Dans un cristal de forme composée, on remarque, en général, qu'une des formes simples est plus développée que les autres et imprime au cristal le caractère particulier qui lui appartient. Cette forme simple qui, dans un cristal composé, est plus développée que les autres et lui donne son aspect général, est appelée la forme dominante. Par opposition, les autres formes sont dites formes secondaires et leurs faces sont nommées faces modifiantes. Par exemple, le cristal (fig. 9) est une forme composée

Fig. 9.



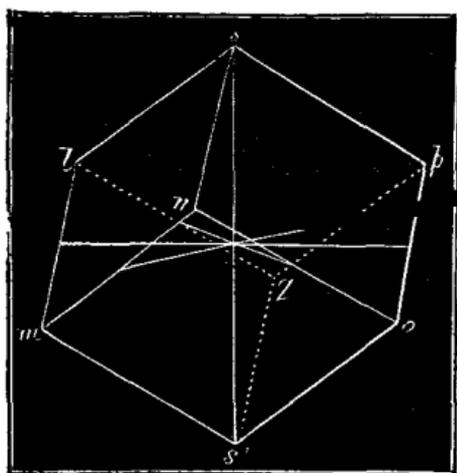
des faces *a* du cube et des faces *o* de l'octaèdre; mais les faces *a* du cube ayant beaucoup plus de

développement que les petites faces *o* de l'octaèdre, on dit que la forme dominante de ce cristal est le cube, et que le cristal est un cube modifié par les faces de l'octaèdre.

La forme dominante est généralement la forme primitive, ou bien l'une des formes secondaires les plus simples. Du reste, on verra plus tard qu'il existe entre les diverses formes cristallines des relations géométriques ou une espèce de filiation, qui ramènent à une très-grande simplicité toute cette diversité de formes.

FORMES SIMPLES. — Les formes simples les plus ordinaires sont le cube ou hexaèdre, le tétraèdre, l'octaèdre, le prisme, le rhomboèdre, etc.

Fig. 10.



Le rhomboèdre (fig. 10) est un polyèdre oblique terminé par six faces rhomboïdales égales et parallèles deux à deux et qui a deux angles solides réguliers. Parmi ses huit angles solides, il y en a seulement deux formés par trois angles plans égaux :

ces deux angles solides se trouvent symétriquement opposés et placés aux extrémités d'une même diagonale qui est l'axe principal du rhomboèdre SS.

Les rhomboèdres sont aigus ou obtus, suivant que les angles plans qui forment leurs angles solides culminants ou situés aux extrémités de l'axe principal sont moindres ou plus grands qu'un angle droit.

Le prisme est un polyèdre terminé inférieurement et supérieurement par deux bases ou faces égales et parallèles : les bases peuvent être des carrés, des rectangles, des rhombes, des hexagones ; de là, le prisme à base carrée, le prisme à base rectangle, le prisme à base rhombe ou prisme rhomboïdal, le prisme hexagonal.

Lorsque les bases du prisme sont horizontales, le prisme est droit ; dans le cas contraire, il est oblique.

Les faces latérales ou pans du prisme sont des parallélogrammes ; les arêtes des bases prennent la dénomination de basiques, celles des pans s'appellent latérales

L'octaèdre (fig. 6) est un polyèdre terminé par huit faces triangulaires ; on peut le considérer comme composé de deux pyramides quadrangulaires appuyées sur une base commune. Il est droit quand sa base est horizontale ; il est oblique quand sa base est inclinée.

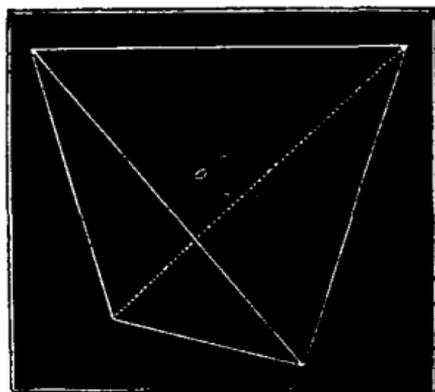
Les octaèdres sont distingués d'après la forme de leur base : l'on dit octaèdre carré, octaèdre rectangulaire, octaèdre rhomboïdal, selon que sa base est un carré, un rectangle ou un rhombe.

L'octaèdre régulier est à base carrée avec des faces équilatérales.

On nomme basiques les arêtes de la base de l'octaèdre et culminantes celles qui viennent se réunir aux sommets.

Le tétraèdre (fig. 11) est un polyèdre terminé par quatre faces triangulaires ; le cube (fig. 5) n'est

Fig. 11.



qu'un prisme droit terminé par six faces carrées et égales.

Axes cristallins.

CENTRE DU CRISTAL. — On appelle centre d'un cristal un point tel que toute ligne droite qui y passe et qui se termine aux faces du cristal se trouve divisée en ce point en deux parties égales.

La symétrie d'un cristal se manifeste par la disposition de ses parties similaires à l'égard de certaines lignes passant par son centre, et qu'on obtient en joignant les milieux, soit des arêtes, soit des faces, ou bien les sommets des angles solides opposés.

AXES DU CRISTAL. — On désigne par le nom d'axes cristallins ou axes du cristal certaines de ces lignes passant par le centre du cristal, et autour desquelles sont disposées symétriquement les faces.

On peut admettre plusieurs sortes d'axes dans un cristal ; leur ensemble est désigné sous le nom de

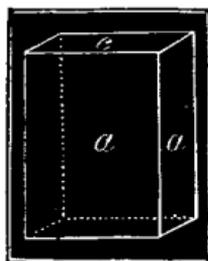
systèmes d'axes. Mais il y a presque toujours un système d'axes ou un axe à l'égard duquel la symétrie paraît être plus normale et qui indique la position à donner au cristal : cet axe est appelé axe principal, tandis que les autres sont nommés axes secondaires. Les axes sont perpendiculaires ou obliques entre eux, suivant les formes cristallines auxquelles ils se rapportent.

Dans l'étude des cristaux, on place ces solides de manière que l'un de leurs axes soit vertical ; si parmi les systèmes d'axes, il existe un axe principal ou un axe qui n'a pas d'analogue, on choisit toujours cet axe pour lui donner la position verticale. Si le cristal n'a pas d'axe principal, on choisit un quelconque des axes pour le placer dans la position verticale.

La considération des axes est fort importante en minéralogie, car elle détermine les types primitifs autour desquels viennent se grouper les nombreuses formes secondaires que peut offrir un même minéral. Toutes les formes composées que peut présenter un même minéral proviennent de la combinaison de formes simples qui ont des systèmes d'axes identiques ; ainsi un même cristal n'est jamais formé de faces provenant du cube et du rhomboèdre, parce que ces deux formes simples n'ont pas le même système d'axes, tandis qu'un même minéral peut offrir des faces du cube et de l'octaèdre régulier, deux formes simples qui ont les mêmes systèmes d'axes. « J'appelle axe en général, dit Haüy, une ligne droite menée par le centre d'un cristal, et dont telle est la direction, que toutes les parties du cristal sont disposées symétriquement à son égard. Un des principaux caractères de cette symétrie dépend de ce que les lignes menées perpendiculairement sur l'axe, en partant des angles solides égaux et situés sur les

parties environnantes, sont égales entre elles. Un même corps est souvent susceptible d'être traversé par plusieurs lignes dont chacune peut être prise pour axe. Mais il y a, dans ce cas, un axe principal que je nomme axe de cristallisation, et qui se distingue des autres, en ce qu'il est dirigé verticalement, lorsque le cristal est dans sa position naturelle. Cette position est presque toujours indiquée par l'aspect de la forme considérée en elle-même; mais les indices qui la font surtout reconnaître sont ceux qui se tirent du rapprochement des différentes formes cristallines, originaires d'une même espèce, avec l'une d'entre elles, qui sert comme de mesure commune pour les comparer (1). »

Fig. 12.



Dans le cube ou hexaèdre régulier (fig. 5), on peut déterminer trois systèmes d'axes et les axes d'un même système sont égaux; par conséquent, le choix de l'axe principal est arbitraire pour chaque système. On peut obtenir ces trois systèmes d'axes: 1° en joignant les milieux des faces opposées; 2° en joignant les milieux des arêtes opposées; 3° en joignant les sommets des angles solides opposés.

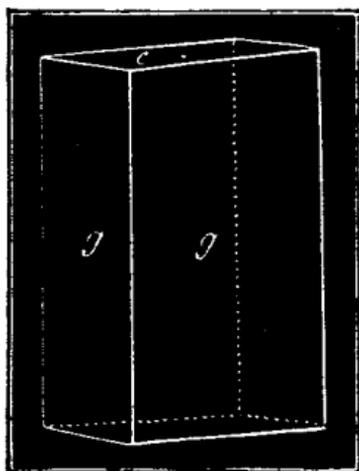
Dans un prisme droit à base carrée ou quadratique, on obtient un système d'axes en joignant les milieux des faces; on a ainsi (fig. 12) trois axes rec-

(1) Haüy: *Traité de Cristallographie*, tome I, page 8.

tangulaires, mais deux seulement égaux ; on prend pour axe principal, celui qui est seul de son espèce.

Le prisme droit à base rhombe ou rectangle ou ortho-rhombique donne, en joignant les milieux des

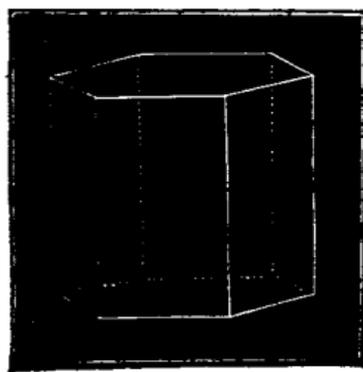
Fig. 13.



faces opposées, un système de trois axes rectangulaires inégaux (fig. 13).

Dans l'octaèdre ortho-rhombique, on détermine

Fig. 14.



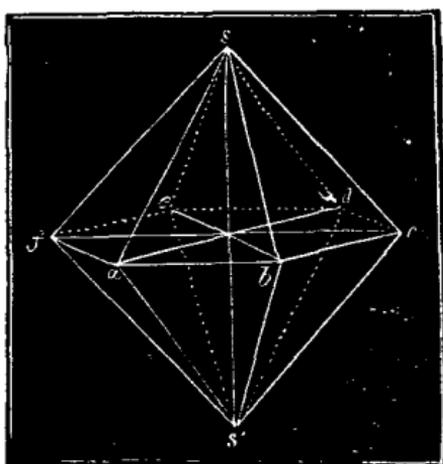
les axes en joignant les angles solides opposés, et l'on a aussi trois axes inégaux comme dans le prisme ortho-rhombique.

Le prisme hexagonal donne, en joignant les milieux des six faces opposées, un système de quatre

axes : un axe principal perpendiculaire à trois axes secondaires égaux entre eux, se coupant sous des angles de 60 degrés (fig. 14).

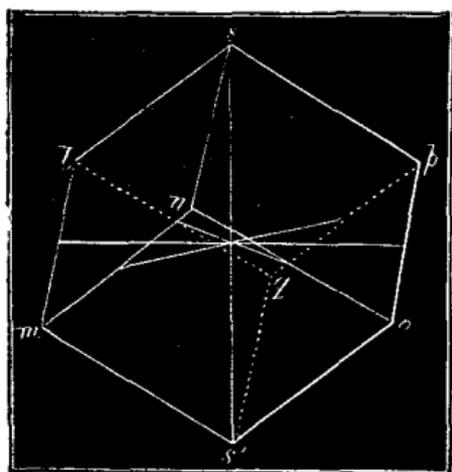
Dans le dodécaèdre hexagonal (fig. 15), on détermine les axes en joignant les angles solides op-

Fig. 15.



posés ; on obtient ainsi trois axes horizontaux égaux ad , eb , fc et un axe vertical ss , perpendiculaire aux

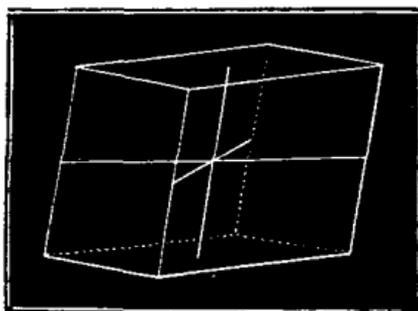
Fig. 16.



systemes des trois autres. Dans le rhomboèdre, il y a un système de trois axes obliques, également in-

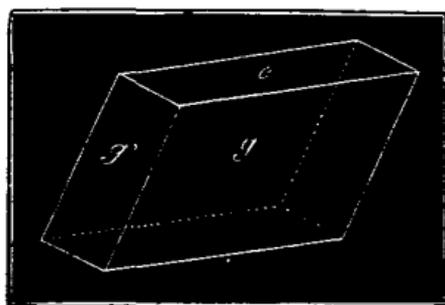
clinés et égaux entre eux (fig. 16) et un axe principal ss qui joint les sommets des angles culminants.

Fig. 17.



Le prisme rhomboïdal oblique (fig. 17) nous offre, en joignant les milieux des faces opposées, un système de trois axes obliques, deux égaux entre eux, le 3^e inégal.

Fig. 18.



Le prisme oblique non symétrique (fig. 18) donne aussi, de la même manière, un système de trois axes inégaux et obliques.

SYSTÈMES CRISTALLINS.— En résumant ce que nous venons de dire, on voit qu'il est facile de reconnaître deux groupes d'axes : 1^o les axes rectangulaires, 2^o les axes obliques.

I. AXES RECTANGULAIRES : 1° trois axes égaux (exemples : cube, fig. 5 ; octaèdre régulier, fig 6) ; 2° deux axes égaux, le 3° inégal (exemple : prisme droit, à base carrée, fig. 12) ; 3° trois axes inégaux (prisme droit, à base rectangle, fig. 13, ou à base rhombe).

II. AXES OBLIQUES : 1° trois axes égaux entre eux et également inclinés (exemple : rhomboèdre, fig. 16), et un axe principal ou bien 3 axes égaux entre eux se coupant sous des angles de 60 degrés et un 3° perpendiculaire aux trois autres (exemple : prisme hexagonal, fig. 14 et 15) ; 2° deux axes égaux, le 3° inégal (exemple : prisme oblique rhomboïdal, fig. 17) ; 3° les trois axes inégaux (exemple : prisme oblique non symétrique, fig. 18).

On donne le nom de système cristallin à la réunion des différentes formes qui ont des systèmes d'axes semblables. Les considérations qui précèdent ont conduit les minéralogistes à établir six systèmes cristallins ou formes cristallines présentant six systèmes d'axes. Ces systèmes, ramenés chacun à une forme prismatique simple, prise comme type ou forme fondamentale, sont :

1° Le système prismatique droit, cubique ou régulier ;

2° Le système prismatique droit, à base carrée ou quadratique ;

3° Le système prismatique droit, à base rectangle ou rhomboïdale ou ortho-rhombique ;

4° Le système prismatique oblique, rhomboédrique ou hexagonal ;

5° Le système prismatique oblique, à base rectangulaire ou rhomboïdale ou clinorhombique ou unoblique ;

6° Le système prismatique oblique, à base paral-

lélogrammique, obliquangle ou klinoédrique ou bioblique.

CLIVAGE. — Cliver, de *klóben* ou *klówen*, signifie fendre ; les lapidaires profitent des joints naturels du diamant pour en enlever l'écaille extérieure et les parties défectueuses ou, comme ils disent, pour le cliver.

Le clivage est une opération qui permet, au moyen de la cassure, soit de diviser un minéral cristallisé en fragments polyédriques, soit d'en détacher des lames parallèles dans un ou plusieurs sens fixes pour chaque minéral.

On donne aussi ce nom aux faces parallèles qui s'obtiennent sur le cristal.

La galène se divise très-facilement en fragments cubiques et le calcaire cristallisé en rhomboèdres, par le simple choc du marteau ; tandis que le mica et le gypse donnent, au moyen d'une lame de couteau, des feuilles très-minces dans un certain sens.

Certains minéraux ne sont clivables qu'en un seul sens ou n'ont qu'un seul clivage (exemples : mica, wolfram) ; d'autres présentent deux clivages (exemple : amphibole) ; enfin, d'autres offrent trois clivages, tels sont : le spath d'Islande, avec trois clivages inclinés l'un sur l'autre de $105^{\circ} 5'$, le gypse, la barytine, la galène, la sidérose, l'orthose, etc.

On trouve aussi des minéraux qui ne se clivent pas ; il ne se divisent qu'en fragments irréguliers sous le choc du marteau ; tels sont le fer oxydulé, la pyrite, la sperkise, etc.

Quelquefois les clivages ne se manifestent que par des moyens particuliers, comme le miroitement de leur cassure à la lumière, l'étonnement du cristal, qui, en agrandissant les fissures naturelles, rend sensible la direction des joints des lames, par les stries

parallèles qui se produisent à la surface ou par les reflets de lumière qui se développent à l'intérieur du minéral.

Dans quelques minéraux, il y a, outre les clivages principaux, d'autres joints naturels qui l'on désigne sous le nom de clivages surnuméraires ou supplémentaires, et qui sont ordinairement, parallèles aux diagonales ou perpendiculaires à l'axe (exemples : corindon, spath d'Islande).

Les faces de même clivage sont toujours inclinées entre elles sous des angles constants dans tous les cristaux d'une même espèce minérale : tous les cristaux de spath d'Islande, quelles que soient leurs formes extérieures, se partagent toujours en fragments rhomboïdaux dont les angles dièdres sont de 75° et de $105^{\circ} 5'$; ceux de galène se divisent en fragments cubiques dont les angles dièdres sont de 90° . On peut donc conclure de ces faits, que dans un minéral cristallisé, les clivages ordinaires ont toujours lieu parallèlement aux faces de l'une des formes simples du système cristallin. En sorte que, par des clivages successifs d'un cristal, on met à découvert un solide qui représente l'une des formes simples du système cristallin auquel se rapporte le minéral, et qu'on appelle le noyau. Le clivage appliqué au noyau lui-même, parallèlement à ses faces, conduit finalement à la particule cristalline. Les cristaux qui n'ont qu'un seul clivage présentent une structure laminaire ; tandis que ceux qui ont plusieurs clivages offrent une structure polyédrique.

On donne le nom de solide de clivage à la réunion des plans de clivage constituant une forme géométrique constante dans tous les individus d'un minéral cristallisé.

Modifications.

Les formes primitives ou types peuvent passer

aux formes dérivées, par des modifications qui établissent des formes intermédiaires ou de passage. Ces modifications peuvent être produites artificiellement en exécutant, soit sur les arêtes, soit sur les angles solides des types, des opérations qui ont reçu les noms de troncature, de bisellement et de pointement.

Mais il ne faut pas croire que les cristaux soient d'abord tout formés sous la configuration des types, et que plus tard, ils soient modifiés, pour donner des formes dérivées ou secondaires. Dès leur origine, les cristaux prennent la forme qu'ils présentent définitivement ; leurs modifications résultent de circonstances particulières, mécaniques, physiques et chimiques, qui lors de la cristallisation ont fait varier plus ou moins la forme. Pour concevoir plus facilement les formes secondaires, on a recours à des opérations artificielles que la nature n'emploie pas, il est vrai, mais qui conduisent à des résultats géométriques identiques à ceux obtenus par les forces cristallogéniques.

TRONCATURE. — La troncature consiste en une section opérée sur les éléments essentiels d'un cristal : c'est la suppression d'une arête ou d'un angle par un plan dont l'intersection détermine une face nouvelle ou facette. Lorsqu'une troncature a lieu sur une arête, elle doit toujours être parallèle à cette arête ; elle peut être aussi pratiquée sur un angle solide. Ainsi, lorsque dans une combinaison de plusieurs formes simples, une arête de la forme dominante est remplacée par une face parallèle à cette arête, on dit que l'arête est tronquée et la face modifiante s'appelle face ou facette de troncature de l'arête.

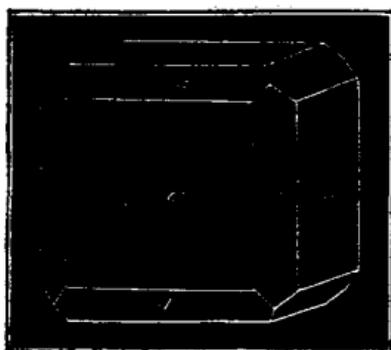
La troncature est appelée droite ou tangente, quand la facette qui en résulte se trouve également inclinée sur les deux faces de la forme dominante

qui renferme l'arête ou l'angle tronqué. Dans le cas contraire, la troncature est oblique.

Quand la troncature oblique d'un angle solide est également inclinée sur les deux faces qui forment une des arêtes de cet angle, on dit qu'elle est placée droite, ou symétriquement sur cette arête.

Si nous tronquons chaque arête du cube (fig. 5), à leur place, nous obtiendrons une facette *d* parallèle (fig. 19) à cette arête : la facette *d* représente une troncature tangente à l'arête ou également inclinée sur les deux faces B et A du cube.

Fig. 19.



BISELLEMENT. BISEAU. — Les deux faces *d, d* (fig. 19), qui remplacent chaque arête déterminent un biseau.

Un biseau est donc l'ensemble de deux troncatures symétriquement placées de part et d'autre d'une arête ou d'un angle dièdre. Il en résulte un angle plus ouvert que celui qui a été remplacé par le biseau.

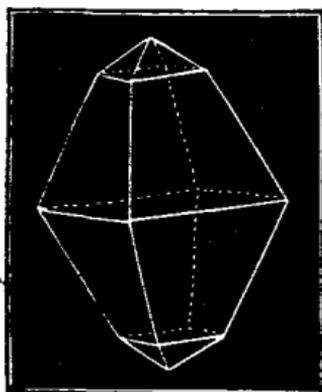
Le biseau placé sur une arête entière lui est toujours parallèle.

Le biseau est dit culminant quand il se rapporte à un sommet; dans ce cas il est direct ou indirect, suivant que les troncatures qui le forment sont placées sur les faces ou sur les arêtes du sommet modifié.

POINTEMENT. — Le pointement est la réunion au sommet d'un angle solide d'au moins trois troncutures symétriques qui portent sur les faces ou sur les arêtes.

La figure 20 représente un octaèdre à base carrée dont les deux sommets sont remplacés par un pointement à 4 faces.

Fig. 20.



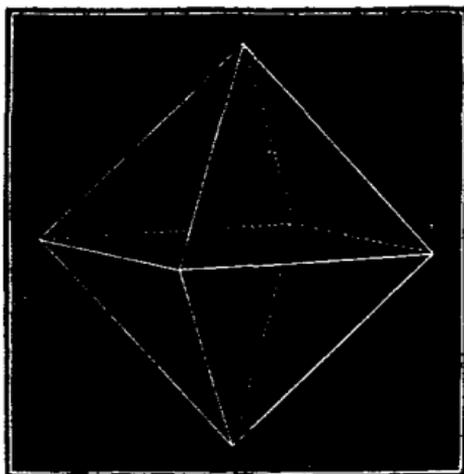
DÉRIVATIONS. — Pour arriver des formes intermédiaires ou du passage aux formes secondaires ou dérivées complètes ou des formes types aux formes dérivées, on emploie 1° la méthode des troncutures, 2° ou celle des plans tangents.

La méthode des troncutures consiste à prolonger les plans des troncutures, des biseaux ou des pointements jusqu'à ce qu'ils se rencontrent mutuellement et qu'ils masquent complètement les faces des formes fondamentales

On peut aussi entamer de plus en plus les formes primitives par des sections parallèles aux sections des formes intermédiaires jusqu'à la disparition complète des faces des formes primitives. Cette méthode de dérivation donne des solides inscrits dans la forme primitive. La figure 21 montre un octaèdre régulier

provenant de troncatures faites sur tous les angles solides du cube passant par les formes des fig. 9 et 19.

Fig. 21.



La méthode des plans extérieurs ou tangents donne des formes secondaires circonscrites à la forme type. Elle consiste à mener, soit par les arêtes, soit par le sommet des angles solides des formes primitives, des plans tangents également inclinés sur les faces ou suivant les directions des modifications représentées par les formes de passage.

Symétrie.

LOI DE SYMÉTRIE. — « Toute modification effectuée sur l'une des parties d'un cristal doit affecter de la même manière toutes les parties identiques sous le rapport géométrique et constitutif. »

Il résulte les conséquences suivantes de cette loi de Haüy (1) :

(1) Haüy, loc. citat., page 196, tome I.

1° Les arêtes et les angles de même espèce, dans un cristal, sont tous modifiés en même temps et de la même manière, par le même nombre de facettes également inclinées aux plans homologues adjacents ;

2° Une facette placée sur une arête ou sur un angle solide, formée par des plans de même espèce, doit être également inclinée à ces plans, si elle est seule. Si elle est inégalement inclinée, elle entraîne l'existence d'une ou plusieurs autres facettes qui rétablissent la symétrie ;

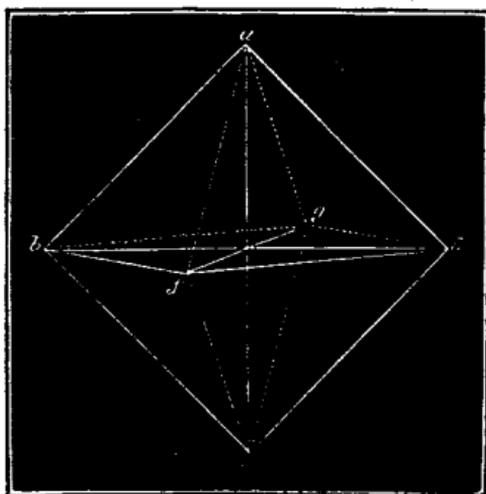
3° Une facette placée sur une arête qui sépare des plans d'espèce différente sera également inclinée sur ces plans.

Il est facile de concevoir comment la loi de symétrie, en agissant sur un nombre plus ou moins grand de parties identiques, doit imprimer les caractères des solides primitifs aux formes secondaires qui en dérivent. Les conditions de la loi de Haüy limitent nécessairement le nombre des modifications possibles et, par suite, le nombre des formes différentes dans les divers systèmes cristallins.

Si nous concevons qu'une modification tangente détermine une facette a , à la place de l'angle solide A d'un cube, facette également inclinée sur les trois faces du cube, chacun des sept autres angles A devra subir la même modification. On aura donc un solide (fig. 9, page 30), composé de faces a du cube et de facettes o qui en auront tronqué les angles ; admettons maintenant que les facettes o grandissent, les faces a du cube diminueront successivement, et lorsqu'enfin les facettes o se toucheront, le cube aura entièrement disparu et sera remplacé par un octaèdre (fig. 22), qui aura pour axes les axes mêmes du cube ac , fg , bd ; les sommets des faces du nouveau solide correspondront aux centres de celles du cube.

Il est facile de concevoir comment le seul aspect des formes cristallines suffit, dans le plus grand nombre de cas, pour distinguer les espèces auxquelles les formes appartiennent. La forme la plus ordinaire du fer oligiste de l'île d'Elbe est un solide à 24 faces dont six prolongées jusqu'à s'entrecouper,

Fig. 92.



composeraient la surface d'un rhomboïde, peu différent du cube. Six autres faces remplacent trois à trois les sommets du rhomboïde, les douze dernières sont situées deux à deux aux autres endroits des angles solides latéraux. Les modifications sur deux espèces d'angles ne sont pas les mêmes, tandis qu'il en serait autrement dans l'hypothèse d'un cube pour noyau du fer oligiste. Donc, l'inspection de la forme du fer oligiste, l'exclut du système cubique pour la ramener au système rhomboédrique.

HOMOÉDRIE OU HOLOÉDRIE. — Lorsque la symétrie géométrique concorde entièrement avec la symétrie réelle, chaque modification de l'un des éléments du

type fondamental atteint tous les autres éléments qui lui sont géométriquement égaux, et, par conséquent, produit le maximum de facettes. Mais, quand la concordance entre la symétrie réelle et la symétrie géométrique n'existe pas, il n'y a que la moitié, le quart, etc., des éléments géométriquement égaux qui soient identiques, et alors la modification, ne se répétant que sur la moitié, le quart, etc., des éléments géométriquement égaux, produit seulement la moitié, le quart, etc., du nombre des facettes que l'on aurait dans le cas où la symétrie réelle concorderait avec la symétrie géométrique. Du reste, cette discordance de symétrie est assez rare dans la nature.

Les formes cristallines ou les cristaux dont le nombre de faces est au complet suivant la loi de symétrie géométrique, sont nommés *homoèdres* ou *holoèdres*.

Dissymétrie.

HÉMIÉDRIE. — L'étude des cristaux nous montre des cas où les modifications paraissent avoir lieu autrement que l'exige la loi de symétrie. Dans les cristaux qui montrent le défaut de symétrie, les parties géométriquement identiques ne sont pas toutes modifiées à la fois ou de la même manière ; de sorte qu'il manque souvent un certain nombre de faces et que les cristaux sont incomplets.

Les formes cristallines ou les cristaux qui ne présentent que la moitié du nombre total des faces qu'ils pourraient avoir, suivant la loi de symétrie géométrique, sont nommés *hémièdres* ou *hémiédriques*.

Dans ces cristaux, incomplètement modifiés, l'absence des modifications a lieu constamment sur la moitié des parties similaires qui devraient être toutes

affectées à la fois d'après la loi de symétrie. On a donné à ce phénomène le nom d'*hémiedrie* (Weiss).

Certaines modifications hémiedriques produisent toujours des formes à faces parallèles deux à deux (hémiedrie à faces parallèles ou para-hémiedrie), tandis que d'autres modifications ne produisent que des formes à faces inclinées chacune à chacune, ou dans lesquelles on n'observe aucun couple de faces parallèles (hémiedrie à faces inclinées, anti-hémiedrie ou hémiedrie polaire).

La boracite, la pyrite, la tourmaline, le quartz, etc., semblent mettre en défaut la loi de symétrie ; mais ces exceptions sont plus apparentes que réelles. M. Delafosse a prouvé que les formes hémiedriques de la boracite, de la pyrite, de la tourmaline, du quartz, etc., rentrent dans les conditions de la symétrie, pourvu qu'on prenne en considération les caractères physiques. Dans ces cristaux, l'hémiedrie est la conséquence nécessaire de la constitution moléculaire ou de la structure interne du corps cristallisé.

Weiss est le premier qui ait fait une étude sérieuse des formes anomales, dont quelques-unes ont été signalées par Haüy. Pour le cristallographe allemand, les formes hémiedriques seraient le résultat d'une nouvelle manière de se modifier des cristaux, qui, au lieu de changer de forme par une addition de facettes, en changeraient, dans certains cas, par la soustraction de la moitié des faces habituelles, en sorte que la nature aurait la faculté de produire tantôt des cristaux entiers et tantôt des demi-cristaux.

« L'hémiedrie, dit M. Delafosse (1), est un fait qui, ramené à sa juste valeur, ne porte aucune atteinte

(1) Delafosse, loc. cit., page 94-95, tome I.

aux lois connues de la cristallisation, et ne peut donner lieu à établir un nouveau principe. La génération des formes hémihédriques s'opère d'après la règle commune; et les modifications qui les produisent n'échappent point à la loi de symétrie bien entendue. Toutes les fois qu'un même solide géométrique appartient à plusieurs groupes différents de formes, il présente dans chacun d'eux, une loi particulière de structure et de symétrie. Chaque mode réellement distinct d'hémihédrie a pour cause un changement dans la forme de la molécule et, par suite, dans la polarité des axes: il en résulte une modification dans la symétrie générale, un véritable changement de système »

« Il suffit, pour se rendre compte de la structure des cristaux hémihédres, de composer leur réseau cristallin de molécules ayant elles-mêmes une forme hémihédrique, et l'on choisira naturellement la plus simple; savoir: le tétraèdre, dans le cas de la boracite, et le dodécaèdre pentagonal dans celui de la pyrite. »

M. Leymerie a généralisé l'hypothèse de M. Delafosse et a posé le principe suivant: tout polyèdre hémihédrique est constitué par des molécules dont la forme est justement celle du solide particulier, qu'on obtient directement par l'effet le plus simple de l'hémihédrie.

APPLICATIONS. — 1° La boracite se présente souvent sous la forme de cubes avec une dissymétrie sur les angles; les arêtes et les faces sont identiques et donnent lieu à des modifications complètes. Les cubes sont tronqués seulement sur la moitié de leurs angles ou sur quatre des huit angles, en alternant, de telle manière, qu'aux extrémités d'une même diagonale, il n'y a jamais qu'un

angle tronqué, l'autre restant intact ou modifié différemment. La forme du tétraèdre régulier qui est le résultat le plus simple et le plus immédiat de cette hémicédrie, rend compte de cette dissymétrie apparente.

En effet, supposons, pour expliquer la forme de la boracite, que ce cristal soit constitué par des tétraèdres moléculaires disposés en files parallèles aux diagonales du cube; alors les angles placés aux extrémités de l'une de ces droites subiront des modifications différentes, puisque l'une correspond aux sommets et l'autre aux faces des tétraèdres.

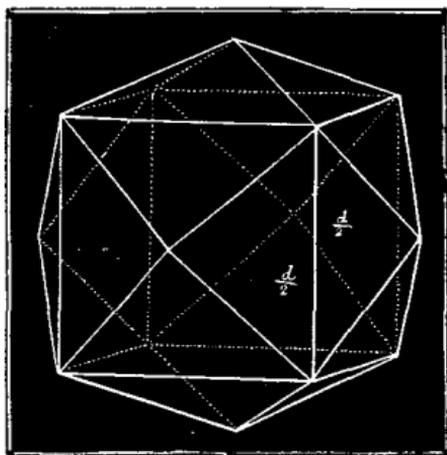
Si l'on dispose les tétraèdres particuliers de manière à construire un cube on aura un assemblage de tétraèdres dont les axes seront parallèles entre eux, les sommets tournés vers l'une des extrémités du cube et les bases vers une autre extrémité. Il résulte de cette disposition une sorte de polarité pour les angles opposés du cristal. L'identité géométrique des angles opposés existe toujours, mais non leur identité physique; quatre des angles sont formés par des pointes de tétraèdres, tandis que les quatre autres angles le sont par les bases de ces mêmes solides. Par conséquent, l'absence des facettes sur quatre angles, loin d'infirmer la loi de symétrie, en est une confirmation.

2° La pyrite cristallise en cubes (fig. 23 et 24) dont l'hémicédrie ne porte plus sur les angles; elle consiste dans une dissymétrie des faces. Les arêtes des cubes de la pyrite sont remplacées par des facettes différemment inclinées sur les deux facettes adjacentes ou ne portant sur chaque arête qu'une seule face d'un biseau qui, pour obéir à la loi de symétrie, devrait être complété par une autre facette également inclinée et en sens inverse. Le solide qui résulte de

cette hémiedrie est le dodécaèdre pentagonal (fig. 24) ou hexadièdre.

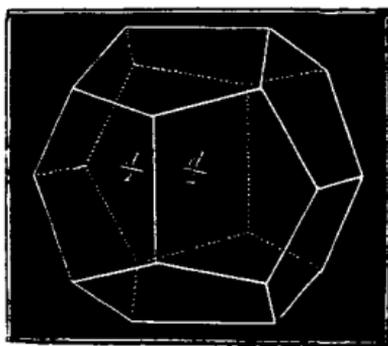
La forme de la pyrite s'explique en supposant le

Fig. 23.



cube formé par des molécules ayant la forme d'un dodécaèdre pentagonal orientées toutes de la même manière. Si l'on dispose les hexadièdres moléculaires de manière à former un cube, on verra que de part

Fig. 24.



et d'autre de la même arête, les choses ne se passent pas de la même manière, car les arêtes culminantes des hexadièdres particuliers sont disposées sur

les trois faces adjacentes du cristal en trois sens différents et perpendiculaires entre eux. Par conséquent, l'existence des tronçatures obliques simples sur chacune des arêtes s'accorde avec la loi de symétrie.

Les stries, que présente dans trois sens perpendiculaires la pyrite dite triglyphe, sont les traces de groupements moléculaires ou d'arêtes culminantes qui font saillie.

3° La tourmaline offre des formes hémihédriques de deux sortes. La forme ordinaire de cette espèce est le prisme hexagonal plus ou moins modifié. La première modification, qui conduit à l'hémihédrie la plus ordinaire de la tourmaline, consiste dans la tronçature des trois arêtes alternes. Dès lors, il manque trois faces au prisme, ce qui donne aux cristaux de tourmaline un aspect triangulaire ou trigonal.

La tourmaline éprouve encore une autre espèce d'hémihédrie qui affecte constamment les extrémités du prisme : l'une de ces extrémités porte un pointement et l'autre une base.

Il arrive cependant que les deux bases du prisme portent plusieurs facettes rhomboïdales ; mais ces modifications ne sont pas les mêmes en haut et en bas : le plus souvent, le sommet supérieur porte sept facettes, tandis que l'inférieur n'en porte généralement que trois.

Tous ces faits rentrent dans la loi de symétrie, en admettant pour molécule intégrante des cristaux de tourmaline, une pyramide triangulaire à base équilatérale.

4° Le quartz cristallise habituellement en un prisme hexagonal terminé par deux pyramides régulières à six faces. Or, le quartz montre souvent sur les angles du prisme à la naissance de chaque pyramide terminale des facettes toutes inclinées d'un même

côté, soit à droite, soit à gauche, ce qui constitue une dissymétrie apparente ou une hémiedrie. Ces facettes, qui ont reçu le nom de plagiédres, sont tournées toutes dans le même sens sur une même base du prisme.

La forme du scalénoèdre trigonal, attribuée à la molécule du quartz, rend compte de la dissymétrie qui donne lieu aux faces plagiédres de ce minéral.

NOTATIONS SYMÉTRIQUES. — Toutes les formes primitives peuvent être ramenées à des prismes à six faces. Deux de ces faces sont considérées comme les bases et les autres quatre comme les faces latérales des prismes. En outre, les faces qui circonscrivent ces prismes peuvent être réduites à trois de la même espèce à cause de leur parallélisme deux à deux.

De même, leurs angles solides peuvent être réduits à quatre de la même espèce, et les douze arêtes à six, dont quatre basiques et deux latérales.

Généralement, pour exprimer ou désigner les faces des prismes, on emploie les lettres majuscules P, M, T, premières lettres de chaque syllabe du mot PriMiTif.

Les faces identiques ou de même espèce sont désignées par la même lettre. Dans le cube, toutes les faces étant identiques, on les désigne par la lettre P. Dans le prisme droit à base carrée il y a deux espèces de faces; quatre latérales égales, représentées par M, et deux basiques égales entre elles, désignées par P.

Dans le prisme oblique à base de parallélogrammes obliangle (fig. 18), il y a trois espèces de faces, désignées par P, M, T.

Les facettes de troncature ou de modifications sont désignées par les petites lettres *a*, *b*, *c*, etc. Toutes les facettes de l'octaèdre régulier dérivé

d'un cube, étant des triangles équilatéraux égaux entre eux (fig. 6), sont désignées par la même lettre *a*. La figure 7 offre deux espèces de facettes, les unes rectangulaires *g*, les autres triangulaires *r*. Les angles solides sont désignés par les voyelles majuscules A, E, I, en affectant de la même lettre tous ceux qui sont de même espèce.

Les arêtes sont exprimées par les consonnes majuscules B, C, D, H, en affectant de la même lettre celles qui sont de même espèce. Ordinairement B désigne les arêtes basiques et H les arêtes latérales droites ou la hauteur du prisme

PROGRESSIONS SYMÉTRIQUES. — Dans les formes cristallines, le nombre des faces, des arêtes et des angles qui résultent de modifications successives, faites sur des éléments identiques conformément à la loi de symétrie, suivent une progression arithmétique ou, par différence, qui est déterminée par les nombres des éléments identiques dans la forme simple fondamentale. Ainsi en partant du prisme à base carrée, où il y a, autour de l'axe, quatre arêtes et huit angles identiques, ou du cube qui montre quatre arêtes verticales, huit horizontales avec huit angles trièdres égaux, les modifications de ces solides donnent lieu à des polyèdres secondaires dont les nombres des parties sont comprises dans la progression (non compris les faces basiques) :

$$\div 4 . 8 . 12 . 16 . 20 . 24 . 28$$

dont la raison est 4.

Chaque système cristallin n'a pas sa progression symétrique spéciale, car il n'existe que trois progressions, savoir :

$$\begin{aligned} & \div 2 . 4 . 6 . 8 \\ & \div 4 . 8 . 12 . 16 \\ & \div 6 . 12 . 18 . 24 \end{aligned}$$

dont les raisons sont 2, 4, 6 ou 3.

La progression $\div 4 . 8 . 12 . 16$ appartient au système cubique et au système du prisme droit à base carrée ou quadratique.

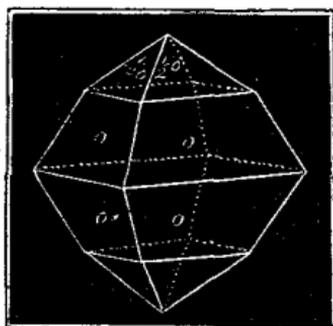
La progression $\div 2 . 4 . 6 . 8$ caractérise les systèmes ortho-rhombique, klino-rhombique et klino-édrique.

La progression $\div 6 . 12 . 18 . . .$ appartient au système de prisme hexagonal.

LOI DE RATIONALITÉ DES AXES. — Le nombre des formes dérivées ou secondaires est restreint ou limité par la loi de dérivation des faces ou de rationalité des axes, qui règle la position et la variabilité de l'inclinaison des troncatures que permet la symétrie. Les axes des polyèdres secondaires sont dans des rapports très-simples avec les axes de la forme fondamentale. En d'autres termes, les faces qui existent sur les éléments essentiels d'une forme simple fondamentale sont placées de manière que, si on les supposait prolongées, elles couperaient les axes de la forme fondamentale à des distances proportionnelles et toujours dans des rapports simples, comme les nombres 1, 2, 3, etc., ou $1/2$, $1/3$, $1/4$, etc. Les angles supérieurs et inférieurs des octaèdres à base carrée sont quelquefois surmontés d'un pointement à quatre facettes (fig. 25) qui forme une pyramide à base carrée. La pyramide à quatre faces marquées $1/2$ o modifie le sommet de la pyramide

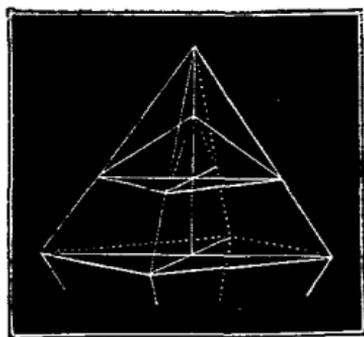
plus aiguë. Plaçons ce sommet sur la base de la pyramide $1/2 o$, ce qui se fait en prolongeant jus-

Fig. 25.



qu'à leur intersection (fig. 26) les arêtes de la pyramide inférieure, on obtient ainsi deux pyramides de même base, mais de hauteur différente ;

Fig. 26.



elles sont donc entre elles dans un rapport simple. La hauteur de la pyramide obtuse n'est que $1/2$ de la hauteur de la pyramide aiguë.

Si l'on se représente les diverses formes dérivées comme étant construites autour d'un même centre et d'un même système d'axes de longueurs infinies, les distances par rapport au centre, auxquelles les faces de chacune de ces formes couperont

les axes, seront généralement différentes. Si l'on part d'une forme particulière dans laquelle ces portions d'axes aient des valeurs déterminées, il faudra, pour avoir celles qui correspondent à une autre forme, multiplier ou diviser les premières valeurs par certains coefficients numériques. Par exemple, si une face d'une des formes simples d'un système cristallin coupe les trois axes principaux à des distances égales à a , b et c , une face d'une autre forme du système coupera les mêmes axes à des distances ma , nb , pc , qui seront aux premières distances dans des rapports simples et rationnels. On aura pour l'expression symbolique de la première face par rapport aux axes $a : b : c$, et pour celles de la deuxième face aux mêmes axes $ma : nb : pc$, m , n et p étant des coefficients fractionnaires appelés coefficients paramétriques ou de dérivation ; les expressions $a : b : c$ et $ma : nb : pc$ sont nommées symboles ou signes cristallographiques.

Les symboles ci-dessus supposent que les faces auxquelles ils correspondent coupent à la fois les trois axes ; mais, dans certains cas, les faces sont parallèles à l'un ou à deux des trois axes, par conséquent, ne les rencontrent pas ou seulement à l'infini. Alors, pour exprimer qu'une face est parallèle à un axe, on met le signe ∞ devant la valeur correspondant à l'axe non rencontré, ce qui désigne que la face couperait l'axe à une distance infinie. On pourra avoir les symboles :

$$\begin{aligned} & \infty a : b : c \\ & a : \infty b : c \\ & a : b : \infty c \\ & \infty a : \infty b : c \\ & \infty a : b : \infty c \\ & a : \infty b : \infty c \end{aligned}$$

NOTATION AXIALE OU DE WEISS. — La notation axiale ou géométrique de Weiss est un mode de notation des faces secondaires produites sur le solide de la forme fondamentale ; nous venons d'exposer les principaux traits de ce mode en traitant de la loi de rationalité des axes.

La base de la notation axiale c'est d'exprimer la distance à laquelle la face secondaire rencontre ou coupe l'axe principal, en sorte que les faces secondaires peuvent être déterminées par des distances ou coordonnées comptées sur les axes.

Prenons, en premier lieu, le cube pour forme fondamentale et proposons-nous de noter les faces de ce solide lui-même, et ensuite celles des principales formes simples qui en dérivent.

Les axes du cube étant rectangulaires et aboutissant au milieu des faces, il est évident que chacune de celles-ci se trouvera perpendiculaire à l'un des axes et parallèle aux deux autres. Si l'on désigne par a la longueur des axes, une face quelconque sera rencontrée par l'un des axes à la distance a et ne sera jamais rencontrée par les deux autres axes, ce qu'on exprime par le signe ∞ . Dès lors, on peut représenter la relation de chaque face du cube avec les axes principaux par le symbole :

$$a : \infty a : \infty a.$$

L'octaèdre régulier a les mêmes axes que le cube ; les sommets des faces sont placés à l'extrémité des axes, de sorte que chacune de ses faces coupe les trois axes suivant des longueurs égales. En appelant a la longueur de chaque axe comprise entre le centre du cristal et le point où il rencontre les faces, on pourra définir la face de l'octaèdre en disant que c'est celle qui coupe les trois axes rectangulaires

suivant des longueurs égales a , formule que l'on représente par le symbole :

$$a : a : a.$$

La relation de chaque face du dodécaèdre rhomboïdal avec les axes, est représentée par le symbole :

$$a : a : \infty a;$$

celle du tétraèdre régulier ou héli-octaèdre, par :

$$\frac{1}{2} (a : a : a);$$

du dodécaèdre pentagonal :

$$\frac{1}{2} (a : ma : \infty a).$$

Les faces des icositétraèdres ou solides à vingt-quatre faces (leucitoèdre et leucitoïde), rencontrent l'un des axes ; si on les prolongeait suffisamment, elles rencontreraient les deux autres axes à une distance m fois plus grande ; en représentant cette dernière par

a , la première distance sera $\frac{1}{m} a$, la formule de

l'une des faces de l'icositétraèdre sera donc :

$$\left(a : a : \frac{1}{m} a \right).$$

Pour le leucitoèdre, la valeur de m est 2, sa formule sera :

$$(a : a : \frac{1}{2} a);$$

pour le leucitoïde, cette valeur est 3, et, par suite, sa formule :

$$(a : a : \frac{1}{3} a);$$

la formule des faces du tétrakishexaèdre ou solide à quatre fois six faces (cube pyramidal), est :

$$(a : ma : \infty a) ;$$

celle du solide à vingt-quatre faces, appelé triakisoctaèdre (trois fois huit faces), est :

$$(a : a : 2a), \text{ ou } (a : a : \frac{3}{2} a), \text{ ou } (a : a : 3a).$$

Les faces de l'octaèdre à base carrée coupent les deux axes horizontaux à la distance a ; elles rencontrent l'axe vertical à une distance du centre du cristal exprimée par c . Une des faces de ce solide aura donc pour formule :

$$(a : a : c).$$

Les formules des faces des octaèdres allongés et surbaissés seront :

$$\begin{aligned} &(a : a : 4c), \\ &(a : a : 2c), \\ &(a : a : \frac{1}{2} c), \\ &(a : a : \frac{1}{4} c), \text{ etc., etc.} \end{aligned}$$

Fig. 27.



La face terminale c est :

$$(\infty a : \infty a : c) \text{ (fig. 27, 57 et 58) ;}$$

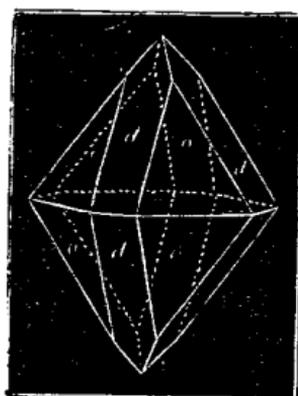
les faces latérales a :

$$(a : \infty a : \infty c).$$

Les faces *d* de l'octaèdre (fig. 28) sont représentées par :

$$(a : \infty a : c).$$

Fig. 28.



Celles de ces mêmes octaèdres plus aigus ou plus obtus auront, suivant leur inclinaison :

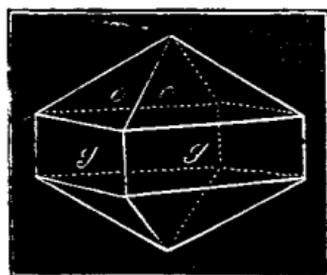
$$(a : \infty a : 4c),$$

$$(a : \infty a : 2c),$$

$$(a : \infty a : \frac{1}{2} c),$$

$$(a : \infty a : \frac{1}{7} c), \text{ etc., etc.}$$

• Fig. 29.



La formule de la face prismatique *g* (fig. 29) est :

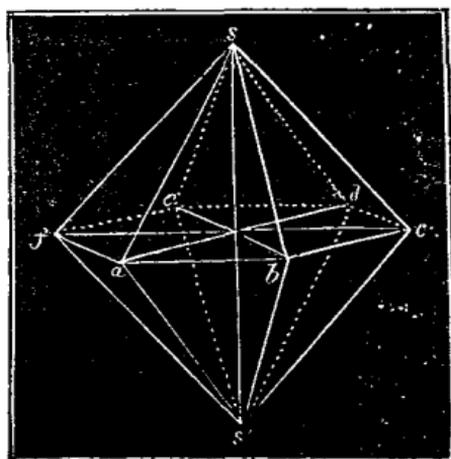
$$(a : a : \infty c).$$

En désignant par *a* la longueur des axes horizon-

taux du dodécaèdre hexagonal (fig. 30), par c , celle de l'axe vertical, la formule pour l'une des faces de ce solide sera :

$$(a : a : \infty a : c).$$

Fig. 30.



Celle des faces du prisme hexagonal :

$$a : a : \infty a : \infty c.$$

Si c est la longueur de l'axe vertical de l'octaèdre ortho-rhombique, a celle de la petite diagonale, b celle de la grande, une des faces quelconque de l'octaèdre de ce système aura pour formule :

$$(a : b : c).$$

Dans le système de notation de M. Naumann, la face de l'octaèdre régulier est désignée par o . Si l'angle octaédrique est séparé du centre par une distance $= 1$, une des faces du cube coupe l'un des axes à la distance 1, les deux autres à la distance ∞ , le signe de la face cubique est donc $\infty o \infty$.

La formule du dodécaèdre rhomboïdal est ∞o ; celle de l'icositétraèdre étant mon , le leucitoèdre sera $2o2$ (Muller, *Éléments de Cristallographie*).

TABLEAU DES SYSTÈMES CRISTALLINS.

NOMS DES SYSTÈMES.	FORMES FONDAMENTALES ou FORMES SIMPLES DÉRIVÉES.	EXEMPLES NATURELS.
<p>A. — Systèmes cristallins à axes rectangulaires.</p> <p>I. SYSTÈME CUBIQUE, RÉGULIER OU TESSULAIRE. Trois axes égaux et rectangulaires. <i>Formes homoédres :</i> Système cubique principal. <i>Formes hétéroédres :</i> 1° Sous-système tétraédrique. 2° Sous-système hexa-diédrique.</p> <p>II. SYSTÈME QUADRATIQUE OU TÉTRAGONAL, OU DU PRISME DROIT À BASE CARRÉE. Trois axes rectangulaires : un principal et deux secondaires égaux entre eux. <i>Formes homoédres :</i> Système quadratique.</p>	<p>Cube, octaèdre régulier, dodécaèdre rhomboïdal.</p> <p>Tétraèdre régulier. Hexa-dièdre ou dodécaèdre pentagonal.</p>	<p>Alun, sel gemme, grenat, diamant, galène, fluorine, cuprite, magnétite.</p> <p>Panabase, boracite. Pyrite, cobaltine.</p> <p>Cassitérite, zircon, idocrase, titane oxydé.</p>

NOMS DES SYSTÈMES.	FORMES FONDAMENTALES et FORMES SIMPLES DÉRIVÉES.	EXEMPLES NATURELS.
<p><i>Formes hémihédres :</i></p> <p>Sous-système sphénoédrique, ou du tétraèdre à triangles isocèles.</p> <p>III. SYSTÈME ORTHO-RHOMBIQUE, OU PRISMATIQUE DROIT A BASE RECTANGLE.</p> <p>Trois axes rectangulaires inégaux.</p>	<p>Sphénoèdre ou tétraèdre à faces isocèles.</p>	<p>Chalkopyrite.</p>
<p><i>Formes homoèdres :</i></p> <p>Système ortho-rhombique.</p>	<p>Prisme ortho-rhombique, octaèdre ortho-rhomb. Prisme rectangulaire droit, octaèdre rectang. droit.</p>	<p>Célestine, barytine, topaze, soufre naturel. Chrysolite, staurotide.</p>
<p><i>Formes hémihédres :</i></p> <p>Sous-système sphéno-rhombique ou du tétraèdre à triangles scalènes.</p> <p>B. — Systèmes cristallins à axes obliques.</p>	<p>Sphénoïde ou tétraèdre rhombique.</p>	<p>Sulfate de magnésie, manganite.</p>
<p>IV. SYSTÈME HEXAGONAL OU RHOMBOÉDRIQUE.</p> <p>Un axe principal perpendiculaire à trois axes secondaires égaux entre eux et se coupant sous des angles de 60°.</p>		

NOMS DES SYSTÈMES.	FORMES FONDAMENTALES et FORMES SIMPLES DÉRIVÉES.	EXEMPLES NATURELS.
<p><i>Formes homoédres :</i> Système hexagonal principal.</p> <p><i>Formes hémédres :</i> 1° Sous-système rhomboédrique, trois axes égaux entre eux et obliques et un axe principal. 2° Sous-système trigonal.</p> <p>V. SYSTÈME KLINO-RHOMBIQUE (1), OU UNOBLIQUE, PRISMATIQUE OBLIQUE A BASE RECTANGLE. Trois axes inégaux dont deux obliques, le troisième perpendiculaire aux deux premiers.</p> <p>VI. SYSTÈME KLINO-ÉDRIQUE (2), OU BI-OBLIQUE, PRISMATIQUE OBLIQUE A BASE PARALLÉLOGRAMME OBLIQUANGLE. Trois axes inégaux et obliques.</p>	<p>Prisme hexagonal régulier, dihexaèdre régulier.</p> <p>Rhomboèdre, scalénoèdre.</p> <p>Pyramide triangulaire régulière.</p> <p>Prisme rhomboïdal unoblique, octaèdre rhomboïdal unoblique, prisme rectangulaire unoblique.</p> <p>Klinoèdre ou prisme bi-oblique à base parallélogramme, octaèdre bi-oblique.</p>	<p>Émeraude, beryl, apatite, quartz.</p> <p>Calcaire, corindon, sidérose, oligiste, catamine, gioberite.</p> <p>Tourmaline.</p> <p>Orthose, amphibole, pyroxène, gypse, azurite, triphane.</p> <p>Axinite, albite, labrador, disthène, sulfate de cuivre artificiel.</p>
(1) Ou KLINO-RHOMBIQUE OU MONOCLINIQUE.		(2) Ou KLINO-ÉDRIQUE OU TRICLINIQUE.

Systèmes cristallins.

A.

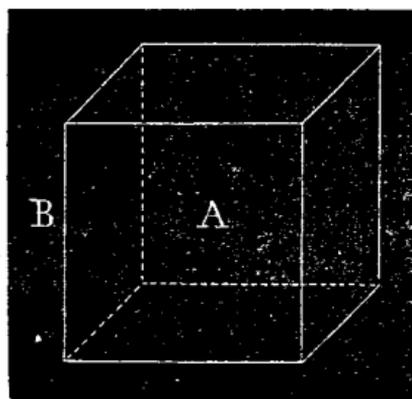
AXES RECTANGULAIRES.

Système cubique.

Système cubique (Beudant, Dufrenoy). — Régulier (G. Rose) — Sphéroédrique (Weiss). — Tessulaire (Mohs). — Tessural (Naumann).

CARACTÈRES. — Trois axes principaux égaux et rectangulaires, progression symétrique : $\div 4.8.12.16....$ Molécules intégrantes cubiques ; forme type : le cube, polyèdre composé de six faces carrées égales, douze

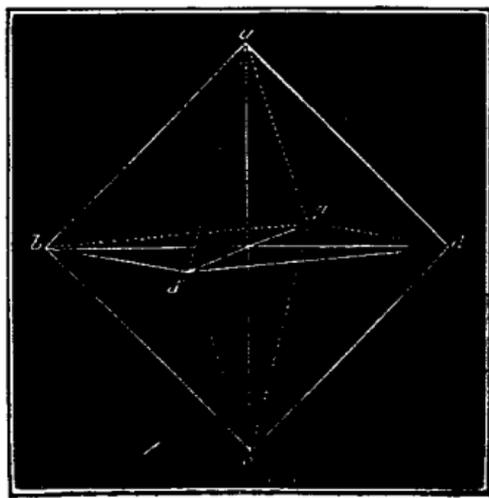
Fig. 31.



arêtes égales, huit angles trièdres droits (fig. 31) ou l'octaèdre régulier (fig. 32). Le système cubique nous présente trois cubes qui diffèrent sous le rapport physique et cristallographique, tels sont ceux de la

galène, de la boracite et de la pyrite. Ces trois sortes de cubes naturels sont distincts par leur structure et leur symétrie ; ils sont composés chacun

Fig. 32.



de molécules cristallines d'une forme différente. Il existe donc trois séries cristallines différentes ou trois systèmes cristallins qui ont pour forme fondamentale un cube, savoir : 1° le système cubique à modifications homoédriques ou système cubique principal ou proprement dit (exemple : galène) ; 2° le système tétraédrique ou cubique à modifications hémédriques dont les faces sont toutes inclinées entre elles (boracite) ; 3° le système hexa-diédrique ou cubique à modifications hémédriques dont les faces sont parallèles deux à deux (pyrite).

1° SYSTÈME CUBIQUE A FORMES HOMOÈDRES.

Le système cubique principal ou à formes homoédres a pour type le cube (fig. 31) ; on peut obtenir avec cette forme type, une série de cristaux

dérivés à l'aide de modifications produites soit sur les angles, soit sur les arêtes. Ces modifications peuvent être tangentes ou obliques ; elles se réduisent à six, savoir : deux sur les arêtes et quatre sur les angles solides, de telle sorte que le système cubique proprement dit ne se compose que de sept formes simples, le cube compris. Ces formes sont :

1° Le cube : $a : \infty a : \infty a$ (fig. 31) ;

2° L'octaèdre régulier (fig. 32) : $a : a : a$;

3° Le dodécaèdre rhomboïdal ou rhombo-dodécaèdre : $a : a : \infty a$;

4° Le trapézoèdre ou leucitoèdre, $a : ma : ma$, solide à vingt-quatre faces égales qui sont des trapézoïdes symétriques ; quarante-huit arêtes de deux espèces, vingt-quatre longues et vingt-quatre cour-

Fig. 33

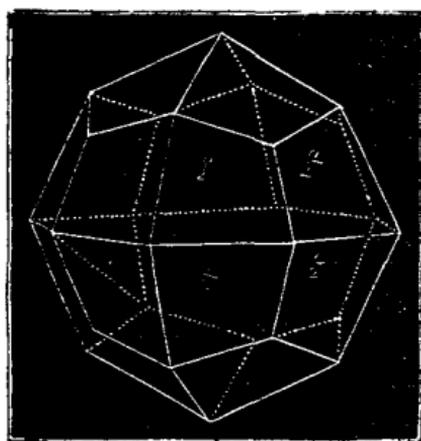
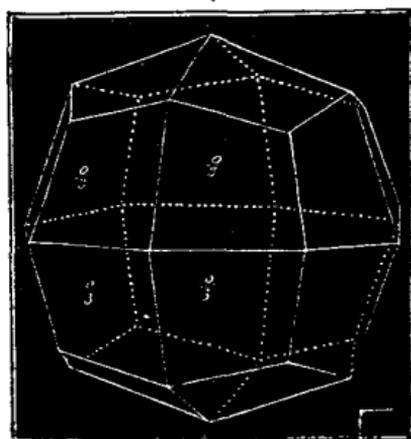


Fig. 34.

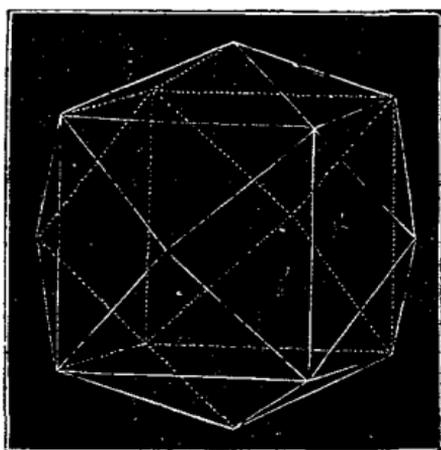


tes ; vingt-six angles solides (fig. 33, fig. 34, leucitoïdes). C'est l'icositétraèdre.

5° L'hexa-tétraèdre ou cube pyramidé : $a : ma : \infty a$, solide à vingt-quatre faces triangulaires isocèles égales ; ces faces sont partagées en six groupes pyramidaux de quatre faces (fig. 35) : tétrakis-hexaèdre.

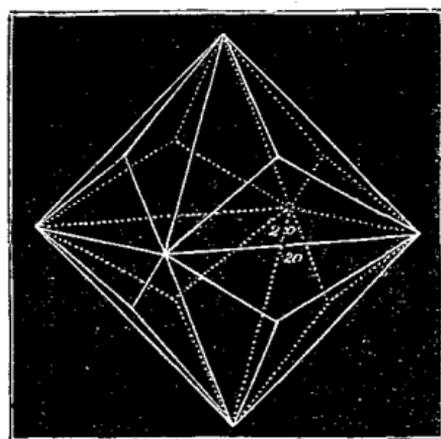
6° L'octo-trièdre ou octaèdre pyramidé : $a : a : ma$, est encore un solide à vingt-quatre triangles

Fig. 35.



isocèles égaux ; son caractère distinctif est d'avoir ses vingt-quatre faces partagées en huit groupes

Fig. 36.



pyramidaux de trois faces ; il y a deux espèces d'arêtes et d'angles solides (fig. 36) : triakis octaèdre.

7° Le scalénoèdre ou dodéca-tétraèdre :

$$\left(a : \frac{1}{m} a : \frac{1}{n} a \right),$$

solide à quarante-huit faces, soixante-douze arêtes et vingt-six angles solides de trois espèces. Ces sept formes simples en se combinant entre elles deux à deux, trois à trois, etc., peuvent produire des formes composées de différents genres, dont le nombre est considérable.

Les espèces minérales, qui se rapportent aux formes homoédriques du système cubique sont au nombre de plus de cinquante, parmi lesquelles, les principales sont : l'alun, le sel gemme, le grenat, le spinelle, le diamant, la galène, la fluorine, l'amphigène, l'analcime, la cuprite, la magnétite, l'or, l'argent, le platine, le cuivre.

Les modifications tangentes ont lieu sur les angles ou sur les arêtes du cube. Sur les angles, elles conduisent à l'octaèdre régulier ; tandis que sur les arêtes, elles donnent le dodécaèdre rhomboïdal.

Les modifications symétriques sur les arêtes conduisent à des hexa-tétraèdres ; les mêmes modifications sur les angles donnent des trapézoèdres. Des modifications non symétriques sur les angles du cube générateur conduisent aux scolénoèdres.

Dérivations.

1^e Étant donné le cube générateur, en dériver l'octaèdre régulier.

MÉTHODES DES TRONCATURES SUR LES ANGLES SOLIDES. — Soit un cube (fig. 31), tronquons les angles solides ; à la place des sommets nous obtiendrons des facettes triangulaires qui iront en augmentant à mesure que nous entamerons plus profondément le cube, qui passera d'abord par la forme d'un cube époiné ou dont les angles sont fortement émoussés, pour atteindre celle d'un octaèdre régulier (fig. 32).

Si les facettes triangulaires a (fig. 37) vont en augmentant, elles finiront par se joindre et feront

Fig. 37.

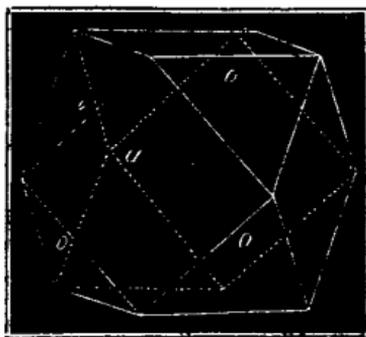
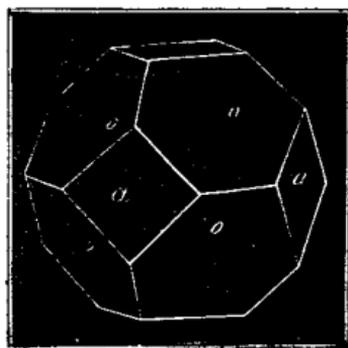


Fig. 38.



ainsi disparaître entièrement le cube primitif. Alors les sommets du nouveau solide coïncideront avec les centres des carrés du cube générateur au milieu des faces, c'est-à-dire avec les extrémités des axes cristallins sur lesquels les faces de l'octaèdre seront également inclinées. Les arêtes du polyèdre dérivé se confondront avec les lignes égales qui joindraient deux à deux les extrémités des axes.

L'octaèdre régulier, ainsi dérivé par troncatures sur les angles solides du cube, peut être pris lui-même pour une forme type ou fondamentale. Ses éléments sont :

Huit faces égales, triangulaires, équilatérales ;

Six angles solides quadrièdres, égaux ;

Douze arêtes latérales, égales.

Inclinaison de deux faces adjacentes... $109^{\circ}, 28'$.

— de deux faces opposées à
l'extrémité d'un axe..... $70^{\circ}, 32'$.

— de deux arêtes opposées..... 90° .

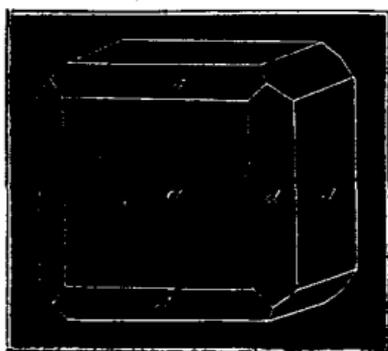
Si nous prenons la section moyenne du cube et que nous faisons passer un plan par les extrémités des axes, nous obtiendrons ainsi l'octaèdre régulier,

On pourrait prendre l'octaèdre comme solide générateur; en menant des plans tangents aux huit angles de ce polyèdre, on reproduirait le cube (fig. 31).

2° Étant donné un cube, en dériver le dodécaèdre.

a. MÉTHODE DES TRONCATURES SUR LES ARÊTES. — Tronquons à la fois les douze arêtes du cube, de manière que les troncatures soient également inclinées sur les faces adjacentes; les facettes modifiantes finiront par faire disparaître les faces primitives du cube; elles donneront lieu à un polyèdre de passage

Fig. 39

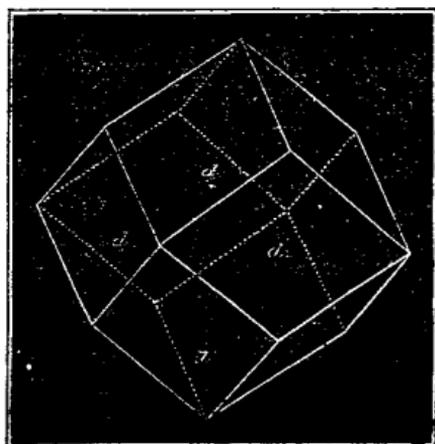


(fig. 39) appelé cubo-dodécaèdre ou cube émarginé. Si les troncatures sont assez profondes pour faire disparaître entièrement les faces *a* du cube, il en résultera un solide terminé par douze faces rhomboïdales égales, c'est-à-dire le dodécaèdre rhomboïdal ou rhombo-dodécaèdre (fig. 40).

b. MÉTHODE DES PLANS TANGENTS. — On peut encore obtenir le dodécaèdre rhomboïdal (fig. 40) par un autre mode de génération. Soit un cube: si nous supposons les axes rectangulaires prolongés et que de l'extrémité de l'un de ces axes, nous faisons pas-

ser des plans sur chaque angle de la face supérieure d'abord, ces quatre plans seront également inclinés. Il en résultera une pyramide quadrangulaire ayant pour base le carré que nous considérons et pour sommet l'extrémité de l'axe. Chaque face de cette pyramide sera un triangle isocèle. La même chose

Fig. 40.



aura lieu sur chaque face du cube ; le solide (fig. 40) qui en résultera aura douze faces bi-triangulaires, car deux faces situées de part et d'autre d'une arête, se trouvent sur un même plan tangent à cette arête. Les faces de ce solide sont des rhombes égaux, puisque chacune se compose de deux triangles isocèles égaux, appuyés sur une base commune qui n'est autre chose que la petite diagonale du rhombe.

Les éléments du dodécaèdre rhomboïdal, sont :

Douze faces rhomboïdales égales ;

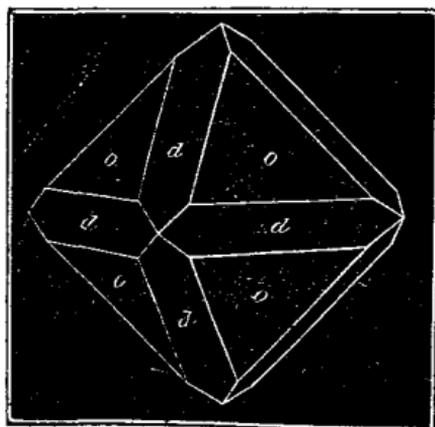
Vingt-quatre arêtes égales ;

Quatorze angles solides, dont six quadruples ou quadrièdres octaédriques et huit triples ou trièdres cubiques. Chacun des angles aigus du rhombe est de $70^{\circ}, 32'$, chacun des angles obtus de $109^{\circ}, 28'$.

On peut faire dériver le dodécaèdre rhomboïdal

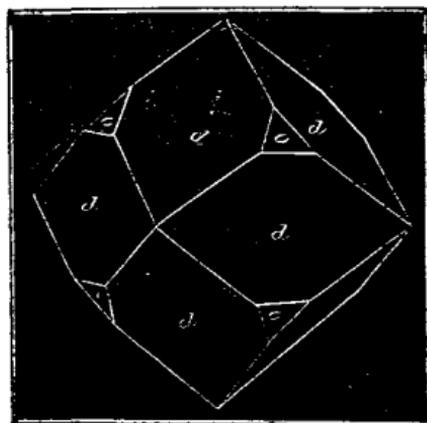
de l'octaèdre régulier. Les arêtes de l'octaèdre étant toutes égales entre elles, la symétrie veut que toute

Fig. 41.



modification produite sur l'une d'elles s'étende à toutes les autres. Chaque arête coupe deux axes à égales distances du centre ; supposons donc qu'elles se modifient par une facette parallèle au troisième axe, il

Fig. 42.



se forme le solide (fig. 41) qui passe à celui de la figure 42, si les faces de troncature s'étendent de nouveau. Si ces douze faces de troncature aug-

mentent jusqu'à faire disparaître les faces octaédriques, on arrive au dodécaèdre rhomboïdal.

Fig. 43.

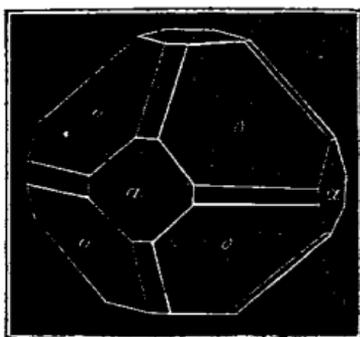
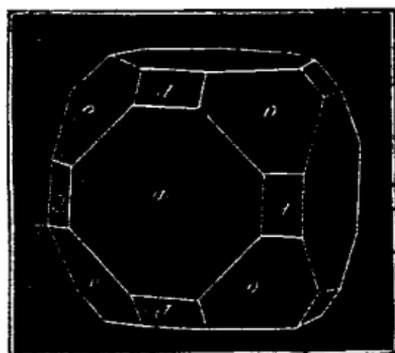


Fig. 44.



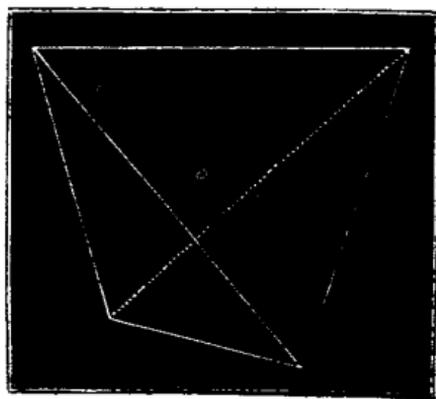
Par un bisellement sur les arêtes on obtiendrait l'hexa-tétraèdre, et par un pointement sur les angles, le trapézoèdre.

FORMES HÉMIÈDRES.

1° SOUS-SYSTÈME TÉTRAÉDRIQUE.

Le tétraèdre régulier (fig. 45) est la forme type de ce sous-système ; c'est un solide formé de quatre

Fig. 45.



faces triangulaires, équilatérales, égales, six arêtes

égales, quatre angles solides, trièdres égaux ; l'incidence de deux faces contiguës est de $70^{\circ}, 31'$; sa notation $\frac{1}{2} (a : a : a)$. Dans le tétraèdre régulier, on obtient les axes principaux en joignant le milieu des arêtes des faces opposées ; le tétraèdre régulier peut être considéré comme une moitié de l'octaèdre régulier.

Les formes caractéristiques du système tétraédrique, sont :

1° Le tétraèdre, ou héli-octaèdre ;

2° Le tétratrièdre, ou tétraèdre pyramidé composé de douze triangles égaux isocèles qui se partagent en quatre groupes semblables et symétriques, chacun de trois triangles :

$$\frac{1}{2} (a : ma : ma) ;$$

3° Le trapézo-dodécædre, ou dodécædre trapézoïdal, ou trapézoèdre à douze faces :

$$\frac{1}{2} (a : a : ma) ;$$

4° Le tétra-hexaèdre, ou scalénoèdre à vingt-quatre faces :

$$\frac{1}{2} (a : ma : ma).$$

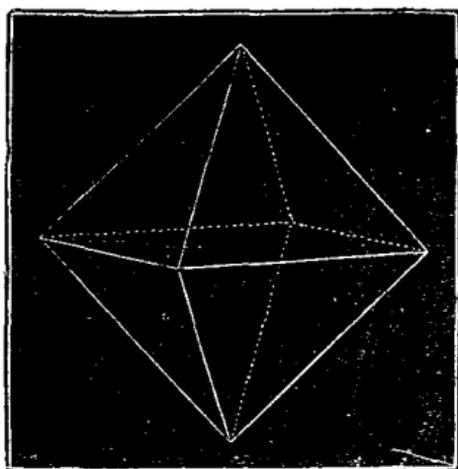
Les seules espèces minérales qui se rapportent au système tétraédrique sont : la boracite, la blende, l'helvine, la panabase ou cuivre gris, la pharmacosidélite et le Wismuthblende ou bismuth silicaté.

1° Étant donné l'octaèdre régulier, en dériver le tétraèdre régulier.

MÉTHODE DES PLANS TANGENTS. — Considérons l'octaèdre régulier comme une forme fondamentale et dérivons-en le tétraèdre régulier. Soit un octaèdre régulier (fig. 46) dont l'axe principal soit vertical. Prolongeons jusqu'à leur rencontre deux

faces alternatives de manière à faire disparaître les quatre autres faces de l'octaèdre. Les deux faces alternatives se couperont suivant une ligne horizon-

Fig. 46.

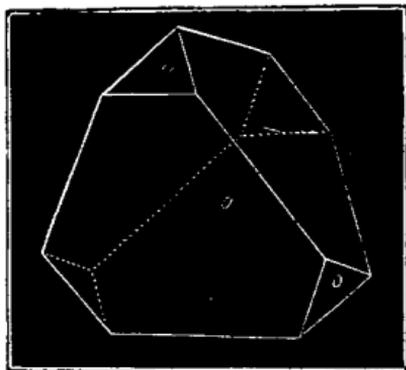


tales, puisqu'elles sont placées d'une manière symétrique par rapport à l'axe. Leur intersection sera donc parallèle à l'une des arêtes de la base de l'octaèdre. Mais ce solide étant régulier, on peut prendre successivement pour sommet chaque angle de l'octaèdre. Il résulte que si l'on mène de chacun de ces angles des lignes parallèles aux arêtes de l'octaèdre qui appartiennent aux faces que l'on considère, on aura construit les intersections deux à deux des quatre faces prolongées de l'octaèdre, et l'on obtiendra le tétraèdre régulier (fig. 45) dont la surface est composée de quatre triangles équilatéraux égaux entre eux.

Faisons un autre raisonnement pour arriver à la génération du tétraèdre par l'octaèdre. Supposons, s'écartant du milieu du cristal la face supérieure gauche (fig. 46) ainsi que les trois faces qui concourent avec elle en un seul point, en même temps que s'ac-

croissent les quatre autres faces, on obtiendra un solide (fig. 47) qui passera au solide à quatre faces ou tétraèdre (fig. 45) par la perte totale des petites

Fig. 47.



faces *o*. La moitié des faces du tétraèdre s'accroît aux dépens de l'autre moitié.

Dériver le tétraèdre du cube.

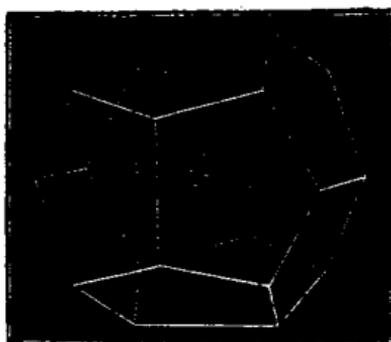
On peut aussi dériver le tétraèdre régulier du cube ; dans le tétraèdre, les axes égaux rectangulaires ne peuvent s'obtenir qu'en joignant le milieu des arêtes opposées ; le solide doit donc être placé comme l'indique la fig. 45 ; dans cette position, ses arêtes correspondent à la moitié des diagonales du cube. Si dans un cube ayant les mêmes axes que le tétraèdre, on mène des diagonales qui se touchent toutes par leurs extrémités, leur ensemble constituera les arêtes d'un tétraèdre régulier ou l'intersection des plans qui limitent ce solide, par suite le tétraèdre lui-même.

On peut obtenir deux tétraèdres réguliers égaux, le direct (fig. 45), et l'alterne qui est dans une position inverse par rapport au tétraèdre direct.

2° SOUS-SYSTÈME HENA-DIÉDRIQUE.

L'hexa-dièdre ou dodécaèdre pentagonal (fig. 48) est la forme type de ce système ; c'est un solide à douze faces pentagonales symétriques égales ; on

Fig. 48.



peut le considérer comme un cube qui porterait une espèce de toit ou dièdre sur chacune de ses faces. Les axes joignent les milieux des arêtes qui forment le faite de ces toits sur des faces opposées.

L'hexa-dièdre ou pyritoèdre a pour éléments :

Douze faces pentagonales, symétriques et égales ;

Trente arêtes, dont six cubiques et égales et vingt-quatre autres égales ;

Vingt angles solides, dont huit trièdres, réguliers et cubiques, douze trièdres, irréguliers et culminants.

Les formes propres caractéristiques de ce système sont :

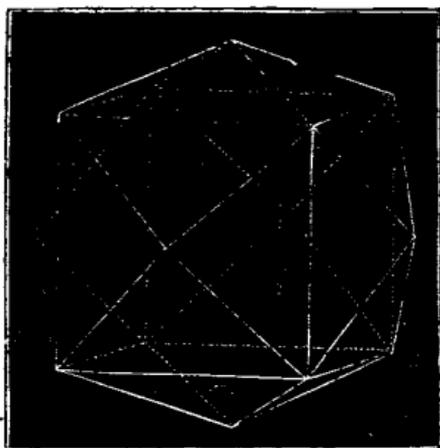
1° Le dodécaèdre pentagonal :

$$\frac{1}{2} (a : ma : \infty a) ;$$

2° Le dodéca-dièdre, ou trapézoèdre à faces non

symétriques, composé de vingt-quatre faces trapézoïdales, non symétriques, ayant trois sortes d'arêtes, et de douze coins ou angles dièdres égaux (fig. 49)

Fig. 49.



correspondant aux faces d'un dodécaèdre pentagonal :

$$\frac{1}{2} (a : ma : na).$$

L'icosaèdre est une combinaison des huit faces de l'octaèdre régulier avec les douze faces du dodécaèdre pentagonal ; il est composé de vingt faces, dont huit triangulaires et équilatérales et douze triangulaires isocèles, trente arêtes et douze angles solides.

La pyrite et la cobaltine cristallisent en prenant des formes qui dépendent du système hexa-diédrique.

Le dodécaèdre pentagonal dérive du cube pyramidal (fig. 35 et 49). Douze faces de ce solide disparaissent pour faire place aux douze autres qui se développent. Ces dernières sont : les faces postérieures et antérieures des pyramides supérieure et inférieure de ce cube, celles de droite et de gauche des pyramides antérieure et postérieure, enfin, les faces supérieure et inférieure de la pyramide de droite et

de celle de gauche. Le dodécaèdre pentagonal résulte de l'extension de ces faces.

RÉSUMÉ. — En résumé, le système cubique principal ne donne que sept formes homoédriques simples, et les deux sous-systèmes hémihédriques n'en donnent que six en totalité. Les voici avec leurs notations et leur nombre de faces :

FORMES HOMOÈDRES.

1 ^o Cube.	$a : \infty a : \infty a$	solide à 6 faces.
2 ^o Octaèdre.	$a : a : a$	— 8 faces.
3 ^o Dodécaèdre rhomboïdal	$a : a : \infty a$	— 12 faces.
4 ^o Trapézoèdre ou leucitoèdre	$a : ma : ma$	— 24 faces.
5 ^o Hexa-tétraèdre.	$a : ma : \infty a$	— 24 faces isocèles.
6 ^o Octo-trièdre.	$a : a : ma$	— 24 faces.
7 ^o Scalénoèdre ou dodéca-tétraèdre.	$a : \frac{1}{m} a : \frac{1}{m} a$	— 48 faces.

FORMES HÉMIÈDRES.

1 ^o Tétraèdre.	$\frac{1}{2} (a : a : a)$	4 faces.
2 ^o Tétra-trièdre ou tétraèdre pyramidé.	$\frac{1}{2} (a : ma : ma)$	12 faces.
3 ^o Trapézo-dodécaèdre ou dodécaèdre trapézoïdal	$\frac{1}{2} (a : a : ma)$	12 faces.
4 ^o Tétra-hexaèdre.	$\frac{1}{2} (a : ma : na)$	24 faces.
5 ^o Dodécaèdre pentagonal.	$\frac{1}{2} (a : ma : \infty a)$	12 faces.
6 ^o Dodéca-dièdre ou trapézoèdre.	$\frac{1}{2} (a : ma : na)$	24 faces.

Système quadratique (Delafosse).

Système octaédrique à base carrée (Haüy). — Du prisme droit à base carrée (Beudant et Dufrénoy). — Bino-singulaxe (Weiss). — Quadra-octaédrique (G. Rose). — Tétragonal (Naumann). — Pyramidal (Mohs).

CARACTÈRES. — Trois axes rectangulaires : un principal et inégal aux deux autres, deux secondaires et égaux entre eux. Molécules intégrantes quadratiques ; forme type : le prisme à base carrée ou prisme quadratique, polyèdre (fig. 50), composée : 1° de six faces, dont deux carrées basiques *e*, horizontales et égales ; quatre rectangulaires *c*, latérales, verticales et égales ; 2° douze arêtes, dont huit basiques, horizontales et égales *B*, quatre latérales *G*, verticales et égales ; 3° huit angles *A* trièdres droits.

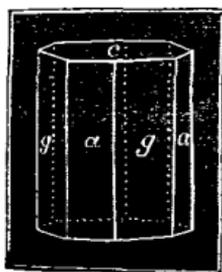
Progression symétrique : $\div 4. 8. 12. 16.....$

Le système quadratique comprend deux sous-systèmes : 1° le système quadratique à modifications homoédriques ou système quadratique principal ; 2° le système sphénoédrique ou quadratique à modifications hémioédriques.

1° SYSTÈME QUADRATIQUE A FORMES HOMOÈDRES.

Le type de ce système est le prisme à base carrée ;

Fig. 50.

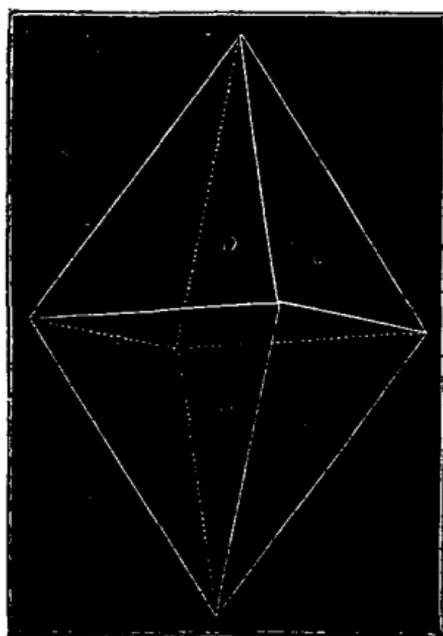


il présente trois axes rectangulaires, deux égaux

entre eux a et le troisième h inégal aux deux autres : l'axe h est l'axe principal, il joint les centres des bases ; les axes secondaires a joignent les milieux des faces verticales opposées. Dans ce prisme, il y a 3 sortes d'éléments essentiels, savoir, deux espèces d'arêtes et une espèce d'angles.

La longueur de l'axe principal étant indéterminée par rapport aux axes secondaires, il s'ensuit qu'il peut y avoir un grand nombre de prismes droits à bases carrées. Les bases c sont parallèles aux deux axes horizontaux et rencontrent l'axe principal à une distance variable h ; toutes les faces latérales a sont parallèles à l'axe vertical, mais alternativement

Fig. 31.



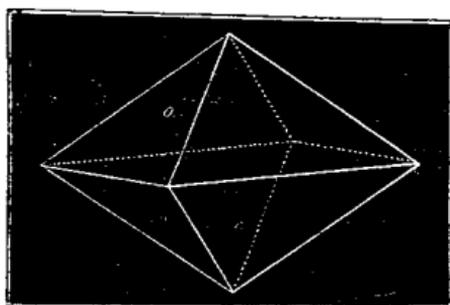
de deux en deux, les faces latérales opposées sont parallèles à l'un des axes horizontaux et rencontrent l'autre axe horizontal à une distance variable a . On peut donc représenter les relations des faces du prisme droit à base carrée avec les axes par les symboles :

Pour chaque base ou face horizontale $\infty a : \infty a : h$;
 Pour chaque face latérale ou verticale $a : \infty a : \infty h$.

On peut obtenir à l'aide du prisme quadratique type, une série de cristaux dérivés, à l'aide de cinq sortes de modifications qu'il est susceptible de recevoir, savoir : 1° deux sur les angles, 2° deux sur les arêtes verticales, 3° et une seule sur les arêtes horizontales.

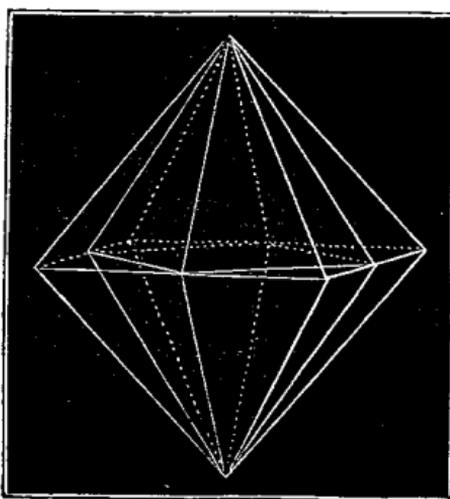
Les modifications sur les angles, par une seule

Fig. 52.



facette donnent pour forme dérivée, l'octaèdre à base carrée ou quadroctaèdre (fig. 51 et 52) et par deux

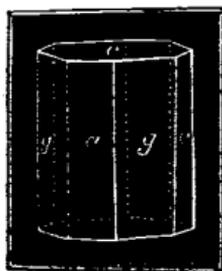
Fig. 53.



arêtes également inclinées sur les pans, le di-octaèdre à triangles scalènes égaux (fig. 53).

Les modifications sur les arêtes verticales, par une seule facette de troncature, conduisent à un second prisme à base carrée en position diagonale avec le premier, tandis que par deux facettes formant biseau, elles donnent pour forme dérivée, le prisme octogonal symétrique, à angles alternativement égaux (fig. 54). La modification par une fa-

Fig. 54.



cette de troncature sur les arêtes horizontales conduit à un second quadroctaèdre ou octaèdre à base carrée. La combinaison de l'octaèdre à base carrée avec le dernier obtenu donnerait un di-octaèdre à triangles isocèles (fig. 53).

Il y a une trentaine d'espèces minérales qui cristallisent dans des formes qui appartiennent au système quadratique; exemples : zircon, idocrase, wernérite, anatase, rutile, cassitérite, uranite, etc.

2° SOUS-SYSTÈME SPHÉNOÏDRIQUE.

Le type de ce sous-système est le sphénoèdre ou tétraèdre à triangles isocèles. Les éléments de ce solide sont : quatre faces triangulaires, isocèles et égales, six arêtes dont deux culminantes et égales, quatre latérales égales et, quatre angles solides, trièdres et égaux.

L'axe principal du sphénoèdre s'obtient en joi-

gnant les milieux des arêtes culminantes, et les axes secondaires, les milieux des arêtes latérales opposées. La seule forme simple dérivée de ce sous-système est le scalénoèdre, composé de huit triangles scalènes égaux, provenant de la modification des angles par deux facettes de troncature.

La chalkopyrite cristallise dans le sous-système sphénoédrique.

RÉSUMÉ. Le système quadratique ne donne que quatre formes homoédriques simples, et deux formes hémiedriques; les voici avec leurs symboles :

FORMES HOMOÈDRES.

1° Prismes carrés	$\left\{ \begin{array}{l} \text{prisme} \\ \text{direct} \\ \text{prisme} \\ \text{alterne} \end{array} \right\}$	$\left\{ \begin{array}{l} \text{pour les faces} \\ \text{—} \\ \text{—} \\ \text{—} \end{array} \right\}$	P....	$\infty a : \infty a : h.$
			M....	$a : \infty a : \infty h.$
2° Prismes octogonaux			P....	$\infty a : \infty a : h.$
			M....	$a : a : \infty h.$
3° Quadroctaèdres	$\left\{ \begin{array}{l} \text{direct ou sur les arêtes.} \\ \text{alterne ou sur les angles.} \end{array} \right\}$			$a : na : \infty h.$
				$a : \infty a : mh.$
4° Di-octaèdres				$a : a : mh.$
				$a : ma : nh.$

FORMES HÉMIÈDRES.

5° Sphénoèdre	$\left\{ \begin{array}{l} 1/2 \text{ octaèdre (direct) placé sur} \\ \text{les arêtes du prisme.} \\ 1/2 \text{ octaèdre (alterne) placé} \\ \text{sur les angles du prisme.} \end{array} \right\}$		$\frac{1}{2} (a : \infty a : mh).$
			$\frac{1}{2} (a : a : mh).$
6° Scalénoèdre.			

Dérivations.

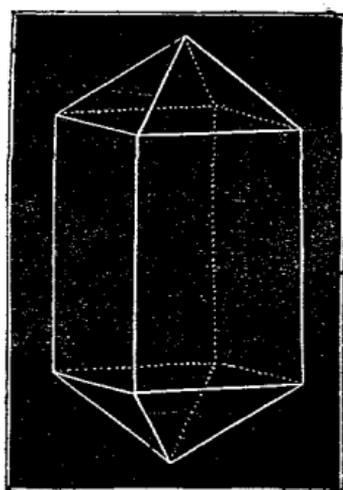
FORMES HOMOÈDRES.

1° Etant donné le prisme quadratique, en dériver le quadroctaèdre.

MÉTHODE DES TRONCATURES : 1° DES ARÊTES BASIQUES, 2° DES ANGLES SOLIDES. — 1° Soit un prisme

quadratique (fig. 50) dont nous tronquons les arêtes basiques ; nous obtenons des facettes et un prisme tronqué ; en prolongeant ces troncatures jusqu'à leur rencontre mutuelle, chaque base du prisme sera surmontée d'une pyramide droite dont les faces seront des triangles isocèles. Le prisme quadratique sera pyramidé (fig. 55). En entamant le prisme plus

Fig. 55.

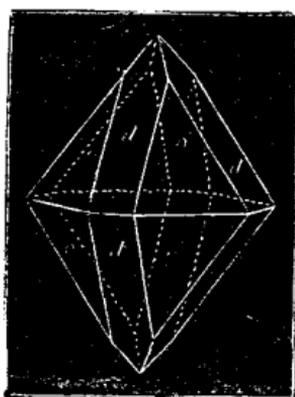


profondément, par des plans parallèles, les deux pyramides se réuniront en une base commune, égale à celle du prisme générateur : le solide dérivé est le quadroctaèdre ou octaèdre à base carrée (fig. 51).

2° Si nous tronquons les huit angles solides du prisme quadratique, par des plans également inclinés qui déterminent chacun une facette, nous obtenons ainsi une pyramide sur chaque face basique du prisme. Ces deux pyramides, en marchant l'une vers l'autre et en se réunissant par leur base, détermineront un quadroctaèdre alterne. Les figures 28, 53 et 56 montrent les octaèdres directs *o* et alternes ou inverses *d*.

MÉTHODE DES PLANS TANGENTS. — On peut obtenir graphiquement l'octaèdre à base carrée, en traçant

Fig. 50.



sur le prisme une section moyenne et en faisant passer ensuite des plans tangents ou coupants par les côtés de cette section et par les centres des bases ou par les axes. Le solide inscrit est le quadroctaèdre. On peut obtenir un octaèdre carré circonscrit en menant des plans tangents parallèles aux faces de l'octaèdre carré inscrit : ces deux solides sont parallèles l'un à l'autre. L'octaèdre circonscrit est placé sur le prisme en s'appuyant sur l'arête ; l'autre est mené par une arête parallèle à la première arête et située sur le milieu de la face du prisme.

Dans les quadroctaèdres, l'axe principal joint toujours les deux sommets du polyèdre ; mais les axes secondaires peuvent joindre 1° les angles opposés de la base (quadroctaèdre direct, fig. 51), ou 2° réunir les milieux des côtés opposés (quadroctaèdre inverse, fig. 52).

Ces deux quadroctaèdres peuvent offrir des formes très-variées ; on les distingue en octaèdres obtus et en octaèdres aigus, selon que leur axe vertical est plus petit ou plus grand que leurs axes secon-

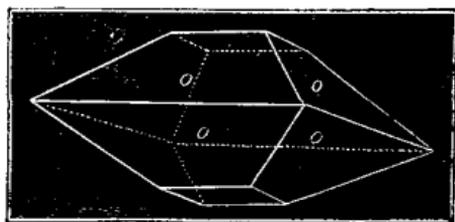
daires ou horizontaux. En supposant que ces quadroctaèdres aient la même base, on remarquera que leurs axes principaux ou leurs hauteurs présentent des rapports rationnels très-simples.

Réciproquement : Dériver le prisme quadratique du quadroctaèdre.

La position du prisme quadratique inscrit dans l'octaèdre carré nous montre la dérivation du prisme quadratique au moyen de troncatures verticales placées sur chacune des arêtes de la base et des troncatures horizontales sur les sommets du quadroctaèdre.

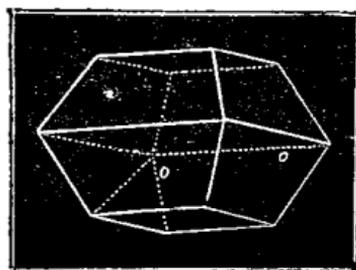
On peut prendre le quadroctaèdre comme forme type ; en menant des plans tangents aux huit angles

Fig. 57.



de ce solide, on reproduirait le prisme quadratique. On peut tronquer les sommets supérieur et inférieur des angles solides sans que les autres le soient,

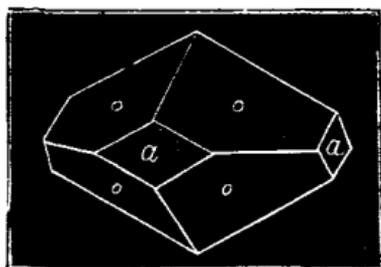
Fig. 58.



comme on le voit fig. 57, 58 et 59. Les faces croissent au point qu'elles se coupent par deux dans

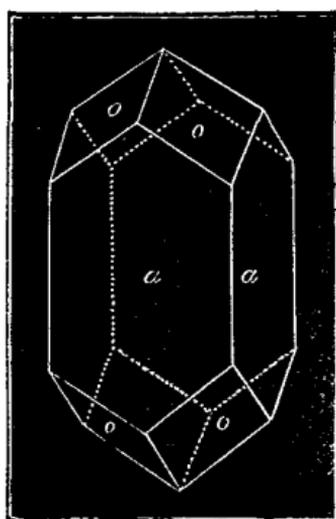
une arête, il se forme un prisme à base carrée un peu allongé (fig. 60, 55 et 50). Par les troncatures

Fig. 59.



des arêtes horizontales, on aurait aussi un prisme à base carrée (fig. 50 et 55).

Fig. 60.

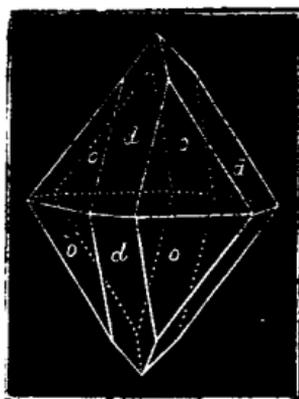


2° Étant donné le prisme quadratique, en dériver le prisme octogonal symétrique.

MÉTHODE DES TRONCATURES : BISELLEMENT SUR LES ARÊTES. — En tronquant les arêtes latérales du prisme quadratique, on produit un biseau sur chaque arête qui donne deux facettes, lesquelles prolongées jus-

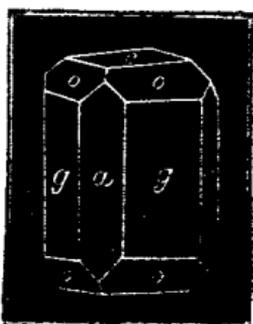
qu'à la disparition du prisme primitif, déterminent la génération d'un prisme octogonal (fig. 61, 54 et 62) symétrique.

Fig. 61.



Il peut y avoir une infinité de prismes octogonaux symétriques ; on peut obtenir des prismes d'un grand nombre de faces toujours multiples de quatre.

Fig. 62.



3^e Étant donné le prisme quadratique, en dériver le di-octaèdre symétrique.

MÉTHODE DES TRONCATURES : BISELLEMENT SUR LES ANGLES. — Si nous tronquons les extrémités de chaque arête latérale, par des troncatures obliques éga-

lement inclinées, faites deux à deux, il naîtra un biseau. Par cette modification, on obtient un pointement à huit faces à chaque extrémité du solide donné. Ces faces prolongées se rencontreront sur l'axe principal et constitueront une pyramide octogonale symétrique à deux sortes d'angles dièdres. Lorsque les faces du prisme générateur auront disparu, le solide obtenu aura seize faces et aura la forme de deux pyramides à huit faces réunies par une base sinueuse octogonale : c'est le di-octaèdre symétrique (fig. 53). Ses faces seront des triangles scalènes.

DEUXIÈME PRISME QUADRATIQUE.

On obtient un deuxième prisme quadratique en menant des plans tangents aux arêtes du prisme à base carrée. Les deux prismes sont placés l'un sur l'autre, de manière que leurs faces font entre elles des angles de 45° .

Souvent les deux prismes quadratiques donnent, par leur combinaison, un prisme octogonal régulier.

FORMES HÉMIÈDRES.

4° Étant donné le prisme quadratique, en dériver le sphénoèdre.

On suivra le procédé que nous avons indiqué pour déduire le tétraèdre régulier du cube. Traçons des diagonales sur chaque base du prisme, de manière qu'elles soient alternes ou perpendiculaires, puis joignons par des diagonales menées sur les faces latérales, les extrémités des premières. En enlevant les portions excédantes du prisme générateur, il restera un solide en forme d'un coin à deux tranchants perpendiculaires : c'est le sphénoèdre.

5° Étant donné le quadroctaèdre , en dériver le sphénoèdre.

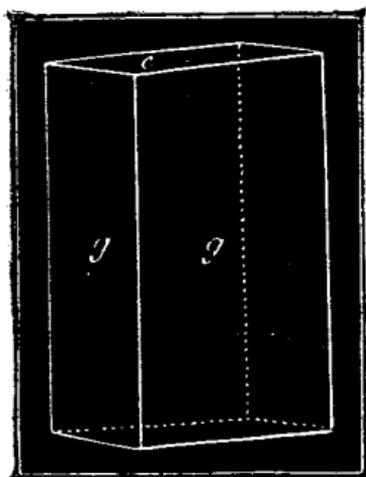
MÉTHODE DES PLANS TANGENTS. — Employons la méthode que nous avons suivie pour dériver le tétraèdre régulier de l'octaèdre régulier. Prolongeons quatre des faces alternes du quadroctaèdre, nous obtiendrons un solide qui sera un demi-quadroctaèdre : le quadroctaèdre est donc un di-sphénoèdre.

Système ortho-rhombique (Delafosse).

Système octaédrique à base rectangle. — Prismatique droit à base rectangle (Beudant, Dufrénoy). — Binaire (Weiss). — Rhomboctaédrique (G. Rose). — Rhombique (Naumann). — Orthotype (Mohs).

CARACTÈRES. — Trois axes rectangulaires inégaux ; molécules intégrantes ortho-rhombiques ; forme type : le prisme droit à base rectangulaire, polyèdre composé : 1° de six faces P, M, T, quatre

Fig. 63.



latérales, rectangulaires de deux sortes : deux larges et égales M, deux étroites et égales T, deux basiques, rectangulaires et égales P ;

2° Douze arêtes : quatre verticales et égales H et

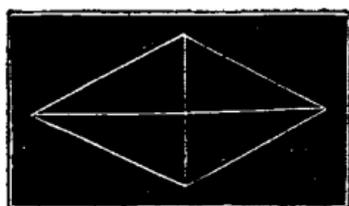
semblablement placées par rapport aux axes, huit basiques, horizontales, deux arêtes longues B et deux courtes D ;

3° Huit angles solides A, trièdres et égaux.

On peut prendre pour forme fondamentale le prisme droit à base rhomboïdale ou prisme orthorhombique, composé : 1° de six faces, quatre latérales, rectangulaires et égales g , deux basiques, rhomboïdales et égales c ; 2° douze arêtes, quatre latérales égales et de deux sortes, huit basiques et égales ; 3° huit angles solides, trièdres de deux sortes, quatre aigus et égaux, quatre obtus et égaux (fig. 63).

Progression symétrique : $\div 2. 4. 6. 8.$

Fig. 64.



La fig. 64 est la projection horizontale du prisme ortho-rhombique.

Le prisme droit à base rectangulaire présente trois axes rectangulaires inégaux a, b, h ; l'axe principal pouvant être indistinctement l'un des trois, supposons que ce soit l'axe h ; on pourra représenter les relations des faces du prisme avec les axes par les symboles :

Pour les faces basiques P..	$\infty a : \infty b : h.$
— latérales M..	$\infty a : b : \infty h.$
— — T..	$a : \infty b : \infty h.$

Les relations des faces du prisme ortho-rhombique avec les axes a, b, h peuvent être représentées par les symboles :

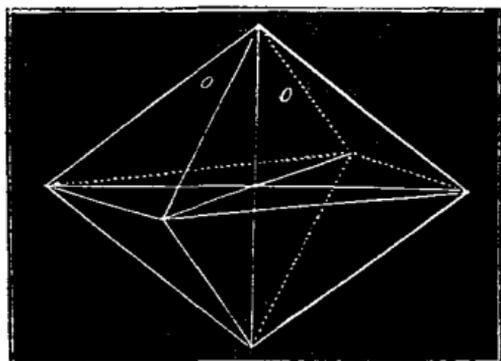
Pour les faces basiques. . . . $\infty a : \infty b : h$.
 — latérales. . . . $a : b : \infty h$.

Le système ortho-rhombique comprend deux sous-systèmes :

1° Le système ortho-rhombique à modifications homoédriques ;

2° Le sous-système sphéno-rhombique, ou à modifications hémédriques.

Fig. 65.



On peut aussi prendre pour type l'octaèdre ortho-rhombique (fig. 65).

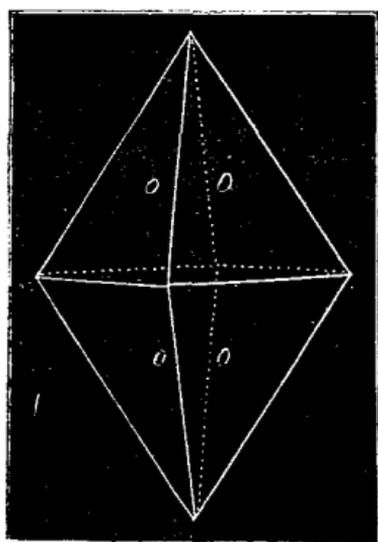
1° SYSTÈME ORTHO-RHOMBIQUE A FORMES HOMOÈDRES.

Nous prendrons pour type de ce système le prisme ortho-rhombique ou le prisme rectangulaire droit. On pourra obtenir quatre séries de formes dérivées en modifiant successivement les arêtes verticales, les arêtes basiques et les angles solides.

Par des modifications sur les arêtes verticales, on obtiendra trois prismes rhomboïdaux qui diffèrent par la valeur de leurs angles et par leur position. Les modifications sur les arêtes basiques produiront trois octaèdres rectangles droits, dont les

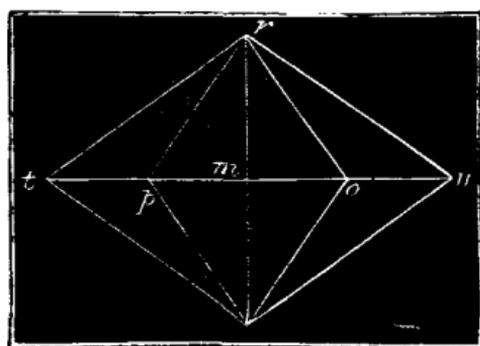
axes se couperont mutuellement à angle droit. Les modifications, par une facette, sur les angles solides

Fig. 66.



donnent un octaèdre rhombique droit ou rhombocuboctaèdre, composé de huit triangles scalènes égaux (fig. 65, 66, 67).

Fig. 67.



En résumé, le système ortho-rhombique donne les formes homoédres simples qui suivent :

- 1° Prisme rectangulaire droit.
- 2° Prisme rhomboïdal droit ou ortho-rhombique. (3 espèces) ;
- 3° Octaèdres rectangulaires droits } face...*b*... $\infty a : b : mh$.
(3 espèces) } face...*d*... $a : \infty b : mh$.
- 4° Rhombocuboctaèdre $a : b : mh$ et $a : nb : m\bar{n}$

On pourrait prendre pour forme type de ce système, l'octaèdre rectangulaire droit ou le rhomboctaèdre.

Les éléments de ce dernier solide (fig 66) sont :

Huit faces triangulaires scalènes et égales ;

Douze arêtes, dont huit culminantes de deux sortes : quatre longues, quatre courtes ; quatre arêtes basiques d'une sorte ;

Six angles solides, quadruples, dont deux culminants d'une sorte, quatre basiques de deux sortes.

On connaît plus de quatre-vingts espèces minérales dont les formes se rapportent au système ortho-rhombique ; les plus remarquables sont : le soufre, la barytine, l'aragonite, le péridot, la topaze, la céruse, l'anglésite, la célestine, la chrysolite, etc., et le sucre parmi les substances organiques.

2° SOUS-SYSTÈME SPHÉNO-RHOMBIQUE.

Le type de ce sous-système est le sphéno-rhombique ou sphénoïde rhombique : c'est un tétraèdre à triangles scalènes, qui peut être considéré comme un demi-rhomboctaèdre. Ses éléments sont :

Quatre faces triangulaires, scalènes et égales ;

Six arêtes de trois sortes ;

Quatre angles solides, trièdres et égaux.

La manganite et le sulfate de magnésie artificiel donnent des cristaux qui appartiennent à des formes de ce système.

Dérivations.

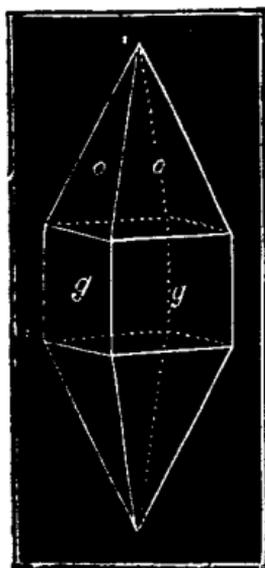
FORMES HOMOÈDRES.

1° Étant donné le prisme ortho-rhombique, en dériver le rhomboctaèdre.

MÉTHODE DES TRONCATURES : 1° SUR LES ARÊTES ;
2° SUR LES ANGLES. — Tronquons les arêtes basiques :

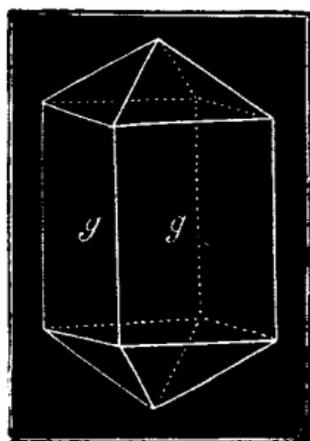
toutes seront modifiées ensemble et de la même manière. Les troncatures des arêtes supérieures donne-

Fig. 68.



ront quatre facettes qui, prolongées, se rencontreront au-dessus de la base, en un point de l'axe et

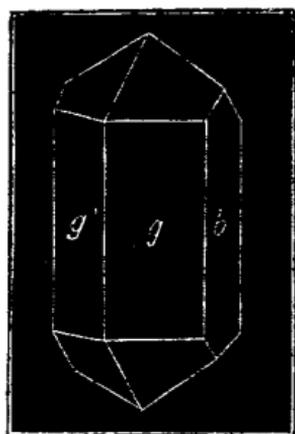
Fig. 69.



détermineront un pointement pyramidal sur le prisme (fig. 68 et 69). Les mêmes modifications se pro-

duisant à la base inférieure, les faces des deux pyramides étant étendues jusqu'à leur rencontre, se couperont deux à deux sur le plan horizontal pas-

Fig. 70.



sant par le milieu de l'axe, suivant quatre droites qui formeront un rhombe semblable à la base du prisme : l'effet de cette modification sera donc un rhombocuboctaèdre (fig. 66).

Fig. 71.

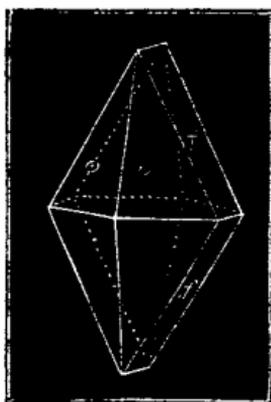
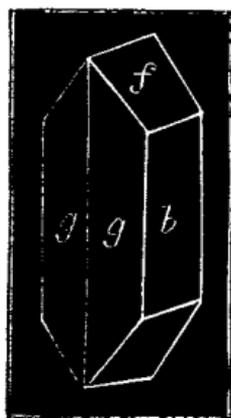


Fig. 72.



On pourrait obtenir le même polyèdre par des tronçures sur chacun des angles solides, soit du

prisme ortho-rhombique, soit du prisme rectangulaire droit.

Fig. 73.

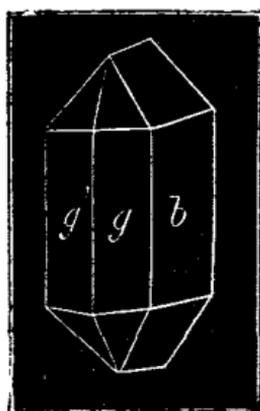
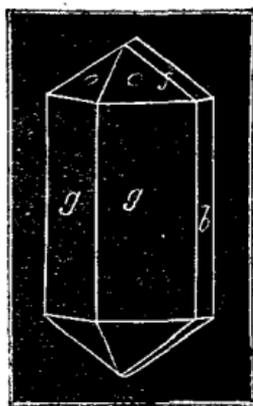


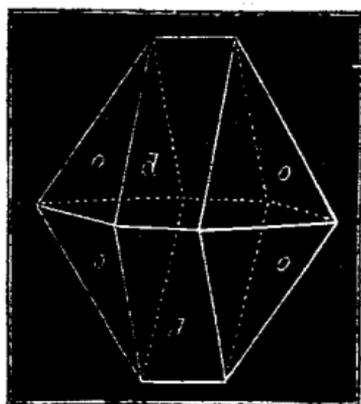
Fig. 74.



2^o Réciproquement. Etant donné l'octaèdre, en dériver le prisme ortho-rhombique.

MÉTHODE DES TRONCATURES. — Le prisme ortho-rhombique s'obtiendra, comme nous avons déduit le prisme quadratique du quadroctaèdre, au moyen

Fig. 75.



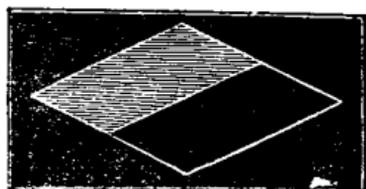
de troncatures verticales sur les arêtes basiques et de troncatures horizontales sur les sommets. Les

figures 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74 et 75 montrent ces passages.

3° Étant donné le prisme ortho-rhombique, en dériver le prisme rectangulaire droit.

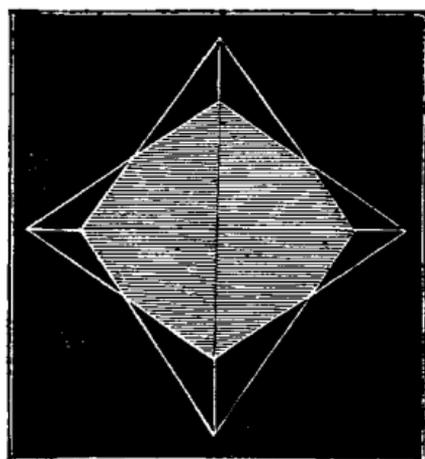
Tronquons les arêtes du prisme ortho-rhombique, nous obtiendrons deux facettes verticales parallèles, à un plan diagonal du prisme primitif (fig. 64 et 76). Il est facile de représenter en projection ho-

Fig. 76.



rizontale cette modification pour les arêtes obtuses ainsi que le prisme hexagonal symétrique qui résulte de la combinaison des facettes de troncatures avec celles du type (fig. 77). Cette même modifica-

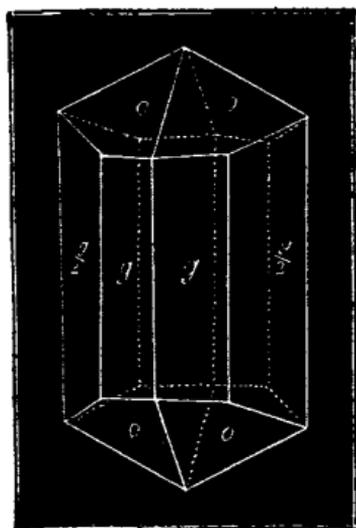
Fig. 77.



tion, opérée à la fois sur les arêtes obtuses et aigues,

donnerait naissance à quatre plans perpendiculaires entr'eux, qui, prolongés jusqu'à leur rencontre mu-

Fig. 78.



tuelle, formeraient un prisme droit à base rectangulaire (fig. 78 et 63).

4° Étant donné le prisme ortho-rhombique, en dériver l'octaèdre à base rectangulaire.

MÉTHODE DES TRONCATURES. — L'octaèdre à base rectangulaire s'obtiendra par des troncatures sur les

Fig. 79.

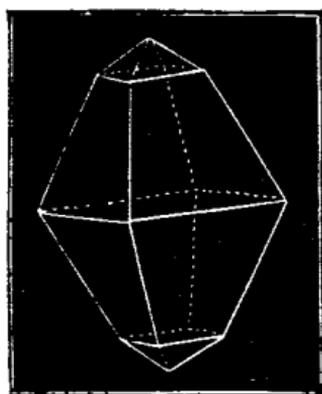
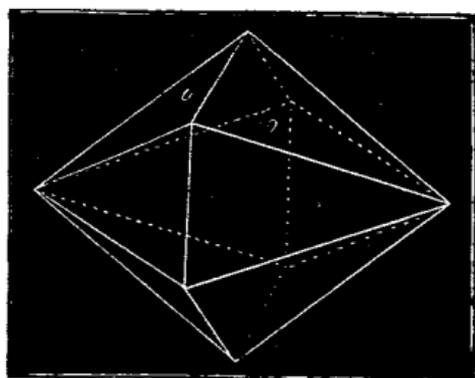


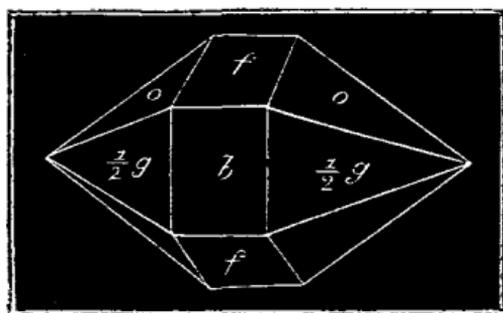
Fig. 80.



angles obtus et aigus du prisme ortho-rhombique,

Il naîtra, sur chaque base du type, quatre faces qui se rencontreront de manière à produire une pyramide. Ces pyramides, marchant l'une vers l'autre, de manière à se rencontrer, détermineront un octaèdre à base rectangle.

Fig. 81.



On rencontre dans ce système, comme dans le système quadratique, des octaèdres allongés et surbaissés (fig. 79, 80 et 81) ; on y trouve surtout des

Fig. 82.

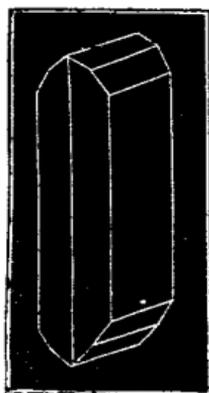
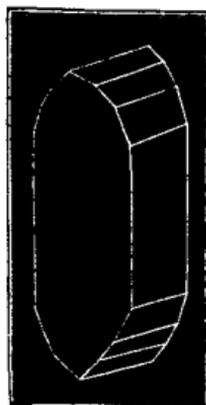


Fig. 83.



formes prismatiques modifiées (figures 82, 83, 72, et 73.

B.

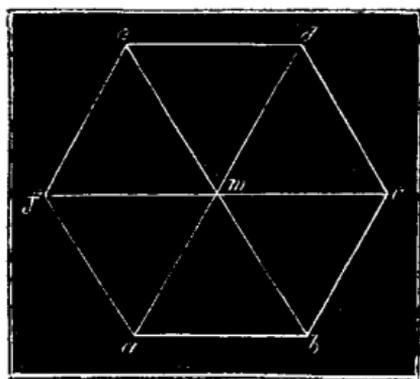
AXES OBLIQUES.

Système hexagonal (Naumann).

Système rhomboédrique (Beudant, Dufrenoy). — Rhomboïdal (Mohs).
— Terno-singulaxe (Weiss).

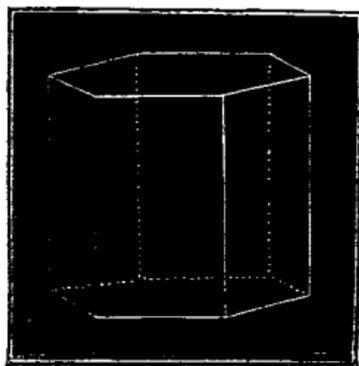
CARACTÈRES. — Un axe principal perpendiculaire à trois axes secondaires égaux entre eux et se coupant sous des angles de 60 degrés. Molécules inté-

Fig. 84.



grantes : prismatiques hexagonales.] Forme] type :

Fig. 85.



grantes : prismatiques hexagonales.] Forme] type :

le prisme hexagonal (fig. 84 et 85) composé de :
 1° huit faces, dont deux basiques hexagonales et égales, six latérales, rectangulaires et égales ;
 2° dix-huit arêtes, dont douze basiques et égales, six latérales et égales ; 3° douze angles solides, trièdres et égaux.

Progression symétrique : $\div 6. 12. 18.....$

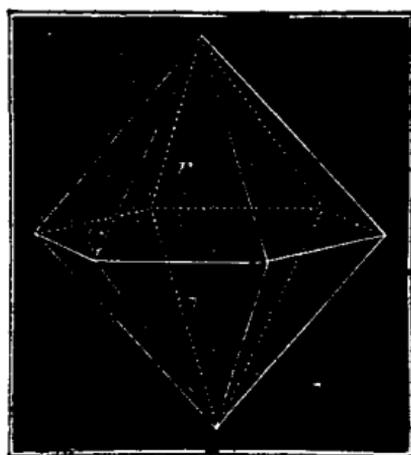
Le système hexagonal comprend trois sous-systèmes : un à modifications homoédriques et deux à modifications hémioédriques ; ces systèmes sont :
 1° Le système hexagonal principal ou à modifications homoédriques ; 2° le sous-système rhomboédrique ; 3° le sous-système trigonal.

Les deux derniers sont à modifications hémioédriques.

SYSTÈME HEXAGONAL A FORMES HOMOÈDRES OU DI-HEXAÉDRIQUE.

Le prisme hexagonal est susceptible de cinq sortes de modifications ; de deux espèces de modifications

Fig. 86.



sur les angles, d'une seule espèce de modification sur les arêtes basiques et de deux sortes sur les

arêtes latérales. La notation du prisme hexagonal régulier peut être exprimée par le symbole :

$$2a : 2a : a : \infty h.$$

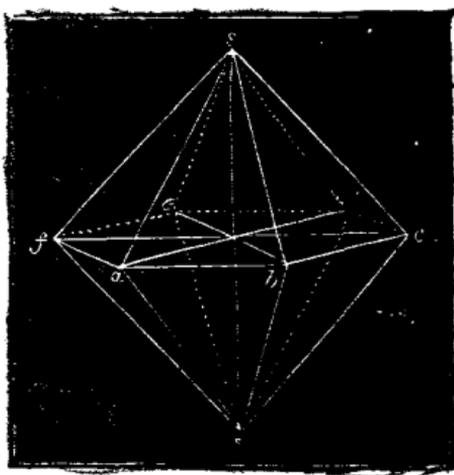
Le prisme hexagonal modifié sur les angles : 1° par une seule facette conduit au di-hexaèdre ou dodécaèdre hexagonal (fig. 86) ; 2° par deux facettes tangentes, au di-dodécaèdre ou solide à vingt-quatre faces triangulaires scalènes égales :

$$(a : na : pa : mh).$$

Le prisme hexagonal modifié sur les arêtes verticales : 1° par une seule facette également inclinée sur les faces, conduit à un second prisme hexagonal ; 2° par deux facettes formant biseau, au prisme dodécaèdre symétrique.

Enfin, les modifications sur les arêtes basiques par une seule facette conduisent aussi à un di-hexaèdre, que l'on peut prendre pour forme type du

Fig. 87.



système (fig. 87), car il possède quatre axes : trois axes obliques égaux entre eux et inclinés l'un sur

l'autre de 60 degrés, fc , cb , ad , et un axe principal ss , perpendiculaire aux trois autres.

Le système di-hexaédrique n'admet donc que quatre formes simples, savoir :

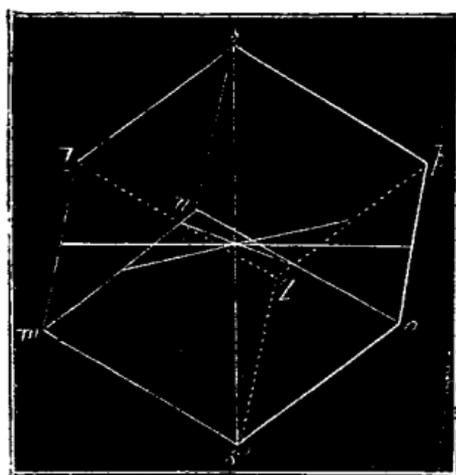
- | | |
|--|----------------------------|
| 1° Le prisme hexagonal régulier. | $2a : 2a : 2a : \infty h.$ |
| 2° Le di-hexaèdre | $a : a : \infty a : h.$ |
| 3° Le di-dodécaèdre. | $a : na : pa : mh.$ |
| 4° Le prisme dodécagonal symétrique. . | $\infty a : nb : pb : b.$ |

L'émeraude, le béryl, le quartz, la pyromorphite, l'apatite cristallisent sous des formes qui dépendent du système di hexaédrique.

2° SOUS-SYSTÈME RHOMBOÉDRIQUE.

Le rhomboèdre ou rhomboïde (fig. 88) est le type de ce système : c'est une forme hémihédrique

Fig. 88.

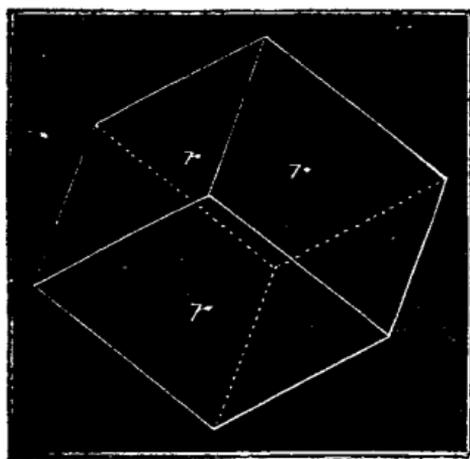


dérivant du di-hexaèdre ; c'est un héli-dodécaèdre hexagonal. Le rhomboèdre est un polyèdre qui se compose de : 1° six faces rhomboïdales égales ; 2° douze arêtes égales, six d'une sorte et six d'une autre sorte ; 3° huit angles solides trièdres, dont

deux réguliers, égaux, six irréguliers et égaux. Le rhomboèdre présente un système de trois axes, obliques et égaux, et un axe principal ; ce solide a deux angles solides opposés s, s' réguliers et égaux ; la diagonale qui joint leurs sommets est l'axe principal. On prend pour axes secondaires les droites qui joignent les milieux des arêtes opposées qui ont des longueurs égales. On y retrouve le système de quatre axes du prisme hexagonal.

On pourrait avoir un autre système d'axes en joignant les milieux des faces opposées. Les rhomboèdres sont divisés en rhomboèdres obtus et en rhomboèdres aigus. Dans les premiers, les angles plans formés par les arêtes terminales sont plus grands que 90° ; dans les seconds, ces angles sont plus petits que 90° .

Fig. 89.



Les formes simples de ce système se réduisent à deux solides seulement, savoir :

1° Le rhomboèdre a primitif (fig. 89) :

$$\frac{1}{2} (a : a : \infty a : h) ;$$

b équiaxe :

$$\frac{1}{2} (2a : 2a : \infty a : h).$$

2° Le scalénoèdre, dont les éléments sont : 1° douze faces triangulaires, scalènes et égales ; 2° dix-huit arêtes, dont douze culminantes, six longues, six courtes, et six latérales ou basiques ; 3° huit angles solides, dont deux culminants et septuples, six latéraux et quadruples. Sa notation est représentée par le symbole :

$$a : ma : na : ph.$$

On peut obtenir le scalénoèdre en modifiant le rhomboèdre, soit par deux facettes sur les arêtes culminantes, soit par deux facettes sur les arêtes latérales ; dans ce dernier cas, le scalénoèdre aigu est aussi appelé *métastatique*. Par des modifications opérées sur le rhomboèdre fondamental, au moyen d'une facette sur les arêtes culminantes, ou par trois facettes sur les sommets, on obtient d'autres rhomboèdres. Le rhomboèdre équiaxe est celui qui a ses axes secondaires doubles des axes secondaires du rhomboèdre primitif, mais qui a le même axe principal.

Le calcaire, la sidérose, la giobertite, la calamine, l'oligiste, le corindon cristallisent dans le système rhomboédrique.

On distingue des rhomboèdres aigus et des rhomboèdres obtus, comme des rhomboèdres directs et des rhomboèdres inverses. Haüy appelle inverses, deux rhomboèdres dans lesquels les angles plans de l'un égalent les angles dièdres de l'autre, et réciproquement.

3° SOUS-SYSTÈME TRIGONAL (Leymerie).

CHARACTÈRES. — La forme fondamentale est une pyramide triangulaire régulière ; molécule inté-

grante : pyramide triangulaire régulière. Un axe unique.

Progression symétrique : - 3. 6. 9. 12.....

Espèce unique : tourmaline.

En résumé, le système hexagonal nous offre les formes simples suivantes :

FORMES HOMOÈDRES.

- | | |
|---|--------------------------------|
| 1° Prisme hexagonal régulier direct. | $2a : 2a : a : \infty h.$ |
| 2° Prisme hexagonal régulier alterne | $a : a : \infty a : \infty h.$ |
| 3° Di-hexaèdre ou dodécaèdre hexagonal. | $a : a : \infty a : h.$ |
| 4° Di-dodécaèdre | $a : na : pa : mh.$ |
| 5° Prisme dodécagonal symétrique. | $\infty a : nb : pb : b.$ |

FORMES HÉMIÈDRES.

- | | |
|--|---|
| 6° Rhomboèdre primitif | $\frac{1}{2} (a : a : \infty a : h).$ |
| 7° Rhomboèdre équiaxe | $\frac{1}{2} (2a : 2a : \infty a : h).$ |
| 8° Scalénoèdre (obtus et aigu). | $a : ma : na : ph).$ |
| 9° Pyramide triangulaire régulière | |

Dérivations.

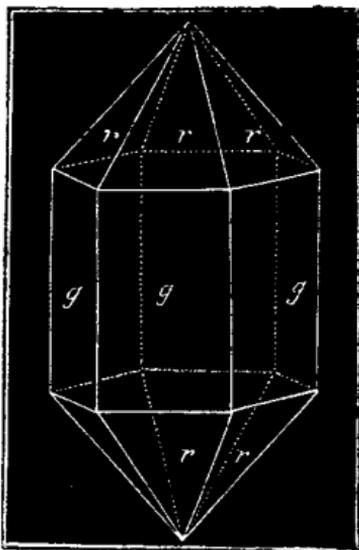
FORMES HOMOÈDRES.

- 1° Étant donné le prisme hexagonal régulier, en dériver le di-hexaèdre régulier ou dodécaèdre hexagonal.

MÉTHODE DES TRONCATURES SUR LES ARÊTES BASIQUES. — Soit un prisme hexagonal (fig. 85) régulier, en tronquant chaque arête basique, nous aurons pour chaque base un anneau de facettes. Chaque facette sera également inclinée sur la base et sur la face latérale correspondante. En approfondissant ces facettes ou en les prolongeant, on verrait se produire sur chaque base du prisme une pyramide régulière

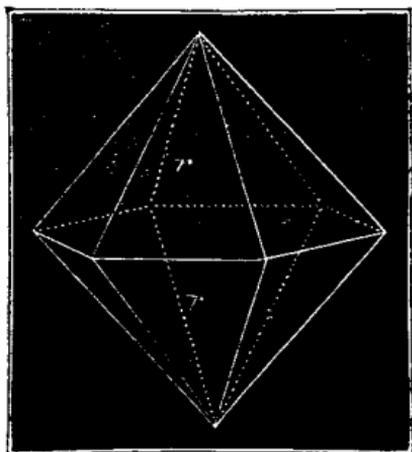
hexagonale (fig. 90). Cette pyramide serait formée par la rencontre des facettes de tronçure. On ver-

Fig. 90.



rait les six faces, partant des arêtes, s'élever avec la même inclinaison sur chaque base, s'entrecouper deux à deux, suivant six droites qui, partant des

Fig. 91.



points correspondants aux angles, se réuniraient en

un point situé sur l'axe principal. Le prisme aurait ainsi les deux bases remplacées par des pyramides, et serait, par conséquent, bi-pyramidé.

Si l'on suppose que les deux pyramides marchent l'une vers l'autre, de manière que leurs bases se réunissent en une base commune qui est celle du prisme, on aura le di-hexaèdre régulier ou dodécaèdre triangulaire régulier (fig. 91).

Des troncatures sur les angles du prisme hexagonal, par une seule facette conduisent également au di-hexaèdre ou di-rhomboèdre. On repasserait facilement du di-hexaèdre au prisme hexagonal en menant des plans perpendiculaires aux six arêtes de la base.

2° Étant donné le prisme hexagonal, en dériver le prisme dodécagonal régulier.

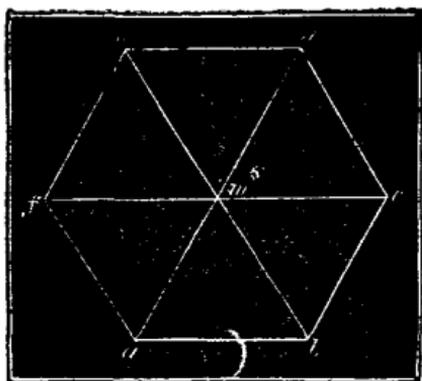
MÉTHODE DES TRONCATURES : SUR LES ARÊTES LATÉRALES ET PAR BISELLEMENT SUR LES ARÊTES. — Si nous tronquons les arêtes latérales du prisme (fig. 92, vu en projection) par une seule facette, nous développerons ainsi six nouvelles faces rectangulaires qui acquerront par leur agrandissement, une largeur égale à celle de la portion restante des faces primitives. Ces nouvelles faces combinées avec ce qui reste des faces primitives produisent un prisme dodécagonal régulier.

3° Étant donné le prisme hexagonal régulier, en dériver le di-dodécaèdre symétrique.

MÉTHODE DES TRONCATURES : BISELLEMENT SUR LES ANGLES. — Si l'on modifie le prisme hexagonal régulier par bisellement ou par deux arêtes également inclinées sur les pans, de part et d'autre de l'arête

commune, toutes les nouvelles facettes réunies donneront un solide à vingt-quatre triangles scalènes égaux, partagés en deux pyramides dodécaédres à base horizontale, ou un di-dodécaèdre.

Fig. 92.



4° Étant donné le di-rhomboèdre ou di-hexaèdre, en dériver le rhomboèdre.

MÉTHODE DES PLANS TANGENTS (fig. 91). — On peut considérer le di-hexaèdre comme étant un double rhomboèdre ; la génération du rhomboèdre aura lieu par un procédé analogue à celui par lequel nous avons déduit le tétraèdre régulier de l'octaèdre régulier. Supposons que les faces alternatives du di-rhomboèdre soient prolongées et qu'elles prennent assez de développement pour faire disparaître les faces intermédiaires ; il ne reste plus alors que les faces du di-rhomboèdre qui sont parallèles deux à deux.

Comme, dans ce mode de génération, on peut choisir l'un ou l'autre système de faces alternatives, on obtiendra deux rhomboèdres égaux qui se confondraient si l'on faisait tourner l'un d'eux de 60° autour de son axe principal ; l'un est dit direct, l'autre inverse.

FORMES HÉMIÈDRES.

5° Étant donné un rhomboèdre, en dériver le rhomboèdre équiaxe.

1° MÉTHODE DES TRONCATURES SUR LES ARÊTES ;
 2° MÉTHODE DES PLANS TANGENTS.— 1° Si on opère des troncatures sur les arêtes culminantes d'un rhomboèdre, on aura six facettes allongées dont chacune sera également inclinée sur les deux faces adjacentes du rhomboèdre. Ces facettes de troncature, prolongées jusqu'à leur rencontre mutuelle, donneront un nouveau rhomboèdre dont les faces correspondront aux arêtes du premier et réciproquement. Par ces troncatures, on déterminera sur la partie supérieure du solide, trois plans qui se couperont deux à deux suivant trois droites correspondant aux diagonales inclinées des rhombes primitifs. Dans la partie inférieure, on aura aussi trois nouveaux plans formant entre eux des angles égaux, et disposés d'une manière alterne. L'entrecroisement de ces deux systèmes de plans produira un solide compris sous six rhombes égaux.

Mais le rhomboèdre ainsi obtenu sera plus déprimé que le solide générateur : son axe principal est le même dans les deux (d'où le nom d'équiaxe), ses axes secondaires ont une longueur double de celle du rhomboèdre primitif. La diagonale horizontale est égale à l'axe secondaire, et la diagonale oblique, celle qui part du sommet, égale le double de l'arête du type.

2° Le rhomboèdre équiaxe peut résulter de l'entrecroisement des plans tangents menés par toutes les arêtes culminantes du type. On prolonge ces arêtes culminantes du rhomboèdre générateur d'une

quantité égale à elles-mêmes, ce qui détermine les sommets par leur rencontre.

6° Étant donné le rhomboèdre, en dériver le métastatique ou scalénoèdre, ou héli-didodécaèdre.

MÉTHODE DES TRONCATURES : BISELLEMENT SUR LES ARÊTES LATÉRALES. — Les scalénoèdres sont des formes héliédriques des di-dodécaèdres, on peut donc les obtenir en prolongeant jusqu'à leur rencontre les couples de faces adjacentes d'arêtes terminales alternatives.

On peut aussi obtenir le scalénoèdre en menant, deux à deux des plans tangents suivant les arêtes latérales du rhomboèdre; la base du solide dérivé serait formée par ces arêtes elles-mêmes. Enfin, on peut encore obtenir le scalénoèdre ou dodécaèdre à triangles scalènes par bisellement sur les arêtes latérales du rhomboèdre. Le bisellement des arêtes culminantes donnera, sur chacune d'elles, deux plans, l'un montant, l'autre descendant; ces plans prolongés jusqu'à leur rencontre mutuelle détermineront un solide fermé à douze faces triangulaires scalènes, dont la base sera un zigzag composé de droites parallèles aux arêtes latérales du rhomboèdre générateur.

7° Étant donné un rhomboèdre, en dériver le prisme hexagonal par troncatures sur les arêtes latérales et sur les sommets.

Tronquons les arêtes latérales du rhomboèdre; ces troncatures verticales étant suffisamment approfondies, produiront les faces d'un prisme hexagonal régulier. En tronquant encore les angles culminants, le prisme sera lui-même terminé par des bases hexagonales.

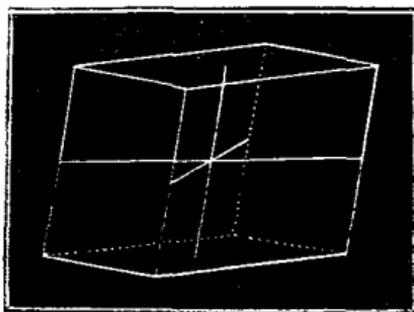
Système clino-rhombique (Delafosse).

Système unoblique (Leymerie). — Mono-clinoédrique (Naumann). — Syngulaxe-bino-unitaire (Weiss). — Héli-orthotype (Mohs). — Prismatique à base oblique symétrique (Haüy). — Prismatique oblique à base rectangle (Bendant). — Prismatique oblique rhomboïdal (Dufrenoy). — Monoclinique (Muller).

CARACTÈRES. — Trois axes obliques, deux égaux entre eux, un inégal aux deux autres. Progression symétrique : $\div 2. 4. 6. 8. 10$. Molécule intégrante : prismatique, rhomboïdale, clino-rhombique ou unoblique.

Forme type : prisme clino-rhombique ou unoblique, polyèdre (fig. 93), composé : 1° de six

Fig. 93.

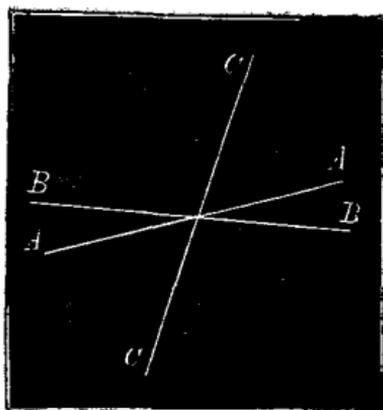


faces dont deux basiques rhomboïdales et égales P, et quatre faces latérales M, parallélogrammiques et égales ; 2° douze arêtes, dont huit basiques et égales : quatre basiques aiguës B et quatre basiques obtuses C ; quatre latérales égales, deux latérales aiguës H et deux obtuses C ; 3° huit angles solides, trièdres : quatre A aux extrémités d'une diagonale horizontale, deux aigus E et deux obtus I aux extrémités de la diagonale oblique.

L'axe principal du prisme clino-rhombique étant

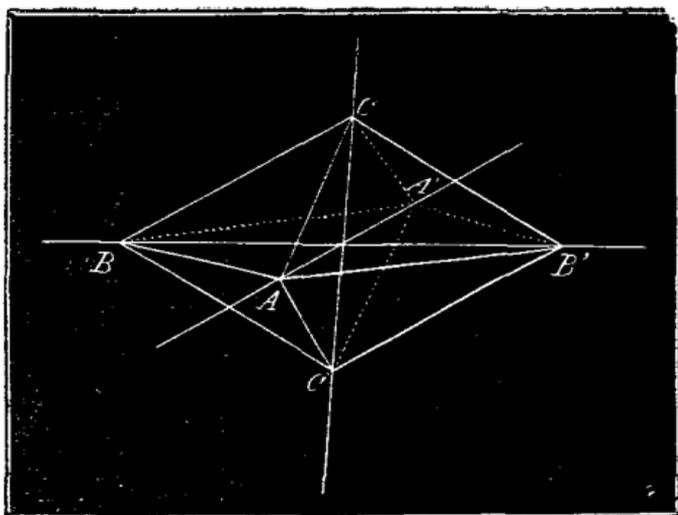
désigné par h et les deux axes secondaires égaux entre eux étant désignés par a , on peut représenter les relations des faces du prisme clinorhombique avec les axes par les symboles :

Fig. 94.



Pour chacune des faces latérales M , $a : \infty a : \infty h$.
 Pour chacune des faces basiques P , $\infty a : \infty a : h$.

Fig. 95.



La figure 94 représente l'intersection des trois axes ; l'octaèdre (fig. 95) les montre aussi.

Le système clino-rhombique comprend quatre formes simples homoédriques, savoir :

- 1° Prisme clino-rhombique ;
- 2° Prisme oblique à base rectangle ;
- 3° Octaèdre clino-rhombique ou unoblique ;
- 4° Octaèdre oblique à base rectangle.

Le nombre des espèces minérales dont les formes, souvent très-complicées, se rapportent au système clino-rhombique, est de plus de cinquante : gypse, orthose, épidote, euclase, pyroxène, amphibole, azurite, réalgar, triphane, etc.

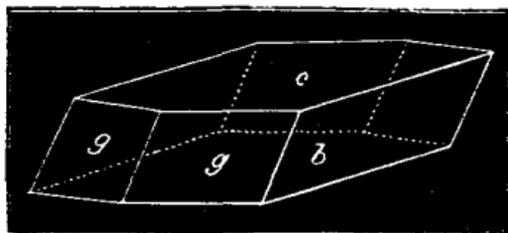
Dérivations.

FORMES HOMOÈDRES.

- 1° Étant donné le prisme clino-rhombique, en dériver le prisme rectangulaire oblique et réciproquement.

MÉTHODE DES TRONCATURES. — En tronquant les deux arêtes latérales situées aux extrémités des deux diagonales horizontales du prisme (fig. 93) on ob-

Fig. 96.



tiendra deux facettes latérales parallélogrammiques. Une modification analogue faite sur les deux autres arêtes latérales situées aux extrémités des deux diagonales obliques, donnera aussi deux facettes laté-

rales rectangulaires. En continuant ces troncatures jusqu'à leurs rencontres mutuelles, et de manière à faire disparaître entièrement les faces latérales du

Fig. 97.

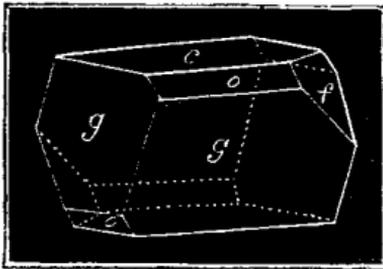
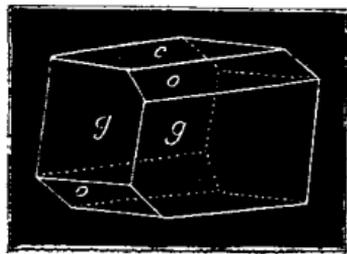


Fig. 98.



prisme générateur, on obtiendra un prisme oblique à bases rectangulaires. Si l'on considère ce prisme

Fig. 99.

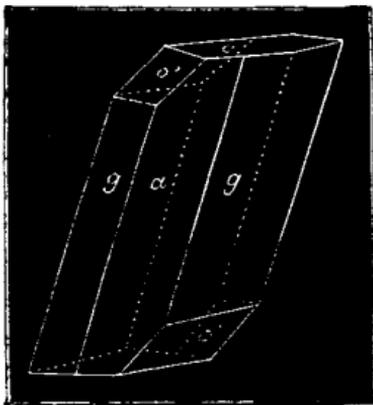
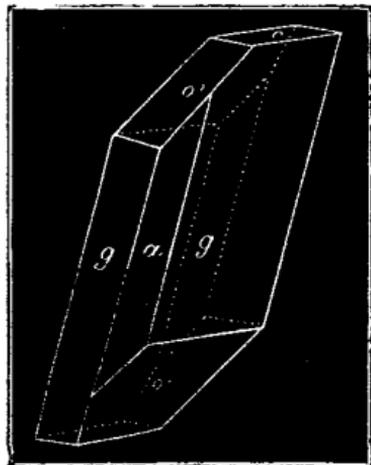


Fig. 100.

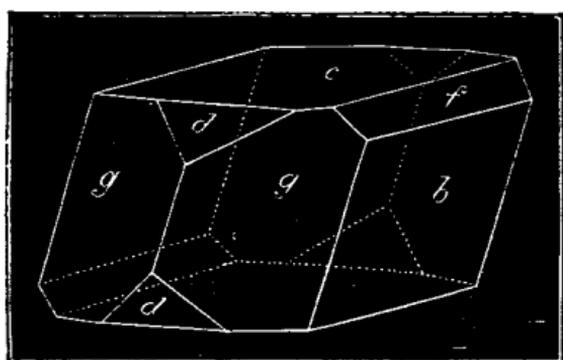


oblique rectangulaire comme type, en le modifiant sur les arêtes basiques par une seule facette inégalement inclinée sur les faces qu'elle séparera, on arrivera au prisme clino-rhombique.

2° Étant donné le prisme oblique rectangulaire, en dériver l'octaèdre à base rectangulaire.

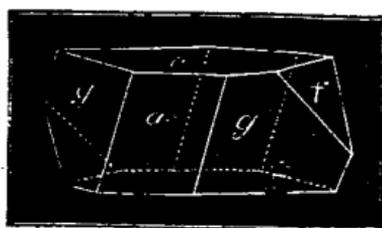
L'octaèdre oblique à base rectangulaire s'obtiendra en tronquant les angles solides du prisme oblique

Fig. 101.



à base rectangle ou bien par des troncatures opérées sur les arêtes basiques du prisme générateur.

Fig. 102



3° Étant donné le prisme clino-rhombique, en dériver l'octaèdre clino-rhombique ou unoblique.

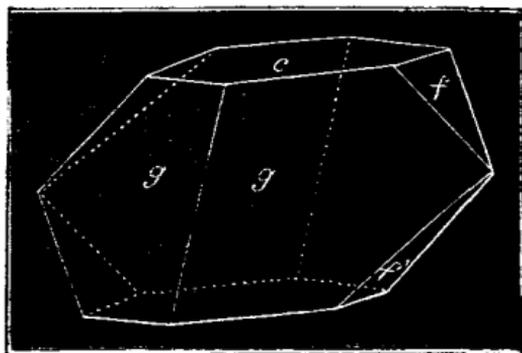
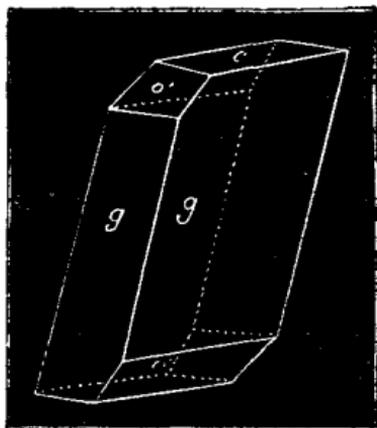
L'octaèdre clino-rhombique s'obtiendra au moyen du prisme clino-rhombique, par des troncatures opérées sur les angles solides.

Les principales formes de ce système qui se trouvent dans la nature ou qu'on obtient par cris-

tallisation artificielle sont représentées par les figures 96, 97, 98, 99, 100, 101, 102, 103, 104.

Fig. 103.

Fig. 104.

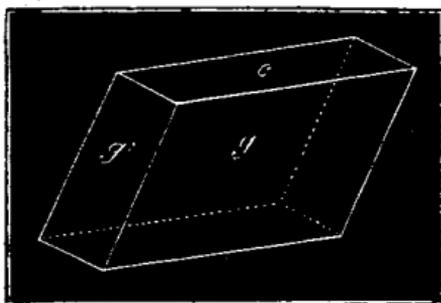


Système clino-édrique (Delafosse) ou bi-oblique.

Système bi-oblique (Leymerie). Triclinométrique (Naumann). — Unitaire (Veiss). — Prismatique à base oblique non symétrique (Haüy). — Prismatique oblique à base de parallélogramme obliquangle (Beudant). — Prismatique oblique non symétrique (Dufrénoy). — Triclinique (Muller).

CARACTÈRES. — Trois axes obliques les uns sur les autres et inégaux ; progression symétrique $\div 2, 4, 6, 8, \dots$. Molécule intégrante : clino-édrique.

Fig. 105.



Forme type : le clinoèdre } ou prisme bi-oblique à
base parallélogramme ; ce polyèdre (fig. 105) se

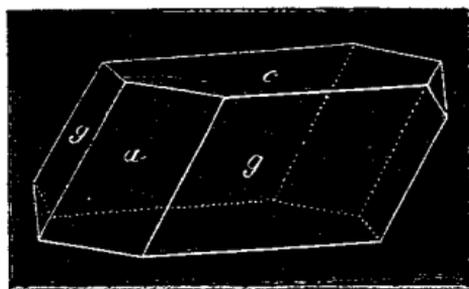
compose : 1° de six faces parallélogrammiques de trois espèces, savoir : deux basiques rhombes P, quatre faces parallélogrammiques M et T ; 2° douze arêtes de six sortes ; 3° huit angles solides de quatre sortes. Ce prisme n'offre que la régularité strictement nécessaire à un polyèdre parallépipédique, savoir : 1° le parallélisme et l'égalité des faces et des arêtes opposées ; 2° l'égalité des angles aux extrémités des mêmes diagonales.

Comme le clinoclène renferme dix sortes d'éléments essentiels, le système cristallin dont il est le type admet dix genres de modifications possibles ; mais comme toutes ces modifications se réduisent à des troncutures et, qu'en outre, chaque modification différente n'a lieu ou que sur deux arêtes ou que sur deux angles, ces modifications sont en elles-mêmes peu complexes.

Si l'on désigne par h , a , b les longueurs respectives des axes on peut représenter les axes du clinoclène avec les faces par les symboles suivants :

Pour les faces P.....	$\infty a : \infty b : h$;
— M.....	$b : \infty a : \infty h$;
— T.....	$a : \infty b : \infty h$.

Fig. 106.



Par des troncutures opérées sur les arêtes basiques du clinoclène, on obtiendrait l'octaèdre bi-oblique à triangles scalènes.

Les espèces minérales qui cristallisent dans le système clino-édrique sont peu nombreuses, dix environ, savoir : albite, oligoclase, labrador, disthène, axinite, sulfate de cuivre artificiel, etc. (fig. 106).

B.

CRISTALLOGÉNIE.

NOYAU ET MOLÉCULE CRISTALLINE. — Une même substance minérale peut se présenter sous des formes cristallines plus ou moins variées ; mais, au moyen de clivages convenablement dirigés, on peut obtenir de tous ces cristaux, un solide de clivage de forme identique, qui a reçu le nom de noyau.

Le clivage appliqué au noyau central lui-même, parallèlement à ses faces, ne fait que diminuer le volume du solide, sans changer ses formes, et conduit finalement à la molécule cristalline. On a aussi admis l'existence d'un noyau pour les minéraux qui ne se clivent pas.

On peut donc considérer une substance minérale cristallisée comme constituée par l'agrégation symétrique des particules de même forme que le noyau, disposées de manière que tantôt elles conservent aux cristaux la forme du noyau, et que tantôt elles leur donnent d'autres formes simples.

Haüy avait nommé molécules intégrantes les particules extrêmes qui sont le dernier terme de la division mécanique des cristaux.

La forme primitive ou fondamentale d'une substance minérale cristallisée est celle du noyau ; c'est donc un type de l'un des systèmes cristallins.

ACCROISSEMENTS. — Pendant leur formation, les

minéraux s'accroissent, soit en conservant leur forme *originale*, soit en *changeant de formes*. On peut imaginer un noyau octaèdre avec des octaèdres successifs les uns autour des autres ou des dodécaèdres se superposant autour d'un noyau dodécaédrique, ou bien un noyau octaèdre enveloppé d'un hexa-tétraèdre qui lui-même est enveloppé d'un cube.

Ces circonstances peuvent donner lieu à des structures particulières dans l'intérieur des cristaux. Il peut arriver même que les divers accroissements se déboitent les uns des autres, lorsque la masse vient à se briser.

ANALYSE DES CRISTAUX. — La forme des molécules cristallines et leur mode de groupement expliquent les relations symétriques qui existent entre toutes les formes cristallines d'une même substance.

Prenons, pour exemple, la galène qui cristallise en cube, octaèdre et dodécaèdre rhomboïdal, formes qui dépendent du système cubique, et considérons d'abord un cristal cubique de galène. Par des clivages successifs, on arrive à un noyau cubique de galène; par induction, on est amené à penser que les molécules cristallines intégrantes qui résisteraient au clivage, affectent la même forme que le noyau. Prenons maintenant un cristal octaédrique de galène; que nous clivons suivant des plans également inclinés sur les quatre faces qui composent les angles solides de l'octaèdre. La forme de l'octaèdre disparaîtra bientôt et nous obtiendrons encore un noyau cubique.

Si nous prenons maintenant un cristal de galène en forme de dodécaèdre rhomboïdal et que nous le clivons suivant des plans également inclinés sur les faces des angles solides à quatre faces, nous obtiendrons encore un noyau cubique.

Nous concluons de ces analyses que les molécules cristallines du cristal octaédrique et du dodécaèdre rhomboïdal ont la forme cubique : donc les molécules intégrantes de la galène sont des cubes.

Si cette hypothèse est justifiée, nous devons pouvoir produire, par la juxtaposition de ces petits cubes élémentaires : le cube, l'octaèdre, le dodécaèdre rhomboïdal, en général toutes les formes cristallines de la galène.

« L'idée que tend à faire naître l'observation des
 » diverses formes cristallines sous lesquelles se pré-
 » sente une même substance minérale, est qu'il en
 » existe une parmi elles, qui peut être regardée
 » comme le type auquel toutes les autres sont sus-
 » ceptibles d'être ramenées. En partant de cette
 » idée, on concevrait que le solide qui fait la fonction
 » de type, fût composé de particules semblables à
 » lui-même ou dont la forme serait en rapport avec
 » la sienne. Ce même solide serait inscrit dans cha-
 » cun de ceux qui offriraient une configuration diffé-
 » rente, et celle-ci dépendrait de certaines lois aux-
 » quelles auraient été soumises les particules de la
 » matière enveloppante, en s'arrangeant symétri-
 » quement autour du solide intérieur. Mais pour que
 » cette idée s'accordât avec la réalité, il faudrait que
 » la théorie dont elle aurait fourni la base, satisfît à
 » deux conditions : l'une, que l'adoption de la forme
 » qui serait considérée comme le type des autres,
 » n'eût rien d'arbitraire, et fût indiquée par la nature
 » elle-même ; l'autre, que l'existence des lois d'ar-
 » rangement qui détermineraient son passage aux
 » autres formes, fût démontrée avec une précision
 » rigoureuse » (1).

Haüy a démontré, dans son immortel *Traité de*

(1) Haüy, *Traité de Cristallographie*, tome I, page 31, année 1822.

Cristallographie, que le calcaire cristallisé en prisme hexagonal, en rhomboèdre ou en scalénoèdre, a pour noyau un rhomboèdre. En appliquant le même raisonnement à diverses formes cristallines de certaines substances, il a trouvé le noyau cristallin de ces substances minérales.

DÉCROISSEMENTS. — Dans la Cristallographie, nous avons cherché, à l'aide de considérations géométriques, les relations qui existent entre les formes primitives et les formes secondaires dérivées. Dans la réalité, les cristaux ne se forment pas d'abord pour perdre ensuite leurs angles ou leurs arêtes : dès qu'ils apparaissent, ils prennent leurs formes définitives, ils ne font qu'augmenter de volume si on les laisse dans des circonstances convenables à leur développement.

L'hypothèse des troncatures ou des plans tangents n'est qu'un moyen théorique de s'expliquer les différentes formes d'un même type cristallin.

Haüy, pour expliquer la génération des formes secondaires, a eu recours à une hypothèse ingénieuse, connue sous le nom de théorie des décroissements. Il suppose que les formes secondaires naissent sur la forme primitive par une application de lames composées de petits cristaux analogues à la forme primitive ; les lames, moins larges que les cristaux sur lesquels elles s'appliquent, décroissent suivant certaines lois et produisent par leur ensemble les formes secondaires.

Plaçons sur les diverses faces d'un cube des couches de molécules cubiques, juxtaposées, comme elles le sont dans le cristal cubique lui-même ; mais, supprimons, sur chaque couche, une rangée parallèle à chaque côté de la face du cube, de telle sorte que chaque nouvelle couche renferme, sur chacun de

ses côtés, une rangée de moins que la couche précédente. On obtiendra ainsi le dodécaèdre rhomboïdal, dérivé du cube par un décroissement, suivant les faces du cube d'une rangée en largeur et d'une rangée en hauteur.

En effet, supposons effectuée la division en molécules intégrantes cubiques : les traces des plans de clivage se couperont à angle droit et donneront naissance à des carrés dont chacun représentera la coupe d'une molécule intégrante cubique. Plaçons ensuite sur une face du cube des lames successives mm , $m'm'$, $m''m''$, $m'''m'''$, dont l'épaisseur est égale à celle d'une molécule, de telle sorte que si cette face en contient neuf, mm n'en contienne plus que sept et $m'm'$ que cinq ; bientôt nous arriverons à une plaque $m'''m'''$ d'une seule molécule, sur laquelle nous ne pourrons plus en placer de nouvelles.

Les molécules étant supposées très-petites, l'escalier formé par les plaques successives sera insensible et on pourra supposer que l'ensemble des arêtes mm , $m'm'$, $m''m''$, $m'''m'''$ forme la face d'un cristal secondaire naissant sur l'arête du cube. Des plaques nn , $n'n'$, $n''n''$, $n'''n'''$, placées sur l'autre face du cube, suivant la même loi, donneront un plan qui sera le prolongement de la tangente à l'arête ; la face secondaire sera donc tangente à l'arête A du cube, puisqu'elle résulte du même décroissement produit sur les deux faces qui se coupent suivant cette arête.

L'octaèdre régulier s'obtiendra par un décroissement d'une rangée en largeur et d'une rangée en hauteur sur les arêtes du cube.

Le même mode de génération s'applique aux autres systèmes cristallins.

Cristallisation.

CRISTALLISATION. — La cristallisation est la propriété que possèdent la plupart des minéraux d'affecter un arrangement régulier dans leurs molécules, lorsqu'elles se trouvent placées dans des circonstances convenables, d'où résulte soit simplement une texture régulière, visible à la cassure, ou des formes extérieures géométriques. On ne connaît pas tous les procédés que la nature a employés pour obtenir les cristaux naturels : on peut même affirmer, que pour faire cristalliser la même substance, la nature a mis en usage des procédés particuliers, selon les conditions où cette substance était placée. Pour ne citer qu'un exemple, le quartz se trouve cristallisé en prismes hexagonaux, terminés par deux pyramides, ou en dodécaèdres hexagonaux, aussi bien dans les roches essentiellement sédimentaires que dans les roches évidemment d'origine ignée.

La cristallisation artificielle nous fournira quelques données sur les moyens que la nature a mis en œuvre pour produire les beaux cristaux que nous admirons dans les collections minéralogiques.

La cristallisation artificielle s'obtient par divers procédés dont nous allons exposer les plus simples. On peut admettre deux méthodes générales de cristallisation : 1° la cristallisation par voie humide ou par la dissolution dans un liquide ; 2° la cristallisation par voie sèche, comprenant : 1° la cristallisation par fusion ; 2° par les dissolvants solides ; 3° par volatilisation ou sublimation.

CRISTALLISATION PAR VOIE HUMIDE OU PAR DISSOLUTION. — Pour faire cristalliser un corps par ce pro-

cédé, on le fait dissoudre dans le dissolvant choisi. Ensuite, on fait évaporer le liquide, soit au moyen de la chaleur, soit en abandonnant la dissolution à elle-même. Les molécules solides se déposent et se groupent en cristaux, dont la forme est d'autant plus belle que l'évaporation se fait plus lentement et que la liqueur est plus concentrée.

En général, les corps susceptibles de se dissoudre, sont plus solubles dans les dissolvants chauds que dans ces mêmes dissolvants froids. Si l'on sature le dissolvant à chaud, par le refroidissement, il se déposera des cristaux, parce que la substance dissoute ne sera plus en totalité soluble lorsque la température s'abaissera. L'eau dans laquelle les cristaux se déposent, se nomme eau-mère. Les cristaux obtenus par voie humide contiennent ordinairement une certaine quantité d'eau d'*interposition*, interposée entre leurs molécules, mais sans être combinée et sans être essentielle au cristal. D'autres fois, une certaine quantité d'eau de cristallisation, qui fait partie intégrante du cristal, se combine avec la substance cristallisée, et est essentielle au cristal.

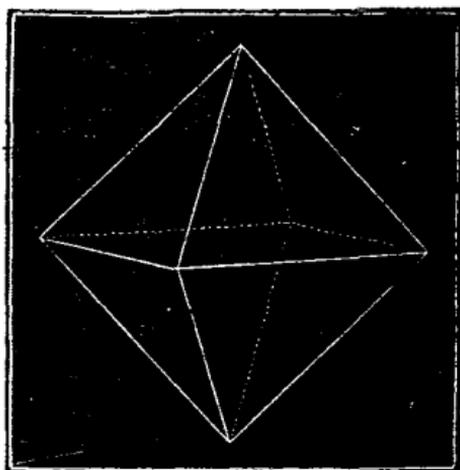
On doit à MM. Leblanc, Gay-Lussac et Beudant une suite d'observations intéressantes relatives à la complication que présentent les formes secondaires des cristaux ; ces formes changent avec les milieux dans lesquels s'opère la cristallisation et avec les circonstances qui y président. On sait, par exemple, qu'une évaporation lente et tranquille favorise beaucoup la cristallisation et la netteté des cristaux. La température a aussi une influence marquée, surtout quand elle s'élève au-dessus de 100°.

La nature des appareils influe aussi sur la cristallisation : une solution cristallise plus promptement dans un vase en grès que dans un vase en verre.

M. Leblanc a fait sur la cristallisation de l'alun,

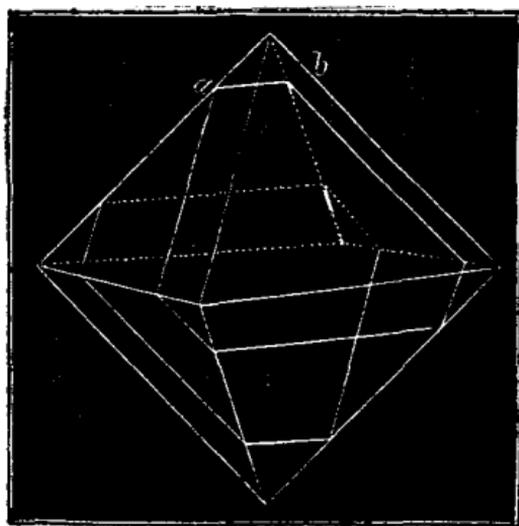
des expériences qu'ensuite Beudant a étendues aux sulfates de fer, de cuivre et de zinc.

Fig. 107.



L'alun pur cristallise en octaèdres réguliers modifiés sur les arêtes, ce qui présente les rudiments

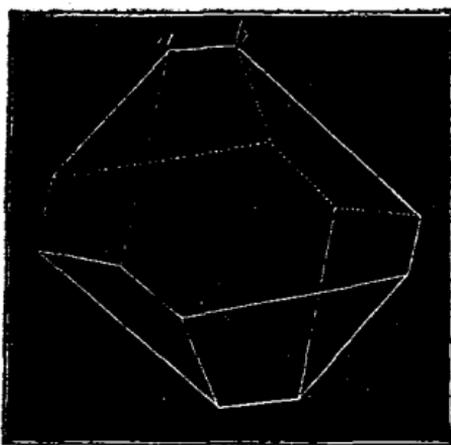
Fig. 108.



du dodécaèdre rhomboïda ; mais si, à la solution d'alun octo-dodécaédrique, on ajoute du phosphate

ou de l'azotate sodique, les cristaux obtenus par évaporation lente sont des octaèdres parfaits, tandis qu'ils sont des cubo-octaèdres quand on a ajouté de l'azotate cuprique à la solution d'alun octo-dodécaédrique (fig. 107, 108 et 109).

Fig. 109.



D'après les recherches de MM. de Sénarmont, Pasteur, il est bien démontré que lorsqu'on replace dans son eau-mère, un cristal que l'on a brisé sur une partie, en même temps que le cristal grossit, un travail très-actif a lieu pour le rétablissement de la partie mutilée. Pour mettre ces faits en évidence sans être obligé d'en suivre les expériences, M. Loir place un cristal déformé par la lime ou le canif, dans une eau-mère, laissant déposer un sel isomorphe au premier, mais de couleur différente. Un cristal octaédrique d'alun, limé sur diverses arêtes, placé dans une dissolution d'alun chromique, répare d'abord ses parties mutilées, ensuite le cristal grossit par dépôt d'alun chromique sur toute la surface. En surveillant le dépôt, on peut obtenir un cristal blanc, dont certaines arêtes, formées d'alun chromique, sont rouges.

Si l'on place un cristal octaédrique d'alun ordinaire ou d'alun chromique dans une eau-mère donnant de l'alun cubique et contenant quelques cristaux cubiques, qu'on y nourrit, on remarque, en pesant les cristaux, que le cristal octaédrique augmente beaucoup de poids, tandis que les cristaux cubiques, dans le même temps, ne s'accroissent que faiblement. L'accroissement de ces derniers devient d'autant plus grand, que le cristal octaédrique, ayant d'abord donné un cubo-octaèdre, s'approche plus de la forme cubique qu'il finit par présenter.

Si l'on place un cristal cubique d'alun ordinaire dans une eau-mère donnant de l'alun octaédrique et contenant quelques cristaux octaédriques, on trouve aussi que le cristal cubique augmente beaucoup de poids, tandis que les cristaux octaédriques ne s'accroissent que très-peu (M. Loir, *Annales de la Société impériale d'agriculture de Lyon*, 1864). Dans la nature, tantôt certains minéraux ont cristallisé dans des milieux tenant des substances en suspension, tantôt les cristaux se sont produits dans un liquide ayant dissous d'autres minéraux. Le calcaire nous en offre des exemples remarquables : dans le filon plombé d'Andreasberg (Hartz), le calcaire cristallise en prismes hexagonaux réguliers, tandis que dans le Derbyshire, le même minéral est en scalénoèdres. Ces deux gisements exploités pour le plomb, ont des gangues différentes ; l'influence des milieux se révèle par la forme des cristaux de calcaire. Le calcaire de Fontainebleau, chargé de sable quartzéux, cristallise en rhomboèdres aigus.

CRISTALLISATION PAR VOIE SÈCHE. — 1^o Par fusion : on fait fondre le corps que l'on veut faire cristalliser, ensuite on le laisse refroidir très-lentement dans un endroit à l'abri des secousses ou des agitations.

Après le complet refroidissement, on perce la croûte qui s'est formée à la surface de la matière, on décante le liquide intérieur non encore solidifié. On trouve, dans l'intérieur du vase, des cristaux, qui sont d'autant plus beaux, que l'on a opéré sur une plus grande masse de substance et que le refroidissement s'est fait plus lentement.

2° Cristallisation par volatilisation. Les corps solides volatils peuvent cristalliser par sublimation. On les introduit dans une cornue dont le col communique avec un récipient convenablement refroidi. On élève la température de la cornue de manière à volatiliser le corps. Les vapeurs en se refroidissant, repassent à l'état solide et donnent des cristaux qui se déposent dans le col de la cornue ou dans le récipient. L'arsenic, certains chlorures, plusieurs sels cristallisent ainsi.

3° Cristallisation par les dissolvants solides et volatils. Ebelmen a obtenu des cristaux de corindon (alumine cristallisée), de quartz, de spinelle (alumine de magnésie), d'émeraude (silicate double aluminique et glucique), en dissolvant l'alumine, la silice, la magnésie, la glucine dans l'acide borique, le borax ou l'acide phosphorique. En mélangeant d'avance les dissolvants avec des proportions calculées d'oxydes infusibles seuls ou mélangés de silice, et en les soumettant à une haute température, il obtenait la dissolution des oxydes infusibles. Puis, en tenant le mélange pendant un certain temps à l'état de fusion, le dissolvant se volatilisait et abandonnait des cristaux de corindon, de quartz, de spinelle ou d'émeraude, selon les matières sur lesquelles avait porté l'expérience.

Par ce procédé, Ebelmen a obtenu le corindon rose ou rubis, le corindon bleu ou saphir, le quartz, le titane oxydé, le spinelle, la gahnite ou spinelle

zincifère, la cymophane, l'émeraude, le chromate de fer, la diallage, la willémitte, le pyroxène diopside, le péridot magnésien; la nature peut avoir employé ce procédé de cristallisation, car l'acide borique est un produit naturel.

Relations entre la forme et la composition.

ISOMORPHISME.— Certaines substances minérales ont la propriété de cristalliser sous des formes appartenant au même système cristallin, en ne présentant que de légères différences dans la valeur de leurs angles. Ces substances dites isomorphes peuvent se remplacer dans des proportions quelconques pour former des cristaux semblables. L'isomorphisme est donc cette propriété que possèdent certains corps, de composition chimique différente, de cristalliser dans le même système sous des formes presque identiques. Gay-Lussac avait observé qu'en faisant cristalliser ensemble de l'alun potassique et de l'alun ammoniacal, les deux sels cristallisaient sans que la forme de leurs cristaux fût altérée. Beudant constata des faits semblables, enfin Mitscherlich, après l'examen d'un grand nombre de corps cristallisés, décrivit et formula la loi de l'isomorphisme, savoir :

« Les corps isomorphes sont ceux qui cristallisent de la même manière, et qui peuvent se remplacer dans un même cristal, sans en modifier la forme fondamentale, bien que les angles éprouvent de légères altérations dans leurs valeurs. Les composés isomorphes ont une composition semblable et sont en général formés du même nombre d'équivalents. »

Les substances qui suivent sont isomorphes, elles cristallisent en rhomboédres et présentent un clivage rhomboédrique.

Calcaire, ayant un angle de . .	105°, 5'
Giobertite	107°, 25'
Rhodocrosite ou diallogite . . .	107°, 20'
Sidérose	107°, »
Calamine	107°, 40'

DIMORPHISME. — On donne le nom de dimorphisme à la propriété que possèdent certaines substances de cristalliser dans deux systèmes différents.

On peut admettre comme un principe presque général que les corps qui ont la même composition chimique cristallisent de la même manière. En effet, sur plus de six cents espèces minérales cristallisées, une vingtaine présentent le phénomène du dimorphisme, savoir :

1° *Le soufre* : 1° naturel (système ortho-rhombique), 2° cristaux obtenus par fusion (système clinorhombique) ;

2° *Le carbone* : 1° diamant (système régulier), 2° graphite (système hexagonal) ;

3° *Oxyde de titane* : 1° rutile et anatase (prisme quadratique), 2° brookite (rhomboèdre) ;

4° *Cassitérite* : 1° naturel (prisme quadratique), 2° artificiel (prisme ortho-rhombique) ;

5° *Oligiste* : 1° rhomboèdre : 2° octaèdre régulier ;

6° *Sulfure de fer* : 1° pyrite jaune (système régulier) : 2° pyrite blanche ou sperkise (rhomboèdre).

7° *Carbonate calcique* : 1° spath d'Islande, (rhomboèdre) : 2° aragonite (prisme ortho-rhombique).

Les autres substances naturelles dimorphes sont : le carbonate ferreux, plombique, l'acide arsénieux, l'oxyde d'antimoine et quelques sels, tels que le sulfate magnésique, sulfate zincique, sulfate nickélique, séléniaté nickélique.

Mitscherlich a remarqué que la chaleur peut faire passer un corps dimorphe d'une forme dans une

autre. Les cristaux ortho-rhombiques de sulfate nickélique, exposés à une légère chaleur, se transforment, dans l'intérieur, en octaèdres quadratiques.

C'est probablement la distance plus ou moins grande entre les molécules, augmentée par la chaleur ou diminuée par le refroidissement, qui détermine ces divers états de cristallisations.

Le soufre présente quelque chose d'analogue au sulfate nickélique. Les cristaux de cette substance, obtenus par fusion, éprouvent des mouvements moléculaires par leur refroidissement, qui ont pour effet de donner des cristaux appartenant au système ortho-rhombique, sans que les formes extérieures des aiguilles clino-rhombiques soient altérées.

Monstruosités minérales.

MONSTRUOSITÉS. — Il est rare que la nature nous présente les cristaux avec la régularité géométrique que nous avons supposée dans la Cristallographie ; dans les polyèdres naturels, il arrive souvent que certaines faces s'allongent ou s'élargissent aux dépens des faces voisines, qui alors diminuent d'étendue ou disparaissent complètement : il en résulte des cristaux avec des formes anormales, ce qui constitue des monstruosités minérales.

Des causes nombreuses peuvent avoir produit ces monstruosités ; parmi les plus importantes, il faut compter : le resserrement de la matière lors de sa cristallisation, le voisinage influent d'autres cristaux, la pression des individus cristallins se développant dans un petit espace, l'influence du dissolvant, de la température, etc.

Les exemples les plus remarquables de monstruosités minérales sont offerts par les cristaux qui dépendent du système régulier et du système hexago-

nal. On trouve fréquemment des cubes qui s'allongent en parallépipèdes rectangles (pyrite, galène, fluorine), des dodécaèdres rhomboïdaux allongés ou raccourcis et des octaèdres plus ou moins altérés. Les prismes hexagonaux, les scalénoèdres éprouvent des modifications anormales qui les transforment en cristaux amincis en coin ou présentant des biseaux sur les faces opposées des prismes hexagonaux (exemples : calcaires, quartz).

Les monstruosité relatives aux autres systèmes cristallins sont moins compliquées et se réduisent, en général, à des raccourcissements ou à des allongements d'octaèdres ou de prismes. Les cristaux très-grêles ou très-plats doivent leur origine à des allongements excessifs de prismes qui se transforment en aiguilles ou en fibres sans que leurs faces ni leurs angles latéraux disparaissent (exemples : amphibole, épidote). D'autres fois, ces prismes sont tellement aplatis qu'ils se réduisent en tables (barytine, oligiste), ou en lames ou lamelles à contours réguliers (mica).

OBLITÉRATIONS. — La nature nous offre assez fréquemment des cristaux oblitérés ou dont les parties vives ou saillantes ont été émoussées, soit en se formant au moment de la cristallisation, soit après leur génération.

Les oblitérations les plus fréquentes affectent l'une des quatre formes suivantes : 1° sphéroïdes, 2° ovoïdes, 3° lenticulaires, 4° cylindroïdes.

1° Les formes sphéroïdes sont dues à des octaèdres, des dodécaèdres rhomboïdaux et des trapézoèdres dont chaque face a été remplacée par plusieurs facettes (fluorine, grenat, diamant) ;

2° Les formes ovoïdes sont données par les solides allongés et renflés vers le milieu (calcaire) ;

3° Les formes lenticulaires proviennent généralement des rhomboédres obtus ou de l'arrondissement de tous les cristaux raccourcis à contour polygonal régulier (exemples : calcaire, sidérose, gypse) ;

4° Enfin, les formes cylindroïdes proviennent de prismes modifiés sur les arêtes latérales par un grand nombre de facettes (exemples : pinite, tourmaline).

MACLES. — On donne le nom de macles à des monstruosité doubles, résultant de l'accolement, ordinairement avec pénétration et inversion, de plusieurs cristaux. Nous les diviserons en trois groupes : 1° hémotropies, 2° macles cruciformes, 3° macles circulaires.

1° *Hémotropies.* Les hémotropies sont le résultat de l'accolement de deux cristaux, seulement avec inversion de l'un d'eux. Le plan de jonction peut être : 1° parallèle à l'axe (exemples : gypse, albite du système clino-rhombique) ; 2° perpendiculaire à l'axe (exemple : calcaire, principalement système rhomboédrique et quelquefois système clino-rhombique) ; 3° oblique à l'axe (exemples : rubis, spinelle, diamant, cassitérite). Ces macles sont les plus fréquentes de toutes, on en trouve des exemples dans tous les systèmes cristallins.

2° *Macles cruciformes.* Les macles cruciformes résultent du croisement de deux ou trois cristaux qui se pénètrent de manière que leurs centres se confondent. Dans ce mode de groupement, les axes coïncident (exemples : harmotome, céruse), ou bien ils se croisent (staurotide) sous divers angles. Dans la staurotide, l'angle formé par les axes est ordinairement droit, mais on trouve aussi des cristaux croisés dans un angle de 60°.

3° *Macles circulaires.* Les macles circulaires sont produites par plusieurs cristaux qui se groupent en

se pénétrant tout autour d'un axe; la sperkise, la chabasié, la cymophane, hausmanite, offrent des exemples de ces sortes de macles.

CHAPITRE III.

Caractères physiques des minéraux.

I. SIGNALEMENTS ORGANOLEPTIQUES.

Nous comprenons sous le nom de signalements organoleptiques, les effets qu'exercent les minéraux sur les sens de la vue, de l'ouïe, du goût, de l'odorat et du toucher; nous y comprendrons, par conséquent, la couleur, la saveur, l'odeur, le happement à la langue, la sonorité, l'onctuosité, etc.

COULEUR. — La couleur propre d'un minéral tient à la nature de ses molécules chimiques et physiques. On connaît deux bisulfures de fer, composés des mêmes proportions de fer et de soufre; l'un est d'une belle couleur jaune laiton ou jaune d'or (pyrite), l'autre est d'un jaune pâle, livide, tirant sur le verdâtre ou le blanc métallique (sperkise). Ces deux sulfures naturels ont évidemment des molécules chimiques identiques, mais elles sont groupées différemment dans les deux espèces: de là résulte la différence de leurs couleurs.

Les couleurs propres peuvent donc être considérées comme des caractères d'une grande importance pour la distinction des espèces. Quelques minéraux n'ont pas de couleur propre, ils sont blancs ou incolores

(magnésite, harmotome, chabasie). D'autres ont une coloration constante : l'azurite est bleue, la malachite verte, la blende jaune, la galène gris noirâtre, le cinabre rouge, etc.

La poussière d'un minéral n'a pas toujours la couleur que présente l'échantillon pris en masse. Le fer oxydulé compacte ou cristallisé est d'un gris de fer tandis que sa poussière est d'un noir pur ou noir de charbon ; le fer oxydé anhydre ou oligiste, quelle que soit sa couleur pris en masse, donne une poussière rouge, tandis que la limonite ou fer oxydé hydraté en donne une d'un jaune rubigineux.

Les minéraux ont des couleurs accidentelles qui sont dues à des mélanges ou à des altérations ; elles peuvent varier à l'infini dans la même espèce ; on ne peut donc en tirer que des caractères de simples variétés. Le quartz offre toutes les couleurs ; les topazes sont jaunâtres, plus rarement bleuâtres ou rosâtres ; les spinelles ont pour couleur dominante ou le rouge ou le bleu intense, etc. La blende jaune, en se mélangeant à d'autres sulfures, prend des teintes grises et passe même au noir. Les couleurs accidentelles des minéraux ne sont pas toujours dues à des mélanges ; souvent elles sont produites par suite d'un changement dans leur composition sous l'influence des agents atmosphériques ou des réactions naturelles. La pyrite, par exemple, qui dans son état de pureté est jaune, devient brun rougeâtre par une longue exposition à l'air et se transforme en fer oxydé ; le cuivre oxydulé, qui est rouge, devient vert lorsqu'il est placé dans les mêmes circonstances ; il se recouvre d'une couche de carbonate de cuivre. Certaines couleurs accidentelles ne sont produites ni par des corps étrangers, ni par des altérations au moyen des agents atmosphériques, mais

seulement par la disposition des molécules : tels sont l'irisation, le chatoiement, le dichroïsme.

L'*irisation* est la propriété qu'ont certains minéraux d'offrir des reflets qui changent de position selon l'inclinaison des échantillons par rapport à la lumière (exemples : oligiste, cuivre pyriteux, quartz opale).

Le *chatoiement* est la propriété qu'ils possèdent de changer de couleur suivant la manière dont on les expose à la lumière (exemples : feldspath labrador, adulaire, etc.).

Le *dichroïsme* est la propriété que possèdent certaines espèces transparentes de donner une couleur lorsqu'on les regarde dans un sens, et d'en produire une autre en les regardant dans un autre sens (exemple : dichroïte).

SAVEUR. — La saveur est l'appréciation du goût d'une substance soluble ; ce caractère est d'une grande valeur pour la détermination des espèces, car il est inhérent à leur nature. Les différentes nuances de saveurs sont :

Saveur métallique...	Métaux et quelques oxydes.
— astringente ..	Sulfate ferreux.
— styptique....	Sulfate cuprique.
— salée.....	Sel marin.
— fraîche.....	Nitre.
— amère.....	Sulfate magnésique.
— acide.....	Alun.
— alcaline.....	Carbonate sodique.
— sucrée.....	Sulfate plombique.

HAPPEMENT A LA LANGUE. — Le happement à la langue est l'adhérence que certains corps poreux

contractent avec cet organe. Ce phénomène tient à la propriété d'absorber l'eau que possèdent certains corps et surtout les argiles, en vertu de l'attraction capillaire exercée par ces corps sur l'humidité de la langue. Certains silex, certaines argiles, certains calcaires, happent à la langue avec assez de force pour trouver une résistance à la séparation. Ce caractère permet presque toujours de distinguer les calcaires argileux des calcaires purs, et de reconnaître ainsi approximativement les calcaires à chaux grasse des calcaires à chaux hydraulique.

TOUCHER. — Les caractères qui dépendent du toucher, sont la tachure, l'onctuosité et la flexibilité ou propriété de se plier (mica).

La *tachure* est la propriété qu'ont certains minéraux tendus et friables de laisser une trace sur le papier ou sur une étoffe (graphite).

Souvent deux minéraux ressemblants par leurs autres caractères extérieurs, se distinguent très-bien par la couleur de la tachure : tels sont le graphite et le sulfure de molybdène.

Certains corps produisent une impression de froid lorsqu'on les place dans la main. Ce caractère sert à distinguer le quartz, qui produit cette impression, d'avec les verres, les émaux, qui ne donnent pas cette sensation de froid à la main.

L'*onctuosité* est la faculté que possèdent certains minéraux de faire sur la main l'effet d'un corps gras (exemples : talc, stéatite). Cette propriété est bien développée chez les minéraux magnésiens.

SONORITÉ. — La sonorité est l'impression que les substances minérales peuvent produire sur l'organe de l'ouïe. Le phonolithe est une roche sonore, elle

rend un certain son quand on la frappe ; mais ce caractère est de peu d'importance.

ODEUR. — L'odeur est tantôt propre au minéral et tantôt elle appartient à des principes accidentels. Dans le premier cas seulement, elle offre un bon caractère spécifique ; d'ailleurs, il est rare qu'elle se manifeste spontanément, il faut pour la développer, employer la chaleur, le frottement ou l'insufflation. On développe l'odeur par l'action de la chaleur qui volatilise le corps sans le décomposer, ou bien le fait entrer dans de nouvelles combinaisons. L'odeur caractéristique qui se produit alors, est un caractère de première valeur. Le soufre, l'arsenic, l'antimoine, le phosphore, le chlore, le bitume répandent chacun une odeur particulière qui les caractérise.

L'odeur peut être développée dans un minéral par frottement violent, choc ou fracture. En frottant l'arsenic, il se dégage l'odeur alliagée spéciale à ce genre. Les calcaires noirs développent par le frottement ou la percussion, une odeur bitumineuse, tandis que les calcaires hydrauliques ont une odeur argileuse.

Cette odeur argileuse se dégage de certaines substances minérales par le contact de l'humidité, soit par insufflation de l'haleine, soit de toute autre source d'humidité (exemples : argiles, oxydes terreux, pinite).

Cette odeur se manifeste d'une manière très-frappante, lors des premières gouttes de pluie qui tombent après quelques jours de sécheresse.

II. SIGNALEMENTS EXTÉRIEURS.

Nous comprenons sous ce titre la cassure, l'éclat, la transparence, la densité, la dureté, l'élasticité,

CASSURE. — On entend par cassure les nouvelles faces résultant d'une séparation opérée par un choc sur un minéral. Les surfaces adventives qu'on fait naître en détachant des fragments par la percussion, sont plus importantes à examiner que les surfaces naturelles du minéral rendues frustes par l'altération ou le frottement. Lorsqu'on veut reconnaître l'éclat, la couleur ou la structure d'un minéral, il faut avoir recours à une cassure fraîche.

Pour désigner le genre d'éclat d'une cassure, on dit qu'elle est vitreuse (analogue à celle du verre), résineuse ou cireuse (semblable à celle de la résine). Pour exprimer la texture de l'intérieur de la masse minérale considérée, on dit que la cassure est lamelleuse, fibreuse, grenue ou compacte.

Mais c'est surtout la forme propre aux surfaces de cassure qui est importante comme caractère minéralogique ; on distingue la cassure plate, la cassure esquilleuse ou écailleuse, la cassure conoïde, la cassure conchoïde. La cassure est plate lorsque par le choc, le minéral se divise suivant des surfaces sensiblement planes ; elle est raboteuse ou unie, selon que la surface de cassure présente ou ne présente pas des inégalités.

La cassure esquilleuse a lieu lorsqu'il se détache en partie de la surface de petits fragments, esquilles ou petites écailles minces et demi-transparentes, semblables à celles que l'on remarque en cassant un morceau de cire, un os ou un morceau de bois (exemples : le quartz agate, le feldspath compacte).

La cassure est dite conchoïde lorsque les surfaces adventives, concaves ou convexes portent des stries courbes et concentriques rappelant la forme des coquilles ou celle des stries qu'on voit sur les valves de certaines coquilles (exemples : silex pyromaque, asphalte de Judée, obsidienne).

La cassure conique ou conoïde a lieu lorsque les fragments détachés par le choc, présentent en relief ou en creux la surface d'un cône ou d'un conoïde d'une certaine épaisseur.

ÉCLAT. — L'éclat est une propriété qui dépend de la quantité de lumière que réfléchit dans la même direction la surface d'un minéral. Les minéraux les plus homogènes, très-denses et opaques ont le plus d'éclat.

On distingue plusieurs sortes d'éclat :

1° L'éclat vitreux, le plus faible de tous, analogue à celui du verre, se rencontre dans un grand nombre d'espèces minérales ;

2° L'éclat gras, qui a l'aspect particulier et onctueux d'une huile (exemples : quartz gras, éléolithe) ;

3° L'éclat adamantin se rapproche de l'éclat particulier du diamant (exemples : zircon, céruse) ;

4° L'éclat métallique (métaux) ;

5° L'éclat métalloïde (exemples : certaines variétés d'anthracite, de mica, de diallage) ;

6° L'éclat perlé ou nacré (exemples : corindon, mica, gypse) ;

7° L'éclat soyeux (gypse).

TRANSPARENCE. — Un minéral est transparent quand il laisse passer la lumière de manière à distinguer parfaitement les objets à travers son épaisseur (exemples : spath d'Islande, quartz hyalin) ; il est translucide, lorsqu'il se laisse traverser imparfaitement par la lumière, comme le verre dépoli (agate, albâtre) ; il est opaque, lorsqu'il ne laisse passer aucun rayon lumineux (jaspe). Certains minéraux sont translucides sur les bords minces des

fragments, mais opaques dans leur partie moyenne (silex pyromaque).

DURETÉ. — La dureté est le plus ou moins de résistance qu'un corps oppose à être entamé, rayé ou usé par un autre corps. Ce caractère, qui paraît tenir à l'individu minéralogique, a une importance égale à celle de la cassure.

On évalue la dureté des minéraux en employant une échelle de comparaison proposée par M. Mohs ; elle représente les minéraux en allant du moins dur au plus dur.

ÉCHELLE DES DIX TYPES DE DURETÉ.

- 1 Talc laminaire.
- 2 Sélénite cristallisé.
- 3 Calcaire cristallisé ou spath d'Islande.
- 4 Fluorine cristallisée.
- 5 Apatite.
- 6 Orthose (adulaire).
- 7 Quartz hyalin.
- 8 Topaze.
- 9 Corindon.
- 10 Diamant.

La dureté est toujours égale dans un même minéral quand on l'essaie dans les mêmes circonstances ; dans les espèces qui possèdent des clivages, la dureté est moindre dans le sens des clivages que dans un sens opposé.

La dureté varie cependant avec l'état moléculaire ; elle est diminuée en général dans les minéraux amorphes, sans que la variation s'écarte d'une manière bien marquée de la dureté normale. Ce caractère ne peut faire défaut que pour les variétés

terreuses ; encore l'absence de la dureté n'est qu'apparente. Le minéral se désagrège, mais ses molécules et même ses parties très-divisées prises isolément, sont aussi dures que la masse compacte ou cristallisée. La poussière du charbon, la silice en poudre ont une grande dureté, utilisée pour polir certains corps.

La dureté ne tient pas seulement de la molécule chimique ou de la composition, car si les minéraux alumineux sont très-durs (corindon, spinelle), on connaît des espèces minérales composées des mêmes éléments et dans les mêmes proportions qui ont des duretés différentes. La dureté est un caractère important qui dépend plus de la molécule physique, c'est-à-dire du groupement moléculaire, de la constitution, de la structure des cristaux que de la composition. On sait que l'aragonite raie le calcaire, que les faces du disthène sont moins dures que les angles de ce minéral. La substance a cependant une grande influence sur la dureté : l'observation a prouvé que les minéralisateurs, comme l'oxygène, le soufre, etc., augmentent la dureté des minéraux. Le fer oxydulé est plus dur que le fer métallique, la galène est plus dure que le plomb, etc. L'eau, au contraire, rend moins durs les minéraux avec lesquels elle se combine. Le gypse cristallisé est plus tendre que l'anhydrite ou sulfate de chaux anhydre.

Pour rapporter à l'un des dix types un minéral donné, on essaie de le rayer successivement par le minéral de chaque type, jusqu'à ce qu'on arrive à celui qui l'attaque. La pyrite, par exemple, raye l'orthose et ne peut rayer le quartz hyalin : donc sa dureté est comprise, entre celle du feldspath-orthose et celle du quartz, elle est donc 6,5. L'émeraude raye le quartz et est rayée par la topaze, sa dureté comprise entre 7 et 8, est représentée par 7,5,

Il ne faut pas confondre la tenacité avec la dureté ; le talc est très-tenace, cependant il est très-tendre ; le diamant est très-dur, et il est très-fragile.

Quand un minéral est à la fois très-dur et très-tenace, il donne des étincelles par le choc du briquet (exemple : le silex).

DENSITÉ. — La densité (rapport du poids d'un corps au poids d'un égal volume d'eau pure à 4°) est un caractère de première valeur : elle est constamment la même dans les mêmes espèces, par conséquent elle dérive de la nature de l'individu minéralogique.

La densité est un caractère qui dérive de l'état d'agrégation des molécules plutôt que de leur nature. On sait qu'en écartant, par la chaleur, les molécules d'un corps, la densité diminue à mesure que le volume augmente (les volumes sont en raison inverse des densités), et cela sans rien changer à la nature des corps. L'alumine cuite a une densité de 2, tandis que celle du corindon est d'environ 4 ; le calcaire concrétionné n'a quelquefois que 2,3 et le calcaire cristallisé a une densité de 2,7.

Beudant a observé que : 1° la densité varie dans certaines limites, suivant que l'on opère sur de petits ou sur de gros cristaux, ou sur telle ou telle variété de structure ;

2° Les petits cristaux sont ceux qui donnent les plus grandes valeurs ;

3° Lorsque les structures sont grossières, la densité diminue.

Les minéraux formés par épigénie ont toujours une densité inférieure à celle des espèces formées par les voies ordinaires ; ainsi, les petits cristaux de galène (densité = 7,7593) ont une densité inférieure à celle des prismes hexagonaux provenant de la

substitution du sulfure de plomb au phosphate de plomb dans la pyromorphite (densité = 7,6107).

La substance cependant joue un rôle actif dans la densité ; les minéraux dans lesquels entre la baryte ont une densité plus considérable que ceux qui contiennent les autres bases alcalines. Les espèces minérales métalliques ont généralement des densités supérieures à 5 ; les corps les plus denses sont : l'iridium = 23,640 ; le platine = 21,5 ; l'or = 19,36 ; le tungstène = 17,6. Les espèces pierreuses ont des densités inférieures à 5, et généralement comprises entre 2 et 3 ; il faut en excepter quelques sels plombeux.

Quand on veut déterminer la densité d'un minéral, il faut le choisir pur, homogène et exempt de tout mélange ; en outre, il faut qu'il soit agrégé par voie de cristallisation et non par compression.

En minéralogie, pour mesurer la densité des substances minérales, on emploie deux méthodes : 1° la méthode de Klaproth ou du flacon, 2° la méthode de l'aréomètre ou balance de Nicholson (voir notre *Guide de Physique expérimentale et industrielle*) dont nous allons donner une idée succincte.

MÉTHODE DU FLACON. — On prend un flacon portant un bouchon à l'émeri de façon qu'il s'enfonce d'une quantité toujours égale dans le goulot du flacon. Lorsque le flacon est plein d'eau distillée, on y introduit le bouchon. On tare le flacon dans cet état, puis on place, à côté de lui, dans le plateau de la balance, l'échantillon dont on veut connaître la densité ; soit P son poids.

Ensuite, on fait pénétrer le minéral dans le flacon, une certaine quantité d'eau sort. On pèse de nouveau : la perte du poids qu'a éprouvée le flacon dans

la deuxième pesée, donne le poids de l'eau sortie, soit p ce poids ; la densité D sera donc :

$$D = \frac{P}{p}.$$

2° MÉTHODE DE LA BALANCE DE NICHOLSON. — La balance de Nicholson se compose de deux cônes creux en métal, unis par leur base. A l'un des sommets est fixée une tige mince surmontée d'une petite capsule ou plateau destiné à recevoir les corps à peser et les poids. Sur la tige, est marqué un trait au point d'affleurement qui indique jusqu'où l'instrument doit plonger dans l'eau distillée. Au sommet opposé, est fixé un petit panier conique, lesté pour donner à tout le système une position d'équilibre stable dans l'eau.

On place des poids marqués dans le plateau supérieur jusqu'à ce que l'aréomètre s'enfonce au niveau du trait d'affleurement. On enlève les poids, et l'on y met le corps ; comme la balance n'affleure pas, il faut y ajouter des poids marqués pour déterminer l'affleurement. Le poids du corps P sera la différence des poids des deux pesées. Ensuite, on porte le corps dans le petit panier inférieur : l'équilibre est rompu. On le rétablit en plaçant des poids marqués sur la capsule supérieure ; soit p le poids du volume d'eau déplacé par le corps, on aura :

$$D = \frac{P}{p}.$$

III. SIGNALEMENTS CALORIFIQUES.

CONDUCTIBILITÉ. — La conductibilité est la propriété qu'ont les corps de laisser transmettre ou

passer la chaleur à travers leur masse, les métaux sont en général de bons conducteurs, mais il existe entre eux différents degrés de conductibilité; parmi les corps non métalliques, le charbon, le soufre, sont de très-mauvais conducteurs.

La chaleur ne se propage pas avec la même vitesse en tous sens à l'intérieur des corps cristallisés. M. de Sénarmont a fait une série d'expériences pour trouver les lois de la conductibilité dans les minéraux. Ce minéralogiste se servait de plaques minces, circulaires, percées à leur centre d'un trou rodé sur un tube d'argent. Chaque plaque de cristal, soumise à l'expérience, était recouverte d'un mince enduit de cire vierge. Ensuite, il faisait passer un courant d'air chaud dans le tube, cet air échauffait le centre de la plaque: la fusion de la cire représentait graphiquement la marche de la chaleur et dessinait sur la plaque la forme d'une courbe isotherme. Voici les résultats des expériences de M. de Sénarmont :

1° Dans les cristaux du système régulier, la conductibilité est égale en tous sens, et les surfaces isothermes sont des sphères concentriques à la source de chaleur ;

2° Dans les cristaux des systèmes du prisme droit à base carrée (tétraogonal), rhomboédrique, la conductibilité prend une valeur maximum ou minimum parallèlement à l'axe de la figure, elle est égale dans toutes les directions perpendiculaires à cet axe, et les surfaces isothermes sont des ellipsoïdes allongés ou aplatis, concentriques à la source de chaleur ;

3° Dans les cristaux du système ortho-rhombique ou du prisme droit à base rectangulaire, la conductibilité prend trois valeurs principales suivant des directions rectangulaires, toujours parallèles aux arêtes de ce prisme, et les surfaces isothermes sont

des ellipsoïdes concentriques à la source de chaleur et dont les trois axes inégaux coïncident avec ces arêtes ;

4° Dans les cristaux du système clino-rhombique ou du prisme rectangulaire à base oblique, la conductibilité prend trois valeurs principales, suivant les directions rectangulaires, dont une coïncide toujours avec celui des axes cristallographiques qui est perpendiculaire aux deux axes ; et la surface isotherme est un ellipsoïde à trois axes inégaux, dont un seul a une position déterminée par la forme cristalline ;

5° Dans les cristaux du système clino-édrique ou du prisme oblique non symétrique, la surface isotherme est encore un ellipsoïde à axes inégaux non assignables à priori à cause du manque de symétrie du prisme. Les belles recherches de M. de Sénarmont montrent que la conductibilité est intimement liée avec la structure moléculaire des corps ; et quand cette structure n'est pas semblable en tous sens, la conductibilité varie avec elle-même.

DILATABILITÉ. — La dilatabilité est la propriété qu'ont les corps d'augmenter de volume par l'action de la chaleur. Un corps homogène reste semblable à lui-même en se dilatant. Il n'y a en effet aucune raison pour qu'il se dilate dans un sens plus que dans l'autre.

La température modifie le volume des cristaux ; elle peut aussi changer la forme cristalline, en altérant le rapport de ses axes, mais elle ne détruit pas la structure, et laisse subsister le caractère essentiel de la cristallisation. Les cristaux sont des agrégations moléculaires régulières, où la structure toujours semblable à elle-même, suivant une direction déterminée, peut être différente suivant des directions différentes. On ne saurait donc supposer que les cristaux se dilatent proportionnellement en tous sens.

Les angles des cristaux changent avec la température ; ils se dilatent dans toutes leurs dimensions ; mais les dilatations linéaires sont inégales suivant des directions différentes. Toutes les molécules qui, avant la dilatation, se trouvaient sur un même plan ou sur une même droite, se retrouvent encore après sur un plan ou sur une droite : seulement la direction de ce plan ou de cette droite peut n'être plus la même qu'avant le changement de température.

M. Mitscherlich a observé que dans les minéraux, l'action de la chaleur est en relation avec les axes des cristaux ; ceux qui n'ont que la réfraction simple (système du cube) se dilatent également dans tous les sens, l'action de la chaleur n'altère pas leurs angles (exemples : spinelle, blende, grenat). Les cristaux dont la forme primitive est un rhomboèdre ou un prisme hexagonal régulier (exemples : calcaire, dolomie, sidérose, aragonite, gypse), se comportent dans des directions transversales tout autrement que dans celle de l'axe principal ; les trois axes perpendiculaires à l'axe principal se dilatent également. Dans les cristaux qui ont deux axes de double réfraction, la dilatation n'est pas la même suivant leurs trois dimensions ; les petits axes se dilatent proportionnellement plus que les grands.

FUSIBILITÉ ET SOLUBILITÉ, VOLATILITÉ. — La chaleur désunit les molécules physiques ou agrégations d'individus, les écarte plus ou moins sans les altérer et fait passer les corps solides à l'état liquide ou pâteux (fusibilité) ou à l'état gazeux (volatilité). Mais la fusion s'opère à des degrés différents de température pour les diverses espèces minérales : le magnésium fond à 42° ; l'aluminium vers 700° , l'étain à 228° , le plomb à 335° , le cuivre vers 1100° , l'argent vers 1000° , l'or à 1200° .

Les points de fusion et de volatilisation sont constants pour les mêmes espèces ; ils dérivent à la fois du groupement moléculaire et de la nature de la substance. Ces caractères physiques seraient excellents pour les déterminations spécifiques, s'il était toujours possible d'apprécier exactement la température de la fusion ou de la volatilisation. Certains minéraux (bismuthine, argyrose) sont très-facilement fusibles, il suffit de la chaleur de la flamme d'une bougie pour les fondre ; d'autres exigent l'intervention du chalumeau (galène, anglésite, émeraude, chabasié, etc.), quelques-uns résistent au chalumeau (disthène), ou bien ne se fondent que par l'intervention du chalumeau oxy-hydrogène (platine) ; enfin, quelques minéraux résistent au pouvoir désagrégant de toutes les températures que l'on peut actuellement produire (diamant, graphite).

La fusion des minéraux au chalumeau donne des produits différents selon la température et les espèces. Il est important de bien distinguer les produits de l'action fondante simple ou sans réactifs. Ces produits sont : le vernis qui se produit lorsque le fragment se couvre seulement à la surface d'un vernis vitreux (pyroxène, staurotide) ; la scorie, lorsque l'échantillon se boursoufle sans se réduire en globules ; la frite, lorsque la fusion est imparfaite et qu'une partie non fondue est disséminée dans la partie fondue ; l'émail, lorsque le globule ayant l'éclat du verre, est complètement opaque ; le verre enfin, lorsque le globule parfaitement fondu a l'éclat et presque la transparence du verre.

Un minéral volatil (cinabre, arsenic), peut se volatiliser entièrement par l'action de la chaleur ou bien il n'y a qu'un de ses principes qui se volatilise (argyrithrose). Pour recueillir la matière volatilisée, on place l'échantillon dans un tube de verre ouvert

à une ou à deux extrémités et qu'on tient obliquement. On chauffe le fragment à travers le tube, et on peut reconnaître la partie volatilisée qui se condense sur une partie du tube.

Le plus grand nombre des minéraux est insoluble dans l'eau ; quelques-uns même (quelques silicates), sont insolubles dans les acides. Cependant, on a remarqué que si on laisse ces minéraux, inattaquables par les acides, en contact avec ces corps pendant plusieurs mois ou plusieurs années, l'acide a dissous une certaine quantité du minéral. Donc la solubilité dans les acides est fonction du temps.

Les minéraux solubles (sel gemme, epsomite) sont constamment lavés par les eaux souterraines qui les traversent ; en dissolution, ces eaux les portent sur divers points de la surface ou de l'intérieur de la terre.

L'eau ne dissout ni les oxydes ni la grande majorité des sels que l'on trouve dans la nature (carbonates, silicates) ; les gypses, les calcaires, les argiles, les feldspaths, etc., sont insolubles dans l'eau prise dans les circonstances normales. Mais lorsque ce liquide a dissous de l'acide carbonique, il devient un dissolvant énergique du calcaire et de quelques autres minéraux.

En outre, l'eau qui pénètre dans les profondeurs de la croûte terrestre acquiert de puissantes propriétés dissolvantes, à l'aide probablement de la température élevée qu'elle a prise et de la pression. Dans ces nouvelles circonstances, l'eau est capable de dissoudre des oxydes, des sels, des acides (silicique, borique), des sulfures, etc., sur lesquels, à la température et à la pression ordinaires, elle n'exercerait qu'une minime action dissolvante.

DIATHERMIE. — La diathermie est la propriété que

possèdent certains corps de se laisser plus ou moins facilement traverser par la chaleur.

Les corps diathermanes sont ceux qui se laissent aisément traverser par les rayons de chaleur ; ils sont transparents pour les rayons calorifiques : le sel gemme, le quartz enfumé, le mica noir, la céruse, le spath d'Islande sont diathermanes ; mais le sel gemme est le plus diathermane de tous les corps connus. Les corps athermanes sont ceux qui ne laissent pas passer les rayons calorifiques (exemples : métaux, alun, gypse, etc.).

IV. SIGNALEMENTS ÉLECTRIQUES.

ÉLECTRICITÉ, PYRO-ÉLECTRICITÉ. — L'électricité dépend non-seulement de la nature des corps, mais encore du mode d'agrégation des molécules, de l'état de la surface. Ce caractère peut varier dans les mêmes espèces et dans les mêmes variétés ; ainsi, certains minéraux, comme le disthène, s'électrisent négativement sur une face et positivement sur une autre.

Les minéraux électriques sont distingués en deux groupes : 1° les minéraux mauvais conducteurs ou isolants, 2° les minéraux conducteurs.

Le groupe des minéraux isolants ou mauvais conducteurs comprend les substances transparentes, incolores, d'apparence vitreuse ou lithoïde (exemples : diamant, topaze, spath d'Islande) qui s'électrisent positivement ou négativement. Il renferme aussi les substances douées d'une couleur propre et de nature résineuse qui prennent par le frottement l'électricité négative (succin, soufre).

Le groupe des minéraux conducteurs comprend les substances essentiellement opaques et douées d'éclat métallique (graphite, pyrite, galène) qui ac-

quière, lorsqu'elles sont isolées et frottées, les unes, l'électricité positive, les autres, l'électricité négative.

On électrise les minéraux : 1° par le frottement à l'aide d'une étoffe de laine, 2° par la pression, 3° par la chaleur.

Certains minéraux peuvent s'électriser par la pression (spath d'Islande), mais ce moyen n'est guère employé; il ne réussit que sur certains minéraux taillés en plaques ou qui peuvent offrir cette forme en se clivant.

Les minéraux électrisés persistent plus ou moins longtemps dans leur état électrique : le calcaire et le topaze du Brésil conservent leur électricité pendant plusieurs jours ; le diamant et le quartz la perdent au bout de quelques instants.

PYRO-ÉLECTRICITÉ. — Certains minéraux isolants sont pyro-électriques ou peuvent s'électriser par la chaleur. Chez les uns, il se développe une seule espèce d'électricité sur toute la surface du corps ; chez quelques minéraux cristallisés présentant une hémiedrie polaire, il se développe les deux électricités. De là, on distingue deux sortes de pyro-électricité : 1° la pyro-électricité simple, 2° la pyro-électricité polaire.

1° *Pyro-électricité simple.* Elle consiste dans le développement d'une seule espèce d'électricité positive ou négative, sur toute la surface du minéral, comme cela aurait lieu par le frottement ou la pression. Ce phénomène s'observe dans des substances nombreuses cristallines ou amorphes, organiques ou inorganiques.

2° *Pyro-électricité polaire.* La pyro-électricité polaire est un phénomène qui consiste en ce que certains minéraux chauffés ou refroidis uniformé-

ment, manifestent, tant que leur température est croissante ou décroissante, les deux espèces d'électricité à la fois dans des points séparés et situés ordinairement aux extrémités d'un même axe, et auxquels on a donné le nom de *pôles électriques*. Les minéraux cristallisés présentant une dyssymétrie ou une hémiedrie paraissent être les seuls qui jouissent de la pyro-électricité polaire : il existe donc une relation entre ce phénomène et les conditions cristallographiques des minéraux. Exemples : tourmaline, topaze; boracite, smithsonite (calamine de Beudant) ou zinc silicaté, prehnite, scolésite, axinite, barytine, émeraude, quartz, rutile, possèdent la pyro-électricité polaire.

Des recherches de M. Becquerel, sur la pyro-électricité, il résulte :

1° Que les divers corps ne commencent à acquérir de l'électricité polaire qu'à une certaine température à peu près constante pour chacun d'eux, mais variable d'un corps à un autre ;

2° Qu'à partir de cette limite, l'intensité électrique se développe à chaque pôle et croît avec la température ;

3° Que toute trace d'électricité polaire disparaît si la température, cessant de croître, reste stationnaire ;

4° Que pendant le refroidissement les pôles et l'intensité électrique reparaissent, mais en sens inverse, de sorte que le pôle qui manifestait l'électricité négative pendant la période d'augmentation de température, offre l'électricité positive pendant la période décroissante et réciproquement.

MM. G. Rose et Riess, ont cherché à déterminer la position des axes et des pôles pyro-électriques ainsi que la nature de l'électricité qui s'y développe ; ils ont été amenés à diviser les cristaux polaires en trois catégories :

1° Les cristaux à pôles terminaux (tourmaline, scolézite, smithsonite) ont un seul axe électrique qui se confond avec l'axe cristallin principal. Ils se présentent sous la forme de prismes, de baguettes isolées ou agrégées aux extrémités desquels se trouvent les pôles électriques ;

2° Les cristaux à plusieurs axes électriques (axinite, boracite) ont ces axes confondus avec les axes cristallins ou en sont distincts ; l'axinite a deux pôles électriques distincts des axes cristallins ; la boracite en a sept qui se confondent avec les axes cristallins ; elle offre donc quatorze pôles électriques, huit aux angles solides et six au milieu des faces.

3° Les cristaux à pôles centraux (prehnite, topaze) possèdent des pôles électriques en partie extérieurs et en partie centraux. La prehnite (prisme droit à base rhomboïdale) a deux axes électriques qui sont placés bout à bout suivant la petite diagonale de la base ; par conséquent, il existe au centre de cette base un pôle commun d'un certain ordre, et à chaque extrémité de la diagonale un pôle d'un ordre opposé à celui du centre ; il y a donc à chaque base de la prehnite trois pôles dont un central.

On nomme pôle analogue, celui qui s'électrise positivement pendant la période ascendante de la température, et négativement pendant la période descendante ; tandis qu'on appelle pôle antilogue celui qui indique de l'électricité négative pendant la période croissante de température, et de l'électricité positive pendant la période décroissante. Dans la tourmaline, le sommet qui porte les faces de la pyramide fondamentale posée sur trois faces du prisme, est constamment analogue, le sommet opposé est antilogue. Dans la scolézite, le pôle antilogue se trouve à l'extrémité libre ou divergente des rayons des masses radiées (prismes ou aiguilles) sous lesquels elle se présente.

Dans le smithsonite, le contraire a lieu ; dans la prehnite, le pôle central est analogue, et les pôles situés sur les arêtes obtuses, passant par les extrémités de la petite diagonale, sont antilogues.

La conductibilité électrique est analogue à la conductibilité pour la chaleur et suit les mêmes lois dans les cristaux.

MAGNÉTISME. — Le magnétisme est la propriété que possèdent certains minéraux d'agir sur un aimant ou d'être affectés par lui.

Les seuls métaux dans lesquels on ait reconnu les propriétés magnétiques, sont ceux de la famille du fer, savoir : le fer, le nickel, le cobalt, le chrome et le manganèse. Mais il n'y a que le fer qui se rencontre dans la nature à l'état convenable pour agir d'une manière sensible sur l'aiguille aimantée ; les autres métaux ne possèdent le magnétisme qu'à un degré plus faible et ne le manifestent qu'après avoir été amenés à un grand état de pureté. Suivant M. Delesse, les roches et les minéraux suivants manifestent naturellement et sensiblement la propriété magnétique : hypérite, mélaphyre, serpentines, trachytes, dolérite, basalte, micas, grenats, hypersthène, hornblende, augite, minerais de platine, alumino-silicate de fer, oligistes, certaines pyrites, leberkise, nigrine, aimant, fer natif des aréolithes.

Les minéraux ont : 1° ou le magnétisme simple, 2° ou le magnétisme polaire, comme l'aimant ou fer oxydulé. Tout minéral placé entre les pôles d'un électro-aimant très-puissant, est sensible à l'action magnétique, et cette action agit tantôt comme force attractive, tantôt comme force répulsive ; de là résulte la division suivante.

Les minéraux magnétiques peuvent se diviser en deux groupes : 1° les minéraux paramagnétiques

qui sont attirables à l'aimant et dont la poussière prend une direction parallèle à l'axe magnétique (exemples : fer, nickel, cobalt, manganèse, platine, cassitérite, idocrase, tourmaline, pyroxène, etc.) ; 2° les minéraux diamagnétiques qui sont repoussés par l'aimant et dont la poussière prend une direction perpendiculaire à l'axe magnétique (exemples : soufre, arsenic, bismuth, antimoine, zinc, plomb, or, quartz, calcaire, gypse, zircon, topaze).

Il y a des minéraux (disthène, par exemple) qui, selon certaines circonstances de température, de milieu ambiant, de structure, sont tantôt paramagnétiques, tantôt diamagnétiques.

Pour reconnaître si un métal est magnétique, on l'approche d'une aiguille aimantée très-mobile qui repose sur un pivot placé à l'extrémité d'une tige verticale, et on voit si l'aiguille est dérangée par attraction de sa position d'équilibre.

Pour s'assurer si un minéral possède le magnétisme polaire, on présente successivement au même pôle de l'aiguille aimantée mobile, les diverses parties du minéral, afin de trouver un point où il y ait répulsion.

Le magnétisme peut servir à distinguer les minéraux du genre fer, principalement le fer natif des aréolithes, l'aimant ou magnétite, la nigrine, la leberkise. Certains minéraux ferrugineux qui n'attirent point l'aiguille aimantée dans leur état ordinaire, deviennent magnétiques en subissant une décomposition partielle par l'action de la chaleur, comme la limonite, la pyrite.

PHOSPHORESCENCE, FLUORESCENCE. — La phosphorescence est la propriété que possèdent certains minéraux de devenir lumineux par eux-mêmes, et de pouvoir luire dans l'obscurité. MM. Dessaignes,

Brewster, Becquerel, Ed. Becquerel, admettent que la lumière phosphorique est identique avec la lumière électrique et qu'un dégagement d'électricité accompagne toujours l'émission de la phosphorescence.

La fluorescence est une phosphorescence qui ne dure qu'un instant inappréciable ; ce phénomène s'observe dans la fluorine, le diamant, le bisulfate de quinine.

La phosphorescence consiste essentiellement dans la persistance de l'impression produite par la lumière, au-delà du moment où elle cesse d'agir sur la substance impressionnable ; et la fluorescence, au contraire, dans un effet non permanent, qui cesse aussitôt que le corps n'est plus soumis à l'influence immédiate de la lumière solaire.

On développe la phosphorescence dans les minéraux qui peuvent l'acquérir, par la lumière solaire ou artificielle, la chaleur, l'électricité, le frottement, la percussion, la compression.

Il y a des minéraux sur lesquels le plus léger frottement suffit pour produire une trainée lumineuse dans l'obscurité (exemple : certaines variétés de blende fibreuse) ; d'autres exigent un frottement plus fort ou une percussion (exemples : quartz hyalin, silex). D'autres minéraux deviennent phosphorescents en les chauffant ou en les soumettant à l'action de la lumière électrique. L'apatite donne une belle couleur jaune lorsqu'on projette sa poussière sur une pelle chaude dans l'obscurité ; certaines variétés de fluorine, dans les mêmes circonstances, émettent une belle couleur verte (chlorophanes) ; d'autres variétés produisent une couleur violette.

L'insolation solaire est un des principaux moyens de produire la phosphorescence ; cette propriété est surtout sensible dans les substances minérales com-

posées de fluorine ou de sulfates métalliques. Certains sels acquièrent la phosphorescence lorsqu'ils sont fortement calcinés au contact du charbon (exemple : barytine) : on formait autrefois ainsi le phosphore artificiel ou phosphore de Bologne.

La phosphorescence paraît en rapport avec la structure cristalline et avec les directions des clivages les plus faciles.

L'état des surfaces a aussi une grande influence sur la phosphorescence produite par frottement. En général, le phénomène ne se manifeste pas sur les cristaux dont les faces sont naturellement polies et brillantes ; il suffit souvent de dépolir les surfaces ou de réduire le cristal en fragments pour produire la phosphorescence. Cependant, le diamant en cristaux naturels ne donne aucune lueur phosphorescente, tandis qu'il luit dans l'obscurité lorsqu'il est taillé, poli et insolé.

V. SIGNALEMENTS OPTIQUES.

RÉFRACTION. — La réfraction est la propriété que possèdent les rayons lumineux obliques de se dévier de leur direction en passant d'un milieu dans un autre. Si le rayon lumineux, en se déviant, reste simple, ne fait que changer de route sans se partager, on dit que la réfraction est simple ; au contraire, si le rayon, en même temps qu'il se dévie, se dédouble et se bifurque, de manière qu'on ait deux rayons réfractés pour un rayon incident, on dit que la réfraction est double.

Les corps transparents doués de la double réfraction donnent généralement deux images de chaque objet, vu en travers du corps par des faces inclinées l'une à l'autre ; les corps doués de la réfraction simple ne donnent qu'une seule image des objets

déliés qu'on regarde à travers deux de leurs faces opposées.

Réfraction simple. La réfraction simple est soumise aux lois suivantes :

1° Le sinus de l'angle d'incidence et le sinus de l'angle de réfraction sont dans un rapport constant pour deux mêmes milieux, mais variables si les milieux changent ;

2° Le rayon incident et le rayon réfracté sont dans un même plan perpendiculaire à la surface qui sépare les deux milieux.

Le rapport constant entre le sinus de l'angle d'incidence et le sinus de l'angle de réfraction est appelé indice de réfraction. Représentons par I sa valeur pour une substance déterminée, on a la formule générale :

$$I = \frac{\sin i}{\sin r},$$

i étant l'angle d'incidence, r celui de réfraction.

L'indice de réfraction étant constant pour les mêmes espèces transparentes et pures, et variant d'une espèce à une autre, fournit un caractère pour les déterminations spécifiques. Mais la valeur de l'indice varie avec la composition moléculaire et avec les mélanges qui altèrent la pureté des espèces.

TABLEAU

des indices de réfraction de quelques minéraux.

Diamant	2,470	Saphir blanc	1,768
Blende	2,369	Saphir bleu	1,794
Rubis spinelle	1,812	Saphir oriental	1,779
Grenat	1,81	Soufre	2,115
Sel gemme	1,557	Arragonite	1,693 et 1,545
Amphigène	1,527	Spath d'Islande	1,654 et 1,483
Opale	1,479	Crocoïse	2,500 et 2,974
Fluorine	1,434	Cinabre	3,201 et 2,854

Réfraction double. La double réfraction a lieu lorsque le rayon incident se divise en deux rayons réfractés distincts. Cette propriété n'appartient pas à

tous les minéraux : les cristaux qui la possèdent sont nommés biréfringents, tandis que ceux qui n'ont que la réfraction simple sont dits uniréfringents.

Dans un cristal doué de la double réfraction, il y a toujours une ou deux directions suivant lesquelles on n'observe que la réfraction simple, c'est-à-dire suivant lesquelles on ne voit qu'une image des objets : ces directions se nomment axes optiques ou axes de double réfraction. Ainsi, si l'on place, par l'une de ses bases ou par l'un de ses pans, un prisme hexagonal de spath d'Islande, sur un point noir, et qu'on regarde par la face opposée, de manière que l'œil soit perpendiculaire à cette face, on ne verra qu'une seule image du point noir. Mais pour peu qu'on s'écarte de la direction perpendiculaire, on voit paraître la double image.

On nomme cristaux à un axe, ceux qui ne présentent qu'une direction où la lumière ne se bifurque pas, et cristaux à deux axes ceux qui en présentent deux. M. Brewster a constaté que dans les cristaux à un axe, l'axe de double réfraction coïncide toujours avec l'axe de cristallisation. Les minéraux uniréfringents appartiennent généralement au système cubique ; les biréfringents appartiennent aux autres systèmes. Parmi ceux-ci, tous les cristaux qui ont un seul axe appartiennent au système rhomboédrique ou au système du prisme quadratique ; tous ceux qui ont deux axes appartiennent à l'un des autres systèmes, à l'exception du système cubique. Au moyen de cette observation, on pourrait distinguer beaucoup de minéraux, par exemple, le quartz hyalin de la topaze, le spath d'Islande du gypse.

On peut, au moyen de la double réfraction, distinguer certains minéraux qui se ressemblent par quelques caractères extérieurs, pourvu qu'ils soient en cristaux naturels ou taillés en lamelles ou même en fragments irréguliers. On ne pourra pas confon-

dre le quartz et le verre, le corindon et le spinelle, le zircon et le grenat ; car le verre, le spinelle et le grenat sont uniréfringents, tandis que le quartz, le corindon et le zircon sont biréfringents. Mais ce caractère n'est pas absolu, car M. Brewster a reconnu des anomalies qui démontrent que des minéraux manifestent tantôt la réfraction simple, tantôt la réfraction double. En effet, le diamant, l'alun, la fluorine, la boracite, l'analcime, la blende, le sel gemme qui dépendent du système cubique, jouissent assez souvent de la double réfraction.

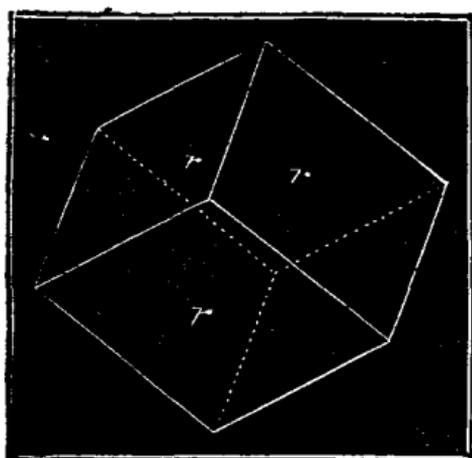
Des deux rayons réfractés, l'un suit les lois de la réfraction simple, mais l'autre n'est pas soumis à ces lois : le premier est le rayon ordinaire, le second est le rayon extraordinaire.

Il y a des cristaux à un axe optique dans lesquels l'indice de réfraction ordinaire est plus grand que l'indice de réfraction extraordinaire, il semble que le rayon ordinaire s'éloigne davantage de l'axe comme s'il était repoussé, ce sont les cristaux répulsifs ou négatifs (exemples : spath d'Islande, tourmaline, émeraude, anatase, etc.). Il y en a d'autres dans lesquels le rayon ordinaire s'approche davantage de l'axe comme s'il était attiré : ce sont les cristaux attractifs ou positifs (exemples : quartz hyalin, zircon, rutile, etc.).

Si l'on regarde un objet à travers un cristal biréfringent, on aperçoit deux images de cet objet. Prenons, par exemple, un rhomboèdre de spath d'Islande (fig. 110), et supposons que A et B soient les deux images d'une ligne ou raie tracée sur une feuille de papier et qu'on regarde au travers de la face supérieure du cristal. Si l'on fait tourner le cristal, on remarquera que l'une des images de la raie, l'image A, par exemple, ne change pas de position et qu'elle se confond même avec la raie, tandis que l'image B s'en approche ou s'en écarte, suivant

le sens dans lequel on fait tourner le cristal. Les deux images s'écartent si l'on tourne le cristal de l'angle obtus de la face vers l'angle aigu, de sorte que lorsque la grande diagonale est parallèle à la ligne tracée sur le papier, l'écartement des deux images est maximum ; au contraire, quand cette

Fig. 110.



ligne est parallèle à la petite diagonale, les deux images se superposent et semblent n'en faire qu'une ; mais elles existent à différentes hauteurs et sont toutes les deux dans le plan de la section principale du rhomboèdre : la première image est l'image ordinaire, et la seconde, l'image extraordinaire.

Lorsqu'on regarde la raie suivant l'axe du rhomboèdre, on ne voit qu'une image. On peut faciliter cette expérience en taillant, à chaque extrémité de l'axe, une face terminale droite perpendiculaire à l'axe. En plaçant le cristal de manière que cette face s'applique sur le papier qui porte la raie, et en regardant par l'autre face, on n'observe plus qu'une seule image. L'axe du rhomboèdre paraît donc exercer dans le spath d'Islande, une action sur le faisceau de lumière. Cette action de l'axe du spath calcaire lui a fait donner le nom d'axe de double

réfraction. La polarisation nous permettra d'étudier la double réfraction et de connaître les relations qui lient la biréfringence à un ou deux axes avec la forme cristalline.

POLARISATION. — La polarisation, découverte par Malus (1810), est une modification particulière des rayons lumineux, en vertu de laquelle, une fois réfléchis ou réfractés, ils deviennent incapables de se réfléchir ou de se réfracter de nouveau dans certaines directions : ils sont alors polarisés.

La lumière est polarisée par réflexion et par réfraction.

1° Réfléchi sur une glace de verre, la lumière se polarise lorsque la réflexion se produit sous un angle de $35^{\circ} 25'$ avec la glace.

En effet, supposons un rayon lumineux arrivant sur une glace de verre polie et non étamée ou sur une glace noire en faisant un angle de $35^{\circ} 25'$; ce rayon se réfléchira suivant une direction rectiligne et en obéissant aux lois de la réflexion. Mais la lumière réfléchi dans cette circonstance, sera polarisée. En effet, si on reçoit ce rayon réfléchi sur une autre glace non étamée ou noire, sa réflexion sera nulle, si la seconde glace forme également un angle de $35^{\circ} 25'$ avec le rayon réfléchi, et si de plus elle est tournée de manière que la seconde réflexion se fasse dans un plan perpendiculaire au plan dans lequel s'est opérée la première réflexion.

La plupart des minéraux possèdent la propriété de polariser la lumière, mais l'angle sous lequel le maximum d'effet a lieu est différent pour chaque substance.

2° La lumière polarisée ne donne qu'une seule image, en traversant un prisme biréfringent, si la section principale de ce prisme est perpendiculaire ou parallèle au plan de réflexion ou d'incidence ;

tandis qu'elle donne deux images plus ou moins intenses dans toutes les autres positions. En effet, si l'on place un rhomboèdre en spath d'Islande sur une feuille de papier portant un point noir, on obtiendra deux images de ce point, l'une soumise à la réfraction ordinaire et l'autre à la réfraction extraordinaire. Si sur ce premier rhomboèdre on en place un deuxième, les deux images y pénétrant, et suivant la position relative des deux rhomboèdres, on observe deux ou quatre images.

Quand les deux rhomboèdres ont toutes leurs faces et, par conséquent, leurs sections principales parallèles, on ne voit que deux images. Alors le rayon qui provient de la réfraction ordinaire du premier cristal se réfracte ordinairement dans le second, et de même celui qui provient de la réfraction extraordinaire du premier cristal se réfracte dans le deuxième extraordinairement.

Si on maintient fixe le premier rhomboèdre et qu'on donne à l'autre un mouvement de rotation en s'arrangeant de manière que les faces qui reçoivent les images soient constamment parallèles, on voit apparaître quatre images aussitôt que les sections principales ne sont plus parallèles. Chacun des rayons émergents du premier cristal se bifurque en traversant le second; de là résultent deux images ordinaires et deux images extraordinaires, dont les intensités dépendent de l'angle compris entre les deux sections principales.

Si l'on continue le mouvement de rotation, après avoir vu les images s'écarter, on les voit se rapprocher, et lorsque les sections principales sont devenues perpendiculaires, elles se réunissent de nouveau et l'on n'aperçoit plus que deux images. En continuant le mouvement, on repasse par les mêmes positions de tout à l'heure, les deux images se séparent de nouveau et les quatre reparaissent jusqu'à

ce que le second rhomboèdre soit redevenu parallèle au premier.

Cette expérience prouve que le spath d'Islande possède deux plans de polarisation perpendiculaires l'un sur l'autre, correspondant aux plans diagonaux du rhomboèdre : il en est de même dans tous les cristaux à un axe de double réfraction.

3° La tourmaline polarise la lumière à un haut degré ; un rayon lumineux en tombant sur une plaque de cette substance dont l'axe est parallèle au plan de réflexion, s'éteint complètement ou en grande partie, tandis qu'au contraire, elle se transmet avec une intensité croissante, à mesure que l'axe de la tourmaline approche d'être perpendiculaire au plan de réflexion. Il résulte de cette propriété, que si l'on reçoit un rayon polarisé sur une plaque de tourmaline, quand il s'éteint complètement, le plan de polarisation est parallèle à la plaque ; si, au contraire, le rayon atteint son maximum d'intensité en traversant la tourmaline, son plan de polarisation est perpendiculaire à l'axe de la plaque.

Si l'on applique, en position parallèle l'une sur l'autre, deux plaques de tourmaline taillées parallèlement à l'axe, le rayon polarisé traversera les deux plaques superposées ; mais si l'on tourne l'une des plaques, l'espace compris entre les deux plaques s'éteindra successivement à mesure que l'on tournera de plus en plus cette plaque, et lorsque les deux plaques seront superposées à angle droit, la partie en contact des deux plaques sera entièrement obscure, si les plaques polarisent complètement.

Interposons, entre les deux plaques de tourmaline un cristal jouissant de la double réfraction ; le rayon polarisé, en traversant ce cristal, sera dévié de sa route. Le plan de polarisation aura tourné, et le rayon n'étant plus perpendiculaire à la surface d'émergence, ne sera plus dans la position convenable pour

être polarisé : la lumière sera rétablie, et la partie qui était obscure deviendra transparente.

En résumé, le rayon polarisé jouit des propriétés suivantes : 1° ce rayon n'éprouve aucune réflexion en tombant sous une seconde lame de verre sous le même angle de $35^{\circ} 25'$ si le plan d'incidence sur cette seconde lame est perpendiculaire au plan d'incidence sur la première ; 2° transmis à travers d'un prisme biréfringent, il ne donne qu'une image, si la section principale est parallèle ou perpendiculaire au plan d'incidence ; 3° ne se transmet pas au travers d'une tourmaline dont l'axe de cristallisation est parallèle au plan d'incidence et se transmet quand cet axe est perpendiculaire à ce plan.

L'angle de polarisation est l'angle que fait le rayon incident avec une surface plane et polie pour que le rayon réfléchi soit polarisé le plus possible.

M. Brewster a fait connaître la loi suivante, remarquable par sa simplicité : « l'angle de polarisation est l'angle d'incidence pour lequel le rayon réfléchi est perpendiculaire au rayon réfracté. »

ANGLES DE POLARISATION.

Verre. . . .	$35^{\circ} 25'$	Diamant. . . .	$21^{\circ} 59'$	Topaze. . . .	$31^{\circ} 26'$
Eau.	$37^{\circ} 45'$	Zircon.	27°	Obsidienne	$33^{\circ} 30'$
Quartz. . . .	$32^{\circ} 28'$	Spinelle. . . .	$29^{\circ} 35'$		

Le plan de polarisation, c'est le plan de réflexion dans lequel la lumière se trouve polarisée ; ce plan coïncide avec le plan d'incidence et contient l'angle de polarisation. La lumière qui se polarise en traversant une substance biréfringente a les deux rayons polarisés dans deux plans perpendiculaires.

RECONNAÎTRE SI UNE SUBSTANCE EST BIRÉFRINGENTE.
 PINCE A TOURMALINE. — La propriété que nous avons reconnue à la tourmaline nous permettra de distinguer les minéraux biréfringents de ceux qui

ne le sont pas. A cet effet, on emploie ordinairement la pince à tourmaline. La pince à tourmaline est composée d'un gros fil d'argent ou de cuivre bouclé au milieu de sa longueur et croisé de manière que ses deux extrémités libres puissent se rapprocher et s'appliquer l'un sur l'autre en exerçant une pression mutuelle. Ces extrémités sont disposées en cercle dont chacun entoure un anneau qui encadre une rondelle de liège portant, vers sa partie centrale, une plaque de tourmaline. Les anneaux peuvent librement tourner dans les cercles qui les embrassent, de manière qu'il est facile d'amener les deux plaques de tourmaline dans toutes les positions parallèles aux plans des cercles.

On place le minéral à essayer entre les deux rondelles, il y est maintenu et pressé par la seule force du ressort de la pince; ensuite on regarde à travers les plaques. Si le minéral est uniréfringent, l'endroit du croisement des deux lames de tourmaline qui est obscur, ne laissera passer aucune lumière après l'interposition; mais lorsque le minéral possède la double réfraction ou qu'il est biréfringent, ce minéral forcera le rayon polarisé par la première tourmaline à se diviser en deux nouveaux rayons, dont l'un, polarisé en sens inverse de l'autre, pourra traverser la seconde plaque de tourmaline, et l'endroit du croisement deviendra plus ou moins clair.

L'expérience précédente permettra toujours de distinguer le verre ordinaire non trempé du quartz taillé, ce qui est souvent utile pour reconnaître les falsifications des opticiens qui voudraient vendre des lunettes de verre pour des lunettes en quartz.

RECONNAÎTRE SI UN CRISTAL POSSÈDE UN OU DEUX AXES. — Pour reconnaître si un minéral a un seul ou deux axes optiques, on interpose dans la pince à tourmaline une plaque de ce minéral taillée per-

pendiculairement à l'axe cristallin, ou à l'un des axes cristallins, ou enfin à la ligne moyenne.

Lorsque le minéral ne possède qu'un seul axe optique, on aperçoit une série d'anneaux colorés, circulaires et concentriques, traversés, sauf quelques exceptions, par une croix noire plus ou moins apparente et dont les bras s'épanouissent à leurs extrémités sous la forme d'un plumet.

Si l'on fait faire à la tourmaline située du côté de l'œil, un quart de révolution sur elle-même, la croix noire est alors remplacée par une croix blanche, et les couleurs des anneaux sont complémentaires de celles qu'on avait dans la première position.

Lorsque le minéral possède deux axes optiques, la pince à tourmaline laisse voir deux séries d'anneaux colorés et généralement elliptiques qui sont traversés chacun par une bande noire ayant la forme d'une courbe hyperbolique, et passant par le centre des anneaux, c'est-à-dire par le pôle de l'axe optique. La ligne noire prend successivement des positions et des courbures différentes, à mesure que l'on fait tourner la plaque du minéral dans son propre plan. L'écartement des deux séries d'anneaux est plus ou moins grand, suivant la nature du minéral, et indique ainsi l'angle des deux axes.

Si les deux axes font entre eux un angle assez petit, inférieur à $20'$ ou 25° pour que chacun d'eux puisse être compris dans le cône des rayons polarisés qui convergent vers l'œil, on aperçoit à la fois les deux systèmes d'anneaux, et le centre de chaque système indique le pôle de l'axe autour duquel il se forme. C'est ce qui a lieu dans la céruse, la strontianite, la witherite, le nitre, le talc laminaire, l'aragonite. Si les deux axes optiques font entre eux un angle un peu grand, il n'est plus possible d'embrasser à la fois dans le champ de la pince à tourmaline, les deux systèmes d'anneaux, et l'on ne

peut qu'on obtienne successivement l'un et l'autre système, en inclinant la lame du minéral dans un sens, puis dans un autre, sur le rayon polarisé transmis par la première tourmaline, c'est ce qui a lieu pour la topaze, certains micas.

Les lignes noires représentent les traces des plans de polarisation ou les lignes neutres suivant lesquelles il n'y a pas de lumière transmise. Dans les cristaux à un axe, les deux plans de polarisation sont perpendiculaires entre eux. Pour les substances à deux axes, chaque système ne possède qu'un plan de polarisation qu'indique la ligne noire ; le centre de chacun des systèmes d'anneaux colorés indique le prolongement de l'axe autour duquel il se produit ; on voit aussi que les lignes noires qui traversent chacun des systèmes d'anneaux colorés, sont dans des sens opposés.

RECONNAÎTRE SI UN CRISTAL A UN AXE POSITIF OU NÉGATIF. — Pour reconnaître si un cristal à un axe optique est positif ou négatif, on place dans la pince à tourmaline une plaque taillée perpendiculairement à l'axe, et on lui superpose une plaque semblable d'un autre minéral dont le mode d'action soit connu, et on remarque si les anneaux s'élargissent ou se rétrécissent. On prend ordinairement le spath d'Islande qui est négatif. Quand les anneaux s'élargissent, les deux minéraux sont d'actions contraires, car les choses se passent comme si l'on diminuait l'épaisseur de la plaque soumise à l'essai ; donc le cristal possède un axe attractif ou positif. Quand ils se rétrécissent, les actions sont de même espèce ; car les choses se passent comme si on augmentait l'épaisseur de la plaque ; donc le cristal a un axe répulsif ou négatif.

Les six systèmes cristallins, par rapport à la ré-

fraction, peuvent être groupés en trois catégories, savoir :

1° Système cubique dont les cristaux ne jouissent que de la simple réfraction ;

2° Système quadratique et système hexagonal dont les cristaux transparents jouissent de la double réfraction à un axe optique ;

3° Systèmes ortho-rhombique, clino-rhombique et clino-édrique dont les cristaux transparents jouissent de la double réfraction à deux axes.

M. Descloizeaux partage les cristaux en cinq groupes, par rapport aux relations entre la forme cristalline et les propriétés optiques :

1° Cristaux du système cubique et substances uniaxes : pollux, diamant, fluorine, sel gemme, blende ;

2° Cristaux du système quadratique : zircon, idocrase, apophyllite, et du système hexagonal : béryl, tourmaline, quartz à double réfraction uniaxe, dont l'axe optique coïncide avec l'axe cristallographique principal ;

3° Cristaux du système ortho-rhombique, dont le plan des axes optiques coïncide avec le plan de la base ou avec l'un des plans diagonaux du prisme rhombique ;

4° Cristaux du système clino-rhombique : diopside, épidote, euclase, clinocllore, orthose, pargasite, glaubérite, datolithe, heulandite, dont le plan des axes optiques est parallèle ou perpendiculaire au plan des axes cristallographiques ou au plan de la base du prisme ;

5° Cristaux du système clino-édrique : axinite, amblygonite, albite, dysthène, sassoline, dont le plan des axes optiques et leurs bissectures n'ont aucune relation nécessaire et prévue à priori avec les plans diagonaux et les axes cristallographiques.

	CARACTÈRE
<p><i>Cristaux uniréfringents</i> ne donnant lieu à aucune distinction d'axes.</p>	<p>Sans axes optiques.</p>
<p><i>Cristaux biréfringents</i> à deux sortes d'axes :</p> <p>1° Axes d'élasticité ou lignes pour lesquelles la séparation des deux faisceaux réfractés est nulle, mais non la différence de leurs vitesses.</p> <p>2° Axes optiques ou directions dans lesquelles la différence des vitesses est nulle pour toutes les ondes planes qui les suivent, quel que soit le sens de leur polarisation.</p>	<p>A un axe optique.</p> <p>Une infinité d'axes d'élasticité, dont un perpendiculaire à tous les autres.</p> <p>Une infinité de sections principales.</p> <p>Une seule section perpendiculaire.</p>
	<p>A deux axes optiques.</p> <p>Trois axes d'élasticité tangenciaux.</p> <p>Une section principale.</p> <p>Deux sections perpendiculaires.</p>

POLYCHROÏSME. — Le polychroïsme est la propriété que possèdent certains cristaux biréfringents, transparents et colorés, de manifester des colorations multiples quand on les regarde à l'œil nu, par transparence, dans différents sens.

Il ne faut pas confondre le polychroïsme avec le phénomène de double couleur que présentent parfois des minéraux à réfraction simple ; certains cristaux

DISTINCTIFS.	SYSTÈMES CRISTALLINS.
Un seul rayon réfracté, indice de réfraction constant.	A trois axes de symétrie égaux et rectangulaires (système cubique).
Deux rayons réfractés, polarisés à angles droits, un ordinaire et un extraordinaire. Images simples dans la direction de l'axe optique, même à travers des faces inclinées. Symétrie parfaite des phénomènes tout autour de l'axe. Anneaux colorés circulaires coupés par une croix noire. Cristaux positifs ou négatifs.	A un axe principal de symétrie. Systèmes rhomboédrique et quadratique.
Deux rayons réfractés, polarisés à angles égaux, et tous deux extraordinaires. Plus d'images réellement simples, d'un point mire rapproché, à travers des faces inclinées. Plus de symétrie des phénomènes autour de chaque axe. Anneaux ovales, coupés par une ligne noire, cas particulier de réfraction conique, valeur particulière de l'angle des axes. Cristaux positifs ou négatifs.	A trois axes inégaux de symétrie. Les trois derniers systèmes prismatiques.

de fluorine sont d'un beau vert vus par réflexion, et d'un bleu intense quand on les voit par transparence : l'une des couleurs appartient à la masse et l'autre à la surface.

Le phénomène de couleurs multiples se présente surtout dans les cristaux qui sont colorés accidentellement, comme dans le quartz jaune, le quartz améthyste, etc.

En regardant à travers une substance biréfringente à un axe optique, taillé perpendiculairement à l'axe cristallin, la base de cette substance suivant une direction normale, on ne reçoit dans l'œil que de la lumière naturelle, et l'on aperçoit une teinte qui est la couleur de la base qu'on a regardée. Mais si le cristal est taillé parallèlement à l'axe cristallin, la couleur transmise, composée des deux rayons réfractés, le rayon ordinaire et le rayon extraordinaire, pourra présenter une teinte différente de la première. Le rayon ordinaire reproduit la couleur de la base, le rayon extraordinaire donne une autre couleur.

Lorsqu'une substance cristallisée présente deux couleurs bien tranchées dans les deux directions parallèle et perpendiculaire à l'axe cristallin, on dit qu'elle possède le dichroïsme, et elle est appelée dichroïte. Exemples : tourmaline, pennine, chlorite de Zillerthal, mica du Vésuve, corindon, saphir, zircon, idocrase.

Les cristaux biréfringents à deux axes offrent souvent le trichroïsme. Plusieurs montrent des couleurs différentes quand on les regarde successivement suivant trois directions perpendiculaires entre elles. La cordiérite présente dans une direction un beau bleu, dans une seconde un gris bleuâtre, et dans une troisième un gris jaunâtre. L'euclase, l'axinite, le pyroxène diopside, etc., sont trichroïtes.

En résumé, les cristaux uniréfringents ou qui cristallisent dans le système cubique, sont monochroïtes ; les minéraux cristallisés biréfringents à un seul axe optique sont dichroïtes ; enfin, les cristaux biréfringents à deux axes optiques sont polychroïtes.

ASTÉRISME. — L'astérisme est un phénomène qui consiste dans des lignes brillantes qui, par leur ré-

pétition en divers sens, forment ordinairement des croix lumineuses ou des étoiles qu'on aperçoit quand on regarde dans certains minéraux une vive lumière, soit par réflexion, soit par réfraction.

L'astérisme se présente de la manière la plus simple dans les minéraux à structure fibreuse et dans ceux qui sont composés de lames étroites parallèles, tels que certaines plaques de gypse, le quartz asbestifère, le calcaire fibreux, etc.

Souvent ce phénomène a lieu dans des substances non fibreuses; dans ce cas, il résulte d'une structure cristalline d'agrégation, ayant pour éléments de petits cristaux qui, opposés parallèlement les uns aux autres, composent un cristal ordinairement d'une autre forme et à surface profondément striée ou cannelée. L'astérisme est donc en rapport avec la structure des minéraux ou des cristaux.

CHAPITRE IV.

Caractères chimiques des minéraux.

Lorsque les minéraux sont à l'état compacte ou terreux, il faut avoir recours, dans un certain nombre de cas, à la composition chimique pour en déterminer l'espèce.

Cette détermination peut se faire par voie humide ou à l'aide de certains dissolvants liquides, ou par voie sèche ou à l'aide du feu.

Dans la recherche de la composition chimique d'un corps, il faut se préoccuper de connaître tous ses éléments; si la substance soumise à l'analyse est

un sel, il faut déterminer ses deux éléments : la base et l'acide.

RECHERCHE DE L'ÉLÉMENT ÉLECTRO-NÉGATIF. — Les substances minérales se présentent principalement à l'état d'oxydes, de sulfures, de bromures, d'iodures, de fluorures, d'arséniures, etc., et d'oxysels. Parmi ce dernier groupe de corps, les plus répandus sont les carbonates, les sulfates, les phosphates, etc.

AZOTATES. — L'acide sulfurique concentré y détermine un dégagement de vapeurs d'acide azotique reconnaissable à son odeur ; un peu de cuivre ajouté au mélange cause un dégagement de vapeurs rutilantes.

La dissolution sulfurique de sulfate ferreux colore en violet, en rose ou en brun les azotates dissous.

Les azotates fusent sur le charbon ; avec le bisulfate de potasse au tube bouché, ils donnent des vapeurs rutilantes.

TITANATES. — Dans l'acide chlorhydrique, avec la noix de galles, donnent une coloration jaune orangée ; avec le sel de phosphore, au feu de réduction, une couleur bleu violacé, et incolore au feu d'oxydation.

SULFATES. — Les sulfates solubles précipitent en blanc par le chlorure barytique, et le précipité est insoluble dans tous les réactifs.

Chauffés avec la soude sur le charbon, tous les sulfates donnent des sulfures reconnaissables à la coloration noire que prend une lame d'argent sur laquelle on les met humides : les acides faibles en dégagent de l'acide sulfhydrique.

PHOSPHATES. — Tous les phosphates chauffés au fil de platine avec de l'acide sulfurique, colorent la flamme en vert jaunâtre.

Les métaphosphates précipitent par l'azotate argentique et le chlorure barytique en donnant un précipité blanc, soluble dans les acides ; ils ne précipitent pas les sels magnésiques.

Les pyrophosphates avec l'azotate argentique donnent un précipité blanc, soluble dans les acides, mais insoluble dans un excès de pyrophosphate et avec le chlorure barytique, un précipité blanc, soluble dans les acides et dans l'ammoniaque. Ils précipitent en blanc par le sulfate magnésique : le précipité est soluble dans un excès de pyrophosphate et dans un excès de sulfate de magnésie.

Les phosphates ordinaires précipitent en jaune par l'azotate argentique ; le précipité est soluble dans l'acide azotique et dans l'ammoniaque ; le chlorure barytique forme aussi un précipité blanc, soluble dans les acides et les sels ammoniacaux. Le sulfate magnésique-ammoniacal y forme un précipité blanc de phosphate ammoniaco-magnésien cristallin. Enfin, le molybdate ammonique dissout dans l'acide azotique étendu, y détermine un précipité jaune.

CARBONATES. BICARBONATES. — Les carbonates et les bicarbonates, chauffés avec du bisulfate potassique, donnent naissance à un dégagement d'acide carbonique.

Les carbonates font effervescence avec les acides ; ils précipitent en blanc l'eau de chaux, de baryte, de strontiane, le précipité est soluble dans les acides azotique et chlorhydrique. Les carbonates précipitent par le sulfate de magnésie, tandis que les bicarbonates ne précipitent pas par le même réactif.

BORATES. — Les borates chauffés seuls donnent des perles vitreuses ; au fil de platine, avec de l'acide sulfurique, ils colorent la flamme en vert jaunâtre. Même coloration avec le spath fluor ce qui les distingue des phosphates.

Les borates forment, dans l'azotate argentique un précipité blanc qui brunit, soluble dans un excès d'eau, les acides et l'ammoniaque ; dans le chlorure barytique, un précipité blanc soluble dans un grand excès d'eau, dans les acides et dans les sels ammoniacaux. Les sels de mercure y forment un précipité jaunâtre, soluble dans un grand excès d'eau.

SILICATES. — Les silicates chauffés avec de la soude ou bien seuls, donnent des perles vitreuses. Avec de l'acide chlorhydrique, ils donnent un précipité de silice gélatineuse soluble dans un excès d'acide.

TUNGSTATES. — Les tungstates colorent le sel de phosphore, incolores au feu d'oxydation ; en bleu violacé au feu de réduction.

VANADATES. — Les vanadates colorent les fondants, en jaune au feu d'oxydation, en vert au feu de réduction.

MOLYBDATES. — Les molybdates colorent le sel de phosphore en vert, et le borax en jaune rubigineux au feu d'oxydation et en rouge foncé au feu de réduction.

CHROMATES. — Les chromates donnent avec le borax une perle verte.

FLUORURES. — Les fluorures chauffés avec l'acide sulfurique concentré donnent un dégagement de vapeurs d'acide fluorhydrique d'une odeur piquante et qui attaque le verre.

Avec le bisulfate potassique, chauffés dans le petit tube, les fluorures donnent de l'acide fluorhydrique. Mélangés avec du bisulfate potassique et avec l'acide borique, et chauffés à la pointe du fil de platine, ils colorent la flamme en vert.

CHLORURES. — Les chlorures précipitent en blanc l'azotate argentique, le précipité est soluble dans l'ammoniaque, insoluble dans les acides et noircit à la lumière. Avec l'acide sulfurique concentré, les chlorures dégagent des vapeurs d'acide chlorhydrique ; si on ajoute de l'oxyde surmanganique au mélange d'acide sulfurique et de chlorure, il se dégage du chlore.

Les chlorures chauffés avec du bisulfate potassique dans le tube bouché, donnent des vapeurs d'acide chlorhydrique. Une perle de sel de phosphore saturée d'oxyde cuprique, colore la flamme en bleu pourpre, lorsqu'on y ajoute un chlorure.

BROMURES. — Les bromures traités par l'acide sulfurique concentré laissent dégager de l'acide bromhydrique et du brome est mis en liberté. Par l'azotate argentique, ils donnent un précipité jaune clair qui noircit à la lumière, est insoluble dans les acides et peu soluble dans l'ammoniaque.

Une perle de sel de phosphore saturée d'oxyde cuprique, colore la flamme en bleu bordé de vert par la présence des bromures.

IODURES. — Les iodures, dans les mêmes conditions, donnent une coloration vert émeraude. Traités

par l'acide sulfurique concentré, ils laissent dégager de l'acide iodhydrique et de l'iode est mis en liberté.

L'empois d'amidon colore les dissolutions d'iodures en bleu très-foncé lorsqu'on a préalablement versé un acide ou un peu d'eau de chlore dans la dissolution.

SULFURES. — Les sulfures traités par les acides minéraux donnent un précipité blanc jaunâtre avec dégagement d'acide sulfhydrique, reconnaissable à son odeur et dépôt de soufre.

Ceux qui sont solubles précipitent en noir l'azotate argentique.

Les sulfures chauffés avec du bisulfate potassique dans le tube fermé, dégagent de l'hydrogène sulfuré et il se volatilise de soufre. Sur le charbon au feu d'oxydation, ils dégagent de l'acide sulfureux.

ARSÉNIATES ET ARSÉNIURES. — Chauffés sur le charbon, les arséniures répandent une odeur d'ail caractéristique ; chauffés avec de la soude, ils donnent dans le tube fermé, un anneau miroitant noir d'arsenic métallique.

RECHERCHE DE L'ÉLÉMENT ÉLECTRO-POSITIF. — Lorsqu'on se propose de déterminer l'élément électro-positif ou la base d'un minéral, on peut arriver rapidement au résultat cherché par un essai au chalumeau. Cet instrument permet, dans quelques cas, de faire très-rapidement une analyse qualitative.

A l'aide du chalumeau, on peut reconnaître d'abord si un minéral est fusible ou infusible et apprécier son degré de fusibilité. Quelques minéraux éprouvent, avant de se fondre, une sorte de grillage ou de boursoufflement.

Quand les minéraux se fondent au chalumeau, ils donnent tantôt un verre transparent, tantôt un émail, ou bien une scorie plus ou moins caverneuse. Les verres ou les émaux peuvent être incolores ou colorés ; les métaux donnent au bouton d'essai une teinte particulière qui est caractéristique pour chaque minéral.

Pour rendre plus facile la fusion des minéraux soumis à l'essai du chalumeau, on ajoute des fondants qui facilitent ou déterminent la fusion ; en outre, ils rendent plus sensibles les couleurs propres aux oxydes métalliques qui se trouvent dans les minéraux soumis à l'analyse. On emploie aussi, dans certaines circonstances, des réactifs pour réduire les minerais métallifères ou pour les suroxyder.

Les réactifs employés pour les essais au chalumeau, sont :

- 1° La soude ou sel de soude (carbonate sodique) ;
- 2° Le borax (borate sodique) ;
- 3° Le sel de phosphore (phosphate sodo-ammonique) ;
- 4° Le cyanure potassique ;
- 5° Le bisulfate potassique ;
- 6° Le nitre (azotate potassique) ;
- 7° L'azotate cobaltique ;
- 8° L'oxyde cuprique ;
- 9° Le spath fluor (fluorure calcique).

Outre le chalumeau, l'analyste doit se procurer : 1° une pince à bouts de platine pour tenir les corps que l'on veut chauffer seuls ; 2° une lame de platine qui sert à chauffer les corps avec la soude ou le nitre ; 3° une lame d'argent ; 4° un fil de platine ; 5° un mortier d'agate ; 6° un mortier d'acier ; 7° des tubes fermés et des tubes ouverts pour chauffer ou griller certaines substances minérales.

On peut diviser, par rapport à la coloration de la

flamme du chalumeau, les principaux corps en cinq groupes, savoir :

1° Corps qui colorent la flamme en rouge : sels lithiniques, strontianiques, calciques ;

2° Corps qui colorent la flamme en violet : sels potassiques, ammoniques, chlorure mercureux ;

3° Corps qui colorent la flamme en bleu : composés arsénicaux, antimoniés, sélénisés, tellurés, sels plombiques, chlorure et bromure cuivriques ;

4° Corps qui colorent la flamme en vert : sels barytiques, cuivriques, iodures, acide borique, composés de phosphore et de molybdène ;

5° Corps qui colorent la flamme en jaune : sels sodiques.

Caractères pyrognostiques des bases métalliques.

POTASSIUM. — Les sels potassiques colorent en violet pâle la flamme du chalumeau ; des traces de soude masquent la coloration, mais celle-ci devient bien apparente lorsqu'on regarde la flamme à travers un verre bleu.

SODIUM. — Les sels sodiques colorent la flamme en jaune.

LITHIUM. — Les sels lithiniques colorent la flamme en rouge carmin très-vif, la soude modifie la teinte.

AMMONIUM. — Les sels ammoniques chauffés dans le tube fermé se volatilisent et se recomposent en partie ; un papier de tournesol rougi, placé dans le tube, bleuit fortement.

BARYUM. — Les sels barytiques solubles colorent la flamme en vert jaunâtre. Une perle de sel de phosphore ou de borax est colorée en blanc par la

baryte au feu d'oxydation comme au feu de réduction.

SRONTIUM. — Les sels strontianiques colorent la flamme en rouge carmin moins foncé qu'avec les sels de lithine. Avec le sel de phosphore ou le borax même réaction qu'avec la baryte.

CALCIUM. — Les sels calciques solubles et principalement le chlorure colorent la flamme en rouge orangé.

Une perle de sel de phosphore ou de borax est colorée en blanc par la chaux (la magnésie, l'alumine, la glucine, la zirconie, la thorine, l'yttria, la lanthane) au feu d'oxydation et au feu de réduction.

MAGNÉSIUM. — Les sels magnésiques ne colorent point la flamme du chalumeau ; lorsqu'on les chauffe, ils laissent un résidu de magnésie qui, chauffé avec de l'azotate cobaltique, prend une teinte d'un rose très-pâle.

ALUMINIUM. — Les sels aluminiques ne colorent point la flamme du chalumeau ; chauffés avec l'azotate cobaltique, on obtient une coloration d'un beau bleu.

GLUCINIUM. — Les sels à base de glucine chauffés avec l'azotate cobaltique donnent une coloration gris bleuâtre.

ZIRCONIUM. — Les sels zirconiques se comportent au chalumeau comme les sels gluciniques (coloration gris bleuâtre).

Les sels yttriaux, erbiques, thoriques, terbiniques se comportent au chalumeau comme les sels gluciniques (coloration gris bleuâtre).

DIDYME. — Les sels didymiques colorent la perle de sel de phosphore ou de borax en rouge améthyste violacé dans la flamme de réduction ; la perle se décolore à l'oxydation.

CÉRIUM. — Les sels céreux et cériques colorent la perle de sel de phosphore ou de borax en rouge, à chaud et au feu d'oxydation ; à froid, la perle se décolore ; au feu de réduction, la perle se décolore aussi à chaud.

TITANE. — Les sels de titane donnent avec le borax et le sel de phosphore, au feu d'oxydation, une perle incolore ou jaunâtre et au feu de réduction, une perle d'un bleu violet.

URANIUM. — Avec le borax et le sel de phosphore, coloration en jaune au feu d'oxydation et en vert au feu de réduction.

CHROME. — Les composés de chrome chauffés avec du nitre ou de la potasse donnent du chromate potassique d'une couleur jaune d'or. Ces composés colorent le borax et le sel de phosphore, soit au feu d'oxydation, soit au feu de réduction, en vert d'herbe caractéristique (à froid).

MANGANÈSE. — Les composés chauffés avec le nitre ou la potasse donnent une teinte verte caractéristique, qui devient rose violacée dans l'eau. Ils colorent le borax et le sel de phosphore en violet améthyste, au feu d'oxydation ; la teinte s'affaiblit ou disparaît au feu de réduction.

NICKEL. — Le sel de phosphore et le borax sont colorés en jaune brun, au feu d'oxydation, par les sels nickéliques ; au feu de réduction, avec le sel

de phosphore, la teinte jaune se prononce davantage, tandis qu'avec le borax, c'est la nuance brune qui devient plus nette.

COBALT. — Le cobalt colore tous les fondants en un beau bleu caractéristique, tant dans la flamme oxydante que dans la flamme réductrice.

ZINC. — Les sels zinciques, chauffés avec l'azotate cobaltique, donnent une coloration d'un vert caractéristique.

L'oxyde zincique, chauffé seul sur le charbon, devient éclatant et reste jaune tant qu'il est chaud; en se volatilisant sur le charbon, il donne un anneau jaune à chaud et blanc à froid.

FER. — Les sels ferreux et ferriques, les oxydes de fer, chauffés sur le charbon avec la soude, donnent une poudre noire de fer métallique qui, lavée et séchée, est attirable à l'aimant.

Le borax et le sel de phosphore sont colorés par le fer, au feu d'oxydation en rouge à chaud, et la perle se décolore à froid. Au feu de réduction, la perle est colorée en rouge foncé à chaud et passe au vert par le refroidissement.

CADMIUM. — Chauffés sur le charbon avec de la soude, les composés de cadmium laissent un anneau jaune brun d'oxyde cadmique.

PLOMB. — Les composés de plomb, chauffés sur le charbon avec de la soude, donnent un culot de plomb très-malléable; en même temps, il se forme une auréole jaune clair sur le charbon; ils ne colorent point les fondants.

BISMUTH. — Le bismuth se comporte comme le

plomb, seulement le culot de bismuth est très-cassant et l'auréole est un peu plus foncée.

CUIVRE. — Les sels de cuivre, le chlorure excepté, colorent la flamme du chalumeau en vert ; chauffés sur le charbon avec de la soude, ils donnent un culot de cuivre métallique.

Une perle de sel de phosphore et de borax est colorée, au feu d'oxydation à chaud, en vert clair qui pâlit par le refroidissement ; au feu de réduction à chaud en vert bleuâtre ou vert rougeâtre, passant au rouge par le refroidissement.

MERCURE. — Les sels mercuriels et mercuriques sont volatils ou décomposables par la chaleur ; chauffés avec de la soude ou de la chaux, dans le tube fermé, ils donnent du mercure métallique qui se dépose sur les parties froides du tube.

ARGENT. — Chauffés sur le charbon avec la soude, les composés argentiques se réduisent en un culot d'argent, sans donner d'enduit ; une perle de sel de phosphore et de borax est légèrement colorée en jaune au feu d'oxydation, et en brun au feu de réduction.

MOLYBDÈNE. — Colore la perle de sel de phosphore au feu de réduction en vert foncé ou bleuâtre à chaud, et en vert clair à froid ; le borax est coloré en brun rougeâtre au feu de réduction ; au feu d'oxydation les deux fondants prennent des teintes à chaud qui pâlisent et blanchissent à froid.

VANADIUM. — Les composés de vanadium colorent le borax et le sel de phosphore en jaune à l'oxydation, et en beau vert au feu de réduction.

ÉTAIN. — Les composés d'étain, chauffés au chalumeau sur le charbon avec de la soude, donnent un culot d'étain très-malléable, sans enduit.

ANTIMOINE. — Les composés d'antimoine, chauffés sur le charbon avec de la soude donnent un culot très-cassant ; en même temps, il se produit des fumées blanches qui se déposent sur le charbon.

Avec une perle de sel de phosphore humectée d'oxyde de fer, on obtient une coloration d'un rouge vif.

TUNGSTÈNE. — Le tungstène donne avec le sel de phosphore une perle blanche ou incolore au feu d'oxydation ; humectée d'un peu d'oxyde de fer, une perle moitié rouge, moitié bleue au feu de réduction ; avec le borax, une perle aussi blanche au feu d'oxydation et jaune au feu de réduction.

OR. — Au chalumeau, les composés d'or (de palladium, de rhodium, de ruthénium, d'iridium) sont décomposés par la chaleur seule ; sur le charbon, ils laissent un enduit d'or métallique fusible en un culot.

PLATINE. — Les sels platineux et platiniques sont décomposés par la chaleur seule, et laissent du platine en éponge, infusible à la flamme du chalumeau ordinaire.

CARACTÈRES HYDROGNOSTIQUES DES BASES MÉTALLIQUES. — On peut aussi procéder à la détermination d'une espèce minérale amorphe ou terreuse par la voie analytique humide. Pour cela, il faut que la substance soit soluble ou qu'elle ait été rendue soluble en l'attaquant par un acide ou par une base alcaline.

Pour faciliter ces recherches analytiques, nous diviserons les principales bases en groupes, au moyen de quelques réactifs simples. Ensuite, nous procéderons par la méthode dichotomique, pour établir le caractère chimique le plus saillant de chaque base métallique.

A. Métaux dont les sels ne sont précipités ni par l'hydrogène sulfuré ni par le sulfhydrate ammoniac.

1^{er} *Groupe*. — Sels non précipitables par le carbonate ammoniac : potassium, sodium, magnésie.

2^e *Groupe*. Sels précipitables par le carbonate ammoniac : baryum, strontium, calcium.

B. Métaux dont les sels dans une liqueur acide ne sont pas précipités par l'hydrogène sulfuré, mais le sont par le sulfhydrate ammoniac.

1^{er} *Groupe*. — Sels non précipitables par l'ammoniac dans un milieu où l'on a ajouté du chlorure ammoniac en excès : oxyde ferreux, manganoux, nickel, cobalt, zinc.

2^e *Groupe*. — Sels précipitables par l'ammoniac en présence d'un excès de chlorure ammoniac : alumine, oxyde ferrique, oxyde chromique.

C. Métaux dont les dissolutions salines sont précipitées à l'état de sulfure par l'hydrogène sulfuré dans un milieu acide.

1^{er} *Groupe*. — Métaux dont les sulfures sont solubles dans le sulfure potassique ou le sulfhydrate ammoniac en excès : antimoine, étain, or, platine, arsenic.

2^e *Groupe*. — Métaux dont les sulfures sont insolubles dans le sulfure potassique ou le sulfhydrate ammoniac : cadmium, plomb, cuivre, bismuth, argent, mercure.

Les tableaux qui suivent présentent les caractères analytiques distinctifs des principales bases métalliques :

SOLS DE :

A. — Premier groupe.

Potasse.	+ Carbonate sodique.	Précipité soluble dans le chlorhydrate ammonique. Pas de précipité. On ajoute de l'acide perchlorique hydraté au sel primitif.	Précipité blanc cristallin. Pas de précipité. Flamme jaune au chalumeau.
Soude.			
Magnésie.			

Magnésie.

Potasse.

Soude.

Deuxième groupe.

Baryte.	Précipité.	Baryte.	Précipité cristallin. Pas de précipité.		
Strontiane.				Strontiane.	On traite par $(\text{SiF}_6), 3\text{HF}$
Chaux.				Pas de précipité.	

Baryte.

Strontiane.

Chaux.

B. — Premier groupe.

Oxyde ferreux.	Précipité blanc ou rouge pâle.	Manganèse.	On ajoute de la potasse au sel primitif.	Précipité soluble dans un excès de potasse.	Zinc.
Oxyde manganeux.		Zinc.		Précipité insoluble, brunit à l'air.	Oxyde manganeux.
Oxyde de nickel.		Oxyde ferreux.		Précipité blanc sale devenant rouille à l'air.	Oxyde ferreux.
Oxyde de cobalt.	Précipité noir.	Nickel.	Id.	Précipité vert pâle.	Nickel.
Oxyde de zinc.	+ Sulfhydrate ammoniac.	Cobalt.		Précipité bleu violacé.	Cobalt.

Zinc.

Oxyde manganeux.

Oxyde ferreux.

Nickel.

Cobalt.

SELS DE :
Alumine.
Oxyde chromique.
Oxyde ferrique.

Deuxième groupe.
Précipité soluble dans un excès de réactif. Le sel primitif et la nouvelle solution incolores. Le sel primitif vert ou violet, la solution potassique verte.
Précipité insoluble dans un excès de réactif. Sel primitif jaune ou rouge, précipité en bleu par le ferro-cyanure de potassium.

Alumine.
Oxyde chromique.
Oxyde ferrique.

C. — Premier groupe.

Antimoine.
Arsenic.
Etain (maximum).
Etain (minimum).
Platine.
Or.
Cadmium.
Argent.
Oxyde mercurieux.
Plomb.
Plomb.
Cuivre.
Bismuth.

Solution incolore.	Antimoine. Arsenic. Etain (min.). Etain (max.).	Par hydrogène sulfuré.	Précipité jaune orangé. Par l'appareil de Marsh, taches. Id. pas de taches. Précipité brun.
Solution jaune.	Or. Platine.	Par chlorure potassique et l'alcool.	Précipité jaune cristallin. Pas de précipité.

Antimoine.
Arsenic.
Etain (minimum).
Etain (maximum).
Or.
Platine.

Deuxième groupe.

Cadmium.
Cuivre.
Plomb.
Bismuth.
Oxyde mercurieux.
Oxyde mercurique.
Argent.

Précipité jaune pur.	CuO. PbO. Bi ² O ³ .	Précipité blanc.	Soluble dans l'ammoniaque. Noircit. Ne noircit pas.
Précipité brun ou noir.	HgO. Hg ² O. HgO.	Précipité par l'acide chlorhydrique.	Précipité blanc. Préc. soluble dans un excès de réactif. Colorat. bleue.
Traités par l'hydrogène sulfuré.	CuO. PbO. Bi ² O ³ .	Insolubles dans l'ammoniaque.	Précipité blanc. Préc. insol. dans un exc. de l'ammoniaque.
	HgO. Hg ² O. HgO.	Pas de précipité.	Précipité blanc. Préc. soluble dans un excès de réactif. Colorat. bleue.

Cadmium.
Cuivre.
Plomb.
Bismuth.
Oxyde mercurieux.
Oxyde mercurique.
Argent.

Oxyde mercurique

FORMULES MINÉRALOGIQUES. — Les formules chimiques expriment la relation atomique entre les éléments de l'analyse, et font aussi ressortir les relations qui existent entre l'oxygène des différents composants. Les formules minéralogiques sont l'expression du fait présenté par l'analyse : elles expriment seulement la relation atomique entre les éléments de l'analyse ; elles sont indépendantes des changements qui pourraient arriver aux formules chimiques, par suite de modifications dans les nombres atomiques d'oxygène des corps oxygénés.

Pour éviter toute espèce de confusion qui pourrait provenir des deux sortes de formules, on exprime les minéralogiques en caractères italiques ; on supprime les signes d'oxydation, et l'on emploie des lettres italiques pour exprimer que les éléments sont oxygénés. Quand il y a plusieurs oxydes d'un même corps, on emploie l'italique courante pour l'oxyde le moins élevé, et l'italique capitale, soit simple, soit avec un signe additionnel, pour les oxydes plus élevés. Pour désigner le protoxyde, le sesquioxyde et l'oxyde salin de fer (FeO ; Fe^2O^3 et F^3O^4), on emploie respectivement les signes *fe*, *Fe*, *Fefe*. L'eau s'indique par le signe *Aq*.

Supposons qu'un minéral ait donné à l'analyse :

Silice. . .	0,424	} contenant	{	0,220	} soit en rapports	} 3				
Alumine. . .	0,311						} en oxygène	{	0,146	} 2
Chaux. . .	0,362									

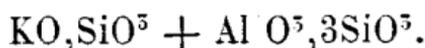
Le résultat de cette analyse devra s'écrire :



Le feldspath orthose a donné à l'analyse :

Silice. . .	64,20	} contenant	{	33,35	} soit en rapports	} 12				
Alumine. . .	18,40						} en oxygène	{	8,59	} 3
Potasse. . .	16,95									

Cette analyse démontre que l'orthose est composé de silice, d'alumine et de potasse, dans des proportions telles qu'en représentant par 1 la quantité d'oxygène contenue dans l'alcali, 3 sera celle de l'alumine et 12 la quantité contenue dans la silice. La formule chimique de l'orthose sera donc :



Comme dans les formules minéralogiques on supprime les signes d'oxydation ainsi que les exposants qui en indiquent les divers degrés, par conséquent dans les formules minéralogiques les exposants exprimeront uniquement le rapport entre la quantité d'oxygène de la base et celle de l'acide, quel que soit le degré d'oxydation de ces deux corps.

En représentant par K la potasse contenue dans l'orthose, KSi^3 sera la formule minéralogique du silicate neutre de potasse, dans lequel l'acide renferme trois fois plus d'oxygène que la base ; mais la formule AlSi^3 n'indiquant pas que l'alumine y contient trois fois autant d'oxygène que la potasse en renferme dans KSi^3 , on place alors pour marquer cette proportion, le coefficient 3 devant le second terme AlSi^3 , et la formule minéralogique de l'orthose est alors $\text{KSi}^3 + 3\text{AlSi}^3$.

FORMULES DES FELDSPATHS.

	Formules chimiques.	Formules minéralogiques
Orthose . . .	$\text{KO}, \text{SiO}^5 + \text{Al}^2\text{O}^5, 3\text{SiO}^5$.	$\text{KSi}^3 + 3\text{AlSi}^3$.
Albite . . .	$\text{NaO}, \text{SiO}^5 + \text{Al}^2\text{O}^5, 3\text{SiO}^5$.	$\text{NaSi}^3 + 3\text{AlSi}^3$.
Oligoclase. (Na, K, Ca) O,	$\text{SiO}^5 + \text{Al}^2\text{O}^5, 2\text{SiO}^5$.	$(\text{Na}, \text{K}, \text{Ca}) \text{Si}^3 + 3\text{AlSi}^3$.
Labradorite. (Ca, Na) O,	$\text{SiO}^5 + \text{Al}^2\text{O}^5, \text{SiO}^5$.	$(\text{Ca}, \text{Na}) \text{Si}^3 + 3\text{AlSi}^3$.
Péталite . . .	$\text{LiO}, \text{SiO}^5 + \text{Al}^2\text{O}^5, 3\text{SiO}^5$.	$\text{LiSi}^3 + 3\text{AlSi}^3$.
Triphane. . .	$\text{LiO}, \text{SiO}^5 + \text{Al}^2\text{O}^5, 2\text{SiO}^5$.	$\text{LiSi}^3 + 3\text{AlSi}^3$.

CONVERSION DE LA FORMULE CHIMIQUE EN FORMULE MINÉRALOGIQUE. — Soit, par exemple, la formule chi-

mique $3\text{CaO}, \text{SiO}^5 + 3\text{Al}^2\text{O}^5, 3\text{SiO}^5$; le premier terme équivaut en signe minéralogique à Ca^5Si^5 ou à 3CaSi ; de même le second équivaut à Al^9Si^9 ou à 9AlSi , ce qui revient à $3\text{CaSi} + 9\text{AlSi}$ ou à $\text{CaSi} + 3\text{AlSi}$.

CONVERSION DE LA FORMULE MINÉRALOGIQUE EN FORMULE CHIMIQUE. — Soit, par exemple, la formule minéralogique $2\text{CaSi}^5 + 3\text{AlSi}^5$ qu'il faut convertir en formule chimique. Le premier terme équivaut en signe chimique à $2\text{CaO}, \text{SiO}^5$; le second équivaut à $\text{Al}^2\text{O}^5, 3\text{SiO}^5$, donc l'ensemble est $2\text{CaO}, \text{SiO}^5 + \text{Al}^2\text{O}^5, 3\text{SiO}^5$.

La formule minéralogique de la dolomie $\text{CaC}^2 + \text{MgC}^2$ donne en formule chimique $\text{CaO}, \text{CO}^2 + \text{MgO}, \text{CO}^2$.

CHAPITRE V.

Caractères géologiques des minéraux.

GISEMENTS DES MINÉRAUX. — Les substances minérales qui entrent dans la composition de l'écorce de notre planète se trouvent en : 1° couches, bancs, lits; 2° amas, nids, rognons, noyaux; 3° filons; 4° veines ou serpentaux; 5° stockwerks.

1° *Couches*. On donne le nom de couches ou de strates à des masses de matière minérale disposée par bancs ou lits et répandue sur une certaine surface par l'action de l'eau.

Le caractère le plus saillant des dépôts sous-aqueux ou sédimentaires est la stratification ou la superposition des strates en couches parallèles ou inclinées. Dans les pays de plaines, les couches

stratifiées sont à peu près horizontales ; dans les pays de montagnes, elles sont ordinairement très-inclinées. Chacun a pu remarquer, en regardant un escarpement ou une excavation dans un dépôt sédimentaire, que ce dépôt est divisé en couches horizontales ou inclinées, distinctes par leur composition, leur couleur, etc., divisées elles-mêmes par des fissures parallèles, étendues et peu distantes. (Exemples : calcaires, argiles, marnes, schistes, grès, gypses, etc.)

2° *Amas, nids, rognons, noyaux.* Les amas sont de grandes masses minérales non stratifiées, de formes irrégulières, quelquefois arrondies ou ovales, d'une nature différente de celle du terrain dans lequel elles sont enclavées.

Les amas métallifères ne sont, en général, qu'une accumulation de petits filons dirigés dans tous les sens ou disséminés dans une roche ignée.

Les petits amas portent les noms de nids, de rognons ou de noyaux selon leur étendue.

3° *Filons.* Les filons sont des masses minérales pierreuses ou métalliques, aplaties, non stratifiées, peu larges comparativement à leur longueur, qui traversent, au moins dans une partie de son étendue, un terrain ou une masse de roches quelconques.

En général, un filon a la forme d'une plaque ou d'un banc transversal, limité de part et d'autre par deux plans ou deux surfaces à peu près parallèles. Le plan inférieur s'appelle mur (liégende) ; le plan supérieur toit (hangende).

L'affleurement ou tête ou chapeau est la partie du filon qui se montre à la surface du sol. Les épontes sont les parois de la roche en contact avec le filon ; les salbandes (salbander) sont les deux parois mêmes du filon ou bien un lit de roche argiloïde qui pro-

vient de sa décomposition et qui se trouve entre les épointes et le filon.

La puissance d'un filon est son épaisseur ou la distance perpendiculaire du toit au mur.

Un filon est dit en chapelet quand il présente des étranglements et des renflements successifs ; un filon croiseur est celui qui en coupe un autre, et, par conséquent, est plus récent que le filon croisé. Un filon faille résulte du remplissage d'une faille. Un filon-couche est celui qui s'est glissé entre deux strates. Un filon de contact est celui qui est intercalé entre une roche éruptive et la masse stratifiée qu'elle traverse.

4° *Veines*. Les veines sont de petites masses longues et étroites, simples ou ramifiées, droites ou contournées qui se trouvent dans l'épaisseur des couches, des amas, même des filons et les traversent dans toutes les directions.

5° *Stockwerks*. Les Stockwerks sont des amas de matières minérales qui résultent de l'entrecroisement des veines et de veinules qui s'accumulent sur le même point.

GANGUE, MINÉRAL. — Dans un filon, il y a deux choses à distinguer : 1° la gangue et 2° le minéral.

La gangue est la partie pierreuse ; en général, elle est formée par une des substances suivantes, seules ou mélangées : silice, calcaire, dolomie, fluorine, barytine, argile.

Dans le cas de filons éruptifs, la gangue n'est autre chose que la roche éruptive elle-même.

Un filon est dit stérile, quand il est réduit à sa gangue ; un filon pourri ou terreux est celui qui a une gangue argileuse, provenant généralement d'une décomposition sur place.

On donne le nom de minerai à toute substance minérale naturelle qui contient un ou plusieurs métaux, susceptibles d'en être retirés en grand par les procédés métallurgiques.

Il ne suffit pas qu'un minéral renferme des métaux pour constituer un minerai ; mais il faut que le métal ou les métaux que l'on pourrait en extraire s'y trouvent en quantité suffisante, et dans un tel état de combinaison, que leur préparation puisse être avantageuse. En outre, il faut, de plus, que le minerai existe en assez grande abondance pour être exploité. Ainsi, les composés ferrugineux qui contiennent au-dessous de 12,15 et même 18 pour cent de fer, ne peuvent être considérés comme des minerais de fer ; les combinaisons du fer avec l'arsenic ou le soufre ne sont pas non plus des minerais de fer, parce qu'elles ne peuvent donner, par les procédés métallurgiques usuels, du fer propre aux usages économiques.

Pour juger si une substance minérale est utilisable comme minerai, il faut déterminer sa teneur en métal en même temps qu'il faut s'enquérir du prix de ce métal ; pour les principaux métaux, les limites inférieures des minerais exploitables ou leurs titres inférieurs et industriels sont, pour le fer 30 p. 100 ; le plomb 3 à 4 p. 100 ; le zinc 5 à 6 p. 100 ; le cuivre 2 p. 100 ; l'argent 1 p. 1000, et l'or 1 p. 10000.

Les procédés que l'on emploie pour l'extraction des minerais et les méthodes métallurgiques actuelles ne permettent pas l'exploitation des minerais au-dessous de ces titres ; car le fer se vend, dans le commerce, de 22 à 26 centimes le kilogramme ; le cuivre de 2 fr. 30 à 2 fr. 65 ; le zinc de 0,56 à 0,65 ; le plomb de 0,50 à 0,65.

Un petit nombre de métaux se rencontrent à l'état

natif, ce sont : l'or, le platine, l'argent, le bismuth et quelquefois le cuivre, rarement le plomb ; généralement, ils se trouvent dans la nature à l'état d'oxyde (étain, fer, manganèse), ou de sulfure (plomb, argent, zinc, cuivre, etc.), ou de combinaison saline, silicate ou carbonate (zinc, cuivre, fer).

Lorsque une substance minérale contient plusieurs métaux susceptibles d'en être retirés, elle est considérée comme minerai du métal le plus abondant ou de celui qui donne le plus grand bénéfice industriel. Ainsi, le cuivre gris peut être regardé, suivant sa richesse en argent, tantôt comme un minerai de cuivre, tenant argent, tantôt comme un minerai d'argent.

FORMATION DES FILONS. — « Tout le monde, dit » M. Élie de Beaumont, sait que les filons sont des » fentes remplies après coup, mais on doit distin- » guer deux classes essentiellement différentes de » filons : les uns sont formés par des matières con- » crétionnées appliquées dans les fentes sur leurs » parois ; ces matières sont disposées en bandes sy- » métriques, et résultent souvent du groupement des » cristaux tournant leurs points vers l'intérieur de » la fente originaire dont le milieu peut présenter » un vide tapissé de cristaux libres ; les autres sont » formés de matières identiques par leur compo- » sition avec les roches éruptives, porphyre, trapp, » basalte, etc. Les filons de cette dernière espèce » peuvent être désignés, d'après leur mode de for- » mation bien connu, sous le nom de filons injectés ; » les autres peuvent recevoir le nom de filons con- » crétionnés. La plupart des filons métalliques sont » des filons concrétionnés : cependant les filons in- » jectés (éruptifs) et les roches éruptives sont quel- » quefois métallifères. Ainsi, les filons basaltiques

» renferment presque toujours du fer oxydulé, et ils
» seraient certainement exploités si le fer oxydulé
» avait une valeur plus considérable, égale seule-
» ment à celle du minerai d'étain. C'est ce qui arrive
» en Suède pour la masse de trapp de Taberg, qui
» est exploitée comme mine de fer en raison des
» nombreuses veines de fer oxydulé qui y sont en-
» caissées et qui forment une portion du volume total.
» Les serpentines sont aussi fréquemment métallifères
» et constituent le gisement habituel du fer chromé ;
» le fer oxydulé y est quelquefois même disséminé
» en assez grande abondance pour leur donner le
» magnétisme polaire. Il existe même dans diffé-
» rentes contrées, des masses de fer oxydulé et de fer
» oligiste qui peuvent être considérées comme des
» roches éruptives, telles sont notamment celles de
» l'île d'Elbe. Le cuivre se trouve aussi bien que le
» fer dans l'intérieur des roches éruptives ou dans
» leur voisinage immédiat. On le rencontre souvent
» à l'état natif ou sous forme de pyrites dans les ser-
» pentines ainsi que dans certaines roches trapéennes ;
» il est quelquefois accompagné d'argent ; les plus
» beaux gisements sont ceux du lac Supérieur. L'Ou-
» ral présente aussi plusieurs gisements de cuivre
» natif et d'autres minerais, près des lignes de con-
» tact des diorites et des calcaires encaissants. La Tos-
» cane est une des contrées les plus intéressantes sous
» le rapport des gîtes métallifères renfermés dans les
» roches éruptives ou en contact avec elles.

» Une des circonstances qui portent à penser que
» beaucoup de filons ne sont autre chose que des
» dépôts opérés par les eaux minérales dans les fis-
» sures qu'elles parcouraient, c'est le gisement même
» de ces filons qui, à prendre la chose dans son en-
» semble, est tout à fait analogue à celui des eaux
» minérales. » (V. *Guide pratique de Géologie*).

FORMATION ARTIFICIELLE DES MINÉRAUX CRISTALLISÉS. — Nous allons rapidement indiquer les principaux procédés qui ont été mis en œuvre pour produire artificiellement des minéraux cristallisés, analogues à ceux qu'on trouve dans la nature. Puisque les produits de l'art sont similaires de ceux qu'a produits la nature, les procédés de formation artificielle des minéraux cristallisés doivent être, sinon tout à fait identiques, au moins très-approchés de tous ceux qui ont fonctionné pour produire cette grande variété de cristaux naturels que le minéralogiste admire et étudie.

1° FORMATION DES MINÉRAUX CRISTALLISÉS PAR FUSION. — Mitscherlich, en étudiant les scories des hauts-fourneaux et celles provenant du traitement du cuivre, a reconnu plus de quarante espèces de silicates cristallisés, obtenus par la fusion. Pour obtenir plus facilement ces scories cristallisées, on combine la gangue des minerais avec des fondants tellement choisis qu'ils donnent des silicates fusibles, susceptibles de cristalliser par refroidissement. Les principales espèces minérales reconnues par Mitscherlich sont : le péridot, le pyroxène, le mica, le feldspath, la pyrite, la cuprite, etc.

La forme et la composition de ces espèces artificielles sont les mêmes que les minéraux naturels correspondants.

A peu près vers la même époque, Berthier, dans ses recherches sur la fusibilité des silicates, a produit aussi par la fusion plusieurs minéraux en mettant en présence, à une haute température, leurs éléments constitutifs ; il a obtenu notamment des cristaux de péridot, de pyroxène à base de fer et de pyroxène manganésien ; mais il n'a pu produire de l'amphibole, bien qu'il eut soumis à la fu-

sion les éléments de ce minéral : il a toujours, dans ce cas, obtenu du pyroxène mélangé d'une partie non fondue. G. Rose a fait fondre de l'amphibole dans un four à porcelaine : en se refroidissant, la matière fondue a cristallisé sous une forme et avec une texture qui se rapprochent beaucoup de celles du pyroxène. M. Gaudin a produit des cristaux de corindon, de rubis, en fondant au chalumeau oxy-hydrogène de l'alun potassique et de l'alun ammonique.

Le même observateur a signalé la formation de saphirs blancs en cristaux limpides isolés, produits au feu de forge dans des creusets ordinaires.

La production de ces divers minéraux par fusion, explique la présence des cristaux naturels au sein des roches volcaniques et ignées.

Ces minéraux cristallisés disséminés s'expliquent : 1° par l'hypothèse de la chaleur interne qui a ramolli les roches, ce qui a permis aux affinités chimiques de jouer pour donner naissance à des corps cristallisés ; 2° par l'action d'une roche éruptive sur une roche encaissante.

Les minéraux disséminés sont en général abondants dans les roches calcaires (pyrite, mica, couze-ranite), ou schisteuses (staurotide, pyrite, galène), ou quartzeuses et feldspathiques (tourmaline, grenat pinite).

2° FORMATION DES MINÉRAUX PAR VOIE ÉLECTRO-CHIMIQUE LENTE. — M. Becquerel est parvenu à former, par voie électro-chimique, des minéraux artificiels, en mettant au moins trois corps en présence, dont un à l'état solide et un à l'état liquide. Les minéraux ainsi obtenus ont exigé un temps très-long pour se former ; il leur a fallu d'un à deux ans pour acquérir des dimensions appréciables. Les principaux mi-

néraux obtenus cristallisés par M. Becquerel, sont : argent métallique, argyrose, iodite, galène, berzélite, céruse, anglésite, crocoïse, cuivre, cuprite, malachite, blende, pyrite, cinabre, soufre, arragonite, apatite, etc.

La plupart des sulfures n'étaient obtenus qu'à l'état amorphe ; mais les procédés électro-chimiques n'ont produit aucun silicate.

Les appareils de M. Becquerel consistent en des tubes en U dans le coude desquels on place de l'argile pour empêcher le mélange des deux liquides placés chacun dans une branche du tube. Ces deux branches communiquent par un fil métallique qui traverse les bouchons qui ferment les ouvertures des tubes.

3° FORMATION DES MINÉRAUX PAR LA RÉACTION DE VAPEUR DE NATURE DIFFÉRENTE ET PAR VOIE HUMIDE A UNE HAUTE TEMPÉRATURE ET A UNE FORTE PRESSION. — Durocher, en faisant passer dans des tubes de verres chauffés, des courants de gaz et de vapeurs métalliques, a obtenu, par la réaction de ces vapeurs, des cristaux de divers minéraux contenus dans les gîtes métallifères, savoir : pyrite magnétique, blende, cuivre gris antimonifère, oligiste, magnétite, barytine, cobalt arsénical, antimoine, argent, arsenic.

M. Daubrée a produit artificiellement l'oxyde d'étain, en faisant passer dans un tube de porcelaine chauffé au rouge blanc, un courant de perchlore d'étain et de vapeur d'eau ; il se forme de l'acide chlorhydrique et de l'oxyde d'étain, comme par la réaction de l'acide sulfhydrique sur les chlorures de fer ou de zinc ; dans les expériences de Durocher, il se formait de la pyrite magnétique ou de la blende.

M. Daubréc fait remarquer que dans la nature, l'oxyde d'étain est accompagné de minéraux qui contiennent de l'acide borique et du fluor ; ce géologue suppose que dans les gîtes naturels, l'étain est arrivé à l'état de fluorure, et que par double décomposition, il s'est formé de l'oxyde d'étain et des minéraux fluorés.

M. Daubréc, en faisant réagir sur les bases, le chlorure de silicium, a obtenu des silicates (exemples : quartz, péridot, disthène, pyroxène diopside, grenat, idocrase, émeraude, euclase, zircon), et des aluminates par l'action du chlorure d'aluminium (exemples : corindon, spinelle).

Les procédés que nous venons d'indiquer paraissent impuissants à produire le calcaire, la dolomie, la sidérose, etc., qui constituent les gangues de la plupart des filons.

M. de Sénarmont, se fondant sur l'opinion que les filons ont été formés par voie de dissolution, que ces gîtes ne sont que les vastes canaux de circulation d'eaux thermales incrustantes plus ou moins obstrués, s'est placé, autant qu'il lui a été possible, dans les conditions de la nature ; il a fait réagir les diverses substances qu'il mettait en présence à une haute température et à une haute pression, en les enfermant dans des tubes épais en verre vert. Il a obtenu : argent, cuivre, arsenic, quartz, oligiste, carbonates calcique, magnésique, ferreux, cobaltique, malachite, barytine, réalgar, stibine, pyrite, etc.

GITES MÉTALLIFÈRES. — Nous allons passer rapidement en revue les principaux gîtes exploités pour les divers métaux.

FER. — Dans la vallée d'Aoste on trouve du fer oxydulé ou magnétite titanifère dans les serpentines ;

à Traverselle, la magnétite forme des amas intercalés, comme à Framont le fer oligiste.

Près de Coblenz se montre la sidérose en amas intercalés et en filons ; dans les Pyrénées, amas intercalés d'hématite au voisinage du granite ; en Bretagne, dans le terrain primaire, la limonite et la chamoisite se trouvent en couches stratifiées.

En Belgique, on trouve des oxydes de fer oolithiques subordonnés au terrain carbonifère, disposés en plaques ou en rognons avec poissons et plantes. Dans le Luxembourg, des couches ferrugineuses, d'une richesse peu uniforme, sont enclavées dans le lias ; ce niveau ferrugineux se prolonge dans l'Ain, le Rhône, l'Aveyron, le Hartz.

En Champagne, le minerai oolithique est dans le néocomien.

La richesse sidérurgique de la France consiste principalement en couches tertiaires, très-abondantes de minerais pisolithiques en forme de cuvettes excavées, quelquefois oblongues en forme de filon.

Le fer (et le manganèse) offrent des gites superficiels qui se forment tous les jours sous nos yeux : ce sont les minerais des marais. En Allemagne, il y a de petits bassins rudimentaires qui deviennent exploitables tous les 50 ans. Le fer est enlevé au sol par les acides végétaux qui le laissent ensuite déposer à cause de l'instabilité du sel formé.

A l'état de pyrite, le fer est très-répandu : il y a très-peu de filons métallifères qui soient dépourvus de pyrite ; à Framont, elle est associée au fer oligiste ; les diorites, les amphibolites, etc., en renferment des grains.

ZINC. — Le zinc se trouve à l'état de carbonate (calamine) et d'hydrosilicate dans les terrains permien et triasique ; à l'état de blende, dans les ter-

rains de cristallisation comme dans les terrains sédimentaires.

La Belgique nous offre les plus beaux gîtes de minerai de zinc.

PLOMB. — En France, nous possédons de nombreux filons de galène (Pont-Gibaud, Viallas, etc.)

ARGENT. — L'argent est un métal assez répandu dans la nature ; beaucoup de sulfures métalliques en contiennent, comme la galène, le cuivre gris, la blende, etc. ; mais il y a des gîtes spéciaux, tels que l'argent natif, l'argyrose, l'argent rouge, etc.

Autrefois, on exploitait ces minerais d'argent à Sainte-Marie-aux-Mines, on les exploite encore à Freyberg, à Chemnitz, à Joachimsthal.

En Amérique, il y a plus de 5000 filons argentifères sur un plateau de 2500 mètres d'altitude moyenne ; leur richesse est en moyenne de $\frac{2}{10000}$. Ces filons sont en relation avec les trachytes ; or, comme les trachytes du Chili et de la Bolivie occupent d'immenses étendues, cette bande argentifère s'étend donc sur d'immenses étendues et avec les mêmes caractères géologiques, physiques et chimiques.

MERCURE. — Le minerai de mercure se montre en couches interstratifiées (Almaden) ou en filons. Dans le Sarrebruck, les filons de cinabre sont en relation avec les porphyres qui percent le terrain houiller.

CUIVRE. — Le cuivre présente de nombreux minerais que nous ferons connaître en décrivant les espèces. En Toscane on trouve des amas de minerai de cuivre intercalés au voisinage des serpentines ; sur les bords du lac Supérieur (Amérique), les filons

cuprifères sont en relation avec des roches dioritiques éruptives.

OR. — L'or natif est assez fréquent dans les gangues pierreuses de tous les filons ; il s'y montre en petits grains tuberculeux, et toujours associé avec 1 à 10 pour 100 d'argent, et souvent avec le fer, le palladium, le rhodium et le cuivre.

L'or forme aussi des filons spéciaux à gangue de quartz, associé seulement à la pyrite, son compagnon inséparable (la Gardette, dans les Alpes).

En Transylvanie, se trouvent des grands filons aurifères, faisant partie du système argentifère dont nous avons déjà parlé. Les petits grains d'or s'y trouvent enfermés dans une enveloppe pyriteuse : les petits feuilletés ont l'aspect d'un dépôt galvanoplastique.

Ces gites aurifères, quoique très-étendus, sont peu avantageux industriellement, à cause de leur pauvreté relative. Les meilleurs gites sont ceux qui proviennent des lavages naturels de ces filons ou des alluvions remaniées formées à leurs dépens.

Certains fleuves, comme le Rhin, par exemple, charrient des paillettes d'or, qui se concentrent dans les méandres avec du fer titané et les gros cailloux roulés ; par ce procédé naturel, l'enrichissement du minerai, va de 100 à 150.

Avant la découverte des gites aurifères de la Californie, on exploitait très-activement dans l'Oural, l'or dans une alluvion sablonneuse avec débris de mammoth (*Elephas primigenius*).

La Californie nous présente des alluvions aurifères tertiaires d'une grande puissance, traversées en certains points par des filons d'or à gangue de quartz et surmontées, en d'autres, d'une plaque de basalte.

En Australie, on a trouvé l'or dans trois gisements

superposés, savoir : dans des alluvions modernes, des alluvions pliocènes et des miocènes.

PLATINE. — Le platine est exploité dans les alluvions de la Colombie et de l'Oural ; on le trouve quelquefois en mouches dans les filons d'or.

ÉTAIN. — L'étain se trouve rarement à l'état de sulfure double d'étain et de cuivre. Le véritable minerai est l'oxyde d'étain ; les gisements les plus importants de cet oxyde, en Europe, sont en Cornouailles et en Saxe. La gangue ordinaire est le quartz et des gemmes, comme la topaze, la tourmaline, le mica, l'axinite, toutes substances fortement fluorées et borées. Le fluor et le bore paraissent avoir pris une part à la formation de l'oxyde d'étain. En effet, on produit cet oxyde en décomposant par la vapeur d'eau, le fluorure ou le chlorure d'étain.

CHAPITRE VI.

Classification des minéraux

Les espèces minérales peuvent être classées à deux points de vue, soit en partant de l'acide ou corps électro-négatif, soit en partant de la base ou corps électro-positif.

Beudant, prenant en considération l'élément électro-négatif, a divisé les minéraux en trois classes, savoir :

1^{re} classe : *Gazolites*. Substances renfermant comme principe électro-négatif des corps gazeux, liquides, ou solides, susceptibles de former des combinaisons gazeuses permanentes avec l'oxygène, l'hydrogène ou l'acide fluorique. Cette classe

comprend les familles : silicides, borides, carbonides, hydrogénides, nitrides.

2^e classe: *Leucolites*. Substances renfermant comme principe électro-négatif des corps solides qui donnent des solutions blanches avec les acides et ne forment pas des gaz permanents. Familles : Antimonides, stannides.

3^e classe : *Chroïcolytes*. Donnant avec les acides des dissolutions colorées et ne se réduisant jamais en gaz permanents. Familles : titanides, manganides, cuprides, sidérides.

La méthode de Beudant présente certains avantages que l'on ne saurait méconnaître ; elle fait ressortir l'isomorphisme des divers carbonates, des phosphates et celui des bases de composition atomique analogue, comme l'alumine et le sesquioxyde de fer (le corindon et l'oligiste).

Mais la méthode de classification qui groupe ensemble les composés d'une même base offre de grands avantages pratiques ; elle réunit ensemble tous les minerais d'un même métal que dispersait le système par l'élément électro-négatif.

Comme c'est la base ou l'élément électro-positif, qui imprime aux minéraux leurs caractères les plus importants et distinctifs, nous adopterons dans ce guide, la classification minéralogique par les bases.

Werner divise les minéraux en 4 classes, savoir : 1^o terres et pierres, 2^o sels, 3^o combustibles, 4^o métaux.

Haüy les partage en cinq classes : 1^o acides libres, 2^o substances métalliques hétéropsides, 3^o silicates, 4^o substances métalliques autopsides, 5^o combustibles.

M. Dufrénoy divise les minéraux en six classes : 1^o corps simples, formant un des principes essentiels des minéraux composés, 2^o alcalis, 3^o terres

alcalines et terres, 4° métaux, 5° silicates, 6° combustibles.

M. Delafosse établit deux sous-règnes : 1° le sous-règne atmosphérique ne comprenant qu'une seule classe, celle des substances atmosphériques ou des gaz (oxygène, azote, hydrogène, air, acide carbonique, etc.) ; 2° le second sous-règne ou règne minéral est divisé en trois classes :

1° Combustibles non métalliques ; 2° combustibles métalliques, métaux et minerais combustibles) ; 3° non combustibles.

CLASSIFICATION ADOPTÉE DANS CET OUVRAGE. — Nous adoptons la classification par les bases ; cependant nous faisons une exception pour les silicates multiples et les silicates non métallifères, qui formeront un groupe séparé à la suite du silicium. Mais les silicates qui ne renferment qu'une seule base métallique, comme ceux de manganèse, de zinc, de cuivre, de fer seront étudiés à la suite de chacun de ces métaux.

La formation du groupe des silicates s'explique par la multiplicité des bases qui entrent dans la composition de ces sels, ce qui empêche de les rapporter à l'une plutôt qu'à l'autre.

Généralement, les silicates multiples ont une composition très-variable, et les bases qui s'y trouvent peuvent se substituer les unes aux autres.

Pour les subdivisions de la famille des silicates, nous adopterons les groupes de M. Dufrénoy

Le tableau suivant résume la classification adoptée ou l'ordre dans lequel nous décrirons les espèces minérales.

Nous partageons le règne minéral en deux grandes divisions ou sous-règnes : 1° les minéralisateurs, 2° les minéralisables.

Chacune de ces divisions est subdivisée en deux classes.

La cinquième classe comprend les substances d'origine organique qui ont pris quelques-uns des caractères des minéraux par suite de certaines transformations.

A. MINÉRALISATEURS.

1^{re} classe : *métalloïdes*.

2^e classe : *métallacides*.

B. MINÉRALISABLES.

3^o classe : *métallopsides*.

4^e classe : *métallolithes*.

C. APPENDICE AU RÈGNE MINÉRAL.

5^e classe : *organolithes* (1).

Pour chaque espèce minérale qui sera étudiée, nous donnerons : 1^o le nom et la synonymie, 2^o la composition et la formule, 3^o les caractères physiques, 4^o chimiques, 5^o cristallographiques et morphologiques, 6^o le gisement, la position géologique et tous les caractères géognostiques, 7^o enfin, les usages, les applications et tous les caractères technologiques.

(1) Cette classification est celle qui est adoptée à Lyon pour les collections du Palais Saint-Pierre et de la Faculté des sciences ; nous n'y avons fait que quelques changements de peu d'importance. M. Fournet, dès 1834, avait déjà adopté pour ses leçons, la classification des espèces minérales par les bases ; M. Jourdan en 1843 adopta aussi cette classification par les bases pour le classement des collections du Museum d'histoire naturelle de Lyon.

<p style="text-align: center;">1^{re} MINÉRALISATEURS</p> <p>Corps simples qui, en se combinant avec l'oxygène, acquièrent principalement les propriétés acides. Ces corps ainsi acidifiés se combinent avec les bases et les minéralisent.</p>	<p style="text-align: center;">2^o MINÉRALISABLES.</p> <p>Corps simples qui, en se combinant avec l'oxygène, produisent des oxydes ou des bases, jouant le rôle d'éléments électro-positifs dans les corps composés.</p>	
<p>1^{re} CLASSE : Métalloïdes.</p> <p>Corps électro-négatifs, ne jouant jamais le rôle de bases avec les corps des autres classes, formant des gaz permanents et les acides les plus énergiques. Pas de caractères métalliques.</p>	<p>5^e CL. : Métallopsides.</p> <p>Corps électro-positifs (métaux proprement dits), dominant avec l'oxygène des combinaisons basiques ou oxydes réductibles par le charbon et l'hydrogène.</p>	<p>5^e CL. : Organolithes.</p> <p>Corps d'origine organique, ayant pris des caractères lithologiques.</p>
	<p>2^e CLASSE : Métallacides.</p> <p>Corps électro-négatifs présentant les caractères métalliques, dominant avec l'oxygène des combinaisons acides.</p>	
	<p>4^e CL. : Métalloolithes.</p> <p>Corps électro-positifs dominant avec l'oxygène des bases énergiques plus ou moins alcalines, irréductibles par le charbon et l'hydrogène.</p>	

<p>I. Géogénides. { Oxygène. Azote. Hydrogène. Carbone.</p>	<p>I. Arsénides. II. Chromides. III. Molybdénides.</p>	<p>{ Arsenic. Antimoine. Tellure. Chrome. Vanadium. Molybdène. Tungstène. Niobium. Tantalé. Titane.</p>	<p>I. Stannides. { Étain. Osmium. II. Aurides. { Or. Iridium. III. Platinides. { Platine. Rhodium. IV. Argyrides. { Argent. Mercure. Palladium. Ruthénium. V. Cuprides. { Cuivre. Plomb. Cadmium. Bismuth.</p>	<p>I. Carbonides. { Anthracite. Houille. Lignite. Tourbe. II. Bitumides. { Idrialine. Bitume. Naphte. Pétrole. III. Rétinides. { Succin. IV. Salorganides. { Guano. Mellite. Oxalite.</p>
<p>II. Silicides. { Silicium.</p>			<p>I. Cérides. { Urané. Didyme. Lanthane. Cérium. Thorium. II. Aluminides. { Aluminium. Zirconium. Glucinium. Magnésium. Yttrium. Terbium. Erbium. III. Calces. { Calcium. Baryum. Strontium. IV. Potassides. { Potassium. Sodium. Lithium. Ammonium. V. Thallides. { Thallium. Caesium. Rubidium. Indium.</p>	
<p>Sous-classe : Silicates.</p>				
<p>III. Borides. { Bore.</p>				
<p>IV. Sulfurides. { Soufre. Sélénium. Phosphore.</p>				
<p>V. Chlorides. { Chlore. Fluor. Brome. Iode.</p>		<p><i>magnétiq.</i> Fer. Cobalt. Nickel. <i>non magn.</i> Manganèse. Zinc.</p>		

LIVRE DEUXIÈME

DESCRIPTION DES ESPÈCES MINÉRALES

1^{re} DIVISION : MINÉRALISATEURS.

1^{re} CLASSE : MÉTALLOÏDES.



CHAPITRE PREMIER.

1^{re} Famille : Géogénides. — Genres : Oxygène, Azote, Hydrogène, Carbone, Silicium.

CARACTÈRES DISTINCTIFS DES GENRES DE LA FAMILLE DES GÉOGÉNIDES.

1	{	Corps gazeux permanents.	2
		Corps solides, infusibles ou difficilement fusibles.	4
2	{	Combustible à l'air, avec flamme	Hydrogène (H).
		Non combustible à l'air avec flamme.	3
3	{	Comburant, rallumant les corps présentant des points en ignition	Oxygène (O).
		Non comburant.	Azote (Az).
4	{	Combustible, en se transformant en acide carbonique gazeux, infusible, inattaquable par les acides.	Carbone (C).
		Combustible, en se transformant en acide silicique, solide, fusible, attaqué par l'acide fluorhydrique	Silicium (Si).

GENRE : OXYGÈNE.

1^{re} *Espèce* : *Oxygène (Lavoisier), air pur, air déphlogistiqué.*

Corps simple ou indécomposable, ayant pour formule le signe $O = 8$;
équivalent en volume = 4.

CARACTÈRES PHYSIQUES. — L'oxygène est un gaz permanent, incolore, inodore, insipide, peu soluble dans l'eau qui n'en dissout à 0° que 41 millièmes de son volume, ou 1 litre d'eau dissout 41 centimètres cubes de ce gaz. Sa densité est de 1,106, par conséquent une litre d'oxygène à 0° pèse 1^g,43. C'est le gaz qui réfracte le moins la lumière, son pouvoir réfringent est de 0,924. Sa chaleur spécifique est égale à celle de l'air ; comparée à celle d'un égal poids d'eau, elle n'est que de 0,242.

CARACTÈRES CHIMIQUES. — L'oxygène, minéralisateur par excellence, est incombustible, mais il est comburant, c'est-à-dire éminemment propre à la combustion ; ses propriétés comburantes sont mises en évidence en faisant brûler du charbon, du soufre, du phosphore, du fer, etc., dans le gaz oxygène pur. Outre ces combustions vives, dans lesquelles les corps sont maintenus à l'incandescence, tous les phénomènes d'oxydation qui se produisent sans élévation de température, sont des preuves des propriétés comburantes de l'oxygène.

On reconnaît l'oxygène à ce qu'il rallume les corps organiques qui présentent quelques points en ignition, ou à ce qu'il est complètement absorbé par le phosphore. On le reconnaît aussi en le faisant détoner dans l'eudiomètre, avec un volume double d'hydrogène : la combinaison s'effectue sans laisser aucun résidu des deux gaz.

CARACTÈRES GÉOLOGIQUES. GISEMENT. — L'oxygène est très-répandu dans la nature, mais on ne le trouve pas isolé ; il entre dans la composition de l'eau, dans le rapport de $\frac{9.8}{100}$ en poids ; de l'air, dans le rapport de $\frac{2.5}{100}$ en poids ou de $\frac{1}{5}$ en volume ; des oxydes, des acides, des oxysels. La croûte solide et superficielle de notre planète est presque entièrement formée d'oxydes et d'oxysels (silicates, carbonates, etc.), en sorte que l'oxygène entre dans la composition d'au moins les trois cinquièmes des espèces minérales. Du reste, on peut se faire une idée de l'énorme quantité d'oxygène qui se trouve en combinaison avec les substances métalliques ou métalloïdes de notre globe, par conséquent du rôle important que ce gaz a joué dans la formation de l'écorce terrestre, en sachant que l'oxygène, entre en moyenne, pour les $\frac{47}{100}$ dans la composition des granites et des calcaires qui sont les roches dominantes de la croûte de notre planète.

Uni au carbone, à l'hydrogène et à l'azote, l'oxygène entre dans la composition des substances animales et végétales.

TECHNOLOGIE. — Ce gaz est le principe actif de toutes les oxydations et de la respiration. Sa production à bon marché serait d'une grande importance pour l'industrie métallurgique. Les corps combustibles chauffés dans l'air s'enflamment et brûlent en absorbant son oxygène. Plus le tirage est fort, plus l'air se renouvelle rapidement autour du corps en combustion, et plus ce corps brûle avec violence. De là vient qu'en soufflant de l'air avec force, on peut accroître le renouvellement de cet air, à tel point que le corps combustible brûle autant d'oxygène que s'il était placé dans ce gaz.

On utilise l'oxygène pour produire les plus hautes

températures que nous connaissons, en le combinant à l'hydrogène dans le chalumeau à gaz oxy-hydrogène.

La température maximum que l'on peut produire par la combinaison des deux gaz, s'obtient en enflammant un mélange, à proportions exactes, de 2 parties d'hydrogène et d'une partie d'oxygène. On obtient, à l'extrémité du tube étroit du chalumeau par lequel on les fait arriver, une flamme capable de fondre les métaux les plus réfractaires.

Pour fondre le platine, on met le métal dans une petite cavité creusée dans un morceau de chaux vive, puis on dirige sur le métal le dard de la flamme : on voit bientôt le platine fondre et se rassembler en un culot. MM. H. Sainte-Claire Deville et Debray sont parvenus à fondre et à couler des quantités considérables de platine (jusqu'à 100 kilogrammes). La fusion de 1 kilogramme de platine et son affinage exigent une dépense de 50 à 60 litres d'oxygène et d'une quantité à peu près double de gaz de l'éclairage.

M. Carlevaris, de Gènes, a proposé récemment un procédé d'éclairage économique par l'intervention de l'oxygène artificiel, qu'il obtient en décomposant au rouge le peroxyde de manganèse par l'acide silicique. M. Leriche, de Lyon, cherche à répandre un mode d'éclairage qui consiste essentiellement dans la carburation de l'air atmosphérique.

GENRE : HYDROGÈNE.

1^{re} *Espèce : hydrogène (Lav.), air inflammable, air phlogistique.*

Corps simple ou indécomposable ayant pour formule le signe
 $H = 1$; équivalent en volume = 2.

CARACTÈRES PHYSIQUES. — L'hydrogène est un gaz permanent, incolore, inodore, insipide ; l'eau n'en dissout qu'un centième et demi de son volume ; sa densité est de 0,0692, par conséquent 1 litre de ce gaz à 0° pèse $0,0692 \times 1,293 = 0^s,089$. C'est le gaz qui réfracte le plus la lumière, son pouvoir réfringent est de 6,615 ; sa chaleur spécifique est égale à celle de l'air quand on compare les deux gaz à volumes égaux ; mais à poids égaux celle de l'hydrogène est à celle de l'air dans le rapport de $\frac{14,535}{1,000}$; comparée à celle d'un poids égal d'eau,

elle est de 3,4. C'est le seul gaz qui conduise bien la chaleur ; cette conductibilité augmente avec la pression.

CARACTÈRES CHIMIQUES. — L'hydrogène est combustible ; il brûle à l'air avec une flamme pâle, jaunâtre, très-peu éclairante, mais très-chauffante : 1 gramme d'hydrogène dégage, en se combinant avec l'oxygène, environ 3,4500 calories, en d'autres termes 1 gramme d'hydrogène en brûlant dégage assez de chaleur pour opérer la fusion de 345 grammes de glace, ou bien pour porter de 0° à 100° la température de 345 grammes d'eau.

Le produit de la combustion de l'hydrogène dans l'air ou dans l'oxygène est de la vapeur d'eau : les

deux gaz se combinent, dans le rapport de 2 volumes d'hydrogène et de 1 volume d'oxygène, sous l'influence de la chaleur, de l'électricité et du platine.

L'hydrogène se combine indirectement avec les métalloïdes, mais il ne se combine pas avec les métaux, dont il est d'ailleurs rapproché par les propriétés chimiques : on peut le considérer comme une substance métallique gazeuse.

On reconnaît l'hydrogène à sa flamme caractéristique ou mieux encore en le faisant détoner dans l'eudiomètre avec son volume d'oxygène pur. Il absorbe alors pour brûler, la moitié du volume d'oxygène employé, et le produit est de l'eau pure.

CARACTÈRES GÉOLOGIQUES. GISEMENT.—L'hydrogène est un des principes constituants de l'eau, des hydracides, de l'ammoniaque ; il entre aussi dans la composition des matières animales et végétales.

Les espèces minérales hydratées sont nombreuses ; par suite, l'hydrogène se trouve très-répandu dans le règne minéral. En outre, ce corps, combiné au carbone, donne un groupe particulier de corps combustibles, dont les plus importants sont le pétrole, le naphte, les bitumes, etc.

Cependant le gaz hydrogène libre existe rarement dans la nature à l'état de pureté ; il est incontestable qu'il s'exhale de l'intérieur de la terre pendant les phénomènes volcaniques (éruptions de volcans et tremblements de terre) : il est ordinairement mélangé à des vapeurs de naphte, de sulfure d'hydrogène, etc., et brûle au contact de l'air au fur et à mesure de sa sortie.

TECHNOLOGIE. — L'hydrogène sert à réduire les oxydes métalliques lorsqu'on veut obtenir des métaux très-purs, et à isoler quelques métaux de leurs

combinaisons avec le chlore et le soufre. On l'emploie aussi pour gonfler les aérostats qui doivent monter à des hauteurs considérables, et pour la confection des briquets à hydrogène.

Mais l'usage le plus important de l'hydrogène est son emploi dans le chalumeau à gaz oxygène et hydrogène.

La quantité énorme de chaleur produite par la combustion de l'hydrogène dans le chalumeau à gaz oxy-hydrogène alimenté par l'air, a été utilisée par M. Desbassyns de Richemond, pour souder les feuilles de plomb par leur bord, sans interposition d'aucun alliage. On passe rapidement le dard du chalumeau sur les bords rapprochés et bien nettoyés ou grattés. On promène en même temps dans la flamme un petit cylindre de plomb, qui ajoute de la matière aux bords fondus des feuilles.

Cette soudure, dite autogène, s'applique également bien au platine et à plusieurs autres métaux. L'usage de l'hydrogène comme gaz d'éclairage (Narbonne, Passy) platiné n'a pas donné de bons résultats ; on lui a partout substitué le gaz d'éclairage provenant de la distillation de la houille.

2^e Espèce : Eau, protoxyde d'hydrogène.

COMPOSITION. — L'analyse vérifiée par la synthèse a démontré que l'eau pure est formée en poids de :

Hydrogène. . . .	11,11	ou	1
Oxygène.	88,89	ou	8
	100,00		9

En volume elle est composée de 2 volumes d'hydrogène et d'un volume d'oxygène condensés en 2 volumes de vapeur d'eau. La formule de l'eau = HO ou Ag. L'eau existe dans la nature sous 4 états dif-

férents : 1° à l'état solide : neige, grêle, glace ; 2° à l'état liquide ; 3° à l'état gazeux ou de vapeur invisible et transparente ; 4° à l'état vésiculaire.

EAU SOLIDE OU GLACE.

L'eau solide a la même composition que l'eau liquide ou en vapeur ; sa formule est donc H ou HO.

CARACTÈRES PHYSIQUES. — La glace est incolore, inodore, insipide ; elle est plus légère que l'eau : sa densité est égale à 0,916, et parfois moindre ; elle est mauvais conducteur de l'électricité et de la chaleur, cependant elle est conductrice de la chaleur pour tous les degrés au-dessous de zéro. Au-dessus de cette température, elle absorbe une quantité de chaleur latente capable de porter de 0° à 79° une égale quantité d'eau liquide à zéro.

La dilatation de la glace fait briser les vases pleins d'eau qui viennent à se congeler, les tuyaux de conduite, les pierres de construction ; fend les rochers, détruit les tissus organiques où elle se forme.

La glace est biréfringente, elle a un seul axe, positif, de double réfraction.

CARACTÈRES CRISTALLOGRAPHIQUES. — Elle cristallise dans le système du prisme hexagonal (4°), affectant généralement les formes hémiedres du sous-système rhomboédrique. Clarke a observé des cristaux de glace qui lui ont offert des rhomboédres d'environ 120°. On a rencontré souvent des prismes hexaèdres réguliers, mais presque toujours ils étaient incomplets. M. Bravais a été conduit, par des considérations théoriques dérivant du phénomène des parhélies, à conclure que le rhomboèdre élémentaire de la glace pourrait bien être un rhom-

hoèdre cuboïde d'un angle très-voisin de 90° . La neige affecte souvent la forme d'étoiles à six rayons, qui n'est qu'une modification du prisme hexagonal. Quelqufois le centre de l'étoile est occupé par une petite lame hexagonale brillante, et les rayons de l'étoile divergent de chacun de ses angles.

Les variétés les plus importantes de glace sont :

1° La glace cristallisée ;

2° La glace dendritique, en arborisation à la surface des vitres, pendant l'hiver ;

3° La glace stalactitique, dans certaines cavernes où elle se conserve ;

4° La glace globulaire testacéc, à couches concentriques, comme dans les grêlons, les grains de grésil ;

5° La glace floconneuse (neige ordinaire) ;

6° La glace grenue ou pulvérulente : dans le névé ou firn des parties les plus élevées des glaciers ;

7° Enfin la glace compacte ou amorphe, comme dans les parties les plus basses des glaciers, dans l'intérieur de leur masse.

GISEMENT. — La glace se forme partout où la température de l'eau descend au-dessous de zéro, et elle reste constamment à cet état dans tous les lieux où la température moyenne annuelle diffère peu de cette limite, et dans tous ceux où elle lui est notablement inférieure. Aux pôles, des glaces éternelles existent même au niveau de la mer ; mais sous les diverses latitudes, ce n'est qu'à une certaine élévation qu'on les trouve. Les hauteurs où commencent ces dépôts de neiges accumulées augmentent rapidement en allant des pôles vers l'équateur, et encore sont-elles sujettes à d'assez grandes variations, par suites de diverses causes locales. Voici quelques résultats fournis par l'observation.

Vers le 70 ^e degré de latitude.			4,052 ^m
— le 65 ^e —			4,500
— le 45 ^e —			2,923
— le 45 ^e — (Alpes).			2,700
— le 43 ^e — (Caucase).			3,400
— le 43 ^e — (Pyrénées).			2,800
— le 20 ^e —			4,677
— le 19 ^e — (Névos du Mexique).			4,700
— le 16 ^e — (Cordil. du Haut-Pérou).			5,300
Vers l'équateur (dans les Andes de Quito).			4,800

Les neiges, en s'accumulant et se condensant, donnent naissance à ces immenses amas d'eau congelée, à glace plus ou moins compacte ou plus ou moins spongieuse, qui sont connus sous le nom de glaciers.

Les glaciers glissent sur leur base et descendent, dans nos climats, jusqu'à 1364 mètres au dessus des niveaux des mers, s'avancant au milieu des prairies et des terres labourables dans les vallées élevées des hautes montagnes. Les glaciers supérieurs se produisent au-dessus de la limite des neiges éternelles ; ils proviennent de l'accumulation dans les hauts bassins des montagnes, des neiges qui tombent immédiatement de l'atmosphère sous forme grenue. Les glaciers inférieurs s'étendent sur les parties les plus déclives des hautes vallées et s'avancent jusque dans les vallées basses, dans les champs cultivés. Ils prennent des masses de neige qui se détachent des glaciers supérieurs ou qui roulent des sommités sous forme d'avalanches ; ils sont composés intérieurement d'une glace compacte, transparente, ayant quelquefois des teintes d'un bleu verdâtre ou bleu céleste. De larges crevasses les divisent transversalement en morceaux de glace irréguliers qui affectent toutes sortes de formes. Par la fusion de la glace, les glaciers fournissent l'eau qui alimente les nombreux ruisseaux qui sillonnent les hautes montagnes.

EAU LIQUIDE.

Lorsque la vapeur d'eau vient à se condenser dans l'atmosphère, elle se précipite sous forme de pluie ou de neige, selon la température. Une partie de l'eau pluviale qui tombe, coule sous la forme de ruisseaux, une autre partie s'infiltré dans le sol, s'enfonce à de grandes profondeurs, où elle se charge de principes salins ou gazeux, puis vient à déboucher à la surface pour former des sources ; d'autres fois, elle coule souterrainement jusqu'à la mer ou se rend dans un réservoir lacustre. Si l'on perce le sol et qu'on atteigne à un de ces courants souterrains, l'eau s'élève et jaillit plus ou moins, selon la hauteur du niveau du courant : c'est là l'origine et la cause des puits artésiens.

A l'état liquide, l'eau est abondamment répandue dans la nature, elle forme les mers, les lacs, les fleuves, les rivières, les sources et les courants souterrains. Mais elle ne se rencontre jamais pure, car sur son parcours elle a dissout certaines substances, ou bien elle les a entraînées en suspension. Les matières les plus ordinairement en solution dans les eaux ordinaires, sont l'air, de l'acide carbonique, des sels calcaires et magnésiens, plus rarement des sels potassiques et sodiques. Il n'y a que les eaux de pluie ou celles provenant de la fonte des neiges, qui soient pures jusqu'à un certain point ; si elles ne contiennent point des sels terreux ou alcalino-terreux, elles renferment de l'azotate ammonique, du carbonate de la même base, de l'azote, de l'oxygène, de l'acide carbonique, des traces d'acide azotique, de l'iode et des poussières qui se trouvent en suspension dans l'atmosphère.

Parmi les eaux courantes ou de source, qui circulent à la surface du sol, les plus pures sont celles qui

parcourent des terrains granitiques, dont les minéraux constitutifs sont difficilement désagrégables ou très-peu solubles, tandis que celles qui coulent sur des sols gypseux, calcaires ou vaseux sont fortement chargées de principes minéraux ou organiques, qui les rendent impropres à certains usages économiques. Cependant il est important que les eaux renferment une petite quantité de sels calcaires, car la chaux des eaux potables est nécessaire au développement du système osseux. Elle concourt à la formation du squelette avec celle que fournit l'alimentation solide.

L'eau liquide est peu élastique, peu compressible, la pression d'une atmosphère diminue à peine son volume de 0,000048 ; cependant son propre poids la comprime dans les lacs et dans les mers, puisque sa densité va en croissant depuis la surface jusqu'au fond ; son maximum de densité est à 4°,1.

L'eau pure est inodore, insipide, incolore en petite quantité ; mais en masse considérable, elle a une teinte verdâtre ; privée d'air, elle est fade et insipide, lourde et d'une digestion difficile ou lente. L'air que l'eau tient en dissolution lui donne sa saveur fraîche et agréable.

Eaux potables. — Les eaux potables sont les différentes eaux de source et de rivière qui servent habituellement aux besoins de la vie sans produire aucune perturbation dans la santé.

Une eau potable contient indispensablement de l'air en dissolution, une petite quantité de bi-carbonate calcique et de chlorures alcalins ; mais très-peu ou pas du tout des chlorures et des sulfates calciques et magnésiens.

Les eaux crues ou de puits sont impropres à la cuisson des légumes et au lessivage du linge ; elles coagulent le savon qu'elles décomposent et sont moins aérées que les bonnes eaux potables.

Les eaux crues contiennent une assez forte proportion de carbonate calcaïque, de chlorures alcalins, des sulfates calcaïque et magnésien, des matières organiques ; employées en boisson, elles agissent comme purgatif et produisent des troubles dans l'organisme.

Au moyen des réactifs qui suivent on pourra s'assurer si une eau est potable ou crue :

1° Une goutte de la solution alcoolique du bois de campêche communique une couleur violette à l'eau qui renferme du bi-carbonate calcaïque ; cette coloration se manifestera peu à peu, à moins que la proportion du sel calcaire ne soit bien forte.

2° Si l'eau que l'on fait bouillir pendant quelque temps n'est pas troublée par l'ébullition, c'est un signe qu'elle ne contient pas un excès de carbonate calcaïque. Les eaux calcaires incrustent rapidement les chaudières et les générateurs à vapeur ; on pourrait précipiter ces sels calcaires par le carbonate de soude avant de remplir les chaudières.

3° La dissolution alcoolique de savon produit des grumeaux dans une eau qui tient en dissolution une notable quantité de sels terreux, autres que le bi-carbonate calcaïque.

4° Par l'ébullition, le chlorure aurique rend violette et trouble l'eau qui contient un excès de matières organiques.

Les eaux séléniteuses peuvent être rendues, sinon potables, du moins propres à la cuisson des légumes et au savonnage en y versant une dissolution de carbonate sodique ; il se produit du carbonate calcaïque insoluble et du sulfate sodique qui est sans inconvénient dans la plupart des opérations industrielles. On peut encore employer une petite quantité de savon pour précipiter toute la chaux d'une eau séléniteuse destinée au savonnage

Analyse des eaux potables et des eaux crues de Paris.

EAU DE LA SEINE. (MM. Boutron et Henry, 4 lit. d'eau).	Pompe de Chaillot.	Eau d'Arcueil, château de l'Observatoire.	Puits de Grenelle.	Canal de l'Oureq gare de la Villette.	Puits avenue de la porte Maillot. (M. Poggiale).
Azote et oxygène	6 ^{lit} ,003	0 ^{lit} ,004	"	"	"
Acide carbonique libre	0 ,013	0 ,070	"	"	"
Bicarbonate de chaux	0 ^{gr} ,230	0 ^{gr} ,158	0 ^{gr} ,0292	0 ^{gr} ,158	0 ^{gr} ,33
Bicarbonate de magnésie	0 ,076	0 ,060	0 ,0092	0 ,075	"
Bicarbonate de potasse	"	"	0 ,0100	"	"
Sulfate de chaux anhydre	0 ^{gr} ,040	0 ^{gr} ,138	"	0 ,080	1 ,32
Sulfate de magnésie anhydre	"	"	"	"	"
Sulfate de soude anhydre	0 ,059	0 ,072	"	"	"
Sulfate de potasse	"	"	0 ^{gr} ,0320	0 ^{gr} ,095	"
Chlorure de calcium	"	"	"	"	"
Chlorure de magnésium	0 ^{gr} ,032	0 ^{gr} ,081	"	0 ^{gr} ,113	0 ^{gr} ,42 et sodium 0 ^{gr} ,30
Chlorure de sodium	"	"	0 ^{gr} ,0570	"	"
Chlorure de potassium	"	"	"	"	"
Sels de potasse	Traces.	Traces.	"	Traces.	0 ^{gr} ,03
Nitrate alcalin	Traces.	Traces.	"	0 ^{gr} ,069	0 ^{gr} ,02 silice.
Silice, alumine, oxyde de fer	0 ^{gr} ,024	0 ^{gr} ,018	0 ^{gr} ,0120	Indices.	Traces.
Matière organique azotée	Indices.	Traces à peine sensibles.	Traces.	"	"
Poids des substances	0 ^{gr} ,432	0 ^{gr} ,581	0 ^{gr} ,1494	0 ^{gr} ,590	2 ^{gr} ,43 sur 1,000 p. d'eau.

SUR 1,000 PARTIES D'EAU.	De la Loire. H. Deville.	Dela Garonne H. Deville.	Du Rhône. Bineau.	Du Rhin. Pagenst.	De la Saône. Bineau.	De la Tamise Benedett.
Chlorure de sodium	0 ^{sr} ,0048	0 ^{sr} ,0032	0 ^{sr} ,001	0 ^{sr} ,0015	0 ^{sr} ,002	"
Chlorure de calcium	"	"	"	"	"	0 ^{sr} ,02317
Chlorure de magnésium	"	"	"	"	"	0,01635
Sulfate de soude	0 ^{sr} ,0034	0 ^{sr} ,0053	0 ^{sr} ,0018	0 ^{sr} ,0018	"	0,05587
Sulfate de potasse	"	0,0076	"	"	"	0,01953
Sulfate de magnésie	"	"	0 ^{sr} ,016	0 ^{sr} ,0039	"	0,00780
Sulfate de chaux	"	"	0,014	0,0154	0 ^{sr} ,003	"
Carbonate de chaux	0 ^{sr} ,0481	0 ^{sr} ,0645	0,444	0,4279	0 ^{sr} ,434 y	0 ^{sr} ,20514
Carbonate de magnésie	0,0061	0,0034	"	0,0135	y compris la silice	"
Carbonate de soude	0,0146	0,0065	"	"	"	"
Carbonate de manganèse	"	0,0030	"	"	"	"
Azotate de potasse et de magnésie.	"	"	0 ^{sr} ,003	"	0 ^{sr} ,002	"
Phosphate d'alumine	"	"	Traces.	"	"	Traces.
Silice	0 ^{sr} ,0406	0 ^{sr} ,0401	0 ^{sr} ,0021	0 ^{sr} ,0021	"	0 ^{sr} ,01132
Silicate de potasse	0,0044	"	"	"	"	"
Fer	0,0055	0 ^{sr} ,0031	"	"	"	"
Alumine	0,0071	"	"	"	"	Traces.
Matière organique	"	"	0 ^{sr} ,007	"	0 ^{sr} ,030	"
Perte	"	"	"	0 ^{sr} ,0050	"	0 ^{sr} ,03814
Poids des substances	0 ^{sr} ,4346 P. de Mehling	0 ^{sr} ,4367 Toulouse.	0 ^{sr} ,184 Lyon.	0 ^{sr} ,1711 Bâle.	0 ^{sr} ,471 Lyon.	0 ^{sr} ,39732 Greenwich.

EAUX MINÉRALES.

Les eaux minérales sont sapides, elles contiennent en solution des principes acides ou salins qui exercent une action sur l'économie animale.

La différence de leur température les fait diviser en eaux thermales ou chaudes (eau thermo-minérales) et en eaux froides (eaux psychro-minérales).

Les eaux minérales ont la même origine que les sources ordinaires ; mais elles se présentent dans deux conditions différentes. Les unes, dites eaux minérales par décomposition, doivent leurs principes salins ou autres à la décomposition naturelle des roches ; leur température est en rapport avec celle du sol où elles se produisent. Les autres sont toujours thermales à cause des grandes profondeurs d'où elles proviennent ; elles sont, en général, plus fréquentes dans les terrains anciens que dans les terrains modernes et sont dues aux phénomènes intérieurs du globe. Ces eaux thermo-minérales sourdent fréquemment près de la ligne de contact des terrains cristallins et des roches sédimentaires qui les recouvrent, ou même elles sourdent directement du sol primordial. On peut les considérer comme des filons d'eau chargée de substances minérales. En effet, elles arrivent au jour par des fentes ou longues cheminées qui se subdivisent, se prolongent et se distribuent à travers les roches qui forment la croûte où elles circulent. Elles donnent des substances minérales industrielles, comme de l'acide borique (Lagoni de la Toscane), du sel, de la soude (Vichy) ; quelques-unes mêmes produisent du soufre, de l'arsenic, du bitume, de l'agate, des pyrites, etc.

En général, on remarque une grande stabilité dans la température, la composition et le régime des eaux

minérales ; mais cette régularité est troublée lorsqu'il se produit des perturbations dans le sol (volcans et tremblements de terre) de nature à agir sur les réservoirs souterrains ou sur les canaux qui donnent issue aux sources minérales.

CLASSIFICATION DES EAUX MINÉRALES. — Les eaux minérales peuvent être divisées en quatre groupes, savoir : 1° eaux gazeuses ; 2° eaux salines ; 3° eaux ferrugineuses ; 4° eaux sulfureuses.

I. Les eaux gazeuses contiennent de l'acide carbonique en dissolution ; à l'air elles laissent dégager le gaz en formant des bulles nombreuses ; elles ont une saveur aigrelette agréable et rougissent le tournesol.

Ces eaux sont thermales, comme celles de Clermont-Ferrand, de la Bourboule, de Wiesbaden, ou froides comme les eaux de Saint-Galmier, de Seltz, de Saint-Alban, de Bristol.

II. Les eaux salines contiennent une forte proportion de différents sels auxquels elles doivent leurs propriétés médicinales ; les unes sont gazeuses et thermales (eaux de Bourbon-l'Archambault, de Vichy) ; d'autres sont thermales et non gazeuses (eaux de Bourbonne, de Plombières, de Balaruc) ; enfin, certaines sont froides (eaux d'Epsom, de Forges).

L'eau salée, l'eau de la mer, peuvent être rangées dans ce groupe, avec les eaux iodurées et iodobromurées ; elles se distinguent des eaux salines ordinaires par des propriétés thérapeutiques particulières.

III. Les eaux ferrugineuses ont une saveur stipitique analogue à celle de l'encre ; noircissent la décoction de noix de galle ; abandonnées à l'air elles laissent déposer des flocons rougeâtres d'oxyde ferrique hydraté. Ces dépôts ocreux contiennent sou-

vent de l'arsenic, du cuivre, du plomb, de l'antimoine et de l'étain. Les principaux gîtes de ces eaux sont à Bussang (dans les Vosges), Bath, Spa, Pyrmont, Aix-la-Chapelle, Porla (Suède), Cransac, Passy.

VI. Les eaux sulfureuses exhalent une odeur fétide analogue à celle des œufs pourris ; précipitent en noir l'acétate plombique et noircissent une lame d'argent que l'on y plonge.

Les eaux sulfureuses sourdent le plus souvent des terrains cristallins ou primordiaux ; elles sont presque toujours thermales (eaux de Barèges, de Bagnères-de-Luchon, de Bonnes, de Cauterets, de Molitg, d'Amélie, etc. (dans les Pyrénées), d'Aix, en Savoie, d'Allevard (dans l'Isère), etc.

L'eau d'Enghien, près de Paris, est une eau sulfureuse froide.

Les eaux sulfureuses, surtout celles des Pyrénées, contiennent, en suspension et en dissolution, une matière azotée nommée barégine ou glairine ; d'autres renferment de l'acide carbonique libre (eaux de Gex, d'Enghien) en quantité assez considérable pour modifier leurs propriétés ; d'autres enfin sont en même temps ferrugineuses.

EAU GAZEUSE. — L'eau, sous forme de vapeur, se trouve dans l'air à toutes les températures : c'est à sa condensation à l'état vésiculaire que sont dus les brouillards, les nuages. Sa condensation complète produit la pluie et la neige. La quantité de vapeur aqueuse contenue dans l'atmosphère varie selon les températures, le pays, l'exposition, la position des régions, l'agitation de l'air. Toutes choses égales, cette quantité est plus grande sur les bords de la mer et dans le voisinage des fleuves que sur les continents.

La densité de la vapeur d'eau est de 0,522 (Re-

gnault) ; elle occupe un espace 1700 fois plus considérable que le liquide qui l'a formée ; elle est comme dissoute dans l'air, et alors elle est complètement invisible et transparente.

L'eau en vapeur, à une température de au moins 100°, s'échappe en jets par les crevasses du sol de certaines contrées ; on observe de ces dégagements de vapeur dans les cratères des volcans en activité, dans les solfatares (fumarolles), et même dans des terrains sédimentaires éloignés des foyers volcaniques actuels (Soffioni ou soufflards du Monte-Cerboli, Castel-Nuovo, en Toscane).

Ces jets de vapeur aqueuse entraînent des substances acides ou salines que l'on retrouve dans les eaux provenant de leur condensation : telle est l'origine de l'acide borique des Lagoni de la Toscane.

La vapeur aqueuse libre, ou condensée par une pression, est mélangée aux laves en fusion ; en arrivant au dehors, elle se dégage, sous forme de fumarolles, des coulées laviques, et cela pendant toute la durée du refroidissement des matières vomies par le cratère. Au Vésuve, la vapeur d'eau est chargée d'acide chlorhydrique, tandis qu'à la solfatare de Pouzzole, elle contient des gaz carboniques sulfureux et sulfhydriques.

3^e *Espèce* : *Acide sulfhydrique (Berth). Hydrogène sulfuré (Schéele). Monosulfure d'hydrogène. Air puant (Rouelle). Gaz hépatique.*

COMPOSITION. — Le monosulfure d'hydrogène ou acide sulfhydrique est composé de :

		Rapports atomiques.	
Hydrogène.	5,82..	0,93 =	2 ou 1 équivalent.
Soufre	94,18..	0,46 =	1 ou 16 équivalents.
	100,00		17 équivalents.

L'acide sulfhydrique contient son volume d'hydrogène et un demi-volume de vapeur de soufre ; par conséquent 2 volumes de gaz acide sulfhydrique sont formés de 2 volumes d'hydrogène combinés avec un volume de vapeur de soufre. La formule chimique de l'hydrogène sulfuré est HS ; la formule minéralogique, déduite des rapports atomiques, peut être exprimée par H^2S ou $\overset{H}{\text{HS}}$.

CARACTÈRES PHYSIQUES. — C'est un corps gazeux à la température et à la pression ordinaires, mais liquéfiable sous une pression de 15 à 16 atmosphères à la température 0° ; solidifiable par un abaissement de température de 80°. Sa densité est de 1,1912 ; un litre de ce gaz pèse 1^g,540. L'eau en dissout 2 $\frac{1}{2}$ à 3 fois son volume. L'odeur du gaz sulfhydrique est très-caractéristique, elle est d'une fétidité repoussante qui rappelle celle des œufs pourris. En outre, l'acide sulfhydrique agit, sur l'économie animale, comme un violent poison ; même impur, il est très-dangereux à respirer ; quand il se produit subitement, en grande abondance, son action asphyxiante est instantanée, comme il arrive quelquefois lors de l'ouverture des fosses d'aisances.

CARACTÈRES CHIMIQUES. — Le gaz sulfhydrique est combustible ; il brûle à l'air avec une flamme bleue, en donnant pour résultat de sa combustion de l'eau et de l'acide sulfureux. Chauffé dans un tube de porcelaine, il se décompose, à une température élevée, en hydrogène et en soufre.

A l'air, au contact d'un corps poreux, vers 40 à 50°, il se produit de l'eau et de l'acide sulfurique. Ce phénomène se produit dans les établissements d'eaux minérales sulfureuses. Les toiles qui servent à garnir les baignoires et le linge des baigneurs

s'imprègnent très-rapidement d'acide sulfurique, qui détruit bientôt les tissus dans lesquels il s'est formé.

L'hydrogène sulfuré dissout dans l'eau aérée éprouve une décomposition rapide qui donne pour résultat de l'eau et un dépôt de soufre.

Le chlore, l'iode et le brome décomposent immédiatement l'acide sulfhydrique, il en résulte du soufre et des acides chlorhydrique, iodhydrique, bromhydrique. Si le chlore, l'iode et le brome sont en excès, ils se combinent avec le soufre isolé et forment des chlorures, iodures et bromures de soufre.

En résumé, le gaz acide sulfhydrique se reconnaît : 1° à son odeur fétide ; 2° à la propriété qu'il a d'éteindre les corps en combustion ; 3° de rougir le tournesol et de noircir le papier imprégné d'acétate plombique ; 4° une lame d'argent ou d'étain brunit par l'action de l'acide sulfhydrique gazeux ou dissout.

CARACTÈRES GÉOLOGIQUES. GISEMENT. — L'hydrogène sulfuré est très-répandu dans la nature ; il est abondant dans les solfatares, se dégage dans les éruptions volcaniques ; mais les eaux minérales sulfureuses dans lesquelles il se trouve en dissolution, constituent son plus important gisement.

Dans certaines contrées volcaniques, principalement sur les bords du lac d'Agnano, à la solfatare de Pouzzole, sur un grand nombre d'autres lieux de l'Italie, à la Guadeloupe, etc., il se dégage des fumées épaisses (fumarolles) formées par de la vapeur aqueuse et de l'acide sulfhydrique entraînant du soufre pulvérulent. Ce soufre paraît provenir de la décomposition de l'hydrogène sulfuré sous l'action de l'air en présence de la vapeur d'eau.

La plus grande partie du soufre exploité dans les solfatares de Pouzzole et de la Guadeloupe doit son origine à cette cause.

L'acide sulfhydrique se dégage quelquefois des crevasses produites lors des tremblements de terre ; dans quelques localités, on le voit sortir en bouillonnant à travers certaines eaux (Saint-Barthélemy, environs de Grenoble).

Les eaux minérales sulfureuses (Aix en Savoie, Bagnères-de-Luchon, Baréges, Amélie, Vernet, etc.) dégagent constamment de l'acide sulfhydrique qui résulte de la décomposition des sulfures alcalins dissous par l'action de l'acide carbonique de l'air ou du sol.

Certaines eaux minérales sulfureuses doivent l'hydrogène sulfuré dont elles sont chargées à des causes locales ; par exemple, dans les eaux d'Enghien, près de Paris, l'acide sulfhydrique provient de la décomposition du gypse ou sulfate calcique qu'elles traversent.

Toutes les fois que des eaux sulfatées se trouvent en contact avec des matières organiques, ces matières réduisent les sulfates à l'état de sulfures d'où l'acide carbonique fait dégager de l'acide sulfhydrique. Cette réaction explique la fétidité des boues, des eaux ménagères corrompues. Enfin, la décomposition des matières organiques soufrées (œufs, matières fécales, etc.), produit aussi de l'acide sulfhydrique.

TECHNOLOGIE. — Les eaux minérales sulfureuses sont administrées comme bains, dans certaines maladies, principalement dans celles de la peau. On les emploie aussi à l'intérieur, surtout contre les affections des voies respiratoires. Dans les établissements thermaux, il y a des salles de respiration, où les malades aspirent de l'air chaud chargé de vapeurs aqueuses et de produits gazeux provenant des eaux sulfureuses.

Dans les laboratoires, on emploie l'acide sulfhy-

drique pour isoler certains oxydes métalliques les uns des autres, en les transformant en sulfures insolubles. Dans les analyses organiques, il est employé pour obtenir les acides organiques et les séparer des combinaisons insolubles qu'ils forment avec l'oxyde plombique.

Enfin, Thenard a proposé le gaz acide sulfhydrique pour détruire les animaux nuisibles qui se réfugient sous terre, comme les rats, les mulots, les musaraignes, etc.

4^e *Espèce : Acide chlorhydrique, acide muriatique, esprit de sel, chlorure d'hydrogène.*

COMPOSITION. — En poids, l'acide chlorhydrique est formé de :

Chlore . . .	97,26 . . .	0,4 . . .	1
Hydrogène .	2,74 . . .	0,4 . . .	1

Un volume d'acide chlorhydrique est formé d'un demi-volume de chlore et d'un demi-volume d'hydrogène unis sans condensation ; sa formule est HCl ; son équivalent en poids = 36,5, et en volume = 4.

CARACTÈRES PHYSIQUES. — L'acide chlorhydrique est gazeux dans les circonstances normales de température et de pression ; incolore, d'une odeur irritante, répandant des vapeurs blanches à l'air ; liquéfiable à + 10° sous une pression de 10 atmosphères ; sa densité est de 1,2474, par conséquent, un litre de ce gaz pèse 1^e,62162. Il est impropre à la combustion et à la respiration ; incombustible, très-soluble dans l'eau qui en dissout à 0°, environ 480 fois son volume.

CARACTÈRES CHIMIQUES. — L'acide chlorhydrique est un acide très-corrosif, il noircit les matières organi-

ques et les détruit rapidement, il se combine avec tous les oxydes métalliques en produisant de l'eau et des chlorures ; la plupart des métaux (argent, potassium, fer, étain, etc.) le décomposent en se combinant avec le chlore et dégageant de l'hydrogène.

L'azotate argentique est précipité en blanc par l'acide chlorhydrique ; le précipité est soluble dans l'ammoniaque, devient violet et finalement noircit par l'exposition à la lumière solaire.

CARACTÈRES GÉOLOGIQUES. — GISEMENT. — L'acide chlorhydrique se dégage avec abondance des volcans, principalement durant leur période d'activité ; il se condense souvent avec les vapeurs aqueuses qui l'accompagnent de manière à former quelquefois de petits amas d'acide liquide et quelquefois même des sources abondantes. Le Rio del Vinagre, qui descend de la chaîne des Andes, dans l'Amérique méridionale, en contient 0,001 à 0,002 en même temps qu'une notable quantité d'acide sulfurique. Humboldt l'a signalé dans les eaux thermales de Chucandiro, de Guinche, de San-Sébastien, etc., au Mexique.

L'acide chlorhydrique se dégage constamment du cratère du Vésuve dont il imprègne les laves poreuses. Celles-ci se couvrent d'une couche jaunâtre, d'une couleur de soufre, qui n'est autre chose qu'un sous-chlorure de fer insoluble.

La plupart des laves poreuses et altérées de la solfatare de Pouzzoles, ainsi que les domites des environs de Clermont (Puy-Sarcouy), paraissent devoir leur état actuel à l'action de l'acide chlorhydrique.

TECHNOLOGIE. — Cet acide artificiel est employé : 1° pour la fabrication du chlore et des chlorures ou hypochlorites décolorants ; 2° pour celle du sel ammoniac et des chlorures d'étain ; 3° pour l'extraction

de la gélatine des os ; 4° pour la fabrication de l'eau régale, etc.

5° *Espèce : Hydrogène carboné, proto-carbure d'hydrogène, grisou, gaz des marais.*

COMPOSITION. — Le proto-carbure d'hydrogène est composé, en poids, de :

Carbone	75
Hydrogène	25
	100

Quatre volumes de ce gaz contiennent deux volumes de vapeur de carbone et huit volumes d'hydrogène condensés en quatre volumes ; la formule minéralogique est HC, la formule chimique = C^2H^4 ; équivalent en poids = 16 ; équivalent en volume = 4.

CARACTÈRES. — Le proto-carbure d'hydrogène est un gaz incolore, inodore, insipide, brûlant à l'air avec une flamme bleuâtre et donnant pour résultats de sa combustion de l'eau et de l'acide carbonique. Il est très-peu soluble dans l'eau ; sa densité est de 0,5590, donc un litre de ce gaz pèse 0^s,723 ; il n'a pu être liquéfié ; son pouvoir réfringent est à celui

de l'air dans le rapport $\frac{2,0927}{1,000}$. Mêlé avec trois fois

son volume de chlore gazeux, il détone avec violence lorsqu'il est exposé à la radiation solaire ; mélangé avec un volume d'oxygène double du sien ou même avec 7 à 8 volumes d'air, il détone fortement à l'approche d'une flamme.

CARACTÈRES GÉOLOGIQUES. GISEMENT. — Le gaz proto-carboné qui se trouve à la surface de la terre a diverses origines que nous passerons en revue.

Il s'en dégage en grande quantité dans l'inté-

rieur des mines de houille ; il s'accumule alors dans les galeries d'exploitation, il est connu des mineurs sous le nom de grisou. Lorsqu'il s'amasse ainsi, il forme avec l'air des mélanges détonants, qui, en s'enflammant à l'aide des lampes des mineurs, déterminent de terribles explosions.

Toutes les houilles ne donnent pas également du grisou ; il y a des mines de houille qui n'en sont jamais infectées, tandis que dans d'autres, au contraire, ils'en dégage très-fréquemment : il s'échappe de la masse du combustible, comme s'il était retenu prisonnier dans les pores de la houille. Il arrive même que dans une mine, certaines couches produisent du grisou, tandis que d'autres n'en donnent pas. A Graissessac, par exemple, il y a dégagement de proto-carbure d'hydrogène, tandis qu'au Bousquet-d'Orb, dans le même bassin houiller, on n'en trouve aucune trace.

Il y a des couches de houille où le grisou est si abondant qu'il suffit de percer un trou pour en provoquer un jet violent et continu, que dans quelques circonstances, les mineurs allument pour s'en débarrasser.

Le gaz proto-carboné se produit, surtout pendant les temps chauds, dans les marais ou dans les eaux stagnantes, par suite de la décomposition des matières organiques. On le voit s'élever sous forme de bulles à la surface des eaux ; en remuant la vase, on détermine un dégagement de gaz qui vient bouillonner à la surface de l'eau stagnante.

Le proto-carbure d'hydrogène se dégage aussi du sein de la terre par les événements volcaniques, par les fissures des diverses couches solides ou à travers les sables, les marnes argileuses ou les eaux qui les recouvrent. Tantôt il se dégage seul, tantôt il est mélangé de bitume ou accompagné d'une boue salée : dans ce dernier cas, la source gazeuse prend le nom de Salze. Lorsque ces jets de gaz hydrogène carboné

naturel sont enflammés par l'approche d'un corps en ignition, ils produisent ce qu'on appelle des fontaines ardentes, sources inflammables, feux naturels, etc.

Les flammes des fontaines ardentes produisent assez de chaleur pour calciner le sol tout à l'entour et le rendre impropre à la végétation, même sur de grands espaces. Il est de ces sources qui brûlent depuis les temps les plus anciens, telles sont celles du mont Chimère, sur les côtes de l'Asie mineure.

Les sources d'hydrogène proto-carboné sont assez communes à la surface de la terre ; il en existe un grand nombre sur la pente septentrionale des Apennins, dans le Parmesan, le Modenais, le Bolonnais (feux de Valleja, de Pietra-Mala, de Barrigazzo, de Rivalta, de Torre), en Sicile, à Macaluba, près de Girgenti. On en trouve en Angleterre, près de Lancaster et de Bosely, en France, à Saint-Barthélemy, dans l'Isère. Mais ces phénomènes se manifestent sur une grande échelle sur les bords de la mer Noire (Crimée), de la mer Caspienne, au Bengale, dans l'Indoustan, à Java et en Chine.

On connaît aussi des sources gazeuses en Amérique, dans l'État de New-York, à Fredonia, et particulièrement à Tarbaco en Colombie.

Il existe, dans la nature, d'autres carbures d'hydrogène, liquides (naphte, pétrole) ou solides dont la description se trouvera à côté de celle des bitumes, de la houille, etc., dans la classe des organolithes.

TECHNOLOGIE. — Dans les lieux où l'hydrogène carboné se dégage du sol par des fissures naturelles ou par des ouvertures artificielles, on l'emploie à divers usages économiques, tels que la cuisson des aliments, la calcination de la pierre à chaux, la cuisson de la brique ou des poteries, l'évaporation des liquides.

Les Chinois utilisent le proto-carbure d'hydrogène

qui se dégage des puits de feu. A cet effet, ils pratiquent des trous de sonde jusqu'à la rencontre du gaz combustible. Puis ils le recueillent dans des conduits en bambou qui le conduisent jusqu'au lieu où il doit être brûlé. Le proto-carbure d'hydrogène est un des produits de la décomposition de la houille par la chaleur ; aussi se trouve-t-il en abondance dans le gaz de l'éclairage.

6^e *Espèce : Phosphure gazeux d'hydrogène, hydrogène phosphoré, phosphure trihydrique.*

COMPOSITION. — 100 parties en poids d'hydrogène phosphoré gazeux contiennent :

Hydrogène.	8,57
Phosphore.	91,43
	<hr/>
	100,00

Un volume de phosphure est formé de 1 1/2 volume d'hydrogène et de 1/4 de volume de vapeur de phosphore ; par conséquent, 4 volumes de phosphure d'hydrogène sont formés de 6 volumes d'hydrogène et de 1 volume de vapeur de phosphore. Son équivalent en poids est 34 ; son équivalent en volume = 4 ; sa formule chimique = PhH^3 ; sa formule minéralogique = PhH .

CARACTÈRES PHYSIQUES. — Le phosphure d'hydrogène gazeux est incolore, d'une forte odeur alliagée ; sa densité est de 1,185, donc un litre de ce gaz pèse 1^g,540.

CARACTÈRES CHIMIQUES. — Ce gaz est spontanément inflammable à l'air quand il contient un peu de vapeur de phosphure d'hydrogène liquide ; mais quand il est pur, il ne s'enflamme qu'à 100°. Il est absorbé par les solutions d'argent, d'étain, de plomb et surtout de cuivre qui le décomposent.

CARACTÈRES GÉOLOGIQUES. — L'hydrogène phosphoré se dégage des lieux marécageux où se décomposent des matières végétales, et des terres dans lesquelles des animaux ou des cadavres ont été enfouis.

C'est à la combustion spontanée de ce phosphore que l'on attribue généralement les feux follets.

7^e *Espèce : Ammoniaque, alcali volatil, oxyde ammonique, azoture d'hydrogène.*

COMPOSITION. — L'azoture d'hydrogène ou gaz ammoniac est composé de :

Azote.....	82,39
Hydrogène....	17,61
	<hr/>
	100,00

Le gaz ammoniac est formé de 2 volumes d'azote et de 6 volumes d'hydrogène condensés en 4 volumes. Son équivalent en poids = 17 ; en volume = 4 ; formule chimique AzH^3 ; formule minéralogique, AzH .

CARACTÈRES PHYSIQUES. — C'est un gaz incolore, d'une odeur vive et piquante, saveur âcre et caustique ; impropre à la combustion et à la respiration ; sa densité est de 0,597 ; par conséquent, un litre de ce gaz pèse 0^s,770. Il est très-soluble dans l'eau qui en dissout plus de 500 fois son volume à 15° ; il est liquéfiable sous la pression ordinaire par un froid de — 40°. Le pouvoir réfringent du gaz ammoniac est à celui de l'air comme 2,16851 : 1,0000 ; sa réfraction absolue est de 0,000762349.

CARACTÈRES CHIMIQUES. — Ce gaz est décomposé : 1° en le faisant passer à travers un tube de porcelaine rougi ; 2° en le faisant traverser par une série

d'étincelles électriques ; 3° par la chaleur ; 4° par le carbone à la chaleur rouge ; 5° par l'iode, le chlore, le brome ; 6° par les métaux.

CARACTÈRES GÉOLOGIQUES. — L'ammoniaque se trouve très-rarement à l'état de pureté dans la nature ; le plus souvent il est combiné aux acides carbonique, sulfhydrique ou azotique. C'est un des produits constants de la décomposition spontanée des matières organiques azotées, en sorte que les terres arables en contiennent toujours qui leur vient des engrais, de l'humus et des résidus de la végétation.

L'ammoniaque existe dans l'atmosphère à l'état de carbonate provenant des exhalaisons terrestres, car il s'en forme par l'action vitale des plantes et des animaux. A l'état d'azotate, on le trouve dans les pluies d'orage ; dans ce cas, l'acide azotique a pour origine la combinaison de l'azote et de l'oxygène de l'air sous l'influence de l'électricité atmosphérique.

TECHNOLOGIE. — L'ammoniaque, outre le rôle important qu'elle joue dans l'alimentation des végétaux, a de nombreux usages industriels. On l'emploie pour dissoudre, développer ou aviver certaines couleurs (orseille, carmin), pour émulsionner la matière nacrée des écailles d'ablette qui servent à former des perles fausses, pour le dégraissage de la laine. On l'emploie aussi contre la piqure des insectes, la morsure des vipères, la météorisation des bestiaux et pour arrêter les premiers effets de l'ivresse. Enfin, on utilise depuis peu la grande solubilité du gaz ammoniac dans l'eau et sa facile liquéfaction, pour produire de grands froids propres à donner une quantité considérable de glace (appareil Carré).

Tableau résumé des caractères des espèces du genre hydrogène.

1	{ Point de réaction sur les dissolutions argentiques et cupriques, ni sur le tournesol.	Eau (HO).
	{ Réaction acide ou alcaline avec les réactifs colorés.	2
2	{ Réaction franchement alcaline. — Odeur piquante, saveur âcre.	Ammoniaque (H ³ Az).
	{ Réaction franchement acide ou nulle.	3
3	{ Précipite en brun noirâtre par les sels argentiques, odeur fétide d'œufs pourris.	Acide sulfhydrique (HS).
	{ Ne précipite pas en noir les sels argentiques.	4
4	{ Précipite en blanc les sels argentiques, le précipité est soluble dans l'ammoniaque, gaz incombustible, odeur piquante, saveur acide.	Acide chlorhydrique (HCl).
	{ Ne précipite pas en blanc les sels argentiques ou précipité insoluble dans l'ammoniaque. — Gaz combustible.	5
5	{ Gaz absorbé par les dissolutions cupriques, quelquefois spontanément inflammable. — Odeur alliécée.	Phosphore d'hydrogène (H ³ Ph).
	{ Gaz non absorbé par les dissolutions cupriques, non spontanément inflammable. — Inodore	Proto-carbure d'hydrogène (H ⁴ C ²).

GENRE : AZOTE.

1^{re} *Espèce* : *Azote (Lav)*, *Nitrogène (Berzélius)*, *mofette atmosphérique, gaz déphlogistiqué.*

Corps simple ou indécomposable ayant pour formule le signe N ou
Az = 14 ; équivalent volume = 2.

CARACTÈRES PHYSIQUES. — L'azote est un gaz incolore, inodore, insipide, incombustible et impropre à la respiration et à la combustion ; il n'a pu être liquéfié ni par la pression, ni par l'abaissement de température. Sa densité est de 0,9713, un litre de ce gaz pèse 1^g,27 ; son pouvoir réfringent est à celui de l'air comme 1,03408 : 1,000 et sa réfraction absolue = 0,000590436 , sa chaleur spécifique comparée à l'eau est de 0,2733.

CARACTÈRES CHIMIQUES. — Le gaz azote est peu soluble dans l'eau, ce liquide en dissout environ les $\frac{25}{1000}$ de son volume. Un mélange d'oxygène et d'azote que l'on fait traverser par une série d'étincelles électriques donne une petite quantité d'acide azotique ; il se combine aussi avec l'hydrogène sous l'influence de l'électricité. L'azote ne se combine directement qu'avec un petit nombre de corps ; à une température élevée, il se combine avec le bore, le fer, etc.

CARACTÈRES GÉOLOGIQUES. — L'azote existe dans l'air, dont il forme les $\frac{4}{5}$ en volume, à l'état de mélange ; il se trouve, à l'état de combinaison, dans un grand nombre de substances animales et végétales. Celui des plantes provient de l'air et du sol, mais l'azote des matières animales provient de celui que les aliments contiennent.

L'azote se trouve aussi dans certaines substances minérales : il se dégage des fissures du sol ou des

cratères pendant les éruptions volcaniques ou les tremblements de terre ; il a été reconnu dans l'intérieur des roches cristallines, surtout dans les cavités de certaines variétés de quartz faisant partie du sol granitique.

L'azote se trouve aussi en dissolution dans les eaux de plusieurs sources minérales chaudes ou froides (États de New-York, Virginie, en Amérique, Cheltenham, Hanowgate, en Angleterre).

TECHNOLOGIE. — L'azote libre est employée dans les laboratoires pour remplir les vases où l'on conserve des matières à l'abri du contact de l'air.

Dans la nature, l'azote remplit un rôle important, soit dans l'alimentation des végétaux, soit comme constituant de l'air atmosphérique.

GENRE : CARBONE.

Le carbone pur est un corps simple ou indécomposable ayant pour formule $C = 6$; équivalent en volume = 1.

CARACTÈRES GÉNÉRAUX DU CARBONE. — Le carbone est très-répandu dans la nature : il constitue le diamant, le graphite, l'anthracite, la houille, etc., les carbonates ; dans le règne organique, uni à l'oxygène, à l'hydrogène et à l'azote, il forme les matières animales et végétales. Le carbone affecte des états physiques très-variés, mais si chacune des variétés a des propriétés physiques particulières, toutes possèdent collectivement des propriétés chimiques qui leur sont communes.

Le carbone est un corps solide, inodore, infusible et fixe aux températures de nos fourneaux. Il se combine directement à l'oxygène et au soufre sous l'influence de la chaleur : le phosphore, l'arsenic, l'azote, l'hydrogène, le bore, le silicium, le chlore,

le brome et l'iode ne se combinent pas directement au carbone.

1^{re} *Espèce* : *Diamant (Français)*, *Demant (Werner)*,
Diamond (Anglais), *Adamas (anciens)*.

COMPOSITION. — Les anciens connaissaient le diamant dont ils ignoraient la combustibilité, entrevue par Newton vers 1673 et vérifiée par les académiciens de Florence.

La nature de ce corps est restée longtemps inconnue ; dès le siècle dernier, les expériences de Roux, Macquer, Cadet, Lavoisier et Darcet ont prouvé que le diamant est un corps combustible.

Lavoisier et Guyton-de-Morveau en faisant brûler ce corps dans l'oxygène constatèrent qu'il produit constamment de l'acide carbonique, par conséquent qu'il contient du carbone. Mais c'est Humphry-Davy qui a prouvé d'une manière irréfutable que le diamant est du carbone pur. Les expériences du chimiste anglais ont été confirmées par les recherches de MM. Stas et Dumas. Le diamant est donc du carbone pur. Les variétés cristallisées, limpides et incolores ne donnent pas plus de $\frac{1}{10000}$ de cendres. Cette proportion devient plus grande dans les variétés colorées ; le diamant amorphe ou carbonite en donne jusqu'à 2 et 3 pour cent. L'aspect de ces cendres varie avec la nature du diamant qui les a produites ; celles des variétés cristallisées ont un aspect cristallin, celles du diamant amorphe forment un réseau léger qui a quelque apparence d'un charbon organique. Formule = C.

Nous distinguerons deux variétés de diamant : 1^o le diamant cristallin ; 2^o le diamant amorphe ou carbonite.

1° DIAMANT CRISTALLIN.

CARACTÈRES PHYSIQUES. — Le diamant est incolore lorsqu'il est pur ; mais il y en a de toutes couleurs, jaune, rose, bleu, vert, quelquefois avec des teintes enfumées ou une couleur brune-noirâtre (diamants savoyards). Les variétés vertes passent au brun quand on les soumet à une forte calcination ; lorsque la teinte vert-d'eau est faible, elle disparaît par la taille. Le bleu est extrêmement rare. Les diamants complètement noirs, cristallins, se présentent, en général, en petites boules hérissées dans tous les sens de pointes cristallines. Ils sont très-réfractaires à la taille et plus durs que les autres diamants : on les appelle diamants de nature ou diamants concrétionnés (boort, bowr ou bord) ; ils sont constitués par un réseau inextricable de petits cristaux, enchevêtrés dans tous les sens : ils sont impropres à la taille. Les diamants incolores ont beaucoup plus de prix que ceux qui sont colorés ; cependant, lorsque ceux-ci sont très-purs et ont des couleurs très-vives, leur coloration augmente notablement leur valeur.

Le diamant a un éclat un peu luisant (dit éclat adamantin) et très-vif, qui varie d'intensité selon l'état de la cristallisation : le maximum d'éclat se trouve dans la cassure. Sous certains aspects, ses faces réfléchissent la lumière comme des miroirs métalliques parfaitement polis.

Le diamant possède la réfraction simple ; son pouvoir dispersif et réfringent est très-grand, ce qui lui donne ses beaux effets de lumière, les feux du diamant. Son indice de réfraction = 2,439 à 2,55 ; l'angle limite de la réfraction = 23°,50 ; son pouvoir réfringent = 1,456 ; pouvoir dispersif = 0,0388 ; angle de polarisation maximum = 67°,30.

La densité du diamant varie de 3,52 à 3,55 ; sa dureté = 10 ; il raie tous les minéraux et n'est rayé par aucun corps ; il ne peut être entamé que par sa propre poussière ; sa chaleur spécifique = 0,1192. Soumis à l'insolation, il devient très-phosphorescent, il est mauvais conducteur de l'électricité et s'électrise positivement par le frottement.

La cassure du diamant est plutôt lamelleuse que conchoïdale, à cause de la facilité et de la netteté de ses clivages : les lapidaires mettent cette propriété à profit, pour abrégér l'opération de la taille. La cassure est surtout lamelleuse dans les quatre sens des quatre clivages qui conduisent à l'octaèdre régulier ; elle est vitreuse conchoïdale, avec éclat adamantin dans un sens transversal.

Le diamant concrétionné ne présente pas de clivage ; sa cassure est à demi-fibreuse et souvent radiée autour d'un centre.

Les diamants incolores, taillés et polis, sont limpides au plus haut degré ; à l'état brut, ils sont translucides et même quelquefois opaques.

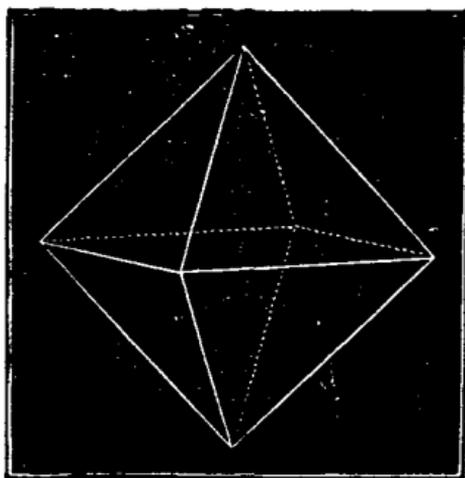
CARACTÈRES CHIMIQUES. — Le diamant est inattaquable par les acides et tous les réactifs, infusible et à peu près inaltérable par le feu du chalumeau ; il se dépolit à sa surface au feu d'oxydation ; il brûle complètement dans un courant d'oxygène en se transformant en acide carbonique.

CARACTÈRES CRISTALLOGRAPHIQUES ET MORPHOLOGIQUES. — Le diamant cristallise dans le système cubique ; sa forme primitive ou noyau hypothétique est le cube, mais sa forme de clivage est l'octaèdre régulier. Les cristaux les plus fréquents sont des octaèdres portant un pointement à 6 facettes sur chacune de leurs faces ; mais, malgré la multiplicité de ces facettes, on reconnaît toujours la disposition

octaédrique par l'existence de stries très-profondes.

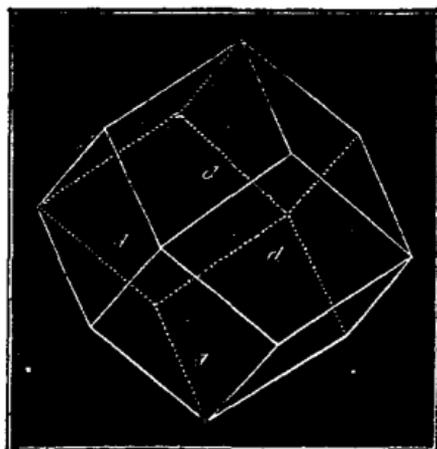
Dans la plupart des cristaux, les faces sont arrondies, soit qu'elles sont réellement courbes, soit que les faces paraissent sphériques par la multiplicité des facettes qui les surchargent.

Fig. 111.



Le diamant présente des modifications morphologiques intéressantes à examiner. L'octaèdre simple (fig. 111) est assez rare; le cube est plus rare encore.

Fig. 112.



Le dodécaèdre rhomboïdal (fig. 112) est assez fré-

quent, soit simple, soit portant des facettes sur chacune de ses faces et passant au solide à 24 faces (fig. 113 et 114). L'Etoile du Sud, de M. Halphen,

Fig. 113

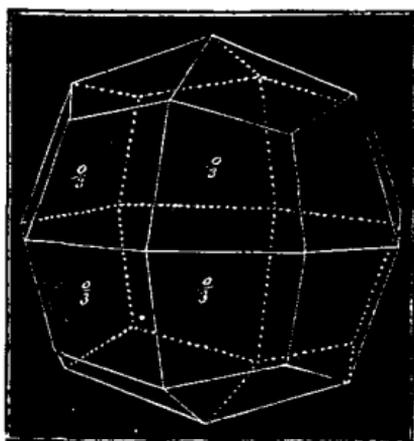
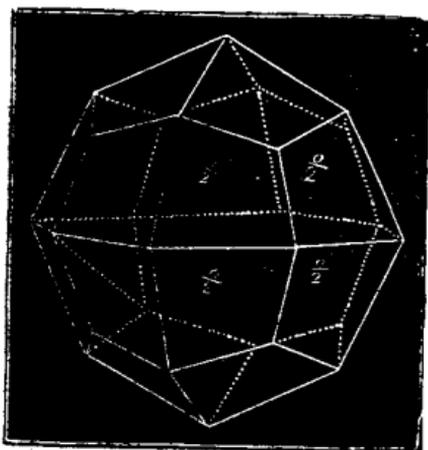


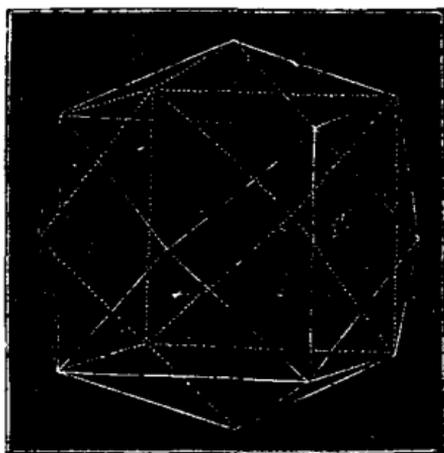
Fig. 114.



provenant du Brésil, avait cette forme avant la taille et pesait 254 carats.

Le dodécatétraèdre ou solide à 48, est une forme à laquelle on ramène les diamants à faces bombées.

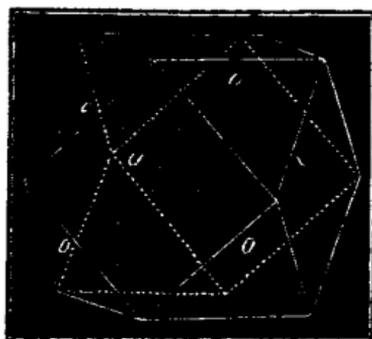
Fig. 115.



On trouve des cristaux de diamants en hexatétraèdres (fig. 115), octaèdres tronqués sur les

angles qui conduisent au cube, des cristaux cubiques portant un double biseau sur chaque arête, des cristaux cubo-octaédres (fig. 116), des cristaux même

Fig. 116.



ayant 80 faces ainsi distribuées, savoir : 8 de l'octaèdre régulier, 24 de l'hexatétraèdre, 48 du polyèdre lui-même.

Le diamant offre aussi fréquemment des mâcles. La plus ordinaire est celle qui se présente suivant une des faces de l'octaèdre ; souvent aussi, il en naît de la coexistence de deux tétraèdres.

2° DIAMANT COMPACTE OU AMORPHE. — CARBONITE (HOFFMAN). — DIAMANT CARBONIQUE.

COMPOSITION. — M. Rivot a obtenu les résultats analytiques suivants, sur trois échantillons différents de carbonite :

	Poids.	Densité.	Carbone.	Cendres.	Somme.
N° 1. . .	0 ^g ,444. . .	3,14 . .	96,84. . .	2,03. . .	98,87.
N° 2. . .	0,410. . .	3,416. .	99,73. . .	0,24. . .	99,97.
N° 3. . .	0,332. . .	3,251. .	99,10. . .	0,27. . .	99,37.

CARACTÈRES. — Le diamant amorphe se trouve en rognons irréguliers, à angles grossièrement arrondis avec des parties anguleuses, quelquefois à angles vifs.

L'extérieur des rognons est ordinairement noir, souvent graphiteux, d'un éclat un peu résineux, analogue à celui de la croûte des aérolithes. Cette variété est remarquable par sa dureté (coupe le verre, raie la topaze et le corindon) ; lorsqu'on l'examine à la loupe, l'on y reconnaît une très-grande quantité de petites cellules séparées les unes des autres par des lamelles très-minces, qui lui donnent une sorte de transparence. Sa densité varie entre 3 et 3,4 ; par suite des vides intérieurs, elle est moindre que celle du diamant cristallisé.

La carbonite est aigre, moins fragile que le diamant cristallisé, elle est combustible au chalumeau. Sa cassure est généralement d'un gris foncé, mais parfois elle passe en noir : dans certains échantillons, le centre est cristallin. Cette variété n'a été trouvée qu'à Bahia, au Brésil (1843) ; elle se vend de 5 à 7 francs le carat.

ORIGINE DU DIAMANT. — On ne sait rien de bien positif sur l'origine et le mode de formation du diamant. Ce minéral contient quelquefois un liquide très-expansible (Brewster), qui paraît être de l'acide carbonique liquéfié par la pression. Ce liquide a été considéré comme le véritable dissolvant du diamant. En admettant cette hypothèse d'une dissolution par l'acide carbonique, le carbone cristallisé aurait une origine organique. Cependant certains diamants renferment des substances minérales, telles que l'or natif, le platine, l'acide titanique, ce qui indiquerait qu'ils se sont formés dans les mêmes milieux que ces substances ou, qu'en se formant, le diamant a pris ces divers minéraux dans sa masse.

Le diamant ne semble pas s'être formé à une très-haute température, car les taches rouges, blanches ou noires qui troublent la limpidité de certaines va-

riétés, disparaissent lorsqu'on les chauffe au rouge vif, à l'abri de l'air (1). Cette propriété est utilisée dans l'art de la joaillerie. M. Jacquelin, en exposant le diamant à l'action de la chaleur développée par la pile, l'a transformé en un corps graphiteux.

La cristallisation de certaines substances minérales peut se produire par mouvement moléculaire sans fusion. Il est certains minéraux cristallisés dont il est fort difficile ou même impossible d'expliquer la formation. Pour eux, on ne peut admettre une liquéfaction primitive, encore moins une dissolution dans un liquide. Il est donc raisonnable d'admettre que ces minéraux ont pris leur forme cristalline par une exposition longtemps prolongée à une température élevée, mais insuffisante pour opérer leur fusion ou leur décomposition. Le diamant paraît être dans ce cas. Cette espèce de carbone se trouve dans des détritits alluviens, provenant des roches métamorphiques ou dans ces roches mêmes : c'est certainement dans ces roches qu'il a cristallisé, par un mouvement moléculaire, sous l'influence d'une température longtemps soutenue, mais insuffisante pour produire son changement d'état. (Voyez notre *Guide de Physique industrielle*.)

M. Jobard (comptes-rendus de l'Académie des Sciences, 1858) a signalé un fait bien remarquable de modification moléculaire, produite sous l'influence d'une chaleur prolongée. Un morceau de charbon est devenu incombustible après avoir passé à travers la fournaise d'un haut-fourneau du Creuzot. Ce charbon, maigre dans son origine, n'a rien perdu de sa forme naturelle et semble n'avoir rien emprunté que du carbone à la houille grasse avec laquelle il était

(1) Ces taches sont connues sous le nom de *crapaud*.

mélangé en tombant dans le gueulard, avec du coke ordinaire. Ce charbon coupe le verre avec le petit cri particulier du diamant de vitrier. Il s'est donc produit, dans ce charbon, sous l'influence de la chaleur prolongée, une modification moléculaire remarquable.

En continuant le même traitement, ce charbon n'aurait-il pas cristallisé par mouvement moléculaire et ne se serait-il pas transformé en diamant ? Pour M. de Chancourtois, le diamant dérive des émanations hydrocarburées, comme le soufre dérive des émanations hydrosulfurées. M. Gœppert vient de publier un travail important *sur la nature organique du diamant*. Ce qui prouve, selon le savant professeur allemand, l'origine neptunienne des diamants et leur état primitif de mollesse ou de plasticité, c'est que, non-seulement quelques-uns portent sur leur surface des impressions de grains de sable et d'autres cristaux, mais qu'ils renferment certains corps étrangers, tels que d'autres cristaux, des germes de champignons et même des structures végétales d'une organisation plus élevée.

CARACTÈRES GÉOLOGIQUES ET GISEMENT DU DIAMANT. — Le diamant présente deux modes de gisements ; il se trouve : 1° dans des alluvions anciennes des Indes, du Brésil et des monts Ouralés, ou 2° dans une roche compacte, quartzeuse appelée itacolumite. Les diamants des alluvions proviennent nécessairement des roches compactes, désagrégées par les agents atmosphériques et par les eaux, et dont les débris ou les fragments ont servi à former les matériaux des alluvions.

1° *Alluvions anciennes diamantifères*. Les Indes ont fourni les premiers diamants : on les tirait des royaumes de Golconde, de Nizam et de Visapour ;

il en est aussi venu du Mogol, de l'île Bornéo et de Sumatra. Mais depuis la découverte des alluvions diamantifères du Brésil, le mouvement de l'exploitation s'est tourné vers le Nouveau-Monde qui, aujourd'hui, alimente presque exclusivement cette branche du commerce. Dans l'Inde, c'est dans le royaume de Nizam, à Pannah, au nord de Golconde; dans le Nagpoor, dans la province d'Orizza, enfin au sud de Golconde, dans l'ancien royaume de ce nom, que se trouvent les principales exploitations de diamant. Golconde même ne possède pas des dépôts diamantifères : cette ville est le marché principal des diamants de l'Inde et le centre le plus important de leur taille.

Les alluvions diamantifères de l'Inde sont formées par un conglomérat ou poudingue, à cailloux ou fragments arrondis de quartz, de silex, de jaspe, réunis par un ciment ferrugineux. Le conglomérat diamantifère de Bornéo est composé de fragments de quartz, de syénite et de diorite contenant de l'or et du platine en grains.

Ces dépôts alluviens sont très-peu épais, ils se trouvent à peu de profondeur au-dessous du sol ; en quelques endroits, ils sont recouverts par des couches de sable ou des sables cimentés en grès ; ils occupent constamment le fond des vallées.

Les alluvions diamantifères du Brésil, en tout semblables à celles de l'Inde, ont été découvertes vers le commencement du XVIII^e siècle, dans les provinces de Saint-Paul et de Minas-Geraés. Les diamants y sont disséminés dans des sables mélangés de cailloux roulés quartzueux, souvent agglutinés par un ciment ferrugineux de manière à former un conglomérat désigné sous le nom de cascalho. Ce conglomérat et la terre à diamant non agrégés contiennent, outre le diamant, de l'or et du platine en

grains, des cristaux d'anatase, de rutile, de brookite, de topaze, de tourmaline, de zircon, de cassitérite, d'oligiste, de magnétite, des fragments de diorite, de micaschiste et d'itacolumite.

Les alluvions diamantifères du Brésil occupent une vaste étendue ; elles sont placées sur le revers oriental de la Serra d'Espinhaço et de la Serra de las Palmas qui courent du Sud 20° Ouest au Nord 20° Est.

Les lavages du diamant sont situés dans une zone comprise entre la chaîne et la mer, le long des deux principales rivières du district diamantifère : le Rio Pardo et le Jequetinhona, et surtout à Mandanga et près de Tejuco au nord de Villarica.

Les lavages commencent au village de Itambé, dans la province de Minas-Geraés, sous le 19° degré de latitude ; de ce point, ils descendent vers le nord sur une longueur de plus de cinquante lieues.

On trouve aussi des diamants dans le district du Rio de San-Francisco, Rio de San-Antonio, Rio de Abaïthe, Rio de Prota, Rio Indaia. Dans la province de Saint-Paul, le Rio Tibagi des Campos de Guapava en fournit aussi une certaine quantité ; dans la province de Bahia, à Sincora, on a découvert un gisement très-abondant ; enfin, on cite des diamants dans le sable d'une rivière de la Caroline du Nord.

On a découvert (1831) des sables diamantifères en Sibérie, sur la pente occidentale des monts Ourals, près Keskenar à l'ouest de la ville de Perm. Les sables reposent sur des calcaires ou dolomies ou sur des diorites et syénites porphyroïdes. Du reste, on n'y a trouvé, dans l'espace de quatre à cinq ans, qu'une quarantaine de petits diamants.

On a trouvé des diamants à Beechworth, localité de Victoria (Australie), environ une soixantaine d'échantillons.

2° *Itacolumite diamantifère*. En 1839, on a découvert au Brésil le diamant dans sa gangue : c'est une roche métamorphique composée de grains de quartz hyalin peu adhérents entre eux. Cette roche est connue dans le pays sous le nom d'itacolumite ; elle est friable et réductible en sable au moyen du marteau. On l'exploite sur la rive gauche du Corregodel-Reys, sur la Serra de Grammagoa, à 40 lieues de la ville de Tijuco ou diamantina. On a aussi observé l'or et le platine en place dans les schistes cristallins auxquels se rattachent les grès métamorphiques ou itacolumites de Minas-Geraés et de Saint-Paul, en sorte que les sables aurifères et diamantifères du Brésil doivent leur origine à la destruction des micaschistes, des schistes quartzeux et ferrugineux, des grès et des itacolumites qui forment les montagnes traversées par les cours d'eau qui ont charrié les sables.

LAVAGE DES SABLES DIAMANTIFÈRES. — Les diamants sont fort rares dans la nature ; les deux Amériques en produisent annuellement un poids d'environ 35 kilogrammes qui ont coûté plus d'un million de frais d'exploitation ; leur produit est d'environ de 20 à 25 millions de francs.

Les diamants dans l'état naturel, prennent le nom de diamants bruts.

Le principal marché de ces diamants est Rio-Janeiro ; c'est là que les mineurs viennent les apporter par lots aux maisons françaises, anglaises et hollandaises qui y sont établies.

Dans l'Inde, l'exploitation des alluvions diamantifères se fait par un lavage bien facile à opérer. On lave les terres pour entraîner le gros sable et l'argile, puis on porte le résidu, formé principalement de cailloux et de minerai de fer, sur une aire bien battue. Ensuite, on laisse sécher ces matières, et on

fait chercher les diamants, en plein soleil, par des hommes nus que des inspecteurs surveillent avec soin.

Au Brésil, le lavage des sables diamantifères s'opère sous un hangar ou patio de forme oblongue. On fait arriver un courant d'eau dans de grands baquets inclinés, à chacun desquels est attaché un nègre laveur. Des surveillants placés sur de hautes banquettes suivent attentivement l'opération. Lorsqu'un nègre a trouvé un diamant, il frappe des mains pour avertir le surveillant ou inspecteur le plus voisin qui reçoit le diamant et le dépose dans un petit tuyau de bambou ou dans une gamelle placée à sa portée.

Tout nègre qui trouve un diamant de 16 carats obtient sa liberté. Malgré toute l'activité de la surveillance exercée par les inspecteurs, il se fait une contrebande évaluée au tiers du produit, et qui porte sur les diamants les plus volumineux.

Les diamants bruts sont recouverts d'une croûte raboteuse qui leur enlève leur transparence en leur laissant la translucidité. Ils affectent des teintes variées ; le blanc de lait donne souvent à la taille le blanc azuré ; le jaune paille, le blanc de seconde eau. Mais il est difficile de prévoir les résultats de la taille, sans une longue expérience, car les mêmes nuances ne donnent pas les mêmes résultats quand les diamants bruts proviennent de gîtes différents.

CARACTÈRES TECHNOLOGIQUES. — Le carat ou karat est l'unité de poids dans la vente du diamant ; cette unité vaut, exprimée en milligrammes, $0^s,205^{mm}5$. Les diamants bruts qui ne sont pas susceptibles d'être soumis à la taille se vendent 32 francs le carat ; mais quand ils peuvent être taillés, ils se vendent à raison de 90 à 100 francs le carat, ou 120 fois la valeur de l'or. Mais quand leur poids dépasse un

carat, leur prix augmente proportionnellement au carré du poids. Un diamant brut de un carat valant 100 francs, celui de deux carats vaudra $100 \times 4 = 400$ francs ; de trois carats, $100 \times 9 = 900$; de quatre carats, $100 \times 16 = 1600$ francs, etc.

Les diamants taillés ont un prix beaucoup plus élevé, tant à cause de la main-d'œuvre que de la perte de poids estimée à la moitié de leur poids pris brut. Pour évaluer la valeur d'un diamant taillé, on double son poids, on l'élève ensuite au carré et on multiplie par le prix courant d'un carat :

Diamant taillé de 1 carat valant	200 à 250 francs.
Id. de 2	id. 650 à 800 —
Id. de 3	id. 1600 à 2000 —
Id. de 4	id. 2400 à 3000 —
Id. de 5	id. 4000 à 6000 —
Id. de 8	id. 10,000 —

Les petits diamants taillés, dont il en faut au plus 40 pour un carat, valent de 70 à 80 francs le carat ; ceux pour vitriers sont estimés de 60 à 80 francs le carat ; le diamant compact se vend de 5 à 7 francs le carat.

Depuis quelques années le prix des diamants a sensiblement augmenté ; un diamant du poids d'un carat, de première eau et taillé en brillant, paraît valoir aujourd'hui de 300 à 400 francs, tandis qu'il valait à peine la moitié de ce prix il y a une vingtaine d'années.

M. Hope possède un beau diamant bleu d'un poids de 40 carats évalué à 600,000 fr.

DIAMANTS PRINCIRS. — Presque tous les diamants princiers ou diamants parangons ont été trouvés dans les Indes ; le Brésil n'a produit que deux diamants célèbres. L'un vient du Rio de l'Abaïte, il appartient à la couronne du Portugal ; il n'est pas taillé, pèse 95 carats et présente la forme d'un octaèdre arrondi par des facettes. L'autre, appelé l'Étoile

du Sud, venant des mines de Bagagem dans la province de Minas-Geraés, appartient à M. Halphen. A l'état brut, il pesait 254 carats $1/2$ et présentait la forme d'un dodécaèdre portant un biseau obtus sur chaque face ; il a été taillé en brillant et pèse actuellement 125 carats $1/4$; il est estimé 10,000,000 de francs.

Le Régent, diamant de la couronne de France, taillé en brillant, pèse 136 carats ; il a coûté deux années de travail et fut payé 2,500,000 francs. Avant la taille, il pesait, dit-on, 410 carats ; il a été trouvé aux mines de Portéal (Indes). Le diamant du Rajah de Mattan, à Bornéo, pèse 366 carats ; celui du Grand-Mogol en pesait 279 après avoir été taillé en rose : il était gros comme la moitié d'un œuf de poule, il a pour tout défaut une petite glace qu'on remarque sur son tranchant d'en bas.

Le Koni-Noor ou Montagne-de-Lumière appartient à la reine d'Angleterre ; comme sa taille était défectueuse, d'un poids de 186 carats, par la nouvelle taille, il a été réduit à 102 carats $1/2$. Le diamant de Russie ou l'Orlow pèse 195 carats ; il est d'une belle eau ; mais sa taille est défectueuse ; sa forme est ovale et de la grosseur d'un œuf de pigeon. Le diamant d'Autriche pèse 139 carats ; le Sancy, qui appartient actuellement à la Russie, pèse 33 carats $12/16$; il est d'une eau parfaite et de figure oblongue, taillé à facettes en pendeloque double rose. Depuis peu de temps, il a été vendu à l'Angleterre et doit retourner dans l'Inde, sa patrie.

TAILLE DU DIAMANT. — Les anciens n'employaient que des diamants bruts, ou ingénus ; il choisissaient les plus réguliers montrant leurs faces et leurs angles naturels (pointes naïves) ; la taille du diamant ne remonte qu'à l'année 1476. Cette découverte est due à Louis de Berquem, jeune gentilhomme

de Bruges, qui imagina d'employer pour cette opération la poussière même du diamant ou égrisée.

La taille du diamant est une industrie qui était, il y a quelque temps, presque entièrement localisée dans la ville d'Amsterdam et dont M. Coster est le plus célèbre représentant. Aujourd'hui, Paris taille le diamant, mais ses lapidaires ne font pas une concurrence sérieuse à ceux de la Hollande,

Le diamant qui ne peut se tailler est réduit en poudre. Il sert à polir les diamants cristallisés et d'autres pierres fines. Il a reçu le nom de bord et sa poudre celui d'égrisée.

On taille le diamant au moyen de meules d'acier doux, tournant autour d'un axe vertical et sur lesquelles on répand de la poudre de diamant délayée dans de l'huile. Le mouvement de rotation doit être très-rapide; en moyenne, il atteint 2,200 à 2,500 tours à la minute.

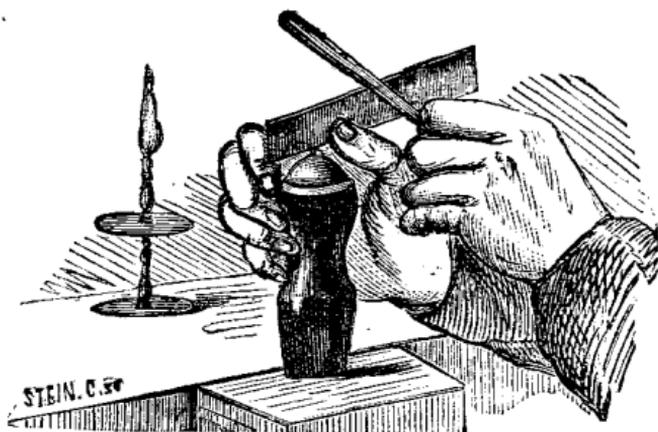
Fig. 117.



Le diamant à polir et à facetter est scellé à l'alliage d'étain et de plomb dans une coquille de cuivre maintenue dans une tenaille en acier; cette tenaille, chargée d'un poids, presse le diamant sur la meule pendant sa rotation (fig. 117).

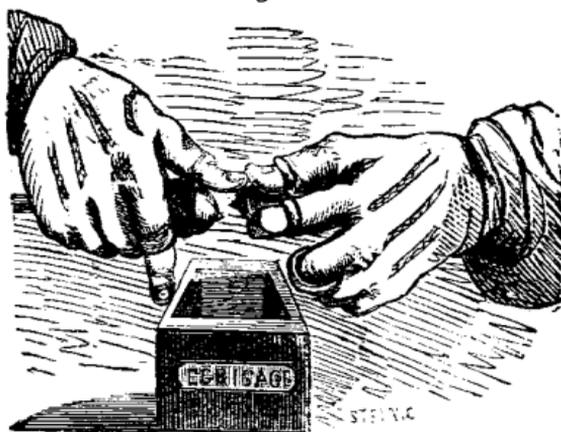
Les lapidaires clivent les diamants pour en séparer des parties défectueuses, ou pour en faire plusieurs d'un seul lorsqu'il y a avantage. Il y a beaucoup de diamants qui subissent les trois opérations suivantes qui constituent la taille : on les clive, on les facette et on les polit.

Fig. 118.



Pour cliver le diamant, on le fend à l'aide d'un couteau d'acier sur lequel on imprime un choc très-sec à l'aide du marteau (fig. 118).

Fig. 119.



Avant de former les facettes, on fait une ébauche en frottant deux diamants l'un contre l'autre (fig. 119).

Pour former les facettes, on présente l'ébauche à la meule dans le sens du fil de la pierre, en suivant une surface nette de clivage. La meule produit sur le diamant un frottement si énergique, que la boule de métal s'échauffe au point d'exiger, pour ne pas fondre, d'être plongée de temps à temps dans l'eau.

Il y a deux manières principales de tailler le diamant, savoir : 1^o la taille en brillant ; 2^o la taille en rose.

TAILLE EN BRILLANT. — La taille en brillant consiste à abattre un peu plus de la moitié de la pointe octaédrique du diamant, et de la remplacer par une large face carrée, désignée sous le nom de table, qui forme la face supérieure du brillant. Les côtés de la table sont taillés en facettes très-obliques.

On diminue la pointe inférieure d'un quart de la hauteur de la pyramide, de manière à rendre celle-ci obtuse : c'est la culasse. On remplace ensuite cette pointe par une multitude de facettes symétriques, allongées, qui tendent à se réunir en une arête commune ou en un point commun.

Pour bien comprendre la taille en brillant, qu'on imagine un octaèdre régulier, saisi par deux sommets ou deux pointes opposées et qu'on divise, par la pensée, en six parties égales la distance de ces deux points, ou en trois parties chaque demi-distance. On supprime au sommet supérieur deux parties, en coupant le diamant : on formera ainsi la table ou face supérieure. Cette table, assez large, est généralement un carré à angles abattus, qui porte latéralement une bordure dite dentelle, taillée à facettes triangulaires et losangées et occupant le $\frac{1}{3}$ de la hauteur de la pierre. Le pavillon, autre bordure conique, taillée à facettes plus longues, occupe les $\frac{2}{3}$ de la hauteur.

Au sommet inférieur, et à partir du sommet en coupant une partie seulement de l'octaèdre, on formera la culasse, seconde table très-petite. Le diamant aura donc deux faces parallèles et seize pans coupés, dont huit inclinés dans un sens et huit inclinés symétriquement en sens inverse.

En résumé, les huit pans supérieurs reçoivent chacun quatre petites facettes, et leur réunion forme la couronne ou dentelle. Les huit pans inférieurs reçoivent également quatre facettes chacun, et leur réunion forme le pavillon. Les petites facettes sont des triangles ou des losanges. Dans un brillant, il y a donc soixante-quatre facettes, une table et une culasse.

Le brillant, ainsi taillé, se vend sous le nom de recoupé ou de double taille, mais on ne lui donne quelquefois que treize facettes sur le dessus et neuf sur le dessous : on le vend alors sous le nom de non-recoupé ou simple taille. On taille ainsi de cette manière les diamants de moyenne grosseur, qui servent pour l'entourage de plus fortes pierres.

On nomme pierres épaisses, les brillants dont la partie extérieure est seule dressée et la face opposée taillée en prisme ; tandis qu'on donne le nom de pierres faibles aux diamants dont on se bornait à dresser les deux faces principales et à abattre les côtés en biseaux.

Le demi-brillant est une pierre plate par dessous ; c'est un brillant recoupé, scié, en deux parties égales, ayant, par conséquent, à la partie supérieure, une table ou une couronne.

La pierre à portrait, est un brillant formé par deux faces parallèles réunies par une mince couronne facetée ; les briolets ou brilloettes ont la forme d'une petite poire surchargée de facettes sur tous les sens : ils n'ont ni dessus ni dessous. Enfin, les pendelo-

ques ont la forme d'une demi-poire ; elles ont une table et une culasse et sont surchargées de facettes de chaque côté de la culasse.

TAILLE EN ROSE. — La taille en rose consiste à laisser au diamant une large face plane en dessous et à recouvrir le dessus de plusieurs facettes. La rose a deux tables, celle d'en bas plus large, celle d'en haut quelquefois surmontée d'une pointe ; en sorte que le dessous est plat, tandis que le dessus s'élève en dôme taillé à facettes, au nombre de 24. La pointe du dôme pyramidal est formée par la réunion de six faces triangulaires.

Six autres triangles appliqués base à base aux précédents, ont leurs sommets sur la table inférieure. Les six intervalles laissés par ces triangles, sont taillés chacun en deux facettes. Une rose ainsi taillée, s'appelle rose de Hollande ; la demi-rose de Hollande n'a que dix-huit facettes, tandis que la rose de Brabant en a douze et celle d'Anvers six seulement.

On emploie la taille en rose pour les pierres de formes plates ; cette taille a peu de feux et est moins estimée que la taille en brillant ; il faut, pour augmenter les feux, monter la pierre sur un fond opaque, généralement d'argent, qui redresse les rayons lumineux.

Les diamants qui ne présentent aucun défaut, sont dits de première eau, puis ceux qui ont quelques défauts ou qui présentent de faibles colorations, constituent les pierres de 2^e et de 3^e eau ; au-delà, ils sont mis au rebut et sont destinés à tailler les bons diamants.

MM. Halphen ont présenté à l'Académie des sciences (mai 1866), un diamant du poids de 4 grammes, d'un blanc légèrement teint de brun qui, soumis à

l'action du feu, prend une teinte rose très-nette, qu'il conserve pendant 8 à 10 jours et qu'il perd peu à peu pour revenir à sa couleur primitive. Cette pierre, à son état normal, a une valeur d'environ 60,000 fr., son prix à l'état de coloration rose, si cette coloration était permanente, serait de 150,000 à 160,000 fr. MM. Halphen ont rencontré déjà une pierre qui devenait rose par le frottement, mais qui perdait presque aussitôt sa couleur.

Les Hindous savent tailler le diamant, ils emploient, à cet usage, des meules en bois de Nagas de Ceylan qu'ils manœuvrent eux-mêmes, aussi leur taille est défectueuse, comme on peut s'en assurer en voyant le fac-simile du Koni-noor, tel qu'il a été apporté des Indes. A Golconde, où se tient le grand marché des pierres précieuses trouvées dans le Krichnah et le Pennah, se trouve encore une taillerie de diamants.

CONTREFAÇONS. — On fabrique avec du strass, verre plombeux, des diamants artificiels qui donnent beaucoup de feux à la lumière artificielle; mais la moindre poussière les raie. Le diamant cristallisé ne peut se confondre qu'avec le spinelle blanc qui cristallise en octaèdre régulier. Les joailliers qui ont l'habitude des pierres fines, reconnaissent toujours le diamant à son éclat; mais si ce caractère était douteux, il faudrait avoir recours à la densité, à la dureté, à la réfraction, etc.

On a essayé quelquefois de vendre, sous le nom de diamant, des topazes, des émeraudes, des saphirs incolores ou corindons; dans le tableau suivant, nous résumons les caractères qui distinguent ces diverses pierres précieuses.

	DURETÉ.	DENSITÉ.	RÉFRACTION.	ANGLES de POLARISATION.	ÉLECTRICITÉ.
Diamant.	10	3,52 à 3,55	simple	21° 59'	Positive, peu durable.
Corindon	9	3,9 à 4,3	double, 1 axe	20° 18'	Dure plus de 7 heures.
Topaze	8	3,4 à 3,6	double, 2 axes	31° 26'	Dure plus de 24 heures.
Émeraude	7,5 à 8	2,782 à 2,8	double, 1 axe	31° au moins	"
Béryl	7,5 à 8	2,67 à 2,7	double, 1 axe	31°	Peu durable.
Spinelle	8	3,4 à 3,8	simple	29°	"
Zircon.	7,5	4,5 à 4,68	double, 1 axe	27°	Peu durable.
Quartz	7	2,6 à 2,8	double, 1 axe	33°	Peu durable.
Strass.	rayé par le quartz	variable, 3,5	simple	30° au moins	Peu durable, variable.

USAGES. — Les diamants sont employés principalement comme objets de parure ; mais outre leur emploi dans la joaillerie et la bijouterie, ils ont des usages importants dans les arts industriels.

Les diamants impropres à la taille servent à faire des forets pour la taille des pierres dures, des burins pour les graver et des filières ; mais une de leurs plus anciennes applications est le coupage du verre. Les diamants des vitriers sont de petits diamants cristallisés à arêtes vives ; les plus estimés sont ceux qui offrent les pointes de l'octaèdre, à cause de la courbure des arêtes. L'arête curviligne n'a qu'un point de contact avec le verre et le raie sans l'écraser.

On emploie des lames de diamant pour former des pivots des pièces d'horlogerie délicates : on y creuse de petits trous destinés à recevoir les axes des pièces oscillantes ou tournantes.

L'égrisée sert non-seulement à la taille du diamant, mais son emploi s'est très-répandu pour tailler et polir les gemmes employées dans la bijouterie, et certaines roches qui servent à l'ornementation, telles que les granites, les porphyres, etc. A Paris, on découpe et l'on taille avec le diamant compact au carbonite des roches dures façonnées en objets d'ornement. On s'en sert aussi pour tourner les meules et les cones de granite que l'on emploie dans quelques industries, comme dans la chocolaterie. A la Ferté-sous-Jouare, on a appliqué le diamant compact à la taille des meules en silex. Enfin, M. Leschot l'a appliqué au forage des trous de mine (Tunnel de Tarare, de Port-Vendres.) Le diamant compact réduit en poudre s'emploie sur la meule des lapidaires pour faceter les diamants et les polir, ou dans la gravure des pierres précieuses de couleur, telles que rubis, saphirs, etc.

2^e Espèce : *Graphite, plombagine, mine de plomb, carbure de fer, fer carburé.*

COMPOSITION. — Le graphite renferme de 95 à 96 pour cent de carbone pur ; il est mélangé avec une très-petite quantité d'oxyde de fer et d'argile et contient en outre 2,50 pour cent de matières volatiles.

	Graphite de Borrowdale.	de Ceylan.	de Chardonnnet.	de Bavière
Carbone	53,4	94,0	73,4	86,8
Cendres {	Fer	7,9	•	22,0
	Chaux et alumine. . .	36,0	6,0	
Matières volatiles et eau.	2,7	•	4,6	2,2
	100,0	100,0	100,0	100,0

CARACTÈRES PHYSIQUES. — Le graphite est une substance d'un gris de plomb ou d'un gris de fer, opaque, à éclat métallique, avec poussière noire ; douce et onctueuse au toucher, tendre, rayée presque par tous les corps, s'égrène sous les doigts qu'elle tache. Sa dureté est comprise entre 1 et 2 et même va jusqu'à 2,5. Si on frotte le graphite sur le papier, il laisse des taches d'un gris métallique plombé, il se laisse facilement couper avec un instrument tranchant ; sa cassure est généralement écailleuse, quelquefois compacte ; sa densité est comprise entre 2,089 et 2,245.

CARACTÈRES CHIMIQUES. — Le graphite est infusible et inattaquable par les acides ; il fuse avec le nitre et brûle difficilement par l'action de la flamme extérieure ou oxydante du chalumeau.

CARACTÈRES CRISTALLOGRAPHIQUES ET MORPHOLOGIQUES. — Le graphite se présente ordinairement en petites lames ou tables, ou mieux en paillettes hexagonales régulières. Sa structure est toujours lamel-

laire ou grenue. On a indiqué des cristaux de graphite qui ont offert sur les arêtes de la base, de deux en deux, des facettes qui appartiennent à un rhomboèdre sous l'angle de $85^{\circ} 29'$. On a aussi observé des cristaux dont toutes les arêtes horizontales sont tronquées, et les facettes résultant de ces troncutures étant prolongées, donneraient une double pyramide à six faces, analogue à celles du fer oligiste.

On a même signalé des cristaux appartenant au prisme rhomboïdal oblique; mais il est probable que ces derniers sont des cristaux déformés, car sans cela le graphite serait dimorphe.

On distingue plusieurs variétés de forme dans le graphite; les principales sont: 1° le graphite cristallisé en petites lames hexagonales; 2° le graphite écaillé en très-petites lamelles ou écailles brillantes; 3° le graphite schistoïde; 4° le graphite terreux ou compact, c'est la variété la plus employée dans les arts et la plus commune; 5° le graphite incrustant qui recouvre, en forme d'enduit, certaines roches quartzeuses.

CARACTÈRES GÉOLOGIQUES. — Le graphite affecte deux modes de gisements: on le trouve dans le terrain primaire ancien ou même dans le sol primordial, comme dans le gneiss, le micaschiste, le schiste argileux, le calcaire. Il s'y montre en amas et en veines intercalées dans les plans de stratification des roches (Pontivy, en France). Dans le Cumberland, à Borrowdale, il constitue des rognons alignés en forme de chapelets, qui traversent, comme des filons, les schistes argileux et des masses de porphyres pétrosiliceux.

Dans le Lyonnais, on a signalé du graphite dans les schistes de Sain-Bel et dans les gneiss ou mi-

caschistes de Chaponost, Francheville, Vaugneray ; dans les Pyrénées, on a trouvé du graphite dans le calcaire métamorphique des environs de Louhoussoa (Basses-Pyrénées) et dans les schistes et calcaires primaires des Corbières (Aude) et de l'Aveyron.

Il existe des gites importants d'un beau graphite en Bohême et en Sibérie ; on évalue la production de la Bohême à 2 ou 3000 tonnes par année ; les gites de Mugrau, de Swarbock, sont des plus importants de ce pays. Les gisements principaux de la Bavière sont placés dans des calcaires blancs saccharoïdes et dans le gneiss (Passau).

Le graphite se trouve quelquefois dans des roches cristallines d'origine ignée ou plutonique ; on l'a observé au milieu du granite (dans les Pyrénées, en Savoie, aux États-Unis) ; dans les syénites (Portugal, Norwège), dans les porphyres (Hartz, Angleterre) ; dans les serpentines ou diorites (Pyrénées).

Le graphite affecte aussi un autre mode de gisement, mais cependant plus rare que le premier. Il se trouve dans des roches franchement sédimentaires, intercalé dans des couches avec empreintes végétales. Tel est le gite du col du Chardonnet, près de Briançon ; c'est de l'anhracite qui a perdu ses matières volatiles et qui a pris la structure cristalline.

On trouve aussi du graphite sur d'autres points des Alpes, entre autres, au milieu des calcaires liasiques du vallon de Fréjus et des calcaires noirs nummulitiques de la vallée de la Vallouise, à Pissie.

ORIGINE DU GRAPHITE. — Le graphite paraît d'origine organique : la concordance des couches ou des amas de ce minéral avec la direction des couches sédimentaires dans lesquelles il est intercalé, montre

qu'il est contemporain du dépôt des roches qui le renferment. Dans les Alpes, le graphite se trouve, à la fois, dans les terrains houiller, jurassique et tertiaire et au voisinage des anthracites. Il nous semble qu'on peut facilement admettre, au moins pour la région alpine, que le graphite n'est qu'une houille ou une anthracite modifiée par l'action des causes ignées, comme, par exemple, l'éruption ou l'éjaculation de certaines roches éruptives, diorites et autres.

Il est donc supposable que, dans la plupart de ses gisements, le graphite a pour origine des végétaux enfouis dans le sol.

Mais il est bien difficile d'admettre cette origine végétale pour le graphite des aérolithes et pour celui qui colore certaines roches cristallines. Ce graphite peut avoir la même origine que le diamant et appartenir aux mêmes causes qui ont fourni le carbone à l'acide carbonique de la primitive atmosphère et aux premières roches carbonatées ou carburées ?

CARACTÈRES TECHNOLOGIQUES.—Les principales exploitations de graphite sont à Borrowdale (Cumberland), à Passau (Bavière), Schwarzbach (Bohème), en Sibérie, en Bretagne et dans l'Ariège (en France), en Piémont et en Espagne, en Suède (Fagerita), en Moravie (Alstad), etc.

Le graphite de belle qualité se vend de 40 à 50 fr. le kilogramme ; la poussière soumise à la pression se cimente tellement que la masse qui en résulte est aussi tenace que le graphite compact, ce qui permet de l'utiliser pour la confection des crayons.

CONFECTION DES CRAYONS. — Les crayons dits mine de plomb, se fabriquent avec du graphite de première qualité, comme celui de Borrowdale, par exemple ; ces crayons sont rares et fort chers ; ils

se laissent tailler sans se briser et sont moelleux et fermes. Ils sont confectionnés par des baguettes obtenues par sciage, que l'on introduit ensuite dans des rainures creusées dans des cylindres ou des prismes de bois de cèdre, de genévrier ou de cyprès. Le graphite de Sibérie (Alibert) sert à la fabrication des crayons Faber.

La plupart des crayons du commerce sont formés avec la poussière qui provient du sciage de graphite. Au moyen de la gomme ou de la colle de poisson, on en fait une pâte qui donne des crayons assez bons, auxquels il manque cependant un peu de ténacité.

Les crayons de qualité inférieure sont formés avec cette même poussière ou avec des graphites inférieurs que l'on mélange avec des matières terreuses ou avec le sulfure d'antimoine.

CREUSET DE MINE DE PLOMB. — Le graphite sert aussi à la fabrication des creusets de mine de plomb destinés aux fondeurs en métaux, et surtout aux fondeurs en cuivre. Ces creusets se fabriquent particulièrement à Passau, en Bavière ; on mêle le graphite avec des matières réfractaires, il en résulte une pâte qui sert à la confection des creusets. Quelquefois aussi ces creusets sont fabriqués avec du graphite seul.

EMPLOI DANS LES MACHINES. GALVANOPLASTIE. — Les qualités inférieures de graphite, qui ne donnent que de la poudre, servent pour adoucir les frottements dans les machines en bois. Broyé avec de la graisse, il forme une espèce de pommade onctueuse qui sert à adoucir le frottement des engrenages et des axes tournants.

Le graphite sert aussi à frotter la fonte et la tôle pour les préserver de la rouille ; on en couvre les

poèles de terre pour leur donner l'aspect de la fonte, enfin on l'emploie en galvanoplastie, pour métalliser les surfaces non-conductrices, que l'on veut recouvrir d'une couche métallique. „

CHAPITRE II.

Appendice au carbone.

MINÉRAUX D'ORIGINE INCONTESTABLEMENT ORGANIQUE OU ORGANOLITHES (5^{me} classe de la classification adoptée), formant quatre groupes, savoir : 1° les carbonides : anthracite, houille, lignites, tourbe ; 2° les bitumides, hydrocarbures solides, mous ou liquides, tels que l'idrialine, le bitume, les huiles de naphte et de pétrole ; 3° les rétinides ou résines fossiles, comme le succin ou ambre jaune ; 4° les sal-organides ou sels d'origine organique, animale ou végétale, cristallins ou amorphes, tels que le guano, le mellite, l'oxalite.

1° CARBONIDES OU COMBUSTIBLES MINÉRAUX.

On désigne sous le nom générique de charbons, les combustibles fossiles ou minéraux qui se trouvent en grand dans les couches de la terre, et qui laissent pour résidu de leur calcination une proportion de coke toujours considérable.

Les charbons fossiles fournissent à l'industrie des combustibles précieux, mais leur emploi dans les diverses applications industrielles et métallurgiques dépend de leur richesse en charbon, de leur état d'agrégation, de l'abondance et de la nature des matières volatiles qu'ils renferment, enfin de la quantité de cendres qu'ils donnent par leur incinération.

Tous les combustibles minéraux sont formés, en général, d'un corps fixe, le carbone combiné ou mélangé avec des éléments gazeux, oxygène, hydrogène et azote, contenant en outre des mélanges de diverses substances métalliques, telles que de l'argile, du carbonate calcique, de la silice, des pyrites, etc.

Les différences dans la composition des charbons fossiles, sont, en partie, indiquées par leurs caractères extérieurs et sont en rapport avec l'ancienneté des terrains où ils sont enclavés. A mesure que le combustible est plus ancien, autrement dit, que la décomposition de la matière organique est plus avancée, la proportion d'oxygène et d'hydrogène va en diminuant et la quantité de carbone augmente graduellement. On a constaté, par de nombreuses analyses, que la quantité d'oxygène diminue du bois à la tourbe, de la tourbe au lignite, de celui-ci à la houille, et de la houille à l'anthracite, tandis que la proportion d'hydrogène reste à peu près constante. Il résulte de là, qu'un combustible minéral est d'une époque géologique d'autant plus récente qu'il contient une plus forte proportion de matières gazeuses, et que le rapport de l'oxygène à l'hydrogène est plus élevé. Par suite, la composition des combustibles fossiles se rapproche de plus en plus de celle du bois, à mesure que le charbon appartient à des terrains plus modernes.

Au contraire, un charbon fossile est d'autant plus riche en carbone qu'il est plus éloigné de l'époque actuelle. Comme la puissance calorifique d'un charbon dépend de la quantité de carbone contenue dans un poids déterminé de combustible, il en résulte que cette puissance croît à mesure que l'on emploie des charbons plus anciens.

On peut diviser les combustibles minéraux en quatre grandes sections :

1° Anthracites, combustibles des terrains primaires ou de transition ;

2° Houilles, combustibles du terrain houiller ou primaire supérieur et moyen ;

3° Lignites, combustibles des terrains tertiaires et secondaires (postérieurs au terrain houiller) ;

4° Tourbes, combustibles des terrains quaternaires et modernes.

Les terrains primaires proprement dits (silurien, dévonien) ne fournissent que bien rarement un combustible pouvant remplacer la houille pour les usages métallurgiques, comme, par exemple, dans la fusion des minerais de fer. Ceux d'un âge plus moderne que la houille, comme les lignites, ne produisent pas, sous le même volume, une température propre au travail des hauts-fourneaux. Du reste, les caractères physiques s'accordent avec ces distinctions géologiques : l'anthracite, plus compacte, plus dure que la houille, offre plus généralement une cassure conchoïdale ; la houille presque toujours schisteuse, est fragile et s'écrase par le plus léger choc ; les lignites, en général, possèdent un tissu qui rappelle leur origine végétale, tandis que dans l'anthracite et la houille, la structure ligneuse est effacée ; enfin, la densité décroît de l'anthracite à la houille, de la houille au lignite et du lignite à la tourbe.

Le tableau suivant présente les résultats les plus importants obtenus par M. Regnault dans ses études sur les combustibles fossiles :

COMBUSTIBLES.	DENSITÉ.	COMPOSITION.			DISTILLATION en vase clos.		CALCINATION à l'air pendant 8 min. Perte en matières volatiles.	COMBUSTION.	CENDRES.	USAGES.
		Carbone.	Hydrogène.	Oxygène et azote.	Coke.	Matières volatiles.				
Andracites. . .	1,34 à 1,46	92 à 95	2 à 3	3 à 4	Pulvérent.	Presque nulles.	5 à 10 0/0	Brûlent presque sans flamme ni fumée; s'allument difficilement.	Presque nulles.	Servent pour les fonderies, aciéries et fours à chaux.
Houilles. . . .	1,25 à 1,30	75 à 90	5 à 6	6 à 18	Coke dur, poreux, boufflé.	Matières bitumineuses, gaz inflammable, eau, ammoniaque.	20 à 40 0/0	Brûlent avec flamme, fumée noire; se boursofflent.	Cendres scoriacées.	Hauts-fourneaux, fourneaux à réverbères, usines à gaz, houilles pour fourneaux ordin.
Lignites. . . .	1 à 1,20	60 à 75	5 à 6	20 à 30	Charbon semblable à celui du bois.	Matière bitumineuse, eau acide acétique.	50 à 70	Brûlent avec flamme et fumée noire, odeur bitumineuse, sans se boursoffler.	Cendres semblables à celles du bois.	Servent au chauffage, à l'évaporation des liquides, à la cuisson des briques, de la chaux.
Tourbes. . . .	variable.	60	5 à 6	34	Brais très-légère	Matière huileuse, acide acétique.	60 à 70	Brûlent avec ou sans flamme, avec odeur et fumée d'herbes sèches.	Cendres légères.	Chauffage.

Il résulte d'un grand nombre d'analyses de MM. Berthier, Regnault et Rivot, que la richesse en charbon ou en coke augmente avec l'ancienneté des combustibles ; l'anhracite contient de 80 à 90 pour cent de charbon ; les houilles de 60 à 80 ; les lignites de 40 à 50 et les tourbes de 20 à 38 pour cent. Les combustibles minéraux sont donc essentiellement composés de carbone, d'hydrogène et d'oxygène ; souvent ils contiennent de l'azote.

Indépendamment de ces principes essentiels, ils renferment un certain nombre de substances accidentelles, qui s'y trouvent mélangées d'une manière très-intime et invisible : ces substances donnent, après la combustion, un résidu en cendres dont la nature est très-variable, mais contenant, en général, de l'argile, du fer, du calcaire, etc.

Pour acquérir une connaissance complète des qualités d'un combustible, il faut connaître avant tout son pouvoir calorifique ou la quantité de chaleur qu'il dégage en brûlant, afin de savoir quel est l'effet qu'il est capable de produire dans une circonstance donnée (voir notre *Guide pratique de physique expérimentale et industrielle*). A poids égaux, les différents combustibles dégagent des quantités de chaleur très-inégales : leur pouvoir calorifique est proportionnel à ces quantités.

La proportion de charbon donnée à la distillation, par un combustible fossile est d'autant plus grande que ce combustible est plus pauvre en principes gazeux.

Le pouvoir calorifique des anhracites et des houilles est au moins égal à celui du charbon ; mais celui des lignites est plus faible ; les bitumes et les asphaltes ont un pouvoir calorifique supérieur à celui de la houille et du coke.

Les combustibles minéraux ont d'importants usa-

ges dans l'industrie, justement à cause de leur grand pouvoir calorifique ; ils servent au chauffage des appareils à vapeur, des fours employés en métallurgie, des foyers domestiques ; à la fabrication du coke pour les hauts-fourneaux et les locomotives ; à la fabrication du gaz de l'éclairage, etc. Pour ces divers usages, les combustibles doivent posséder des qualités différentes que nous examinerons en traitant de chaque charbon fossile en particulier.

1^{re} Espèce : Anthracite. Houille éclatante.
(*Glanzkohle.*)

COMPOSITION. — L'anthracite est essentiellement composée de carbone ; indépendamment de l'eau, elle renferme une petite quantité de matières volatiles, et ne donne pas d'huile à la distillation ou à peine des traces. Elle est généralement mélangée à des matières terreuses, telles que l'argile schisteuse, le sable quartzeux, les pyrites de fer ; le carbonate calcique, la dolomie et la sidérose ne s'y montrent que rarement. Les cendres de l'anthracite sont habituellement composées de sable, d'argile, d'oxyde ferrique et de silicate aluminique. (Voir le tableau de la page suivante.)

CARACTÈRES PHYSIQUES. — L'anthracite est d'un noir grisâtre, d'un éclat demi-métallique, opaque, brillante, irisée quelquefois à sa surface ; sa densité varie de 1,34 à 2 ; elle brûle difficilement, avec une flamme très-courte, sans fumée ni odeur ; elle ne s'embrase qu'en grandes masses et à une chaleur très-élevée ; elle ne s'agglutine pas et décrépité à la première impression de la chaleur.

L'anthracite ne tache pas les doigts comme la houille ; elle est très compacte et peu hygrométrique ; les parties qui n'ont pas été mouillées ne per-

COMPOSITION des anthracites.	La Mure (Isère).	Pensylvanie.	Binic.	Chauxière (Laval).	Baconnière (Laval).	Montiers (Savoie).	Mussy-sous-Dun.	Mont-de-Lans.	Ermani.	Corse.	Maudre (Isère).	Sablé.	Swansea (Angleterre).	Vizille (Isère).
	Charbon	91,3	86,0	85,0	84,7	66,5	74,4	76,7	73,3	70,0	88,0	91,3	69,3	90,58
Cendres	2,7	6,0	4,0	7,3	25,0	19,6	14,8	13,2	24,0	6,0	2,7	24,5	1,70	1,90
Matières volatiles	6,0	8,0	11,0	8,0	8,5	6,0	8,5	13,5	6,0	6,0	6,0	7,1	7,70	4,01
	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,00	100,00

dent pas plus de 2 pour cent d'eau par la calcination. Les fragments exposés à l'action de la pluie ou plongés dans l'eau, n'absorbent pas plus de 5 à 6 pour cent de ce liquide.

Généralement on distingue deux variétés d'anhracite : 1° l'anhracite vitreuse, complètement homogène, à cassure conchoïdale dans tous les sens; très-éclatante, d'un reflet demi-métallique très-prononcé; très-dure, ses fragments sont à bords tranchants, sa densité égale 1,6 : c'est la variété la plus pure. (Anhracites de la Mure, des Etats-Unis.)

2° L'anhracite commune est souvent écailleuse ou un peu lamellaire; elle présente quelques parties brillantes analogues au graphite; elle est d'un noir plus foncé que l'anhracite vitreuse, souvent impure par des mélanges; sa densité est très-variable, à cause même de son impureté. En France, l'administration des mines considère comme anhracites tous les combustibles minéraux, quel qu'en soit le gisement, qui ne donnent pas de coke par la distillation en vase clos, ni des matières huileuses et aqueuses en notable quantité, et dont le résidu fixe de la distillation, abstraction faite des cendres, s'élève au moins à 85 pour cent.

CARACTÈRES GÉOLOGIQUES. — L'anhracite peut être considérée comme une houille qui a été modifiée par les causes internes. Le métamorphisme qui l'a produite a eu pour résultat de modifier la texture primitive du charbon minéral et de lui faire perdre une grande partie des matières volatiles qu'il contenait à l'état de houille. L'anhracite commence à se montrer dans le terrain dévonien (Bohème, Sa-blé); mais son gisement habituel est dans le carboniférien inférieur (Lay, Régny, Tarare, Valsonne), dans le Lyonnais, (Russie, Amérique du Nord : Pen-

sylvanie, Connecticut, Virginie). Elle se rencontre aussi dans le terrain houiller (Anzin, Estérel, Commanay) et passe insensiblement à la houille.

Les couches d'anhracite exploitées dans le canton de la Mure, dans l'Oisans (Isère) et sur quelques points du revers occidental de la chaîne de Belladone et de son prolongement en Savoie, sont placées dans des couches de grès de la période houillère. Les gisements des combustibles exploités dans le Briançonnais, la Maurienne et la Tarentaise dépendent aussi du terrain houiller ; les grès qui les renferment ressemblent complètement aux grès à anhracite de la Mure et de l'Oisans (Lory).

L'Amérique du Nord est la région la plus riche en anhracites ; la Pensylvanie, le Connecticut et la Virginie doivent à ce combustible une grande partie de leur prospérité industrielle et commerciale.

CARACTÈRES TECHNOLOGIQUES. — La valeur de l'anhracite comme combustible, dépend à la fois de la proportion et de la nature des matières avec lesquelles elle se trouve mélangée et de la propriété de ne pas décrépiter au feu.

L'anhracite brûle même plus difficilement que le coke ; elle ne s'embrase qu'en grandes masses ; les morceaux isolés s'éteignent en se recouvrant d'une cendre blanche.

Son pouvoir calorifique est le même que celui du coke : par conséquent, en brûlant, elle développe une température très-élevée. Cependant, il est rarement possible de l'employer dans les hauts-fourneaux, tant à cause qu'elle est presque toujours pyriteuse, que parce qu'elle décrépite à la première impression de la chaleur ; dès lors elle se brise, devient friable et encombre le creuset au bout d'un temps très-court. Les anhracites de la Pensylvanie, qui décrépitent

moins que celles de l'Europe, servent à alimenter les foyers des usines, à chauffer les locomotives, les hauts-fourneaux et même à réduire les minerais de fer : l'anhracite du pays de Galles a été aussi employée à la fusion des minerais de fer.

La densité de l'anhracite de Pensylvanie varie dans les diverses localités ; son inflammabilité est en raison inverse de cette densité. Actuellement, ce combustible minéral est employé, en Amérique, à tous les usages domestiques et industriels : la France est en retard sous ce rapport. Notre pays est riche en gites d'anhracite ; ceux des bords de la Mayenne, aux environs de Sablé, sont utilisés pour la cuisson de la chaux, dont l'agriculture locale et des départements voisins fait une grande consommation.

On exploite également de l'anhracite à la Mure et sur quelques autres points du département de l'Isère, dans le département des Hautes-Alpes, dans la Savoie, dans la Côte-d'Or, Saône-et-Loire, dans l'Allier, etc. Dans le bassin houiller d'Anzin, les couches de Fresnes et de Vieux-Condé sont formées d'anhracite.

- Il est hors de doute, que la consommation de l'anhracite prendrait une grande extension si l'on recourait, pour l'utiliser, à des appareils ou à des méthodes de fabrication en rapport avec sa nature. Au Creusot, on la mélange avec de la houille et le combustible qui en résulte donne de très-bons résultats ; certaines variétés, comme, par exemple, l'anhracite de la Mure, seraient d'un emploi très-économique pour le chauffage domestique ; on l'a essayée pour la réduction des minerais de fer.

Les débris ou menus d'anhracites et celles qui se délitent facilement par l'action de la chaleur, ont peu de valeur ; on ne peut les brûler dans les foyers

qu'en les mélangeant avec des houilles en gros morceaux ou avec des anthracites qui ne se délitent pas. On peut, pour les employer avec succès, agglomérer ces menus ou les transformer en coke en les mêlant avec une certaine quantité de menu de houille grasse. L'anthracite unie à de la houille et à une petite quantité d'argile sert à fabriquer les bûches économiques.

En résumé, l'anthracite n'est employée en France, comme combustible ordinaire, que pour la cuisson de la chaux, du plâtre et des poteries, c'est-à-dire partout où ce charbon peut être brûlé en grande masse. Rarement il est utilisé dans les fonderies et les usines métallurgiques; mêlé au bois, il produit un très-bon combustible employé souvent pour le chauffage domestique ou pour opérer des évaporations en grand.

2^e Espèce : Houille, charbon de pierre, charbon de terre (Steinkohle).

COMPOSITION. — La composition des houilles assez constante dans la nature des substances qui les forment, est très-variable dans les proportions de ces matières. La quantité de coke qu'elles donnent à la distillation varie avec la température; cependant la différence est peu considérable, elle est au plus de 6 pour cent. Les houilles les plus médiocres produisent au moins 45 pour cent de coke; la plus grande partie en donnent 60 et même jusqu'à 85 pour cent.

Les matières volatiles que laissent dégager les houilles, à la distillation, sont des mélanges en proportions variables de carbures d'hydrogène gazeux (proto et bi-carbure), d'hydrogène pur, d'oxyde et d'acide carboniques, d'azote, d'acide sulfhydrique,

d'ammoniaque, d'eau, de goudron et des vapeurs huileuses.

Les houilles sont mélangées d'un grand nombre de substances ; telles que l'argile, le calcaire, la sidérose et les pyrites. La plus commune est l'argile (silice et alumine), unie au charbon minéral en mélange intime. Le calcaire est plus rare, tandis que la sidérose accompagne habituellement la houille.

La pyrite se trouve fréquemment dans les houilles auxquelles elle nuit beaucoup, tant par sa décomposition au contact de l'air, que par le soufre qu'elle renferme et qui restreint les usages des houilles pyriteuses. On trouve aussi quelquefois dans les houilles, de la galène, de la blende, du cinabre, du gypse, de la barytine, de la dolomie, de l'apatite, etc., et du grisou.

Le tableau de la page suivante donne, d'après M. Regnault, la composition des houilles. Les houilles avant d'être analysées, avaient été complètement desséchées à la température de 120°. Les pertes ont varié de 1,36 à 1,60.

Il résulte de ce tableau, que, pour les houilles grasses maréchales, la somme des quantités d'oxygène et d'hydrogène est à peu près de 11 p. 100, et les quantités d'oxygène et d'hydrogène sont à peu près égales. Pour les houilles grasses et dures, la somme des quantités d'oxygène et d'hydrogène est à peu près 9, et la différence des poids de ces deux gaz est encore très-petite. Pour les houilles sèches à longue flamme, la somme des quantités d'oxygène et d'hydrogène s'élève jusqu'à 16 et la proportion d'hydrogène diminue. Ainsi, les houilles grasses passent aux houilles sèches non flambantes par la diminution de l'oxygène et de l'hydrogène, et aux houilles sèches flambantes et aux lignites, par une augmentation de ces deux éléments, plus

HOUILLES.	DENSITÉ.	NATURE du coke.	POIDS DU COKE.	COMPOSITION.				Hydrogène en excès.	Puissance calorifique (par Péclet).
				Carbone.	Hydrogène.	Oxygène et azote.	Cendres.		
Houilles grasses et dures.	1,322	Boursoufflé.	76,29	89,27	4,85	4,47	1,41	4,23	8670
	1,315	Idem.	73,34	87,85	4,90	4,29	2,96	4,30	8580
Houilles maréchales.	1,298	Tr.-boursoufflé	66,72	87,45	5,14	5,63	1,78	4,36	8568
	1,280	Idem.	•	87,95	5,24	5,41	1,40	4,49	8654
Houilles grasses à longue flamme.	1,276	Boursoufflé.	•	84,67	5,29	7,94	2,10	4,18	8284
	1,298	Idem.	61,88	82,58	5,59	9,11	2,72	4,32	8160
	1,317	Idem.	55,35	83,75	5,66	8,04	2,55	4,54	8334
	1,319	Idem.	63,16	82,72	5,29	11,75	0,24	3,65	7940
Houilles sèches à longue flamme.	1,362	Fritté.	54,72	76,48	5,23	16,01	2,28	3,09	7243

rapide pour l'oxygène que pour l'hydrogène (Péclet).

CARACTÈRES PHYSIQUES. — La houille est une substance charbonneuse, opaque, non cristalline, d'un beau noir, dit noir de velours. Sa cassure est lamelleuse ou schistoïde, sa poussière est noire ou d'un brun très-foncé. La houille est peu dure et très-fragile, sa densité varie de 1,16 à 1,6 ; l'hectolitre de houille en morceau pèse de 80 à 90 kilogrammes. A Rive-de-Gier, ce poids est de 80 à 85 kilogrammes pour la houille menue, 80 kilogrammes pour le mélange de menus et gros morceaux ou marlborough, et 65 à 66 kilogrammes seulement pour la houille grêle ou en morceaux, sans mélange de menus. A Paris, selon Berthier, on porte l'hectolitre de 70 à 77 kilogrammes. Lorsqu'on mesure à l'hectolitre en faité, le poids peut s'élever jusqu'à 100 kilogrammes (Berthier).

Les houilles sont peu hygrométriques ; à la température de 100°, elles perdent à peine de 0,01 à 0,05 de leur poids ; plongées dans l'eau, elles absorbent une petite quantité de ce liquide (de 0,10 à 0,60) par capillarité.

Les houilles provenant des mines à grisou s'altèrent par l'exposition à l'air ; elles perdent de l'hydrogène carboné et une partie du principe gras qui détermine la formation du coke, lors de la calcination.

Les houilles, réunies en grandes masses, s'enflamment quelquefois spontanément, soit dans les magasins, soit dans les excavations des mines. Ces combustions se produisent quand les houilles sont humides et qu'elles sont menues et pyriteuses. La cause de ce phénomène est la chaleur produite par la décomposition et l'oxydation du sulfure ferrique sous l'influence de l'air et de l'humidité. On peut

prévenir ces incendies accidentels en disposant les masses de combustible de manière que l'air les traverse facilement, afin que la chaleur ne puisse pas s'y accumuler. La houille brûle aisément avec flamme, fumée et odeur bitumineuse, elle se ramollit et se gonfle pendant la combustion, de telle sorte que les morceaux se collent entre eux. Lorsqu'elle a fini de flamber, elle donne un charbon poreux, solide et dur, à surface mamelonnée et métalloïde ou coke.

CLASSIFICATION DES HOUILLES. — Au point de vue des caractères physiques ou de la minéralogie, on peut diviser les houilles en trois variétés ; savoir : 1° les houilles sèches ; 2° les houilles grasses ; 3° les houilles maigres.

1° *Houilles sèches*. — Les houilles sèches ressemblent à l'anhracite ; leur couleur plus claire que

HOUILLES SÈCHES	Mons.	Fresne.	Rolduc.	Pays de Galles.	Hina-rajo.	Bourg-Lastic.
Charbon.	85,0	82,4	87,7	79,3	77,0	78,0
Cendres.	2,3	4,2	2,7	1,3	6,0	5,5
Matières volatiles.	12,7	13,4	10,3	10,4	17,0	16,5
	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

les houilles grasses, tire sur le gris d'acier ; leur cassure est plutôt conchoïdale que schisteuse ou feuilletée ; elles brûlent avec difficulté, ne se gonflent pas et ne se collent que légèrement. Elles donnent

3° *Houilles maigres.* — Les houilles maigres sont généralement un peu plus légères que les houilles grasses ; leur noir est aussi moins vif. Elles s'allument avec une grande facilité et brûlent avec une longue flamme, sans s'agglutiner. Elles fournissent beaucoup de gaz par la distillation et laissent un résidu noir et peu cohérent, qui ne peut être employé comme coke.

Les houilles maigres servent pour le chauffage des générateurs à vapeur et aux usages de la grille, qui exigent de la flamme ; elles sont composées :

HOUILLES maigres.	Cublac.	Tu- chan.	Bianzy.	Epinaç.	Salins	Vir- ginie.	Cata- logne.
Charbon . . .	70,25	86	76,48	74,75	50,0	45,7	56,5
Cendres . . .	7,40	20	2,28	5,65	13,0	10,0	4,0
Mat. volatiles.	22,35	24	21,24	19,60	37,0	44,3	39,5
	100,00	100	100,00	100,00	100,0	100,0	100,0

Sous le rapport de leur conduite au feu ou au point de vue industriel, les houilles peuvent se diviser en cinq catégories, suivant qu'elles donnent un coke boursoufflé, fritté, coagulé ou pulvérulent à la distillation en vase clos. Ce sont : 1° les houilles grasses et dures à courte flamme, qui donnent un coke fritté, un peu boursoufflé (75 p. 0/0) excellent pour la fusion des minerais. (Houilles des bassins de la Loire, du Gard, etc., Nord, Decazeville.)

2° Les houilles grasses maréchaux donnent un coke très-boursoufflé (70 0/0), se ramollissent considéra-

blement ; elles ne pèsent que de 80 à 85 kilogrammes l'hectolitre. Elles conviennent aux fours à réverbère et aux feux des maréchaux, forgerons, serruriers, cloutiers, etc. ; les bassins houillers du Gard et de la Loire sont riches en houilles de cette variété ; mais les plus estimées sont celles de Saint-Etienne, et de Mons, dans le bassin du Nord.

3° Les houilles grasses à longue flamme, fournissent un coke toujours un peu boursoufflé (60 p. 0/0), peu propre aux opérations métallurgiques ; elles se ramollissent un peu sur la grille et s'agglutinent légèrement en brûlant avec une flamme abondante et très-vive. Elles sont surtout employées pour le chauffage domestique et pour la fabrication du gaz.

La houille de Mons, certaines couches de Montrambert (Loire) et surtout le cannel-coal des Anglais (Irlande et Lancashire) appartiennent à cette variété.

4° Les houilles sèches ou houilles maigres à longue flamme, donnent un coke toujours fritté et de peu de consistance (60 p. 0/0) ; elles brûlent avec une flamme longue, mais de peu de durée ; elles sont peu denses, l'hectolitre pèse à peine 80 kilogrammes. On les emploie pour chauffer les chaudières à vapeur et pour les grilles. (Houilles de Blanzay [Saône-et-Loire], de Commentry [Allier]).

5° Les houilles sèches sans flamme ou à courte flamme, fournissent un résidu pulvérulent ; elles brûlent difficilement, sont plus denses et plus dures que les charbons gras ; l'hectolitre pèse 90 kilogrammes. Ces houilles servent aux usages domestiques et à la cuisson de la chaux, des briques, etc. Le bassin de Charleroi contient des types de cette variété commune au Bourg-de-Lastic (Puy-de-Dôme), à Céral (Aveyron), à Noroy (Vosges).

Les Anglais distinguent quatre catégories de houilles de bonne qualité ; ce sont : 1° le coaking-coal

ou houille collante qui peut être employée directement dans le travail du fer ; 2° Le splint-coal ou houille esquilleuse, brûle avec une longue flamme, elle est employée au chauffage des chaudières à vapeur et à la fabrication du coke ; 3° le cherry-coal ou soaft-coal ou houille molle, est tendre et s'écrase sous une forte pression. On la mélange toujours avec le splint-coal dans les hauts-fourneaux destinés à la fusion des minerais de fer ; 4° le cannel-coal ou houille compacte, présente les caractères physiques du jayet, elle est mate, ne tache pas les doigts, dure, sa cassure est conchoïdale ; peut prendre le poli, brûle avec une belle flamme. Elle est employée pour la fabrication du gaz et pour les usages domestiques.

CARACTÈRES GÉOLOGIQUES. — Le principal gisement de la houille est dans le terrain houiller ; son mode de formation sera expliqué dans notre *Guide pratique de géologie appliquée*.

Les hypothèses les plus bizarres ont été hasardées sur la formation de la houille. Petzholdt l'attribue à l'action simultanée du temps, d'une forte pression et de l'absence de l'air. Hutton la considère comme le résidu de la distillation sèche du bois, accompagné d'une forte pression. M. Rivière attribue l'origine d'une partie des combustibles minéraux à l'action des gaz ou des vapeurs carburés. Selon M. Boutigny, les combustibles minéraux, à l'exception de la tourbe et du bois altéré, dériveraient tous des carbures d'hydrogène existant primitivement à l'état de gaz et de vapeurs dans l'atmosphère, ensuite à l'état sphéroïdal, puis à l'état liquide à la surface de la terre. Ces carbures d'hydrogène (naphthe, pétrole) se seraient évaporés d'une part, et de l'autre dédoublés. Ce phénomène d'évaporation et de dédouble-

ment aurait été le résultat de l'action combinée de l'atmosphère et de la haute température du globe.

Mais dans cette hypothèse, comment expliquer les traces certaines et distinctes d'organisation que des observateurs habiles, tels que MM. Ehrenberg, Goppert et Link ont découvertes dans la houille ?

A l'époque houillère, un air épais et lourd planait sur la terre ; le carbone entraît en proportion immense dans la composition de cette atmosphère, si propre au développement des plantes acotylédones et monocotylédones. Aussi quelle fécondité ! quelles proportions colossales dans le règne végétal de cette époque ! Ces lycopodacées qui rampent aujourd'hui sur la terre, ces prêles qui se baignent dans les eaux, ces mousses qui tapissent les rochers ou bien pendent en vertes draperies sur les troncs d'arbres, les fougères si humbles de nos vallées, tout alors s'élevait plein de force à des hauteurs considérables.

La houille a été formée par des masses de végétaux marins, terrestres ou lacustres, accumulés sur le sol, à l'embouchure des fleuves, dans des golfes ou des fiords, dans des estuaires, et ensuite altérés et modifiés par une forte pression due aux couches qui les ont recouverts, et par l'influence d'une température élevée.

D'après M. Brongniart, à l'époque houillère, la surface de la terre, dans les contrées où se trouvent les dépôts de houille, offrait des conditions climatériques analogues à celles qui existent maintenant dans les archipels des régions équinoxiales, et probablement aussi une surface parsemée d'îles. L'uniformité du climat et une humidité constante paraissent favoriser, d'une manière remarquable, le développement et la variété des formes spécifiques parmi les fougères et les plantes analogues. La houille provient donc des végétaux marins et des végétaux

terrestres des premières forêts qui couvrirent le sol émergé à la fin de la période dévonienne.

Certains paléontologistes, se basant sur les données fournies par les plantes et les poissons fossiles, admettent des houilles de diverses périodes. M. Jourdan, reconnaît : 1° une houille dévonienne, 2° une houille de l'époque houillère proprement dite ; 3° et une houille permienne.

Les dépôts houillers se sont formés sous des influences bien différentes : les uns sont de formation torrentielle, comme, par exemple, les conglomérats ; les autres, comme les grès sans cailloux, peuvent s'être formés sous des eaux tranquilles. Quant aux argiles schisteuses, tout démontre qu'elles ont été déposées, sinon sous l'influence d'un calme parfait, mais sous celle des courants très-faibles ; car ces argiles contiennent entre leurs feuillets des empreintes végétales de la plus parfaite conservation ; un courant un peu fort eût déchiré les feuilles délicates de ces empreintes.

Le terrain houiller est constitué par des grès, des poudingues, des argiles schisteuses, des calcaires et de la houille. Ces diverses roches forment des assises plus ou moins puissantes qui alternent à plusieurs reprises. Ce terrain est principalement développé dans les parties occidentales de l'Europe. Les îles Britanniques, la France, la Belgique et certaines parties de la Prusse et de l'Allemagne, sont, avec l'Amérique, les contrées où il se trouve sur des étendues considérables. Les bassins houillers les plus remarquables de la France, sont : le bassin de la Loire (Saint-Etienne, Rive-de-Gier), d'Aubin, du Gard (Alais, Bessèges, Grand'Combe), du Nord (Charleroi, Mons, en Belgique), du Creusot, de Brassac, de Décise, de Graissessac, d'Alby, etc. Dans les Pyrénées, on trouve des lambeaux houil-

lers, à Ségur et Durban (Aude), à San-Juan-de-las-Abadessas (Catalogne, en Espagne).

Certains gîtes de houilles sèches ou stipites, se trouvent dans les terrains secondaires, comme aux environs de Milhau, au plateau de Larzac (dans le terrain jurassique); à Noroy, Salins, Wasselonne, Soultz-les-Bains (dans le trias).

CARACTÈRES TECHNOLOGIQUES. — Les houilles donnent à la distillation des gaz combustibles, de l'eau souvent ammoniacale, des huiles empyreumatiques, bitumineuses et laissent, pour résidu, le coke, produit très-important à cause de son emploi en métallurgie.

La plupart des produits gazeux et liquides, provenant de la distillation de la houille, sont industriels.

Tels sont : le gaz de l'éclairage, les sels ammoniacaux, le goudron et ses magnifiques dérivés.

Les fragments de houille provenant de la même mine sont connus sous les noms de gros, gaillette et menu, selon les dimensions des morceaux. Les menus qui ne trouvent pas un débit pour le chauffage ordinaire ou qui proviennent des gîtes de houilles sèches, sont agglomérés en blocs rectangulaires ou cylindriques, qui se comportent à la grille comme la houille en gros morceaux. Ces agglomérations s'effectuent de plusieurs manières : 1° en mêlant le menu avec du goudron de houille, le mélange est introduit dans des moules et sous une forte compression ; 2° en chauffant à 500° les menus de houilles grasses, dans des moules en fonte qui ne permettent que l'issue des gaz : la houille éprouve ainsi une espèce de fusion pâteuse, tend à se gonfler et se trouve comprimée par la résistance des moules ; 3° les menus de houilles sèches sont mêlés avec des

menus de houilles grasses et traités au feu, comme les menus de houilles grasses.

Le pouvoir calorifique des houilles est très-variable (8000 en moyenne) ; il est nécessairement lié à leur composition ; pour les houilles de bonne qualité, il est terme moyen, à peu près le même que celui du charbon de bois ou bien double de celui du bois sec. Dans les ateliers métallurgiques, on admet que le pouvoir calorifique de la houille est, à volumes égaux, cinq fois celui du bois et, à poids égaux, environ deux fois ou dans le rapport $\frac{15}{8}$. La houille peut donc remplacer le bois avec grand avantage dans presque tous les usages ; comme elle chauffe plus fortement que celui-ci, elle est employée de préférence dans une infinité de circonstances.

On emploie la houille, pour le chauffage domestique, pour l'évaporation des liquides, pour le service des fourneaux à réverbère, des fourneaux de verreries, etc., pour cuire la chaux, pour le travail des forges, pour la préparation du gaz de l'éclairage et pour la préparation du coke.

Pour employer la houille à une destination spéciale, il ne suffit pas de connaître son pouvoir calorifique ; il faut examiner encore la manière dont elle se comporte au feu, avoir égard à sa solidité ou à sa fragilité, et à la nature et à l'abondance des matières qui altèrent sa pureté. Nous examinerons les qualités des houilles destinées : 1° au chauffage ; 2° à la fabrication du coke ; 3° à la fabrication du gaz de l'éclairage.

La principale qualité des houilles destinées au chauffage, c'est de brûler en dégageant beaucoup de chaleur. En outre, il est important pour les usages métallurgiques, qu'elles s'agglomèrent très-peu et qu'elles ne se divisent pas en petits fragments,

par la chaleur, car, dans les deux cas, l'appel de l'air par la grille serait difficile.

Les pyrites et les sulfures métalliques en général, nuisent beaucoup aux qualités de la houille ; ils produisent des acides sulfureux et arsénieux qui donnent aux métaux quelques propriétés qui les rendent impropres aux usages auxquels ils sont destinés ordinairement.

Le soufre attaque et corrode le fond des chaudières et les tuyaux, lorsqu'on emploie des houilles pyriteuses pour le chauffage. Les houilles de Blanzy, de Décize, du bassin de la Loire, du Gard, de Carmeaux, etc., sont très-estimées pour le chauffage domestique, les évaporations, etc. Pour les grands foyers, les machines à vapeur, les verreries, on se sert avec succès des houilles d'Auvergne, du charbon dur de Mons, des houilles du Creusot et d'Anzin. Pour les fours à réverbère et pour la forge, on préfère la houille de Saint-Étienne, Rive-de-Gier, d'Alais, de Mons, de Charleroi, de Commentry, etc. Pour la cuisson de la chaux, on emploie les houilles sèches de Fresnes, Vieux-Condé, etc.

La valeur calorifique et les différentes qualités comparatives des houilles ne sont pas tellement précisées par l'aspect du combustible, qu'il soit possible de les formuler, même à peu près, avec ce seul élément d'appréciation ; des charbons de qualité très-différente ont souvent une apparence, une texture parfaitement identiques. Des expériences, faites dans l'arsenal de Brest, ont conduit aux résultats suivants quant à l'emploi des houilles des diverses provenances.

Bassin de la Loire.

Quartier Gaillard, puits de la Loire, houille grasse à moyenne flamme, d'un emploi très-médiocre pour

la navigation , mauvais pour fours à réverbères et forges.

Puits Gallois, houille demi-grasse à longue flamme, avec les mêmes défauts industriels que la précédente.

Puits Sainte-Marie, couche de Sagnat, houille grasse à courte flamme, très-médiocre pour la navigation, bonne pour la fonderie, mauvaise pour fours à réverbères.

Puits Sainte-Marie et Derhins, couche de Sagnat et de la Grille, houille grasse à courte flamme, d'un emploi très-médiocre pour la navigation.

Puits Monterrat, houille dure à longue flamme, bonne pour la navigation, pour la fonderie et pour fours à réverbères.

Saint-Étienne, puits de Lesparre et de Saint-Claude, houille grasse à courte flamme, très-médiocre pour la navigation, bonne pour fonderie et fours à réverbères.

Puits Merle, houille grasse à courte flamme, mauvaise pour la navigation, pour fonderie et pour la forge.

Puits de la Pompe, houille grasse se rapprochant des courtes flammes, impropre à la navigation, bonne pour la fonderie, mauvaise pour forges.

Bassin de Saône-et-Loire.

Puits Saint-François et Cinq-Sous, houille sèche à longue flamme, bonne pour la navigation mais avec une forte dépense, bonne pour les fours à réverbères.

Puits Saint-François et Sainte-Marie, houille sèche à longue flamme, mêmes qualités que la précédente.

Bassin de l'Allier.

Ferrières et Bézenet, houille sèche à longue flamme, mauvaise pour la navigation, se décomposant facilement, dangereuse au point de vue des combustions spontanées.

Bassin du Puy-de-Dôme (Brassac).

Puits d'Orléans, couche de la Verrerie, houille sèche à longue flamme, bonne pour la navigation, mauvaise pour fonderie et pour fours à réverbères.

Bassin du Nord.

Anzin et puits Saint-Louis, houille demi-grasse à longue flamme, excellente pour la navigation quand elle est en roche, médiocre pour forges ; celle du puits Thiers, au contraire, est assez bonne pour forges et excellente pour la navigation.

Les houilles de Bruay, Fiennes, Hardingham, Nœux, sont bonnes pour la navigation et médiocres pour forges.

La qualité du coke dépend avant tout de la nature de la houille soumise à la carbonisation ; mais aussi de la forme et de la dimension des fours employés, comme de la durée de l'opération et du mode de refroidissement. Presque partout le coke est obtenu avec la houille, cependant dans quelques usines, on le produit en carbonisant des mélanges intimes de houilles anthraciteuses avec du brai, avec du goudron ou avec des houilles très-collantes. Les houilles du bassin de la Loire, de Mons, de Charleroi, de Commentry, du Gard, de l'Aveyron sont très-estimées pour la fabrication du coke.

La qualité du gaz donné par la décomposition d'une houille dépend à la fois de la nature du combustible employé et de la rapidité de la distillation. Les houilles bitumineuses, riches en matières volatiles hydro-carburées sont les plus estimées pour la fabrication du gaz de l'éclairage. Celles qui donnent le plus de gaz sont les plus pauvres en carbone, mais les houilles qui donnent le gaz le plus éclairant, sont celles qui renferment le plus d'hydrogène par rapport à l'oxygène, quelle que soit la proportion du carbone. Les houilles du bassin de la Loire, de Mons, de Blanzky, de Décize, etc, sont recherchées pour la fabrication du gaz de l'éclairage.

3^e Espèce : Lignite, bois bitumineux (*Holzkohle*).

COMPOSITION. — Les lignites contiennent de 60 à 75 p. 0/0 de carbone, 5 à 6 d'hydrogène, 20 à 30 d'azote et d'oxygène; par la calcination à l'air, ils perdent 50 à 70 p. 0/0; ils laissent, à la calcination en vase clos 30 p. 0/0 de cendres et ne donnent pas de coke (moins quelques rares exceptions) ou un charbon semblable à celui du bois. Comme produits volatils de la distillation, ils donnent des gaz combustibles, de l'eau acide, des huiles, de l'acide acétique.

Les lignites, comme les houilles, sont mélangés intimement à des matières qui altèrent leurs propriétés ou qui leur en communiquent de spéciales, ces matières sont : l'argile, le sable quartzueux, le calcaire, le bitume et les pyrites. Le tableau suivant, dû aux recherches de M. Regnault, donne la composition des principales variétés de lignites.

LIGNITES.	PROVENANCE.	DENSITÉ.	NATURE du coke.	COMPOSITION.				Hydrogène en excès.	Puissance calorifique.	
				Poids du coke.	Carbone.	Hydrogène.	Oxys. et azote.			Cendres.
Stipite ou houille sèche.	Noroy.	1,410	Pulvérent.	51,20	63,28	4,35	13,17	19,20	2,77	6067
Jayet	Saint-Girons.	1,316	Fritté.	42,50	72,94	5,45	17,53	4,08	3,35	7047
.	Bélestat.	1,305	Idem.	42,00	75,44	5,79	17,91	0,89	3,64	7347
.	Dax.	1,272	Pulvérent.	49,10	70,49	5,59	18,93	4,99	3,32	6839
.	Bouches-du-Rhône.	1,254	Idem.	41,10	63,88	4,58	18,11	13,43	2,41	5991
Lignite parfait	Mont-Mérimer.	1,351	Idem.	48,50	71,71	4,85	21,67	1,77	2,25	6569
.	Basses-Alpes.	1,276	Idem.	49,50	70,02	5,20	21,77	3,01	2,59	6549
.	Grèce.	1,185	Analogue au charbon de bois	38,90	61,20	5,00	24,78	9,02	2,03	5643
Lignite imparfait	Cologne.	1,100	Idem.	36,10	63,29	5,90	26,24	5,49	1,83	5743
.	Arnach.	1,167	Idem.	"	56,04	5,70	36,07	2,19	1,38	5003
Lignite bitumineux	Ellebogon.	1,157	Boursoufflé.	27,40	73,59	7,46	13,19	4,96	5,91	7964
.	Cuba.	1,197	Idem.	39,00	75,85	7,25	12,96	3,94	5,70	8092
Asphalte		1,063	Idem.	9,00	79,18	9,30	8,72	2,80	8,26	9253

CARACTÈRES PHYSIQUES. — Les lignites ont des caractères très-variables ; les uns d'un noir foncé, homogènes, offrent une grande analogie avec la houille ; d'autres possèdent encore le tissu ligneux. Tandis que le jayet est d'un noir parfait, certains bois bitumineux sont d'un roux brunâtre et semblent avoir presque conservé la couleur du bois.

Les lignites contiennent de 45 à 50 pour cent de charbon fixe ou coke ; ils ne fondent pas et leurs fragments ne s'agglutinent pas. Ils s'allument aisément et brûlent avec une longue flamme accompagnée de fumée noire, et produisent en brûlant une odeur désagréable et piquante, due en partie à l'acide pyroligneux qu'ils contiennent encore et à des matières bitumineuses. En brûlant, ils se couvrent d'une couche de cendres blanches analogues à celles que donnent les bois dans nos foyers ; ils continuent à brûler lorsque la flamme est éteinte. Leur densité varie de 1 à 1,5.

DIVISIONS. — On peut admettre deux grandes divisions dans les lignites : 1° les lignites piciformes ou lignites communs, dans lesquels le tissu organique est complètement effacé ; 2° les lignites fibreux ou bois bitumineux, présentant tous les caractères du bois. Dans la première division, on distingue deux variétés, savoir : 1° le lignite commun ; 2° le lignite terreux.

Les lignites piciformes communs ont une grande ressemblance avec la houille, mais ils sont plus homogènes et plus compacts. Ils sont noirs ou bruns ; leur cassure est inégale, conchoïdale et quelquefois luisante ; leur densité varie de 1,2 à 1,25. Par une exposition prolongée à l'air, ils s'exfolient ; le tissu ligneux devient souvent alors visible ; ils sont peu hygrométriques, à la température de 100°, ils ne

perdent en général que 0,03 de leur poids ; leur poussière est brune.

Les lignites communs le plus souvent ne se fondent pas ; mais il y en a qui se ramollissent assez pour s'agglutiner. Ils brûlent avec une flamme longue, peu chaude avec production de fumée et d'une odeur désagréable. (Exemples : lignites d'Édon (Charente), de Saint-Lon, de l'Enfant-Dort, de Fuveau, de la Caunette, etc.) Les lignites terreux ont moins d'éclat que les précédents ; leur cassure est mate, inégale, schisteuse ; ils sont d'un brun plus ou moins foncé. Ils sont mélangés d'une grande proportion de matière terreuse et contiennent fréquemment des pyrites.

Ces lignites pyriteux s'altèrent rapidement au contact de l'air, se délitent, tombent en poussière par la décomposition ou l'oxydation des pyrites. En brûlant, ils dégagent une odeur sulfureuse, qui se mêle à l'odeur piquante et désagréable propre aux lignites. Ils donnent, par leur combustion, un dépôt abondant de cendres. (Exemples : lignite terreux d'Allemagne, lignite vitriolique de Chantilly, lignite de Menat, lignite de Bouxvillers, de Reims, etc.) La terre de Cologne et la terre d'Ombre sont des lignites terreux à grains fins, doux au toucher, friables et presque aussi légers que l'eau. Leur couleur est brun-clair, ils brûlent en répandant une fumée d'une odeur désagréable.

On peut admettre trois variétés de lignites fibreux, savoir : 1° le lignite compacte ou jayet (jais) d'un noir de velours, dur et susceptible d'un beau poli : il brûle avec une flamme vive et agréable, en donnant, pour résidu de la combustion, très-peu de cendres, sa cassure est éclatante et conchoïdale.

2° Le lignite fibreux noir ou bois fossile, est d'un brun plus ou moins foncé avec l'aspect du bois ; se

rapproche du jayet ; mais il n'en a ni l'éclat, ni la cassure conchoïdale ; il est presque toujours terne et le tissu ligneux est distinct. Il contient beaucoup d'eau ; il perd jusqu'à 0,20 de son poids, à 100 degrés sans s'altérer. A la distillation, il donne la même quantité de gaz que le bois non altéré, mais il fournit moins d'eau, peu d'acide pyroli-gneux et plus d'alcool ; en outre, il ne répand pas l'odeur désagréable qui appartient presque à tous les lignites.

3° Le lignite bitumineux ou bois bitumineux, tout en ayant conservé la structure du bois, est devenu d'un brun foncé ou tout à fait noir. Sa cassure en travers est conchoïdale et luisante, il brûle avec longue flamme et fumée, en répandant une odeur très-désagréable.

On connaît en Sicile, en Auvergne, en Allemagne, aux environs de Narbonne, etc., une variété de lignite en feuilles, appelé Dusodile ou carton fossile. Il est d'un jaune obscur ou d'un gris verdâtre ou d'une nuance rougeâtre, flexible et un peu élastique, sa densité varie de 1,14 à 1,25. Il est très-inflammable, et brûle avec une flamme vive en répandant une fumée dont l'odeur est désagréable et analogue à celle de l'assa-fœtida.

CARACTÈRES GÉOLOGIQUES. GISEMENT. — Nous avons dit que les lignites sont les combustibles des terrains secondaire et tertiaire ; nous avons signalé déjà des charbons fossiles ou stépites dans le trias et dans le terrain jurassique (plateau de Larzac, à Whisbey, en Angleterre). Mais, c'est dans les terrains crétacés que les véritables lignites commencent à se montrer abondamment, les gisements de Mondragon (Vaucluse), de Saint-Paulet, près de Pont-Saint-Espirit, de Candelon, près de Brignoles, de l'île d'Aix, d'An-

zin sont enclavés dans les divers étages du terrain crétacé.

Les lignites de Fuveau (Bouches-du-Rhône) appartiennent probablement à la partie supérieure du terrain crétacé de la Provence. Ils descendraient donc d'un étage, de la partie la plus basse des terrains tertiaires, au niveau de la craie supérieure.

Les lignites se rencontrent dans tous les étages des terrains tertiaires ; les gîtes de Bagnoux, d'Auteuil, de Soissons, de Laon, de Reims, de Gardane, de Coudoux (Bouches-du-Rhône), de Gargas, de Saint-Martin-de-Castillon (Vaucluse), de Sisteron, Forcalquier, de la Montagne-Noire (Aude), se trouvent dans l'éocène.

Les lignites de Vevay, de Lausanne (Suisse), du Doubs, de la Savoie, d'Orignac, près de Bagnères de Bigorre, d'Armissan (Aude), etc., sont miocéniques.

Les lignites de la Tour-du-Pin (Isère) sont enclavés dans les dépôts du pliocène, tandis que ceux de Sonnaz, de La Mothe (près de Chambéry), appartiennent à la période quaternaire.

L'origine végétale des lignites est incontestable ; l'accumulation des bois qui les ont produits est due à des causes analogues à celles qui ont rassemblé les matériaux de la houille.

CARACTÈRES TECHNOLOGIQUES. — Les lignites, quoique possédant un pouvoir calorifique considérable, ne peuvent être employés, à cause des matières volatiles qu'ils renferment, dans toutes les circonstances qui exigent une température élevée. Les lignites, trop chargés de pyrites, pour être employés comme combustibles, sont exploités comme minerais de sulfate ferreux et d'alun, ou bien on les brûle pour employer les cendres comme engrais. Du reste, voici les principales applications industrielles des lignites.

1° On emploie les lignites comme combustibles dans les usines où il s'agit de chauffer, d'évaporer des liquides ou de produire de la vapeur. Les lignites d'Orignac sont employés, par le chemin de fer de Tarbes, pour le chauffage des locomotives.

Partout où il y a des lignites, on les utilise pour la cuisson de la chaux, des poteries, des briques et même pour le chauffage des appartements.

Les environs d'Aix et de Marseille sont très-riches en lignites ; la Provence possède certainement les gisements les plus étendus et les plus riches en lignites de bonne qualité ; l'industrie marseillaise en fait une grande consommation.

La Provence fournit annuellement plus de 120,000 tonnes d'un lignite dont la qualité est peu inférieure à celle de la houille.

Les variétés bitumineuses des environs de Dauphin (Basses-Alpes) et de Monte-Bamboli (Toscane), jouissent de la propriété de se boursouffler en brûlant ; elles peuvent même être employées dans les forges de maréchal.

2° Le jayet est susceptible d'un beau poli ; on le travaille principalement à Sainte-Colombe-sur-Lerz (Aude) et dans quelques localités de l'Ariège, pour en fabriquer des bijoux de deuil, comme boucles d'oreilles, boutons, colliers, boucles pour ceintures, etc., mais cette industrie a perdu de l'importance qu'elle avait autrefois, depuis qu'on imite le jayet au moyen de verre noir opaque.

3° Les lignites pyriteux sont employés pour la fabrication de l'alun et du sulfate ferreux ou couperose. La fabrication de la couperose verte est très-active dans le département de l'Aisne. On emploie les pyrites disséminés dans les lignites de l'argile plastique. Dans le même département, les argiles pyriteuses de l'étage de l'argile plastique sont em-

ployées pour la fabrication de l'alun. On ajoute seulement à ces argiles des matières potassées, cendres, feldspath, etc.

4° La terre de Cologne est employée comme combustible, mais comme elle est trop légère, on lui donne de la compacité en la moulant dans des vases en forme de cône tronqué; pulvérisée et tamisée, elle est employée, en peinture, comme couleur brune.

5° Les cendres de la terre de Cologne sont très-recherchées en agriculture. Du reste, les cendres des pyrites sont utilisées comme engrais; cependant les agriculteurs rejettent celles qui proviennent de lignites trop fortement chargés de pyrites ou trop couperosés.

4° *Espèce : Tourbe.*

COMPOSITION. — Les tourbes sont en général très-hétérogènes, car elles renferment les débris de plantes très-diverses à des états variables de décomposition, mélangés avec des matières terreuses : elles dérivent de l'altération spontanée des plantes accumulées dans des endroits marécageux.

Les tourbes contiennent à peu près les mêmes matières, mais en proportions variables selon les variétés et les gisements : ces matières sont de l'eau hygrométrique, des substances organiques, riches en carbone (ulmine), des sels, du sable quartzeux, de l'argile ferrugineuse ou calcaire, plus rarement, des pyrites et du sulfate calcique. Dans les temps très-chauds et très-secs, la tourbe compacte ne perd pas plus de 10 p. 100 de son poids par dessiccation; après plusieurs mois pluvieux, la tourbe à texture sèche retient jusqu'à 25 p. 100 d'eau hygrométrique. La plupart des tourbes, préalablement desséchées à une température supérieure à 100°, perdent par calcination de 40 à 50 pour 100 de matières volatiles.

Le carbone fixe, qui constitue le résidu fixe de la calcination ou le charbon de tourbe, est en proportion extrêmement variable et dépend beaucoup de la rapidité avec laquelle l'opération est conduite : les tourbes françaises ont donné depuis 14 jusqu'à 39 p. 100 de carbone fixe. La proportion des cendres que laisse la tourbe est extrêmement variable, elle ne descend que très-rarement au-dessous de 6 p. 100, et s'élève fréquemment à 12 et même à 18 p. 100. Le tableau suivant donne la composition de quelques tourbes.

TOURBES.	Demeray.	Château-Landon.	Reims.	Clermont. (Oise).	Bavière.
Charbon	23,5	26	34,6	30,1	38,6
Cendres.	17,3	15	6,8	17,4	1,7
Matières volatiles liquides.	36,7	31	39,9	28,4	38,5
Gaz.	22,5	28	18,6	24,1	21,2
	100,0	100	100,0	100,0	100,0

Les tourbes donnent à la distillation les mêmes produits que le bois, c'est-à-dire, des gaz combustibles, de l'eau acide, des huiles et presque toujours de l'ammoniaque. Le charbon, qui reste comme résidu fixe, a la même contexture que la tourbe ; mais il occupe un volume moindre, le retrait est en général des 2/3.

CARACTÈRES PHYSIQUES. — La tourbe est un com-

bustible herbacé, espèce de terreau brun plus ou moins foncé. Quand elle est altérée, la tourbe est compacte, noire et ressemble alors à du terreau ; mais le plus souvent elle est spongieuse, d'un brun plus ou moins foncé, avec l'aspect du fumier comprimé.

La tourbe brûle facilement avec ou même sans flamme, mais lentement à cause des matières terreuses qui modèrent l'activité de la combustion ; elle s'enflamme plus difficilement que le bois : elle exhale, presque toujours, en brûlant, une odeur très-désagréable qui paraît tenir à la présence de substances animales.

La densité des tourbes est très-variable : en se dessèchant à l'air, elles éprouvent un retrait considérable qui varie des $\frac{3}{5}$ aux $\frac{4}{5}$ de leur volume primitif ; mais la dessiccation ne s'opère que lentement et n'arrive à son terme qu'après un an, au moins. Dans le nord-ouest de la France, les 1000 briquettes de tourbe séchées à l'air pèsent de 300 à 375 kilogrammes. Le mètre cube de tourbe sèche et peu terreuse de Rothau (Haut-Rhin), pèse 360 kilogrammes. La tourbe de Fichtelgebirge, en Bavière, pèse de 285 à 390 kilogrammes le mètre cube sans résidus. A Crouy-sur-Ourcq, près de Meaux, les 1000 briquettes de tourbe mousseuse, sèche, pèsent 300 kilogrammes et le mètre cube 250 kilogrammes. Les 1000 briquettes de tourbe noire pèsent 315 kilogrammes, et le mètre cube 310 kilogrammes (Berthier).

On distingue plusieurs variétés de tourbe, savoir : 1° la tourbe compacte ou limoneuse, espèce de terreau solidifié par la compression, l'entrelacement des végétaux et le mélange des matières terreuses. C'est la variété la plus commune, la seule employée dans le chauffage ; 2° la tourbe fibreuse, composée

de végétaux fibreux encore visibles ; 3° la tourbe piciforme contenant de petites branches passées à l'état de charbon et offrant une cassure luisante et résineuse ; 4° la tourbe papyracée, formée de feuilles fortement appliquées les unes sur les autres.

Les variétés noires sont plus compactes que les variétés brunes claires ; les vestiges des végétaux ont même quelquefois disparu dans les tourbes noires.

CARACTÈRES GÉOLOGIQUES. GISEMENT. — La tourbe est le produit de la décomposition des plantes herbacées, ligneuses, terrestres, aquatiques et marines. On donne le nom de tourbe des marais, à celle qui ne contient que des végétaux terrestres ou d'eau douce, et celui de tourbe marine, à celle qui est composée de végétaux marins, qui sont principalement des fucus (tourbières de Hollande.) La tourbe existe dans un très-grand nombre de localités ; il y en a dans les vallées de tous les niveaux (Vosges, Alpes, Jura, Meuse, Rhin, etc., Hollande, Westphalie, etc.), mais elle abonde surtout vers l'embouchure des fleuves et des rivières qui parcourent un sol très-bas (Rhin, Meuse, Somme, Loire etc.).

Dans toutes les tourbières exploitées, on a trouvé le combustible en couches horizontales, plus ou moins puissantes, séparées par des bancs ou lits de sable ou d'argile. Il se présente à la surface du sol, ou est recouvert d'alluvions de peu d'épaisseur, qui portent de belles prairies. Dans le même banc, la tourbe est d'autant plus dure, plus compacte et plus noire qu'elle se trouve à une plus grande profondeur. On trouve, dans les tourbières, des restes d'animaux analogues à ceux qui vivent encore dans la contrée, ainsi que des débris de bateaux, des médailles, des haches et autres ustensiles qui prouvent que la tourbe est un dépôt de l'époque actuelle ou

qui ne remonte pas au-delà de la période quaternaire (voir notre *Guide pratique de Géologie*).

En France, les plus belles et les plus grandes tourbières se trouvent dans la vallée de la Somme, depuis Saint-Quentin jusqu'à Abbeville ; dans le Jura, il y a aussi de riches tourbières qui ne sont pas activement exploitées, à cause de l'abondance du bois. La France produit par an environ 500,000 tonnes de tourbe. La tourbe est une production des climats tempérés ; pour se produire, elle exige une humidité constante et une eau peu profonde, qui se renouvelle lentement sans jamais disparaître.

CARACTÈRES TECHNOLOGIQUES. — La tourbe desséchée à l'air, a généralement un pouvoir calorifique un peu inférieur à celui du bois sec ; mais, quand elle a été soumise à la dessiccation, à la température de 100°, son pouvoir calorifique est alors sensiblement supérieur à celui du bois.

Le pouvoir calorifique du meilleur charbon de tourbe est toujours un peu moindre que celui du charbon de bois (Berthier).

On emploie la tourbe comme combustible, sous trois formes différentes :

1° A l'état brut ou naturel, en briquettes façonnées au louchet, sorte de bêche qui donne aux fragments extraits de la tourbière, la forme de briquettes à peu près régulières. Celles-ci contiennent beaucoup d'eau ; on les laisse exposées à l'air, pendant plusieurs mois, avant de les livrer à la consommation. Par cette dessiccation très-lente, la tourbe éprouve un retrait qui va jusqu'aux $\frac{2}{3}$ et même jusqu'aux $\frac{4}{5}$ de son volume primitif. Le poids du mètre cube de tourbe sèche varie de 250 kilog. pour les tourbes fibreuses et papyracées ou mousseuses, à 450 kilog. pour les tourbes les plus compactes.

2° A l'état compacte ou aggloméré, en masses fortement condensées par une forte pression.

3° A l'état carbonisé.

La tourbe qui contient peu de matières terreuses, chargée sur la grille des fours à réverbère, donne dans le foyer et sur la sole une température supérieure à celle qu'on peut obtenir avec le bois non desséché : elle peut être employée pour les opérations de la métallurgie du fer, le puddlage et le réchauffage.

1° Les tourbes lavées, plus compactes et moins chargées de matières terreuses que les tourbes non lavées, se prêtent mieux en général aux opérations métallurgiques industrielles. Dans les foyers domestiques, sous un appel d'air peu énergique, la tourbe brûle assez lentement et produit une flamme courte et moins brillante que celle du bois (Rivot).

2° A l'état compacte ou aggloméré, en masses fortement condensées par une forte pression qui réduit considérablement leur volume.

3° A l'état de charbon. La carbonisation s'opère soit par la méthode des meules (qui rend de 35 à 40 p. 0/0 en volume et de 25 à 30 p. 0/0 en poids), soit par la distillation en vase clos ou par calcination dans des fours en maçonnerie.

Le charbon de tourbe a un pouvoir calorifique qui est les $\frac{3}{4}$ de celui du charbon de bois. Il est employé avec avantage dans l'industrie pour produire de la vapeur, pour évaporer des liquides, pour la cuisson des poteries, pour le chauffage domestique et même pour le traitement du fer dans les hauts-fourneaux et d'autres opérations métallurgiques (puddlage de la fonte).

La tourbe est une substance précieuse pour les pays qui manquent de houille et de bois, comme la Hollande, par exemple ; aussi, dans cette contrée,

on l'emploie à tous les usages auxquels le bois peut servir.

La Bohême est très-riche en dépôts de tourbe : on les exploite à Egez, Reichenberg, Kalisch, Ransko, et on les utilise à des usages industriels qui, partout ailleurs, exigent la houille. Les hauts-fourneaux de Ransko, les verreries de Kalisch n'emploient pas d'autres combustibles.

On a quelquefois, en Hollande, employé la tourbe pour rendre les digues imperméables. Pour cela, on construit deux murs, séparés l'un de l'autre, dont on remplit l'intervalle de tourbe bien tassée qui retient fortement l'eau.

Les cendres de la tourbe sont utilisées en agriculture pour amender les terres sableuses et calcaires et pour fertiliser les prairies.

TABLEAU résumé des espèces du genre carbone.

1	{	Substance cristalline ou amorphe, opaque, translucide ou transparente, inattaquable par une pointe d'acier et par le corindon Diamant.	
	{	Opaque, noire ou brune, brûlant à l'air, attaquée par une pointe d'acier 2	
2	{	Éclat métallique, onctueuse au toucher, laisse une trace plombée sur le papier, poussière noire, se coupe au couteau (densité = 2,08 à 2,24). Graphite.	
	{	Éclat non métallique, non onctueuse au toucher, se brise en fragments sans trace de clivage cristallin (densité inférieure à 2). 3	
3	{	Éclat demi-métallique, ne tache pas les doigts, noire ou brunâtre, cassure conchoïdale, brillante, bords souvent tranchants (densité = 1,6 à 1,9). Anthracite.	
	{	Point d'éclat demi-métallique, cassure non conchoïdale 4	
4	{	Couleur d'un beau noir (noir de velours), tache les doigts en noir, cassure schisteuse ou lamelleuse (densité = 1,16 à 1,6), s'agglutine par la chaleur, donne du coke, brûle avec flamme et fumée. Houille.	
	{	Couleur noire ou brune, brûle avec flamme en dégageant une odeur spéciale 5	

- 3 { Couleur noirâtre ou brune, ne s'agglutine pas et ne donne pas de coke, brûle avec flamme, fumée et odeur d'acide pyroligneux Lignites.
- { Couleur brune ou noirâtre, ressemble au terreau ou à du fumier comprimé, brûle en dégageant une odeur désagréable spéciale Tourbe.

2° BITUMIDES OU HYDROCARBURES.

Les bitumides sont des corps solides, mous ou liquides, composés essentiellement de carbone et d'hydrogène; ils s'enflamment très-facilement et brûlent avec une flamme plus ou moins vive, souvent avec fumée et odeur, sans laisser de résidu charbonneux bien sensible.

ORIGINE. — La plupart des hydrocarbures ont une origine végétale incontestable (succin et autres résines fossiles); d'autres ont une origine végétale indirecte. Ils proviennent de la distillation naturelle des combustibles minéraux, principalement de la houille, sous l'influence des actions chimiques et de la pression, plus rarement de la chaleur. Cette distillation donne tantôt de l'hydrogène carboné gazeux, tantôt des produits liquides ou solides comme le bitume et l'asphalte, qui imprègnent les calcaires, les schistes et les grès, roches situées au contact ou au voisinage des couches de combustibles fossiles.

Mais tous les hydrocarbures n'ont pas une origine organique: certaines espèces, telles que le naphthe, le pétrole, se sont formées sous l'influence des forces physiques et volcaniques; ils résultent des réactions qui se produisent dans les profondeurs de l'écorce terrestre ou dans le voisinage des foyers volcaniques.

On a reconnu l'existence d'un vaste dépôt d'huile de pétrole qui s'étend presque du nord au sud de l'Amérique septentrionale et qui a son gisement dans

des couches antérieures au terrain houiller. Cette huile minérale ne contient ni benzine ni aucun de ses homologues, ce qui semble indiquer qu'on ne peut faire dériver ce carbure de la houille.

ESPÈCES. — Les principales espèces de bitumides sont :

1° Naphthaline ($C^{10} H^8$); 2° hartite ($C^6 H^5$); 3° schéeretite ($C H^2$); 4° idrialine ($C^5 H$).

Ces quatre espèces sont solides ou molles, blanches, cristallines ou écailleuses, en général d'un aspect gras; elles se sont montrées dans quelques gites de lignites, dans le minerai de cuivre d'Idria (idrialine).

Les espèces suivantes sont toutes à l'état amorphe, molles ou liquides, ou bien solides; mais très-facilement fusibles: on les désigne sous le nom générique de bitumides, de suif de montagnes, de poix et huiles minérales. Ce sont :

5° Ozokérite ($C H$); 6° élatérite ou bitume élastique ($C H^2$); 7° naphthe ($C^{14} H^{14}$); 8° asphalte.

Nous décrivons seulement les deux dernières espèces, car elles sont les seules industrielles. Mais avant, nous exposerons brièvement quelques généralités sur les huiles minérales, dont l'usage s'est extraordinairement répandu pour l'éclairage domestique.

HUILES MINÉRALES. HUILE DE PÉTROLE. — Le mot pétrole (petro-oleum) signifie huile de pierre. L'huile de pétrole est connue depuis une haute antiquité. Elle se trouve aux environs de la mer Caspienne; en Perse, on l'emploie depuis fort longtemps, non-seulement pour l'éclairage, mais aussi pour le chauffage des habitations. En Italie, on a découvert le pétrole depuis plus de deux siècles, et depuis 1863, les rues de Gènes sont éclairées avec ce liquide. Mais

en Europe, c'est du pétrole américain qu'on fait la plus grande consommation. L'exploitation de cette huile minérale n'a commencé qu'en 1853; c'est le docteur Brewer qui a eu l'idée de l'appliquer à l'éclairage. Dès l'année 1854, une compagnie pour l'exploitation des huiles minérales de Pennsylvanie se formait au capital de 300,000 dollars; mais ce n'est qu'à partir de 1858 que cette compagnie commença à réaliser des bénéfices. En cette même année, le colonel Drake creusa un puits, qui, à l'aide de la pompe, fournit immédiatement 1,600 litres d'huile par jour, et cette production s'éleva rapidement à 4,000 litres.

Plusieurs centaines de puits importants sont actuellement en exploitation, tant en Pennsylvanie qu'au Canada. Ils sont creusés jusqu'à une profondeur de 10 à 20 mètres; souvent le sondeur rencontre une huile superficielle, avant d'atteindre la roche, mais elle est généralement de qualité inférieure et d'un rendement irrégulier. Ces puits ont un diamètre de 1^m,20 à 2^m,10, et reçoivent un euvelage jusqu'à la rencontre de la roche, qu'on perce à environ 12 à 20 mètres de profondeur, limites entre lesquelles on a de grandes chances de rencontrer l'huile. Pour la recueillir, près de chaque puits, on construit des réservoirs ou citernes en bois, d'une capacité de 22 à 90 hectolitres, dans lesquelles l'huile arrive soit par son cours naturel, soit par des pompes convenablement installées; de là, elle est reprise pour être mise en barils, et dirigée vers le lieu de la vente et de la destination.

Depuis l'incendie qui a fait tant de mal à l'exploitation du pétrole en Pennsylvanie, toutes les sources sont encaissées et maintenues au moyen de forts tuyaux en fonte qui ferment hermétiquement; on ne laisse écouler l'huile que proportionnellement à la demande et à l'état du marché.

Le forage des puits coûte généralement de 48 à 56 fr. le mètre pour le travail dans la terre qui exige de la maçonnerie, et de 40 à 44 seulement dans la roche.

Un homme payé à raison de 5 fr. par jour, peut pomper facilement 100 barils ou 180 hectolitres d'huile; mais le rendement moyen, par jour et par homme, est de 40 à 50 hectolitres.

Il faut remarquer que tous les puits creusés ne fournissent pas de l'huile; le nombre de ceux qui sont productifs ne s'élève pas à plus de 15 p. 0/0 du nombre total. Mais, malgré de fréquentes déceptions causées, soit par les puits improductifs, soit par les sources tariées, les bénéfices réalisés par les exploitants sont encore très-beaux. Depuis 1861, la production a toujours été en augmentant; aujourd'hui, les évaluations les plus modestes la fixent à 300,000 barriques ou 57,000,000 de litres par semaine: le baril coûte 0^h,50, pris sur les lieux. Les huiles de pétrole du Canada sont inférieures à celles des Etats-Unis; elles sont plus désagréablement odorantes et répandent une odeur infecte; malgré leurs défauts, ces huiles trouvent un débouché dans la consommation américaine (1).

Le succès du pétrole américain a donné l'éveil à l'industrie de l'éclairage. Des industriels sont à la recherche des sources de pétrole; on en a découvert plusieurs en Valachie, déjà une compagnie anglaise s'est chargée de leur exploitation.

La Russie possède de nombreuses sources de pétrole au Caucase et en Sibérie, de nouvelles sources

(1) Voir *Le Pétrole, ses gisements, son exploitation, etc.*, par Emile Soulié et Hipp. Haudouin. (Bibl. des prof. indust. et agric.) Voir aussi plusieurs articles très-intéressants des *Annales du Génie civil*.

ont été récemment trouvées sur la rive gauche du Kouban, sur les bords du Volga, dans les gouvernements de Kasan, de Simbiron et de Samara.

Les seules exploitations régulières sont celles de Kertch, de Taman et d'Apschéron. Les deux premières, dirigées par M. de Helmerson, qui a foré quatre puits, ont fourni en un an (juillet 1864 à juillet 1865), près de 200,000 litres de pétrole.

Dans la presqu'île d'Apschéron, on compte 200 puits de naphthe blanc et noir. Les puits les plus profonds sont les plus productifs : la production de 1863 s'est élevée à 340,000 pouds de 16 kilogr.

Les huiles de pétrole brutes, telles qu'elles nous arrivent d'Amérique, pèsent communément 800 degrés ; on les épure avant de les livrer à la consommation. A l'épuration, on en retire en moyenne :

20 p. 0/0 essences pesant.....	750°
60 p. 0/0 huiles lampantes.....	800°
20 p. 0/0 huiles lourdes	850°

Les huiles de pétrole à brûler à 800 degrés se vendent dans le commerce 80 fr. l'hectolitre de 80 kilogrammes, soit 100 fr. les 100 kilogrammes.

Les essences à 750 degrés se vendent 40 fr. les 100 kilogrammes.

Les huiles lourdes de 850 degrés se vendent 45 fr. les 100 kilogrammes.

Les huiles lampantes à 800 degrés sont propres à l'éclairage et inexplosibles.

Certains marchands mélangent aux huiles lampantes de 800 degrés, une partie d'essence à 750 degrés et une partie d'huiles lourdes à 800 degrés, dans une proportion combinée de manière à ramener ce mélange à une densité moyenne de 800 degrés. Cette sophistication rend l'huile de pétrole très-dangereuse, car, ainsi préparée, elle est explosible.

Mélangée aux essences, elle brûle plus promptement, sans que l'intensité de la lumière soit augmentée.

M. Weil a étudié les pétroles de Pennsylvanie; voici les résultats qu'il a obtenus. La densité de l'huile soumise à l'essai est de 824 degrés, c'est-à-dire que 100 litres d'huile pèsent 82^k,4. Cent kilog. d'huile de pétrole donnent par la distillation :

1° Huile brute, de couleur jaune, composée d'hydrocarbures liquides.....	90,14
2° Bitume.....	5,64
3° Gaz et perte.....	4,22
	<hr/>
	100,00

Les 90,14 parties d'huile brute ont donné :

1° Naphthe incolore très-léger, renfermant une sorte de benzine (Benzole) (distillé de 65 à 100°).	7,64
2° Hydrocarbures liquides, légers, de couleur ambrée (distillés de 100 à 200°).....	27,50
3° Hydrocarbures liquides, couleur jaune (distillés de 200 à 250°).....	15,28
4° Hydrocarbures liquides, jaune foncé rougeâtre, renfermant des petites quantités de paraffine (distillés de 250 à 315°).....	35,33
5° Hydrocarbures formant une huile épaisse de couleur brun rougeâtre, renfermant beaucoup de paraffine.....	1,00
6° Hydrocarbures gazeux et charbon fixe. . .	3,39
	<hr/>
	90,14

Les 90,14 parties d'huile brute ont donné par épuration à la chaux caustique :

Huile épurée, limpide et incolore.	73,00
Goudron et perte.....	17,14
	<hr/>
	90,14

L'huile brute a donc perdu par l'épuration 17,14 sur 90,14, soit un peu plus de 19 p. 0/0 de son poids.

Les 73 parties d'huile épurée ont donné :

Naphte benziné	4,7
Huile lampante incolore	55,0
Huile moins légère paraffinée et colorée.	12,0
Résidu charbonneux et perte	1,3
	<hr/>
	73,0

En résumé, 100 kilogrammes d'huile de pétrole, donnent, en produits commerciaux :

Huile légère lampante, incolore . .	55,00
Naphte benziné	4,70
Huile paraffinée	12,00
Bitume	5,64
	<hr/>
	77,34

Les pétroles accompagnent presque toujours les dégagements naturels d'hydrogène carboné. Cette association se remarque à Amiano, dans le duché de Parme, à Sassuolo, dans celui de Modène, à Pietra-Mala et à Barrigozzo, en Toscane, à Girgenti, en Sicile.

Le pétrole est très-répendu sur les bords de la mer Caspienne, principalement aux environs de Bakou; il coule au Caucase, en Perse, dans l'Inde, en Chine, au Japon.

Dans l'Europe occidentale, outre les gisements signalés en Italie, on en connaît à Coalbrookdale (Angleterre), en Suisse, à Bechelbrun, en Alsace; à Gabian, près de Béziers (Hérault), au Puy-de-la-Poix, en Auvergne; on l'exploite à Schwabwiller (Bas-Rhin).

USAGES. — Le pétrole rectifié est employé principalement pour l'éclairage. Il répand en brûlant, ou même lorsqu'on l'agite, une odeur forte, désagréable; mais l'objection la plus sérieuse à faire sur l'usage du pétrole, est le danger des explosions. Le

pétrole bien pur se trouve rarement dans le commerce ; il ne prend jamais feu au contact d'une allumette enflammée ; celle-ci, plongée dans le liquide, s'y éteint immédiatement comme dans l'eau. Toute huile assez volatile pour prendre feu pendant cette expérience, doit être rejetée et considérée comme dangereuse pour l'éclairage. Pour la combustion du pétrole, il est prudent de se servir de lampes en verre ou en porcelaine et de rejeter celles en métal.

Le pétrole entre aussi dans la composition de certains vernis et de quelques préparations pharmaceutiques ; dans les laboratoires de chimie, on s'en sert pour conserver, à l'abri de l'oxydation, les métaux très-oxydables, tels que le potassium, le sodium, etc.

On a proposé d'utiliser la vapeur de pétrole comme force motrice ; quelques essais ont été faits dans cette direction ; on a fait des essais en vue d'appliquer le pétrole brut au chauffage des chaudières à vapeur.

On pourrait, sans doute, employer le pétrole à la préparation industrielle de l'aniline, car il contient un hydrocarbure qui possède à peu près les propriétés de la benzine, c'est-à-dire qu'il dissout le caoutchouc, le soufre, le phosphore, etc., et donne, avec l'acide azotique, un composé analogue à la nitrobenzine. On peut employer le pétrole pour détruire les insectes nuisibles et combattre les petits rongeurs.

Les bitumes liquides qui imprègnent certaines roches sont des produits analogues au pétrole.

On exploite, aux environs d'Autun, à Igornay, à Buxière-la-Grue (Allier), à Menat (près de Clermont), dans le Doubs, le Var et l'Ardèche et sur quelques autres points de la France, ainsi que sur la

côte de la Manche, en Angleterre, des schistes bitumineux dont on extrait par distillation des huiles minérales ou huiles de schiste propres à l'éclairage. Les produits de la distillation sont condensés et puis fractionnés : la partie liquide est purifiée en la traitant successivement par l'acide sulfurique et la chaux, et puis elle est livrée à la consommation sous le nom d'huile de schiste. Elle donne une très-vive lumière, mais elle répand une odeur désagréable.

Les huiles que l'on extrait par distillation des schistes bitumineux paraissent avoir une origine organique. Elles sont le résultat de la décomposition des corps organisés, surtout des poissons et autres animaux dont on retrouve encore les restes en place dans la roche. Les parties molles, en se décomposant, ont donné naissance à des huiles et à des bitumes qui imprègnent les calcaires, les grès et les schistes de certaines parties des terrains permien, jurassique et tertiaire.

Un hectolitre de schiste bitumineux concassé des environs d'Autun pèse environ 90 kilog., donne 4 à 5 litres d'huile brute et exige, selon les renseignements fournis à M. Dufrenoy, 15 litres de houille pour sa distillation. Un hectolitre d'huile brute donne, en moyenne :

Huile légère à 800° de densité...	48 ^l ,00
Huile lourde à 850°	18,00
Huile grasse de 880 à 890°	8,00
Goudron.....	12,00
Paraffine.....	0,50
Perte.....	13,50
	<hr/>
	100 ^l ,00

L'industrie de l'huile de schiste, paralysée un instant lors de la découverte du pétrole de la Pennsylvanie, reprend une nouvelle vigueur; depuis

qu'elle a perfectionné les moyens d'extraction, elle peut faire concurrence au pétrole. Un hectolitre des schistes bitumineux jurassiques du Doubs, a donné, à M. Billot :

Résidu.....	85,53	
Eau ammoniacale.....	7,28	
Hydrogènes carbonés..	1,22	
Vapeur et gaz.....	2,07	
Huile essentielle.....	1,11	} Provenant d'huile brute 3,90
Huile dense.....	1,93	
Huile grasse.....	0,32	
Goudron.....	0,42	
Perte.....	0,12	

Les schistes bitumineux de Vagnas (Ardèche) sont miocènes et de formation d'eau douce; leur texture est compacte, massive comme celle d'une tourbe carbonisée et comprimée; ils rendent environ 10 p. 0/0 d'huile brute paraffinée et 5 p. 0/0 d'huile légère, d'une densité 0,825, d'une odeur éthérée agréable; son pouvoir éclairant est celui de neuf bougies ordinaires; elle s'enflamme à 70 degrés centigrades.

Les schistes bitumineux tertiaires de Menat, à dix lieues de Clermont-Ferrand, ont donné à M. Selligues :

Huile brute.....	14,5
Eau.....	3,2
Matières volatiles (au-dessus du rouge sombre)	3,2
Charbon.....	7,7
Cendres.....	61,6
Gaz (par différence).....	9,8
	<hr/>
	100,0

A Vagnas, le schiste est distillé dans une cornue tournante; l'huile obtenue est décarburée dans une

cornue fixe, et donne, avec une huile plus légère, un coke très-pur comme résidu. L'huile décarburée est dégoudronnée au moyen de l'acide sulfurique et de la soude, et fournit une huile jaune, que l'on purifie par une seconde distillation et un nouveau traitement à l'acide et à l'alcali. Le schiste distillé sert de combustible; on emploie aussi à cet usage le lignite inférieur au schiste.

1^{re} Espèce : Naphthe, huile de pierre, pétrole, steinol.

COMPOSITION. — Le naphthe est un hydrocarbure composé de :

	(Thomson)	(Saussure)
Carbone.	82,2	88,02
Hydrogène.	14,8	11,98
	<hr/> 97,0	<hr/> 100,00

correspondant à la formule $C^8 H^8$, ou bien $C^{15} H^{14}$, ou $C^{14} H^{14}$.

On en distingue deux variétés, savoir : 1^o le naphthe, 2^o le pétrole.

CARACTÈRES PHYSIQUES DU NAPHTHE. — Il est incolore ou légèrement jaunâtre, insoluble dans l'eau, à laquelle il communique son odeur caractéristique. Il est soluble dans l'alcool; dissout la résine, l'asphalte, le phosphore, le soufre; il est miscible en toute proportion avec l'éther et les huiles grasses; très-inflammable, sa vapeur s'enflamme par le contact d'un corps porté au rouge.

CARACTÈRES GÉOLOGIQUES. — Les sources les plus pures de naphthe sont en Perse, sur les côtes nord-est de la mer Caspienne, à Bakoum, près de Derbent, dans une contrée entourée de montagnes trachytiques. Le terrain qui contient le naphthe consiste

en couches de grès argileux et calcaires tertiaires. La partie riche en bitume liquide forme une zone de 40 kilomètres de long dirigée de l'est à l'ouest, sur un kilomètre de large.

Le naphthe se trouve à Amiano, dans le duché de Parme, à Salies, dans les Basses-Pyrénées.

CARACTÈRES PHYSIQUES DU PÉTROLE. — Huile d'un brun jaunâtre, moins fluide que l'huile de naphthe, quelquefois même un peu sirupeuse ; sa densité varie de 0,826 à 0,878 ; elle brûle avec odeur ; elle contient les mêmes principes que le naphthe, mais elle en diffère, en ce qu'elle laisse pour résidu de la distillation, une matière bitumineuse volatile qui paraît être identique avec l'asphalte. On pourrait donc considérer le pétrole comme du naphthe ayant dissous de l'asphalte.

CARACTÈRES GÉOLOGIQUES. — Le pétrole est associé dans certains cas avec les couches de combustibles fossiles, (à Coalbrookdale) ou avec des bitumes solides (Neufchâtel, Puy-de-la-Poix) ou en relation plus ou moins éloignée avec le terrain houiller (Gabian). Dans d'autres cas, on ne voit aucune relation du pétrole avec les dépôts de matières organiques enfouies. En Pennsylvanie, au Canada, en Virginie (Amérique), le pétrole est dans les roches siluriennes, dévoniennes et bien au-dessous du terrain houiller ; on ne connaît, en Amérique, qu'un très-petit nombre de gisements de pétrole dans le carboniférien ; mais nulle part on n'en a rencontré dans les couches qui comprennent la houille.

Les points où l'on a découvert (dans l'Amérique du nord) le pétrole, sont nombreux ; mais à l'exception des trois provinces du Haut-Canada, de Venango-County, en Pennsylvanie, de Wood-County, en Virginie occidentale, partout les gîtes se trouvent

disséminés et les exploitations sont peu actives.

Le pétrole a été rencontré dans les positions suivantes ;

1° Dans les grès de Postdam (silurien inférieur), vers le Mississippi, dans la région occidentale de l'état de Wisconsin, en un seul point et en très-petite quantité. 2° Dans les calcaires de Trenton (silurien inférieur), à l'île du grand Manitoulin, dans le Kentucky sud, et quelques parties du Tennessee. 3° Dans les calcaires conifères (dévonien inférieur), au Canada occidental, très-abondant. 4° Dans les grès de Catokill (dévonien supérieur), au cap Gaspé, et dans la Pennsylvanie nord-ouest, très-abondant. 5° Dans les calcaires de montagne (carboniférien inférieur), dans le Kentucky sud et le Tennessee nord. 6° Dans les conglomérats de la houille (poudingues, terrain carboniférien inférieur), dans la Pennsylvanie sud-ouest, la Virginie ouest, et le Kentucky nord-ouest, très-abondant. 7° Enfin, dans les grès houillers et les schistes argilo-bitumineux, sur lesquels repose immédiatement la houille, dans l'état d'Ohio et le Kentucky nord-est.

Dans le Canada ouest, la Pennsylvanie nord-ouest et la Virginie ouest, les gites du pétrole sont distribués suivant une direction générale, qui court à peu près du nord-est au sud-ouest. On a remarqué ce fait général que plus on atteint de grandes profondeurs, et plus l'huile devient légère ; à mesure que la densité du pétrole diminue, la quantité de gaz dégagée des réservoirs souterrains augmente.

L'expérience a prouvé que pour trouver du pétrole en abondance, il faut que le terrain satisfasse aux trois conditions suivantes : 1° que la cause organique ou éruptive qui a produit le pétrole se soit exercée en ce lieu ; 2° que les mouvements de l'écorce terrestre y aient produit des cavités souterraines ; 3° que le pétrole renfermé dans ces cavités y

ait été conservé, grâce à une matière argileuse faisant l'office de tampon.

L'origine du pétrole est encore douteuse ; en Amérique, la plupart des savants lui attribuent une origine organique : le pétrole proviendrait de la décomposition lente de plantes marines, d'animaux gélatineux dépourvus de matière azotée. Mais cette opinion n'est plus soutenable, car elle a contre elle les faits. En Europe, la plus grande partie des géologues donnent au pétrole une origine éruptive. Les grands réservoirs pétrolifères du Canada et de la Pennsylvanie, sont situés dans les terrains siluriens et dévoniens, et, par conséquent, à un niveau inférieur aux premiers dépôts de combustibles connus.

D'après M. Coquand, les pétroles et les asphaltes sont contemporains des couches qui les contiennent. Les travaux de M. Berthelot sur l'origine des pétroles, attribués aux carbures d'hydrogène, donnent aux sources pétrolifères, une origine purement minérale (voir notre *Guide pratique de Géologie*).

2^e Espèce ; Asphalte. Poix minérale. Bitume de Judée. Beaume de Momie. Goudron minéral. Karabé de Sodome.

COMPOSITION. — L'asphalte est composé de carbone, d'hydrogène et d'oxygène dans des proportions qui varient avec les échantillons et les gisements. (Voir à l'espèce lignite, l'analyse d'un asphalte).

Carbone	79,18
Hydrogène	9,30
Oxygène et azote	5,72
Cendres	2,80
	<hr/>
	97,00

CARACTÈRES PHYSIQUES. — L'asphalte est un bitume solide, d'un noir foncé, d'un noir de poix ou d'un

brun noirâtre; il ressemble extérieurement à la houille, mais sa cassure toujours homogène est conchoïdale et brillante. Il est opaque, insipide, sans odeur et très-fragile; par le frottement il prend l'électricité négative, sa densité varie de 1,05 à 1,16. A la température ordinaire, il se réduit aisément en poudre, il fond vers 100 à 105°; placé sur un corps en combustion, il s'enflamme aisément et brûle avec une flamme claire, longue et fuligineuse, en laissant peu de cendres et en exhalant une odeur qui lui est particulière. A la distillation sèche, il donne une huile bitumineuse, des gaz combustibles, un peu d'eau et des traces d'ammoniaque.

L'asphalte est insoluble dans l'eau et presque insoluble dans l'alcool, mais il se dissout dans l'éther et dans l'huile de naphthe. Il peut être décomposé en trois substances distinctes par différents dissolvants. L'alcool anhydre dissout 5 p. 0/0 de son poids, d'une résine jaune; la portion non attaquée cède à l'éther 70 p. 0/0 du poids de l'asphalte, d'une autre résine brune ou brun noirâtre, enfin la partie de l'asphalte insoluble dans l'éther, est dissoute par l'huile de térébenthine et de pétrole.

On peut distinguer deux variétés principales :

1° L'asphalte visqueux (malthe et pissasphalte), mou et glutineux, ressemble à de la poix ou du goudron; se durcit par le froid et se ramollit par la chaleur, plus aisément fusible et plus soluble dans l'alcool que l'asphalte solide.

2° L'asphalte solide ou asphalte proprement dit, est solide, d'un noir foncé et ressemble extérieurement à la houille compacte; mais il s'en distingue par sa cassure conchoïdale et brillante et sa fragilité.

CARACTÈRES GÉOLOGIQUES. GISEMENT. — Les bitumes visqueux ou solides forment quelquefois des amas irréguliers et même des couches régulières.

D'autres fois ils imprègnent des bancs de grès (Bastennes, dans les Landes, Pyrimont, Seyssel, Chamalières), des schistes ou des calcaires (Seyssel et Volant, Val-de-Travers, Lobsann, Clermont, Charvaroché), appartenant à divers étages des terrains jurassique, crétacé et tertiaire, principalement aux environs des volcans (Puy-de-la-Poix), ou des roches éruptives d'une période plus ancienne que le basalte et les laves (1).

L'asphalte se trouve à la Trinidad, aux environs d'Arlona, en Albanie, de Coxitambo, dans l'Amérique du sud, au Mexique, en Hongrie, en Bavière, dans le Tyrol. Il s'élève continuellement du fond du lac Asphaltite ou mer Morte, à la surface des eaux, où il arrive dans un certain état de mollesse. Il est rejeté sur les bords de la mer où on le recueille ; de là lui vient le nom de bitume de Judée ou Karabé de Sodome.

CARACTÈRES TECHNOLOGIQUES. — On donne, dans le commerce, spécialement le nom d'asphalte à des calcaires fortement imprégnés de bitume. C'est une roche formée de 90 à 94 p. 0/0 de calcaire pur et de 10 à 6 p. 0/0 de bitume. Son aspect est celui de la pierre à plâtre ; sa couleur est celle du chocolat foncé, il se délite en petits fragments lorsqu'il reste exposé à l'action solaire. En chauffant doucement et également la roche asphaltique, dans des cornues plates en fonte, on détermine un décrépitement et une véritable pulvérisation. La poudre obtenue est apte à être transformée en mastic ; lorsque les roches imprégnées de bitume sont siliceuses, en les chauffant le sable tombe au fond, et le bitume épuré s'obtient par décantation.

(1) M. L. Malo a publié un livre fort intéressant, intitulé *Guide pratique pour la fabrication et l'application de l'asphalte*. (Bibliothèque des professions industrielles et agricoles.)

La France produit annuellement, environ 10,000 tonnes d'asphalte. Ce produit s'applique à l'état brut : 1° à la construction des chaussées, 2° à celle des ruisseaux à caniveau d'asphalte.

Le mastic d'asphalte est employé, 1° pour la confection des trottoirs ; 2° des chaussées ; 3° des terrasses ; 4° des bassins et silos ; 5° pour la construction des citernes, le revêtement des fosses d'aisances, le dallage des écuries, la fabrication des tuyaux de conduite, des blocs en béton d'asphalte. L'asphalte entre dans la composition des beaux vernis noirs, auxquels il communique son extrême solidité ; il forme la base de la laque de Chine.

On exploite l'asphalte à la manière du moellon avec la poudre et la barre à mine ; souvent la roche est assez tendre pour qu'on puisse pratiquer les trous de mine à la tarière. L'extraction s'opère, soit à ciel ouvert, comme à Pylimont-Seyssel et au Val-de-Travers, soit sous galerie, comme à Volant et à Chavaroché. Les frais de main-d'œuvre doublent quelquefois de l'hiver à l'été. La roche destinée à la fabrication du mastic est concassée, puis pulvérisée ; la pulvérisation s'opère à chaud, par la décrépitation, et à froid, par l'écrasement.

Le mastic d'asphalte se fabrique en soumettant la roche à une cuisson dans des chaudières demi-cylindriques en fonte, munies d'un arbre, dans l'axe du cylindre, qui porte des lames destinées à agiter la pâte. On jette d'abord dans chaque chaudière, 90 à 100 kilog. de bitume libre et puis, quand il est fondu, on y jette l'asphalte. Après avoir chauffé durant six heures, on coule le mastic dans des moules cylindriques, de manière à former des pains de 0^m,30 de diamètre sur 0^m,10 à 0^m,12 de hauteur et pesant 23 kilog. environ (Léon Malo). On fabrique aujourd'hui des asphaltes artificiels en imprégnant le calcaire de matières bitumineuses.

TABLEAU synoptique des matières bitumineuses (Léon Malo).

1° A l'état libre.	1° Pur (liquide ou visqueux).	Huile de naphthe. Pétrole de Gabian, de Bakau, etc. Malthé de la mer morte. Fontaine de Poix (Auvergne).
	2° Impur (solide).	Diverses espèces de houille.
2° Mélangé à une gangue terreuse.		Bitume terreux du Mexique. Id. de Cuba. Id. de l'île de Trinidad.
3° Mélangé à une gangue quartzéuse.		Sables bitumineux de Puyriont-Seysssel. Id. de Clermont. Id. de Bastennes.
4° Imprégnant des schistes.		Schistes bitumineux d'Autun. Id. de Buxières-la-Grue. Id. du Dauphiné.
5° Imprégnant des calcaires (asphalte).		Asphalte de Seyssel. Id. du Val-de-Travers. Id. de Lobsann. Id. de Chavaroche. Id. de Clermont.

BITUME :

3° RÉTINIDES OU RÉSINES FOSSILES.

Les rétinides sont des matières qui ont un aspect résineux ; elles sont des résines végétales qui ont découlé de certains arbres des temps géologiques. Elles sont solubles dans l'alcool et dans les huiles essentielles, mais elles sont insolubles dans l'eau. Fondent par l'action de la chaleur, mais en se décomposant ; cristallisent rarement et sont translucides ; leur densité varie de 0,92 à 1,20. Elles s'enflamment par l'approche d'un corps en combustion et brûlent avec une flamme claire, en répandant une fumée fuligineuse.

Les espèces de rétinides sont : 1° rétinite $C^{12}H^9O$; 2° copalite $C^{41}H^{64}O$; 3° succinite $C^{10}HO$; 4° succin $C^{10}H^8O$.

1^{re} *Espèce* : *Succin. Ambre jaune. Karabé. Electron. Bernstein (Werner).*

COMPOSITION. — Le succin est composé :

Carbone.....	79,00
Hydrogène.....	10,50
Oxygène.....	10,50
	<hr/>
	100,00

composition qui correspond à la formule $C^{10}H^8O$.

CARACTÈRES PHYSIQUES. — Sa couleur varie du jaune miellé au jaune pur et au blanc jaunâtre, parfois même, il est d'un gris brunâtre. Il se présente en masses mamelonnées ou en rognons, compactes, souvent transparentes, et quelquefois translucides ou même complètement opaques. Il est très-fragile, sa cassure est conchoïdale et son éclat résineux ; il raie le gypse, mais il est rayé par le calcaire ; par conséquent, sa dureté est comprise entre 2 et 3.

Sa densité est de 1,08 ; il s'électrise par frottement et donne de l'électricité négative.

CARACTÈRES CHIMIQUES. — Le succin, chauffé à l'air libre, fond à 287° ; puis il s'enflamme et brûle avec une flamme jaunâtre en répandant une odeur agréable et en laissant un résidu charbonneux. Il n'est pas visqueux à la manière des bitumes, mais fondu, il coule comme de l'huile. La fumée qu'il produit en brûlant se condense dans un matras en petites aiguilles cristallines ou en une liqueur aqueuse qui rougit le tournesol (acide succinique).

CARACTÈRES GÉOLOGIQUES. — Le succin est une véritable résine analogue au copal, qui provient des conifères de l'époque tertiaire ; on le trouve au milieu des sables, des argiles et des lignites des terrains tertiaires ou créacés. On le trouve principalement dans l'Allemagne septentrionale, dans la Prusse, la Courlande, la Livonie, et surtout sur les bords de la mer Baltique. Mais c'est surtout dans la Prusse qu'il abonde, sur les côtes de la Baltique, et principalement aux environs de Kœnigsberg ; on le trouve aussi en Hollande.

La France fournit aussi du succin ; les localités où il en existe sont nombreuses : les lignites du Soissonnais, d'Auteuil, de Saint-Paulet (Gard), etc., sont accompagnés assez fréquemment de succin.

Souvent le succin renferme dans son intérieur des insectes, des fleurs qui ont été pris dans sa masse lorsqu'il était encore fluide et qu'il coulait.

CARACTÈRES TECHNOLOGIQUES. — L'ambre jaune est d'une dureté médiocre : cependant, il est susceptible de prendre un assez beau poli ; on le taille pour en faire des objets d'ornement. On le travaille, soit en le taillant à la manière des pierres, soit en

le mettant sur le tour. On en fait des tuyaux de pipes, des porte-cigares, des pommes de cannes, des vases, de petits meubles d'agrément, des colliers, etc.

On l'emploie encore pour obtenir l'acide succinique ou les produits qui en dérivent. Il entre aussi dans certaines préparations pharmaceutiques.

4° SAL-ORGANIDES OU SELS D'ORIGINE ORGANIQUE.

Les espèces de ce groupe sont :

1° *Mellite ou mellate d'alumine*, substance d'un aspect résineux, jaunâtre ou rougeâtre, ressemblant extérieurement au succin qui se trouve dans les dépôts de lignite; formule $Al^2O^3, 3C^4O^5, 18HO$. Cristallise en quadroctaèdres.

2° *Conistonite ou oxalate de chaux heptahydraté*: $CaO, C^2O^5, 7HO$, substance blanche, vitreuse, très-fragile, cristallise en prisme droit rhombique de $97^{\circ} 5'$; elle a été trouvée dans une mine de cuivre des environs de Coniston (Cumberland);

3° *Whewelite ou oxalate de chaux monohydraté*: CaO, C^2O^5, HO ;

4° *Oxalite, humboldtine ou oxalate de fer*: $2FeO, C^2O^5, 3HO$, substance d'un jaune d'ocre ou d'un jaune de paille, en cristaux capillaires qui forment des enduits ou des plaques à la surface ou à l'intérieur de certains lignites.

5° Espèce : Guano (Huano des Incas).

CARACTÈRES PHYSIQUES. — Le guano est un produit organique qui résulte de l'accumulation des excréments des oiseaux aquatiques. C'est une substance d'un jaune sale, d'une odeur forte et ambrée.

Le guano, dont on doit la connaissance à De Humboldt, est un engrais très-énergique; on le trouve en grandes masses, qu'on exploite à ciel

ouvert sur une épaisseur de 15 à 20 mètres, dans un grand nombre d'îlots et de rochers voisins des côtes du Chili et du Pérou (îles Chinchas, d'Iza, d'Arica, etc.).

On trouve aussi des dépôts de guano dans des îles ou des baies des côtes occidentales de l'Afrique. En Europe, et en France en particulier, dans la plupart des cavernes, on trouve un guano indigène qui résulte de l'accumulation des excréments des chauves-souris et des restes de ces animaux que la mort a atteints dans leurs retraites.

CARACTÈRES CHIMIQUES. — Le guano noircit au feu et exhale une odeur ammoniacale; soluble dans l'acide azotique à chaud, avec effervescence; on y reconnaît les acides urique, oxalique et phosphorique, de la chaux, de l'ammoniaque et de l'oxyde ferrique, unis à une matière grasse et à du sable quartzeux.

CARACTÈRES TECHNOLOGIQUES. — Les guanos doivent leurs propriétés d'engrais aux phosphates, urates terreux et aux sels ammoniacaux qu'ils contiennent mélangés avec des sels de soude, de potasse, de chaux, de l'humus et de l'eau. Le guano agit rapidement et dure peu; il ne doit pas dispenser de l'emploi des fumiers ordinaires; il produit d'excellents effets dans les champs de maïs et sur les prairies naturelles.

Le guano n'agit bien qu'à la condition de recevoir suffisamment d'eau pour s'y dissoudre.

Les guanos sont des sources considérables de phosphate calcaire excessivement divisé, accompagné d'une quantité notable de matière organique et de sels solubles utiles à l'agriculture.

M. A. Baudrimont donne, dans le tableau suivant, la composition moyenne de diverses espèces de guanos.

	I. Patagonie. 1855 et 1857 8.	II. Californie. 1856. 2.	III. Iles Baker et Jervis. 1860 et 1863 4.	IV. Ile du Corail. 1865. 2.	V. Bolivie, anciennes. 1856 et 1860 2.	VI. Bolivie, récentes. août 1867. 4.
Numéros d'ordre						
Provenances						
Dates	1855 et 1857	1856.	1860 et 1863	1865.	1856 et 1860	août 1867.
Nombre des analyses	8.	2.	4.	2.	2.	4.
Humidité	0,208	0,192	0,152	0,120	0,135	0,112
Azote	0,010	0,009	0,008	0,010	0,030	0,005
Complément organique	0,118	0,080	0,070	0,130	0,106	0,059
Phosphate tricalcaire	0,207	0,498	0,687	0,603	0,549	0,490
Sels solubles	0,036	0,025	0,002	0,000	0,097	0,124
Résidu insoluble	0,260	0,152	0,004	0,000	0,060	0,019
Complément minéral	0,161	0,044	0,077	0,137	0,023	0,191
	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Acide phosphorique	0,095	0,230	0,326	0,278	0,253	0,226
Poids { minimum	63 ⁵ ,600	79,000	72,100	"	75,500	62,000
du { maximum	109,000	84,500	101,000	"	96,000	65,400
décilitre. { moyen	85,300	81,750	84,155	74,300	85,750	63,270

Deuxième Famille : Silicides.

GENRE : SILICIUM.

Le silicium n'existe dans la nature qu'à l'état de combinaison ; après l'oxygène, c'est l'élément le plus abondant des composés inorganiques qui se trouvent à la surface du globe ; il entre dans la composition de près des deux cinquièmes de toutes les espèces minérales connues.

Le silicium joue donc dans le monde minéral un rôle important, analogue à celui du carbone à l'égard du monde organique. Du reste, le carbone, le bore et le silicium ont les plus grandes analogies ; ces corps affectent trois formes ou modifications différentes : on connaît le carbone, le bore et le silicium, à l'état : 1° amorphe, 2° graphitoïde, 3° adamantin.

SILICIDES, OU COMPOSÉS DU SILICIUM.

Nous désignons, sous le nom de silicides, les minéraux formés d'acide silicique seul ou combiné (quartz et silicates). Les silicides mêlés avec du fluorure calcique et chauffés avec de l'acide sulfurique, donnent un dégagement de gaz fluo-silicique.

Tous sont insolubles dans l'eau, quelques-uns attaquables par les acides avec dépôt de silice gélatineuse ; la plupart ne peuvent être attaqués que par la fusion avec les alcalis caustiques.

Les silicides possèdent une dureté considérable ; un grand nombre raient le quartz, presque toutes les espèces raient le verre, quelques-unes peuvent être rayées par une pointe d'acier, un petit nombre, par l'ongle. Les silicides ont un éclat vitreux, mais jamais métallique ; leur couleur est variable, beau-

coup d'espèces sont blanches, d'autres incolores, d'autres possèdent des teintes de vert, de rouge, de bleu, de noir, dues aux oxydes combinés à la silice.

Les silicides appartiennent aux terrains cristallins ou ignés, où ils forment des roches simples disposées en masses, veines ou filons, ou bien ils entrent dans la constitution des roches composées ou sont disséminés dans la masse d'autres roches à l'état de minéraux isolés et cristallisés.

Les silicides se trouvent aussi dans les sols sédimentaires naturels et métamorphisés, mais en moins grande abondance.

Ce groupe minéral fournit quelques espèces employées dans la bijouterie.

1^{re} Espèce : Quartz. Silice.

Substance formée d'acide silicique, ne blanchit pas au feu, couleur blanche, incolore ou variable; densité 2,654 à 2,8, raie le verre, s'électrise positivement par frottement; odeur et lueur phosphorescentes par le frottement mutuel de deux morceaux; impression de froid sur la main.

COMPOSITION. — La silice est composée de :

Silicium.....	48,05	·	1 atome.
Oxygène.....	51,95		3 atomes.
	<hr/>		
	100,00		

Formule : Si^5 ou SiO^5 ou \ddot{Si} .

Dans l'espèce silice, nous distinguerons six sous-espèces ou variétés, savoir :

1° quartz hyalin; 2° quartzite; 3° agate; 4° silex, 5° quartz terreux; 6° opale.

1° Quartz hyalin. Cristal de roche.

CARACTÈRES PHYSIQUES. — Le quartz hyalin est incolore, transparent lorsqu'il est pur ; il est fréquemment coloré par la présence de certains oxydes métalliques ou par des silicates. 1° Le quartz chloriteux est coloré en vert par la chlorite ; 2° le quartz prase, en vert sombre, par l'amphibole ; 3 le quartz ferrugineux rouge ou sinople, coloré par l'oxyde ferrique ; 4° le quartz hématoïde ou hyacinthe de Compostelle doit sa couleur à un mélange d'argile ferrugineuse rouge ; 5° le quartz violet ou améthyste, à l'oxyde ferrique et manganique ; 6° Le quartz jaune ou fausse topaze, doit sa teinte à l'oxyde ferrique hydraté ; 7° le quartz enfumé, coloré par des matières bitumineuses ; 8° enfin, le quartz aventuriné, formé de quartz rougeâtre et de mica jaune à reflets dorés.

Le quartz hyalin a une cassure vitreuse, un peu conchoïdale. Il raie le verre et tous les minéraux, excepté les gemmes (diamant, topaze, corindon) ; sa dureté est 7, il étincelle par le choc du briquet, est fragile ; sa densité = 2,653. Il porte des stries horizontales caractéristiques sur les faces des cristaux.

Le quartz hyalin jouit de la double réfraction à un degré médiocre ; il a un seul axe, attractif ; son indice de réfraction est, pour le rayon ordinaire = 1,544 ; pour le rayon extraordinaire = 1,553.

CARACTÈRES CHIMIQUES. — Le quartz est infusible au chalumeau ordinaire, mais il a été fondu et volatilisé (M. Gaudin) à la flamme de l'alcool soufflée avec du gaz oxygène.

Lorsque le quartz a été préalablement attaqué par un alcali, il peut être fondu au chalumeau ordinaire. Lorsqu'il a été fondu au chalumeau avec le sel de

soude (carbonate sodique), le résidu de la fusion est soluble dans l'acide azotique ou chlorhydrique, tandis que le quartz non traité par un alcali est inattaquable par les acides, excepté par l'acide fluorhydrique.

CARACTÈRES CRISTALLOGRAPHIQUES. — La forme primitive du quartz hyalin est un rhomboèdre de $94^{\circ} 15'$ (système hexagonal, sous-système rhomboédrique). Mais sa forme la plus habituelle est le prisme hexagonal, terminé par des pyramides à

Fig. 120.

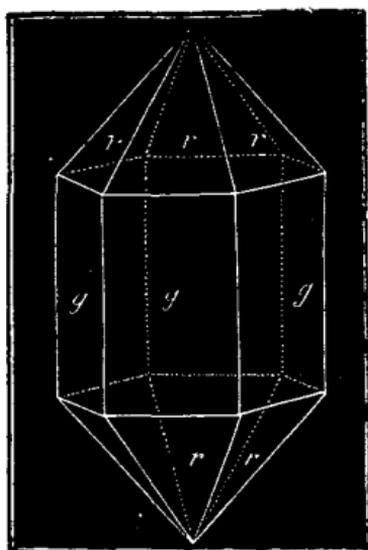
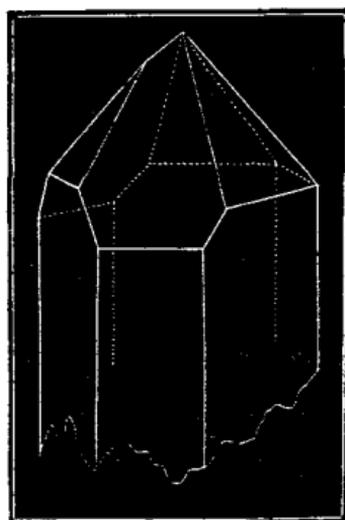


Fig. 121.



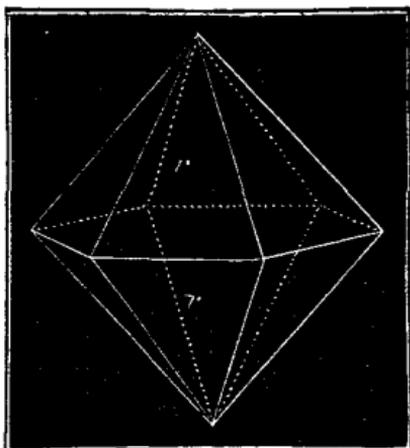
six faces triangulaires (fig. 4), ou prisme bi-pyramidé (fig. 120 et 121) ou le di-hexaèdre ou dodécaèdre hexagonal à faces triangulaires isocèles (fig. 122).

Les cristaux du quartz sont quelquefois déformés par l'élargissement de certaines faces par rapport aux autres (quartz oblitéré), d'autres fois, deux cristaux simples se pénètrent et s'enchevêtrent de telle

manière, qu'ils ont leur axe principal commun, (quartz maclé).

Le quartz hyalin ne se clive pas; les variétés clivables sont très-rares; on détermine la formation des joints de clivage en plongeant le minéral chauffé

Fig. 122.



dans le mercure : on aperçoit alors le phénomène des anneaux colorés, ou bien le quartz se clive en se séparant en cristaux ou en fragments polyédriques.

2° Quartz compacte ou quartzite.

Le quartz compacte présente les caractères généraux du quartz; sa cassure est mate, opaque, obscurément grenue, sa couleur est variable, blanc laiteux, blanc jaunâtre ou grisâtre; il forme des filons, des dykes et des couches stratifiées.

3° Quartz agate. Calcédoine. Cornaline. Jaspe.

L'agate est une variété de quartz d'une structure plutôt lithoïde qu'hyaline, elle blanchit au feu sans

dégager d'eau ou en laissant dégager très-peu de ce liquide, elle est demi transparente, compacte ; sa cassure est terne, écailleuse ou conchoïdale ; sa dureté et sa tenacité sont souvent plus grandes que celles du quartz hyalin ; elle fait aussi plus facilement feu au briquet, sa densité = 2,6 à 2,7 ; la couleur de cette variété est variable.

Les cristaux d'agate sont très-rares, ce sont des rhomboédres de $94^{\circ} 15$ à $75^{\circ} 45$, sans double réfraction.

Les agates peuvent être divisées en deux groupes : A. agates unicolores, B. agates versicolores ou multicolores.

A. *Agates unicolores*. 1° *Calcédoines*, agates incolores ou légèrement colorées en blanc laiteux un peu bleuâtre ; transparence nébuleuse ; affectant des formes mamelonnées ou guttulaires, d'autres fois en stalactites ou en rognons géodiques.

2° *Sardoines*, agates unicolores, jaunes, diversement nuancées d'orangé et de brun ; se trouvent en cailloux roulés, en Sibérie, en Chine, aux Indes, en Arabie, en Égypte, etc.

3° *Cornalines*, agates d'une couleur rouge incarnat ou cerise, qui se trouvent en rognons dans le Japon, l'Inde, la Perse, l'Arabie.

La couleur rouge paraît due à une matière organique.

4° *Chrysoprases*, agates d'une couleur vert-pomme, due à l'oxyde nickélique, à Kosemütz en Silésie, dans la montagne de Glasendorf et à Stacklau, près Cologne.

5° *Héliotropes*, agates d'un vert obscur ponctué de rouge.

6° *Saphirines*, agates d'un bleu céleste (Sibérie).

Ces diverses colorations sont dues à des oxydes métalliques ou à des matières organiques.

B. *Agates multicolores*. Les agates multicolores sont colorées par l'assemblage de plusieurs couleurs ; ce sont :

1° *Agates rubanées*, qui taillées offrent une série de bandes droites à bords nettement tranchés.

2° *Agates onyx*, présentant des bandes circulaires et concentriques à bords nettement tranchés.

3° *Agates arborisées*, montrant dans l'intérieur de leur masse des lignes noires ou rouges qui dessinent des formes, simulant de petits arbrisseaux sans feuilles.

4° *Agates mousseuses* : lorsqu'on les regarde par transparence, elles laissent voir intérieurement des apparences de mousse, de conferves et d'autres plantes inférieures ; généralement ces agates sont vertes ou jaunâtres.

JASPE. — Le jaspe est une variété opaque de calcédoine ou de silex mélangé mécaniquement et intimement avec diverses matières terreuses colorantes, telles que l'oxyde ferrique, la chlorite, l'épidote, la diallage, le bitume.

Le jaspe a une pâte fine avec une cassure terne et des couleurs plus ou moins vives et variées ; les principales variétés sont :

1° *Les jaspes unis*, d'une seule couleur, rouges, violets, jaunes, verts, noirs. La lydienne (phtanite de Haüy), ou pierre de touche est un jaspe noir, schisteux, sa surface polie fait office de lime sur les bijoux.

2° *Les jaspes rubanés*, composés de zones successives parallèles ou circulaires.

3° *Les jaspes fleuris ou panachés*, offrant des mélanges de couleurs distribuées sans ordre.

4° *Les jaspes sanguins*, à fond d'un vert obscur avec des taches rouges.

5° *Les jaspes égyptiens*, à fond d'un jaune brunâtre avec des bandes noires entrelacées.

4° *Silex.*

Le silex a une cassure largement conchoïdale, une pâte moins fine que l'agate, et moins translucide; il n'affecte pas des tendances à la forme mamelonnée ou rubanée. On distingue :

1° *Le silex pyromaque* ou pierre à fusil, en rognons sphéroïdes, tuberculeux ou ramifiés, ou en plaquettes ou veines ; couleur noirâtre, grise ou blanche.

2° *Silex corné*, presque opaque, à cassure plate.

3° *Silex meulière*, plus grossier que le silex corné, sans translucidité, souvent caverneux.

5° *Quartz terreux.*

Le quartz terreux (silice farineuse) possède une cassure mate, généralement rude au toucher, sans éclat et sans transparence, opaque, très-tendre; il s'écrase entre les doigts en une poussière rude au toucher. La variété connue sous le nom de quartz nectique (environs de Paris), paraît être le résultat de filtrations siliceuses : elle est spongieuse et très-légère. Les roches employées comme tripoli (Bilding, en Bohême) sont essentiellement composées de silice terreuse, produite par les infusoires. La silice farineuse est presque entièrement soluble dans les alcalis. Les variétés formées par les carapaces d'infusoires, sont douces au toucher. Au Chili, on trouve des dépôts de tripoli formés par les infusoires ; ils reposent sur les couches quaternaires ou sur des produits volcaniques.

6° *Quartz résinite. Opale. Pechstein.*

L'opale est une substance tantôt hyaline, tantôt lithoïde, blanchissant au feu en donnant de l'eau

par calcination ; pas d'indice de cristallisation ni de double réfraction ; aspect résineux, cassure conchoïde, incolore ou diversement colorée, translucide ou opaque. L'opale contient de 8 à 10 p. 0/0 d'eau ; elle raie le verre et fait difficilement feu au briquet ; elle produit au toucher, une impression de froid moins sensible qu'avec le quartz ; sa densité varie de 2,11 à 2,35 ; un peu soluble dans les alcalis.

On distingue :

1° *L'opale* proprement dite, formée d'une pâte d'une grande finesse, de couleurs très-tendres et translucide.

2° *L'hydrophane*, blanche, jaunâtre ou rougeâtre, à pâte poreuse, happant fortement à la langue et devenant translucide par immersion dans l'eau.

3° *Résinite*, éclat résineux ou céroïde.

4° *Hyalite*, quartz hydraté, d'un éclat vitreux, mamelonné.

5° *Geysérite* (opale thermogène) contient de 7 à 8 p. 0/0 d'eau de combinaison, en incrustations schisteuses ou mamelonnées (Islande).

Le tableau suivant résume les diverses variétés de quartz admises dans chaque sous-espèce :

Quartz et ses variétés.

Espèce.	Sous-espèces.	Variétés.
QUARTZ.	1° QUARTZ HYALIN.	1° Quartz chloriteux (coloré en vert par la chlorite).
		2° — prase (en vert sombre par l'amphibole).
		3° — ferrugineux rouge ou sinople (par l'oxyde ferrique).
		4° — hématoïde ou hyacinthe de Compostelle (mélange d'argile ferrugineuse rouge).
		5° — violet ou améthyste (oxyde manganique).
		6° — jaune ou fausse topaze (oxyde ferrique hydraté).
		7° — enfumé, brun ou noir (coloré en brun ou noir par des matières bitumineuses).
		8° — rose ou rubis de Bohême (oxyde titanique ou manganique).
		9° — aventurine, rougeâtre à mica jaune à reflets dorés.
		A. Variétés unicolores.
		1° Calcédoines, incolores ou peu colorées en blanc laiteux un peu bleuâtre.
		2° Sardoines, jaunes diversement nuancées d'orange et de brun.
		3° Cornalines, rouge-incarnat.
		4° Chrysoprases, vert-pomme.
		5° Héliotropes, vert obscur, ponctué de rouge.
		6° Saphirine, bleu céleste.
	3° AGATE.	
		B. Variétés multicolores.
		1° Rubanées, bandes droites.
		2° Onyx, bandes circulaires et concentriques.
		3° Arborisées, lignes noires ou rouges simulant des arbres, des feuilles.
		4° Mousseuses, montrant des apparences de mousses.
		5° Jaspe : 1° unis, 2° rubanés, 3° fleuris, 4° sanguins, 5° égyptiens.

Quartz et ses variétés.

Espèce.	Soas-espèces.	Variétés.
QUARTZ.	4° SILEX.	1° Silex pyromaque, gris ou noirâtre, blanchâtre, rognons sphéroïdes, tuberculeux.
		2° Silex corné, presque opaque, cassure plate.
		3° Silex meulière, pas de translucidité, souvent caverneux.
	5° QUARTZ TERREUX.	
	6° OPALE.	1° Opale, couleur tendre, pâte très-fine, translucide.
2° Hydrophane, happe à la langue, translucide par l'eau.		
3° Résinite, opale commune à éclat résineux.		
4° Hyalite, éclat vitreux, structure mamelonnée.		
5° Geysérite, incrustations schisteuses ou mamelonnées.		

CARACTÈRES GÉOLOGIQUES. GISEMENT DU QUARTZ. — Le quartz est extrêmement répandu dans la nature ; il se trouve dans tous les terrains, depuis les plus anciens jusqu'aux plus récents.

1° *Quartz hyalin*. — Le quartz hyalin se trouve :

a. Dans les roches cristallines dont il est un des minéraux constituants (granite, porphyre, pegmatite) ;

b. En filons dans les terrains anciens où il forme des cavités appelées poches ou fours à cristaux, revêtus intérieurement de quartz cristallisé (Alpes, Dauphiné, Savoie, Pyrénées, etc.) ;

c. Dans les filons, il accompagne comme gangue les minerais métallifères, déposés par action geyserienne ;

d. En filons de quartz éruptif, épais et formés d'un seul jet, ordinairement accompagné de substances métallifères ;

e. Dans les calcaires primaires et secondaires où il forme des géodes ;

f. En cristaux, ordinairement bi-prismés (dodécaèdre hexagonal ou un prisme hexagonal surmonté sur chaque face basique d'une pyramide), dans les gypses secondaires et les marnes gypseuses qui les accompagnent ;

g. Dans des roches volcaniques (trachyte, basalte).

2° *Quartz compacte.* — Les quartzites forment des couches stratifiées dans le trias des Alpes et de la Bretagne. Ils se sont formés par une action sédimentaire. Ce sont des espèces de grès qui ont été à demi fondus depuis leur dépôt, par une action métamorphique. Il existe aussi des quartzites éruptifs ou geysériens, disposés en filons ou en dykes.

3° *Agate.* — Les agates se trouvent dans les terrains secondaires et tertiaires en amas ou nodules qui paraissent postérieurs au terrain.

On les trouve aussi en filons dans les terrains cristallins : dans les amygdaloïdes qui traversent le terrain houiller du Palatinat (Oberstein), dans les diorites porphyroïdes, les porphyres pyroxéniques (Ségure).

L'agate remplace souvent des corps organisés ou des cristaux d'une autre substance. Les agates rubanées se trouvent dans le grès rouge à l'état d'amanes ou de nodules ayant à leur centre des cristaux de quartz hyalin. Les plus remarquables gisements d'agates sont ceux de : Kaiserlautern, Oberstein, Edimbourg, Figeac, le Vicentin.

4° *Silex.* — Le silex se rencontre dans les terrains jurassique, crétacé et tertiaire, en rognons ou nodules renfermant des débris de coraux, de coquilles :

a. Le silex du terrain jurassique se montre prin-

ciptalement dans les couches calcaires du lias inférieur et de l'oolithe, en rognons très-mélangés de calcaire, dont il se distingue du reste par une nuance différente et une plus grande dureté. (Ciret du Mont-d'Or lyonnais, calcaire jaune, un peu dans le Choin).

b. Dans la craie, le silex se trouve en rognons isolés qui forment, par leur ensemble, des bandes ou couches continues. Ces silex sont quelquefois purs, souvent ils contiennent dans leur intérieur un corps organisé transformé en silice; généralement, ce sont des polypiers dont le tissu organique apparaît au microscope (Berry, environs de Paris, Landes).

c. Les silex meulières appartiennent aux terrains tertiaires. Les meulières sans coquilles de la Ferté-sous-Jouarre, de Montmirail, sont enclavées dans l'Éocène supérieur; celles des hauteurs de Montmorency, du bois de Meudon, sont plus récentes; elles dépendent du Miocène inférieur; elles sont coquillères, leur tissu est lâche et ne contiennent pas de calcaire.

5° *Quartz terreux.* — Le quartz terreux provient des filtrations siliceuses et des dépôts de silice formés par les infusoires. (Bilding, Ebstorf.)

6° *Opale.* — L'opale est un minéral qui se trouve en veines, nids ou rognons peu puissants dans les terrains volcaniques ou porphyroïdes, comme dans les tufs basaltiques des Monts-Dores, des bords du Rhin, dans les basaltes, les serpentines, les amygdaloïdes.

L'opale paraît être le résultat de dépôts de silice gélatineuse. Dans quelques gîtes, l'opale est postérieure à la roche qui la renferme; elle s'est substituée, molécule à molécule, à des matières organiques.

Le jaspé se trouve ordinairement dans les terrains primaires, en couches intercalées, principalement dans le schiste. (Bretagne, Var, Kalkhansk et Revnev, en Sibérie.)

CARACTÈRES TECHNOLOGIQUES. — Les usages du quartz hyalin sont assez nombreux; plusieurs de ses variétés sont employées dans la bijouterie, la décoration et la cristallerie.

1° *Bijouterie.* — Les seules variétés employées dans la bijouterie sont le quartz hyalin incolore ou cristal de roche, l'améthyste, la fausse topaze, le quartz rose, l'aventurine. On en fait des cachets, des pierres d'épingles, de bagues, de boucles d'oreilles, de bracelets, de ceintures ou de diadème.

2° *Ornementation et décoration.* — Le cristal de roche taillé était autrefois très-employé comme objet de luxe et de décoration; on en faisait des lustres, des coupes, des vases, des aiguières, des boutons, etc., quelquefois sculptés ou gravés; cette matière est de nouveau entrée dans l'industrie. A l'Exposition universelle de 1867, on a remarqué de nombreux objets fabriqués en cristal de roche du Brésil et de la Sibérie.

3° *Cristallerie.* — Les opticiens emploient le quartz hyalin incolore pour fabriquer des verres de lunettes, des micromètres à double image, des polariscopes, des lunettes astronomiques, des lentilles en quartz fondu (Gaudin), etc.

Quartz compacte. — Le sable qui provient de la désagrégation du quartz compacte sert à fabriquer le verre; il entre dans la préparation des mortiers.

Le quartz compacte est employé comme pierre à bâtir, principalement comme moellon et comme pierre de pavage.

Les agates (cornalines, onyx), sont recherchées pour la bijouterie et l'ornementation ; on en fait des bagues, des cachets, des camées, diverses pierres montées ; on les taille aussi en coupes, tabatières, socles, mortiers de chimie.

Le jaspe est susceptible d'un beau poli, on en fabrique des objets d'ornement ou de luxe. Les belles mosaïques fabriquées à Rome et à Florence, avec des pierres colorées, sont principalement formées de jaspe et d'agates. Aujourd'hui, on fabrique de ces mosaïques en France, en Russie. On emploie surtout les agates pour la gravure en relief ou en camée ; pour cet usage, on recherche principalement les agates rubanées à trois ou quatre zones diversement colorées. On colore artificiellement le quartz hyalin et certaines agates destinées à être gravées, en les plongeant dans de l'huile et en les faisant ensuite bouillir avec l'acide sulfurique ou l'acide azotique, qui brûle la matière organique et la transforme en matière colorante.

L'agate arborisée peut être imitée artificiellement, en faisant pénétrer une agate par de l'azotate argentin, qui y cristallise en arborescences, et noircit à la lumière.

Le silex a été employé par les peuples primitifs pour la fabrication de leurs outils et de leurs armes ; ils en faisaient des haches, des casse-têtes, des couteaux, des dards de flèches, etc.

Jusqu'à l'invention et l'usage général des fusils à capsule à poudre fulminante, le silex pyromaque était employé dans les armes à feu, et désigné sous le nom de pierre à fusil ; on le tirait principalement des départements de Loir-et-Cher, de la Corrèze, etc.

Le silex meulière de l'étage sans coquilles, qu'on peut débiter en gros blocs cylindriques, est em-

ployé à la fabrication des meules de moulin. (Exemples : la Ferté-sous-Jouarre, près de Meaux, Montmirail, Périgord.)

La meulière coquillière des environs de Paris (bois de Meudon, hauteurs de Montmorency), qui se débite ordinairement en fragments irréguliers, est employée comme pierre à bâtir.

Le quartz terreux forme les poudres à polir, à décaper, connues sous le nom de tripoli.

Enfin, les opales servent dans la bijouterie ; la plus recherchée est la variété jaune à reflets rouges.

Les roches quartzieuses (quartzite, grès quartzieux, psammite, arkose, grès chloriteux et glauconieux) servent comme pierres de construction (pierres d'appareil ou moellons), de pavés (pavage de Lyon), de pierres à aiguiser et à filtrer.

Tableau résumé des variétés de l'espèce quartz.

1	{	Substance cristalline ou cristallisée.	2
	{	Substance non cristallisée.	3
2	{	a A double réfraction, transparente, hyaline, cassure vitreuse.	Quartz hyalin.
		b Pas de double réfraction (très-rarement cristallisée), demi-transparente, cassure terne, écaillée ou conchoïdale, raie le quartz hyalin.	
3	{	Blanchissant au feu, de l'eau par calcination, rayée par le quartz.	Opale.
		Ne blanchissant pas au feu ou ne donnant pas d'eau.	4
4	{	A structure rubanée ou mamelonnée.	Agate.
		A structure non rubanée.	5
5	{	A cassure largement conchoïdale	Silex.
		A cassure non conchoïdale	6
6	{	Dure comme le quartz hyalin, compacte, opaque, grenue.	Quartzite.
		Tendre, s'écrasant entre les doigts.	Quartz terreux.

CHAPITRE III.

Sous-classe des silicates.

CARACTÈRES PHYSIQUES. — Les minéraux qui composent le groupe des silicates ont un aspect pierreux, ils sont anhydres ou hydratés; leur densité est comprise entre 2,3 et 3,6 et même 4. Ils sont presque constamment cristallisés et alors les espèces sont bien caractérisées et bien définies. Quelques-uns sont compactes, terreux ou amorphes; dans ce cas, les espèces sont mal définies, sans caractères bien tranchés et sans présenter une composition identique dans tous les échantillons.

CARACTÈRES CHIMIQUES. — Les silicates anhydres sont durs et insolubles dans les acides ou difficilement solubles; les silicates hydratés sont relativement tendres (rayés par une pointe d'acier), facilement attaquables par les acides. Chauffés avec de la soude ou bien seuls, ils donnent des perles vitreuses. Les silicates solubles, traités par l'acide chlorhydrique, donnent un précipité blanc gélatineux de silice, soluble dans un excès de réactif.

L'acide fluorhydrique décompose rapidement tous les silicates; l'acide sulfurique attaque à peu près tous les silicates simples qui renferment moins de 60 p. 0/0 d'acide silicique; l'acide chlorhydrique exerce une action moins énergique, cependant il attaque la plupart des silicates pauvres en silice. L'acide azotique exerce encore une action plus faible; enfin l'acide carbonique agit sur les silicates alcalins et alcalino-terreux avec plus ou moins de lenteur, suivant leur composition et les circonstances où ils sont placés.

Les silicates simples sont presque tous partiellement attaqués par les dissolutions concentrées des alcalis caustiques et des carbonates alcalins. Mais l'action des alcalis et des carbonates alcalins est beaucoup plus énergique par voie sèche ; tous les silicates, simples et multiples, sont décomposés, quand, après avoir été porphyrisés, on les chauffe au rouge en présence de trois parties de potasse ou de soude, ou de quatre parties de carbonates alcalins.

Les silicates multiples (à deux ou plusieurs bases) sont en général fusibles à une température élevée, à moins qu'ils ne renferment un grand excès d'acide silicique ou d'oxydes infusibles, ils sont même plus fusibles que les silicates simples de composition correspondante. Les bases les plus fondantes sont : les alcalis, l'oxyde plombique, l'oxyde bismuthique, l'oxyde ferreux, l'oxyde manganéux, etc. ; la fusibilité augmente avec la proportion des oxydes fusibles. Les silicates doubles ou multiples dont les bases sont infusibles isolément ne fondent complètement qu'à une température très-élevée. Ces silicates présentent un maximum de fusibilité qui dépend de la proportion et de la nature des oxydes et surtout du rapport qui existe entre les quantités de l'acide et des bases (Rivot).

Nous adopterons la classification de M. Dufrénoy, pour l'arrangement des silicates en groupe ; mais nous ne décrirons que les espèces importantes par leurs usages ou par leur abondance dans la nature.

Division des silicates.

I.

*Silicates alumineux.*Formule : AlSi .

Disthène : Al^3Si^2 (6^e système). Sillimanite (variété de disthène).
 Pyrophyllite : $9 \text{AlSi}^2 + \text{MgSi}^2 + 3 \text{Aq}$. Worthite : $3 \text{AlSi} + \text{AlAq}$.
 Andalousite : Al^3Si^2 (3^e syst.). Staurotide : Al^2Si^3 (3^e syst.).

II.

*Silicates alumineux hydratés.*Formule : $\text{AlSi} + \text{Aq}$.

Pholérite : $3 \text{AlSi} + 2 \text{Aq}$. Hydrobucholzite : $3 \text{AlSi} + \text{Aq}$. Gilbertite : $6 \text{AlSi} + (\text{Ca}, \text{Mg}, \text{Fe}) \text{Si}^2 + \text{Aq}$. Kaolin : $\text{AlSi} + 2 \text{Aq}$. Argiles.
 Allophane. Collyrite. Halloysite.

III.

*Silicates alumineux calciques et de leurs isomorphes.*Formule : $\text{AlSi} + (\text{Ca}, \text{Mg}, \text{Fe}, \text{Mn}) \text{Si}$.

Grenats (1^{er} système) : 1^o Grossulaire : $\text{AlSi} + \text{CaSi}$; 2^o Almandine : $\text{AlSi} + \text{FeSi}$; 3^o Mélanite : $\text{FeSi} + \text{CaSi}$; 4^o Spessartine : $\text{AlSi} + \text{MnSi}$; 5^o Ouwarovite : $\text{CrSi} + \text{CaSi}$. Idocrase : $\text{AlSi} + \text{CaSi}$ (2^e syst.). Epidote : $2 \text{BSi} + 6 \text{bSi}$ (5^e syst.). Wernérite : $3 \text{AlSi} + \text{CaSi}$ (3^e syst.). Méionite : $3 \text{AlSi} + \text{CaSi}$ (2^e syst.). Glaucolite : $6 \text{AlSi}^2 + 2 \text{CaSi}$. Cordiérite : $3 \text{AlSi} + (\text{Mg}, \text{Fe}) \text{Si}^2$ (4^e syst.). Néphrite : $\text{AlSi}^3 + 5 \text{MgSi}$. Pinite : $3 \text{AlSi}^2 + (\text{K}, \text{Mg}, \text{Fe}) \text{Si}$ (4^e syst.). Émeraude : $\text{AlSi}^3 + \text{GlSi}^2$ (4^e syst.). Euclase : $3 \text{AlSi} + \text{Gl}^2\text{Si} + \text{Aq}$ (3^e syst.). Phénakite : GlSi (3^e système).

IV.

*Silicates alumino-alkalins avec leurs isomorphes.*Formule : $\text{AlSi} + (\text{K}, \text{Na}, \text{Ca}) \text{Si}$.

Feldspaths : 1^o Orthose : $3 \text{AlSi}^3 + \text{KSi}^3$ (5^e syst.) ; 2^o Albite : $3 \text{AlSi}^3 + \text{NaSi}^3$ (6^e syst.) ; 3^o Oligoclase : $3 \text{AlSi}^2 + (\text{Na}, \text{K}, \text{Ca}) \text{Si}^3$ (6^e syst.) ; 4^o Labradorite : $3 \text{AlSi} + (\text{Ca}, \text{Na}) \text{Si}^3$ (6^e syst.) ; 5^o Anorthite : $3 \text{AlSi} + (\text{Ca}, \text{Mg}, \text{K}, \text{Na}) \text{Si}$ (6^e syst.) ; 6^o Pétalite : $3 \text{AlSi}^3 + \text{LiSi}^3$; 7^o Triphane : $3 \text{AlSi}^2 + \text{LiSi}^3$ (5^e syst.) ; Amphigène : $3 \text{AlSi}^2 + \text{KSi}^2$ (1^{er} syst.) ; Néphéline : $3 \text{AlSi} + (\text{Na}, \text{K}) \text{Si}$.

V.

*Silicates alumineux hydratés avec alcalis, chaux et ses isomorphes. (Zéolithes.)*Formule : $\text{AlSi} + (\text{K}, \text{Na}, \text{Ca}) \text{Si} + \text{Aq}$.

Apophyllite : $8 \text{CaSi}^3 + \text{KSi}^6 + 16 \text{Aq}$ (2^e syst.). Pecktolite : $4 \text{CaSi}^2 + (\text{Na}, \text{K}) \text{Si}^5 + \text{Aq}$. Mésotype : $\text{AlSi} + \text{NaSi}^5 + 2 \text{Aq}$ (5^e syst.). Scolézite : $3 \text{AlSi} + \text{CaSi}^3 + 2 \text{Aq}$ (5^e syst.). Stilbite : $5 \text{AlSi}^3 + \text{CaSi}^3 + 6 \text{Aq}$ (5^e syst.). Heulandite : $\text{AlSi}^5 + \text{CaSi}^5 + 6 \text{Aq}$ (5^e syst.). Brewstérite : $4 \text{AlSi}^5 + (\text{Ba}, \text{Si}) \text{Si}^5 + 6 \text{Aq}$ (8^e syst.). Beaumontite : $5 \text{AlSi}^4 + (\text{Ca}, \text{Fe}, \text{Mg}) \text{Si}^5 + 3 \text{Aq}$ (2^e syst.). Faujasite : $5 \text{AlSi}^2 + (\text{Ca}, \text{Na}) \text{Si}^4 + 10 \text{Aq}$. Gismondine : $6 \text{AlSi} + (\text{Ca}, \text{K}) \text{Si}^5 + 9 \text{Aq}$. Philipsite : $6 \text{AlSi} + \text{KSi}^5 + \text{CaSi}^5 + 7 \text{Aq}$. Laumontite : $5 \text{AlSi}^2 + \text{CaSi}^2 + 4 \text{Aq}$ (8^e syst.). Pehnitte : $5 \text{AlSi} + \text{Ca}^2 \text{Si}^3 + \text{Aq}$ (5^e syst.). Chabasie : $5 \text{AlSi}^2 + (\text{Ca}, \text{K}, \text{N}) \text{Si}^5 + 6 \text{Aq}$ (4^e syst.). Lévyne : $5 \text{AlSi} + \text{CaSi}^3 + 4 \text{Aq}$ (4^e syst.). Glottalite : $\text{AlSi} + \text{CaSi}^2 + 5 \text{Aq}$. Hydrolithe : $5 \text{AlSi}^2 + (\text{Ca}, \text{Na}, \text{K}) \text{Si}^2 + 6 \text{Aq}$. Harmotôme : $5 \text{AlSi} + \text{BaSi}^5 + 6 \text{Aq}$ (5^e syst.). Analcime : $5 \text{AlSi}^2 + \text{NaSi}^2 + 2 \text{Aq}$ (1^{er} syst.). Thomsonite : $5 \text{AlSi} + (\text{Ca}, \text{Na}) \text{Si} + 2 \text{Aq}$. Scoulerite : $5 \text{AlSi}^5 + (\text{Na}, \text{Ca}, \text{Mg}) \text{Si}^2 + \text{Aq}$. Chlorites : 1^o Clinochlore : $2 \text{Al}^2 \text{Mg} + 4 \text{Mg}^2 \text{Si}^2 + 2 \text{Aq}$ (8^e syst.); 2^o Chlorite : $2 \text{Al}^3 \text{Mg} + 4 \text{Mg}^2 \text{Si}^5 + 8 \text{Aq}$ (5^e syst.); 3^o Ripidolite : $2 \text{Al}^3 \text{Mg} + 3 \text{Mg}^2 \text{Si}^5 + 6 \text{Aq}$ (5^e syst.); 4^o Pennine : $5 \text{Al}^5 \text{Si}^4 + 12 \text{MgSi} + 10 \text{Aq}$ (4^e syst.).

VI.

*Silicates non alumineux avec magnésie ou ses isomorphes.*Formule : RSi .

Wollastonite : CaSi . Edelforsite : CaSi^5 . Talc : $5 \text{Mg}^2 \text{Si}^5 + 2 \text{Aq}$ (5^e syst.). Stéatite : $3 \text{MgSi}^5 + 2 \text{Aq}$. Serpentine. Metaxite : $\text{Mg}^7 \text{Si}^9 + 3 \text{Aq}$. Picrosmine : $2 \text{MgSi}^2 + \text{Aq}$. Péridot : $(\text{Mg}, \text{Fe}) \text{Si}$ (5^e syst.). Villarsite : $4 \text{MgSi} + \text{Aq}$. Cronstedtite : $(\text{Fe}, \text{Mn}, \text{Mg}) \text{Si} + \text{FeAq}$. Sidéroschrisolite : $4 \text{Fe}^2 \text{Si} + \text{AlSi} + 5 \text{Aq}$. Hésingérite : $3 \text{FeSi} + \text{FeSi}^2 + 3 \text{Aq}$. Zircon : ZiSi (2^e syst.). Catapleite : $5 (\text{Zi}, \text{Na}, \text{Ca}) \text{Si}^2 + 2 \text{Aq}$. Thorite : $\text{ThSi} + \text{Aq}$. Amphibole (8^e syst.) : 1^o Trémolite : $\text{CaSi}^5 + 3 \text{MgSi}^2$; 2^o Actinote : $\text{CaSi}^5 + 5 (\text{Mg}, \text{Fe}) \text{Si}^2$; 3^o Hornblende : $\text{FeSi}^5 + 3 \text{MgSi}^2$. Pyroxène (8^e syst.) : 1^o Diopside : $\text{CaSi}^2 + \text{MgSi}^2$; 2^o Hédenbergite : $\text{CaSi}^2 + \text{FeSi}^2$; 3^o Augite : $(\text{Ca}, \text{Mg}, \text{Fe}) \text{Si}^2$. Hypersthène : $(\text{Mg}, \text{Fe}) \text{Si}^2$ (8^e syst.). Diallage : $(\text{Mg}, \text{Ca}, \text{Fe}) \text{Si}$ (8^e syst.).

VII.

*Silico-fluates.*Formule : $\text{AlSi} + \text{RFl}$.Topaze : $3 \text{AlSi} + \text{Al}^2 \text{Fl}$ (5^e syst.). Condroidite : $\text{MgFl}^2 + 2 \text{Mg}^5$

Si³. Micas : (Al, Fe, K, Mg) SiFl (3^e syst.). Leucophane : 2 NaFl² + Ca⁵ 2 Si³ + Gl³Si.

VIII.

Silico-borates.

Formule : BSi + RBo.

Tourmaline : (Al, Fe, K, N, Li, Mg, Ca) SiBo (4^e syst.). Axinite : 2 (Al, Fe, Mn)² Si⁵ + (Ca, K, Mg)² Bo (6^e syst.). Datholite : CaBo⁵ + CaSi⁴ + Aq (3^e syst.).

IX.

Silicates sulfuriques.

Formule : RAl + Si, Su.

Lazulite : 3 [2 (Ro, Si⁵o) + Al²o⁵, 2 Si⁵ + NaSu] (1^{er} syst.). Häüyne. Spinellane : 9 AlSi + 5 NaSi + NaSu⁵. Helvine.

X.

Silico-titanates.

Formule : RSi + TiSi.

Sphène : CaSi + Ti²Si (3^e syst.).

I.

Silicates alumineux.

1^{re} Espèce : *Disthène* (Häüy). *Cyanite* (Wer). *Sappare* (de Sauss). *Rhétizite*. Variétés : *Sillimanite* (Bowen), *Worthite*.

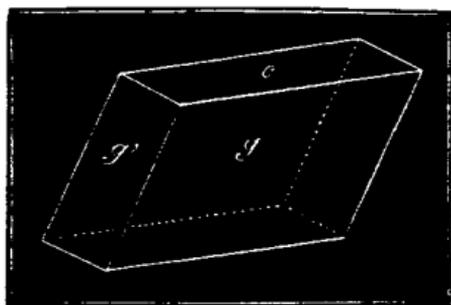
CARACTÈRES PHYSIQUES. — Le disthène est un minéral qui existe toujours cristallisé ; quelquefois, il se présente en cristaux isolés et bacillaires, mais, le plus souvent il se trouve en faisceaux de cristaux accolés, soit parallèlement, soit radiés autour d'un centre. Le disthène est généralement d'une couleur bleue (d'où le nom de cyanite) ; on connaît aussi des variétés blanches (rhétizite) et même jaunâtres, rougeâtres et noirâtres ; mais ces colorations sont accidentelles et sont dues à des oxydes métalliques ou à des matières organiques.

La dureté du disthène, qui est 6, varie avec les faces ; il raie le verre dans les angles et les arêtes, mais les faces principales parallèles au clivage se raient par une pointe d'acier. Son éclat vitreux est assez vif, sa densité égale 3,5 à 3,6, il s'électrise par frottement, tantôt négativement, tantôt positivement.

On peut réunir au disthène, comme variétés de l'espèce : 1° la sillimanite qui a à peu près les mêmes caractères essentiels ; 2° la worthite, qui ne diffère du disthène que par 4 à 5 pour 0/0 d'eau ; 3° la fibriolite, variété en aiguilles ; 4° la xénolite, en fibres blanches hyalines ; 5° la bucholzite, en masses fibreuses grises, sub-soyeuses.

CARACTÈRES CRISTALLOGRAPHIQUES. — Le disthène cristallise dans le système clino-édrique (6°), sous la forme du prisme oblique dissymétrique (fig. 123)

Fig. 123.



dans lequel les faces latérales g' et g font entre elles un angle de $106^\circ 15'$; la face basique e est inclinée de $105^\circ 50'$ sur la face g et de $93^\circ 15'$ sur la face g' .

Ce minéral présente trois clivages inégalement faciles, parallèlement aux faces ; le premier, suivant la face g' , est très-facile, uni et miroitant, avec l'éclat très-vif et vitreux ; le second, suivant la face g , est

moins facile, moins brillant, assez net et d'un éclat vif; le troisième, suivant la face *e*, est difficile, mat et fibreux, sur ce dernier clivage, en travers, il y a des stries (1).

Les cristaux de disthène sont toujours très-allongés en même temps qu'aplatis parallèlement à la face *g'*; ils sont transparents ou fortement translucides.

CARACTÈRES CHIMIQUES. — Le disthène est infusible au chalumeau, les variétés colorées blanchissent au feu du chalumeau; il se dissout lentement avec le borax, en donnant une perle incolore et transparente.

Ce minéral est composé :

		Rapports.
Silice	43,0	2
Alumine	55,0	3
Oxyde ferrique . .	0,5	
	<u>98,5</u>	
Formule	$\text{Al}^5\text{Si}^2 = 3 \text{Al}^2\text{O}^3, 2 \text{SiO}^2$.	

C'est donc un silicate aluminique dans lequel l'oxygène de la base et celui de l'acide sont dans le rapport $\frac{5}{2}$.

CARACTÈRES GÉOLOGIQUES. — Le disthène se trouve: 1° disséminé en cristaux dans les schistes nacrés du Saint-Gothard, du Tyrol, etc.; 2° dans les mica-schistes de Dorlay, près de Saint-Paul-en-Jarrest, entre Saint-Chamond et le mont Pilat; à Saint-Symphorien-d'Ozon; associé aux lentilles de quartz, dans le Var avec le quartz; 3° dans la dolomie (Simplon)

(1) Les lettres P, M, T indiquent respectivement, quand elles ne sont pas désignées autrement, par une figure, les faces basiques (P) et latérales (M, T) des prismes.

et le calcaire grenu (Amérique) ; 4° dans les leptynites et les pegmatites (Saxe, Pyrénées).

CARACTÈRES TECHNOLOGIQUES. — Les usages du disthène sont très-restreints ; à cause de son infusibilité, on l'emploie comme support pour les essais au chalumeau. Les belles variétés bleues ont quelques usages dans la bijouterie ; lorsqu'elles sont convenablement taillées, on les emploie pour simuler des saphirs bleus ou des cordiérites. Mais ces fraudes se reconnaissent facilement à des indices de clivage que porte le disthène taillé et à ce qu'il cède à une bonne lime, tandis que le saphir bleu et la cordiérite ne sont pas attaqués par cet outil. En outre, le saphir a une densité de 3,96 et la cordiérite de 2,56.

Le disthène pourrait être quelquefois confondu avec l'amphibole et le diaspore (alumine hydratée) ; mais il se distingue du premier minéral par son infusibilité, et du second, parce qu'il ne donne pas d'eau quand on le chauffe.

2^e *Espèce* : *Andalousite* (W.). *Feldspath apyre* (Haüy). *Macle hyaline* (Cord.) *Macles* (H.)

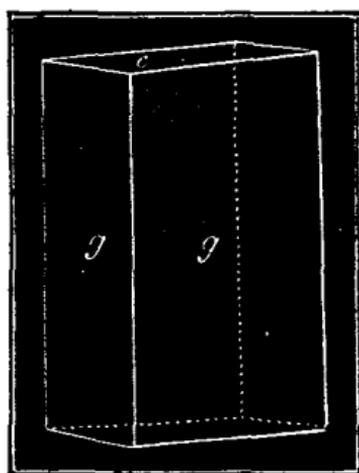
CARACTÈRES PHYSIQUES. — L'andalousite se présente en cristaux transparents ou plus souvent translucides sur les bords, quelquefois opaques, ou en masses bacillaires composées de baguettes accolées ; cassure en travers, inégale, d'un éclat vitreux assez prononcé dans les variétés transparentes, faible dans les cristaux opaques ; dans le sens vertical, esquilleuse et indistinctement lamelleuse. Sa couleur est ordinairement rouge de chair, grisâtre et même noire ; comme elle est dichroïte, certaines variétés transparentes ont une nuance vert clair dans un sens, et rouge dans un autre sens.

La dureté de l'andalousite est supérieure à celle du quartz = 7,5 ; sa densité est de 3,1 à 3,2.

CARACTÈRES CRISTALLOGRAPHIQUES. — Elle cristallise dans le système ortho-rhombique (3^e) ; sa forme primitive est le prisme ortho-rhombique de 91° 20', dans lequel le rapport de l'un des côtés de la base à la hauteur est de $\frac{5}{3}$.

Généralement les cristaux de l'andalousite sont simples ; la plupart ne portent point de facettes secondaires. On obtient un clivage peu net parallèle-

Fig. 124.



ment aux faces latérales *g* (fig. 124) du prisme ortho-rhombique.

CARACTÈRES CHIMIQUES. — L'andalousite est infusible au chalumeau ; avec le borax, elle donne un verre transparent qui a parfois une légère teinte verdâtre, due à la présence d'un peu d'oxyde ferrique ; elle est inattaquable par les acides. Elle est formée :

		Rapports.
Silice.....	37,05	2
Alumine.....	61,45)	3
Oxyde ferrique....	1,45)	
	<hr/> 99,95	

Formule : $Al^3Si^2 = 3Al^2O^3, 2SiO^3$ ou $AlSi = Al^2O^3, SiO^3$.

MACLE. La macle est une variété d'andalousite qui cristallise en prisme ortho-rhombique sous l'angle de 91° ; elle nous offre une incorporation de la gangue au milieu de laquelle ce minéral s'est formé. Les cristaux adhérents à la gangue se présentent sous la forme de dessins disposés en croix. Comme l'andalousite s'est formée en général dans des terrains schisteux et noirâtres, le cristal d'une coloration claire, pénètre dans la matière noire et tranche, par sa couleur, sur le fond noir où il dessine, des figures en croix, diversement disposées.

CARACTÈRES GÉOLOGIQUES. — L'andalousite se rencontre : 1° dans les roches granitiques du Forez, du Tyrol, Bavière (gneiss), Saxe, Silésie, Castille, Andalousie ; 2° dans les micaschistes : Andalousie; dans les vallées du Lys, d'Oo et du Leps, dans les Pyrénées ; Rive-de-Gier, Saint-Paul-en-Jarrest ; 3° dans les schistes (Bretagne, Pyrénées) ; 4° dans le quartz canton d'Hyères (Var).

En Bretagne, dans le Forez, dans la Saxe, on trouve les variétés bacillaires ; les variétés opaques ou pierreuses se trouvent dans les terrains métamorphisés grossièrement cristallisées ; elles se présentent, en général, par groupements de gros cristaux enduits ou pénétrés de mica. Les macles ont été formées par voie de métamorphisme ; les gisements les plus importants sont en Bretagne, dans les Pyrénées, dans le Var et dans le département du Rhône,

près de Chenelette ; en Galicie , en Allemagne et à Massachussets , dans un schiste primaire métamorphisé.

L'andalousite rosée et bacillaire pourrait être confondue avec certaines variétés de tourmaline , mais elle s'en distingue par son infusibilité.

3^e Espèce : Staurotide (Haüy). Croisette. Schorl cruciforme. Grenatite.

CARACTÈRES PHYSIQUES. — La staurotide est d'une couleur rouge avec plus ou moins de translucidité, ou brune noirâtre et opaque. Sa dureté est assez grande, elle est comprise entre 6,5 et 7 ; elle raie difficilement le quartz , est rayée par la topaze. Sa cassure est inégale et conchoïdale, parfois même un peu lamelleuse ; son éclat est vitreux et résineux ; sa densité varie de 3,2 à 3,9, elle est dichroïte.

La staurotide présente deux variétés bien distinctes, savoir :

1^o La staurotide proprement dite ou croisette, couleur gris-brun, cassure inégale et grossière ; cristaux rugueux ou ternes à la surface, courts, larges, en prismes hexagonaux croisés. Gisements : Var, Alpes, Pyrénées, Bretagne, etc. ;

2^o Grenatite, couleur brun rougeâtre ou hyacinthe, cassure sub-résineuse et brillante ; cristaux à faces lisses, assez brillantes et allongées, pas de tendance au croisement ; prisme ortho-rhombique tronqué sur les arêtes aiguës et quelquefois même sur les angles obtus de la base : Saint-Gothard.

CARACTÈRES CRISTALLOGRAPHIQUES. — La forme primitive de la staurotide est un prisme ortho-rhombique de $129^{\circ} 20'$ et $50^{\circ} 40'$, dont la hauteur est au côté de la base dans le rapport $3/4$.

Les cristaux de la forme primitive sont très-rares ; presque tous portent des modifications qui les transforment en prismes à six faces symétriques. Les cristaux simples sont même rares : presque tous les échantillons sont formés par la réunion de deux cristaux croisés sous l'angle de 90° ou de 60° .

Les cristaux de staurotite présentent un clivage assez facile parallèlement aux petites diagonales du prisme.

CARACTÈRES CHIMIQUES. — La staurotite est infusible au chalumeau ; les variétés foncées, à la flamme de réduction, se frittent, noircissent et deviennent parfois attirables au barreau aimanté. Avec le borax, on a, à un moindre degré, les réactions du fer : à la flamme oxydante, une perle jaunâtre à chaud, incolore à froid ; à la flamme réductrice, une perle verte dont la nuance pâlit par le refroidissement.

La staurotite est composée :

		Oxygène.		Rapports.
Silice.....	33,45		17,37	5
Alumine.....	47,23	22,05	26,95	4
Oxyde ferrique.	16,51	4,90		
Magnésie.....	1,99			
	<hr/>			
	99,18			

Formule : $2(\text{Al}, \text{Fe})\text{Si} = 2(\text{Al}^2\text{O}^3, \text{Fe}^2\text{O}^3)$, SiO^3 ou $\text{Al}^5\text{Si}^4 = 3\text{Al}^2\text{O}^3, 4\text{SiO}^3$ ou $\text{Al}^2\text{Si}^3 = 2\text{Al}^2\text{O}^3, 3\text{SiO}^3$.

CARACTÈRES GÉOLOGIQUES. — La staurotite se trouve en Bretagne, dans le schiste micacé, dans le schiste talqueux du Saint-Gothard associé au disthène, dans le schiste micacé des Pyrénées et dans les schistes argileux d'Hyères (Var).

CARACTÈRES TECHNOLOGIQUES. — Certaines variétés de staurotite (grenatite de Saint-Gothard) ont quelque ressemblance avec certains cristaux de sphène,

d'idocrase brune et de grenat. L'infusibilité de la staurotide les distingue de ces minéraux, qui sont fusibles au chalumeau. En outre, le sphène cristallise en prisme clino-rhombique, l'idocrase en prisme quadratique et le grenat en dodécaèdre rhomboïdal ou en trapézoèdre.

Tableau résumé des espèces importantes du groupe des silicates alumineux.

1		Substance cristallisant dans le système clino-édrique . . .	Disthène
		— — ortho-rhombique.	2
2		Dureté sup ^{re} à celle du quartz, cassure non conchoïdale, Cristaux simples.	Andalousite
		Dureté égale ou inf ^{re} à celle du quartz, cassure conchoïd., Cristaux } ordinairement doubles .	Staurotide
		— simples .	Grenatite

II.

Silicates alumineux hydratés.

Le groupe des silicates alumineux hydratés est composé d'espèces dont les caractères sont très-variables ; un très-petit nombre sont cristallisées. En général, ce sont des masses terreuses, douces au toucher, onctueuses, tendres, se laissant facilement rayer par l'ongle ; lorsqu'elles sont pures, elles sont généralement blanches, mais, le plus souvent, elles ont des teintes grises, rouges ou jaunes, par le mélange de certains oxydes métalliques ou des matières organiques.

PRODUITS RÉSULTANT DE LA DÉCOMPOSITION DES SILICATES. — Les silicates peuvent se décomposer sous l'influence d'agents naturels qui agissent sur eux ; cette décomposition est facilitée par la présence d'oxydes susceptibles d'un degré supérieur d'oxy-

dation à celui qui se trouve dans le minéral. Dans cette décomposition, les alcalis, la chaux et la magnésie sont enlevés par l'action des eaux; la silice elle-même disparaît quelquefois en partie.

Outre l'action de l'eau et surtout de l'eau chargée d'acide carbonique, d'autres causes peuvent avoir amené la décomposition des silicates, ce sont : des vapeurs acides, acide chlorhydrique, sulfureux, sulfhydrique, l'air humide, l'eau thermale, arrivant à l'état liquide ou simplement en vapeur saturée.

Les produits dérivés des silicates proviennent généralement de l'altération des roches feldspathiques. Le plus souvent, ils sont composés de silice, d'alumine et d'eau, en proportions indéfinies ou variables, ce qui porte à croire que ce sont des mélanges de combinaisons définies de ces trois éléments constitutifs. Ces produits sont : le kaolin et les argiles.

Argiles en général.

Les argiles sont des masses terreuses plus ou moins endurcies; généralement onctueuses au toucher, absorbant l'eau; mises en contact avec ce liquide, elles se délitent et forment une sorte de boue, une pâte plus ou moins plastique, mais, en général, courte. Elles happent à la langue et ont une odeur particulière, dite odeur argileuse, développée surtout par l'insufflation. Au feu, elles se durcissent et se contractent, mais ne perdent complètement leur eau que très-difficilement; infusibles à moins qu'elles ne soient mélangées d'oxydes métalliques (oxydes ferrique, manganique, etc.).

La composition des argiles est très-variable; elles contiennent constamment de la silice, de l'alumine et de l'eau, mais les proportions de ces éléments varient avec les gisements et même dans un même

gite. Lorsqu'elles ne sont pas pures, à ces trois éléments se mélangent des oxydes et des sels métalliques, tels que du calcaire, du gypse, de la giobertite, de l'oxyde ferrique, des alcalis, etc. ; le kaolin est la plus pure des argiles. Nous distinguerons quatre groupes dans les argiles, savoir : 1° kaolin ou argile pure ; 2° argiles à poteries ; 3° argiles smectiques ; 4° argiles chimiques.

1° *Kaolin ou argile pure.*

ROCHES KAOLINIQUES. — Le kaolin provient de la décomposition du feldspath dans les roches granitiques, porphyriques et quelquefois même basaltiques ; il se trouve généralement en place dans les terrains cristallisés.

Les roches kaoliniques, dont la décomposition produit le kaolin sont, en général, d'un blanc parfait ou légèrement rosâtre, parfois un peu jaunâtre ; leur texture est lâche, terreuse ou grenue. Les grains de ces roches sont : le quartz, le feldspath ou le mica. La base de la masse est un minéral argiloïde, blanc, à texture quelquefois laminaire.

Le lavage sépare les roches kaoliniques en deux parties : les grains et la terre argiloïde ou kaolin. Suivant leur teneur en grains feldspathiques, les roches kaoliniques sont fusibles ou infusibles au chalumeau.

CARACTÈRES PHYSIQUES. -- Le kaolin est une argile maigre, très-blanche, lorsqu'elle est pure ; mais le plus souvent avec des teintes de rose ou de jaune, peu plastique, peu cohérente et terreuse ; sa densité est de 2,21 à 2,26.

CARACTÈRES CHIMIQUES. — Le kaolin résulte de la

décomposition d'un feldspath, généralement l'orthose (pétunzé des Chinois) ; certains kaolins contiennent de la silice non combinée, qu'on peut séparer en les faisant bouillir avec la potasse ; le résidu est du kaolin pur. Il est aussi facile en le broyant et le traitant par lévigation, de le séparer des matières non altérées qui l'accompagnent.

Le kaolin est infusible au chalumeau ; il se dissout seulement en partie dans les acides.

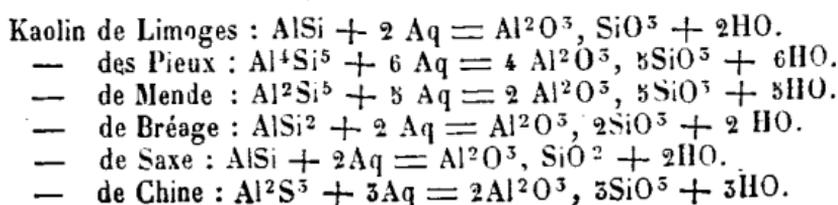
M. Brongniart a analysé un grand nombre de kaolins industriels ; ses analyses lui ont fourni les nombres extrêmes suivants :

Silice.....	23 à 43 p. 0/0
Alumine.....	21 à 40 p. 0/0
Eau.....	5 à 12 p. 0/0
Chaux, magnésie...	jusqu'à 0,5 p. 0/0
Alcalis.....	jusqu'à 0,5 p. 0/0
Oxydes métalliques.	0,5 à 1 p. 0/0

Voici la composition de quelques kaolins :

	de Limoges	des Pieux, près de Cherbourg.	de Mende.	de Bréage. (Cor- nouailles)	de Saxe.	de Chine.	
KAOLINS.	Silice.....	42,07	42,31	35,61	46,63	35,98	23,72
	Alumine.....	36,65	34,51	22,23	24,06	34,12	9,80
	Eau.....	12,17	12,09	9,70	8,74	11,09	2,62
	Chaux, magné- sie, potasse.	1,33	1,39	1,32	0,60	0,69	3,08
	Fer, mangan.	traces	traces	3,27	traces	traces	0,43
	Résidu non ar- gileux....	9,76	9,67	24,64	19,65	18,00	68,18

Ces analyses ont conduit MM. Brongniart et Malagutti aux formules suivantes :



CARACTÈRES GÉOLOGIQUES. — La décomposition du feldspath, qui se fait au sein de certains granites et surtout des pegmatites, a lieu par l'influence de l'eau et de l'air humide, aidés des forces électro-chimiques. « La présence constante de roches ferrugineuses dans les exploitations de kaolin, depuis la Chine, autant, du moins, qu'on puisse le présumer d'un gîte si peu connu, jusque dans les gîtes de l'Europe, étudiés avec le plus de soin, tend à confirmer cette opinion. » (Brongniart.)

Les gisements du kaolin se trouvent dans les contrées où dominant les roches granitiques ; mais le kaolin susceptible d'être employé à la fabrication de la porcelaine est toujours fort rare ; la plupart des kaolins renferment une certaine quantité d'oxyde ferrique qui colorerait la pâte ; d'autres, dont la décomposition du feldspath n'est pas complète, contiennent une proportion de potasse qui les rendrait fusibles à la température des fours à porcelaine. Il existe de beaux gisements de kaolin en Saxe, en France, en Angleterre, en Chine, etc. En France, deux sont remarquables ; le kaolin y résulte de la décomposition de pegmatites très-feldspathiques : l'un est à Louhoussoa, dans les Basses-Pyrénées, l'autre à Saint-Yrieix, près de Limoges ; ce dernier fournit à la manufacture impériale de Sèvres.

Le dernier gîte, découvert en 1765, fournit exclusivement à la manufacture impériale de Sèvres et alimente de nombreuses fabriques de porcelaine à Limoges et dans tous les pays environnants. Le gîte de Louhoussoa fournit du kaolin aux fabriques de Saint-Gaudens, de Toulouse, etc. Les autres gîtes importants de kaolin sont ceux des Colettes, (Allier), de Vaublanc (Côtes-du-Nord), de Marsac (Haute-Vienne), de Villeder (Morbihan).

A Saint-Yrieix, on distingue trois variétés de

kaolin, savoir : 1° le caillouteux, grenu, friable, à grains quartzeux et durs ou argileux et friables.

2° Le sablonneux, friable, maigre au toucher, contient du quartz à l'état de sable très-fin, mais visible.

3° L'argileux, moins friable et assez doux au toucher, fait avec l'eau une pâte assez liante (Dufrénoy).

Aux environs de Lyon, on trouve quelques petits gîtes de kaolin, à Sainte-Foy-l'Argentière, Pont-la-Terrasse, Firmini, etc.

Le gîte de Morl, en Saxe, fournit aux manufactures de Berlin, de Meissen.

CARACTÈRES TECHNOLOGIQUES. — Les poteries sont des objets fabriqués avec une terre argileuse, rendue consistante par la cuisson. Les pâtes argileuses qui servent à la confection des objets en poterie sont appelées pâtes céramiques, et l'art de la fabrication des poteries est dit art céramique.

Les poteries fabriquées avec des argiles cuites étant très-poreuses, on est obligé de les couvrir d'un vernis appelé couverte.

La couverte des porcelaines est formée d'une matière vitreuse, fusible à une température inférieure à celle à laquelle la pâte commencerait à se ramollir ou l'objet à se déformer. Il faut aussi que la couverte ait une certaine affinité pour la pâte céramique, afin qu'elle s'étende sur toute la pièce et s'incorpore dans son intérieur ; enfin, il est nécessaire que le vernis présente la même dilatabilité que la pâte. La couverte des porcelaines est généralement fournie par une pegmatite (quartz et feldspath).

La pose de la couverte se fait ordinairement par immersion, la roche feldspathique très-divisée étant mise en suspension dans l'eau. Quelquefois aussi la

couverte est appliquée au pinceau ou par arrosement.

La porcelaine est une poterie fine, fabriquée avec le kaolin. Selon la composition de l'argile à porcelaine, il est nécessaire d'y mêler des matières siliceuses ou feldspathiques. A Berlin on mêle au kaolin lavé de Morl une certaine quantité de feldspath réduit en poudre fine. A la manufacture de Sèvres, on emploie les dosages suivants, selon la qualité de porcelaine à produire :

	Pâte de service.	Pâte de sculpture.
Kaolin lavé	64,0	62,0
Craie de Bougival.	6,0	4,0
Sable d'Aumont.	20,0	17,0
Sable feldspathique.	10,0	»
Feldspath quartzeux.	»	17,0
	<hr/>	<hr/>
(Regnault)	100,0	100,0

La porcelaine dure ou porcelaine chinoise, a pour base le kaolin ; elle conserve sa forme au feu, devient légèrement transparente par la cuisson et est susceptible d'être décorée ; elle a pour type la porcelaine de Chine, du Japon, de Saxe, de Sèvres. Elle prend le nom de biscuit quand elle n'est point recouverte de glaçure. Dans la fabrication de la porcelaine dure, la glaçure ou couverte et la pâte cuisent en même temps : le dégourdi, ou première cuisson n'a pour but que de rendre la mise en couverte plus facile et plus prompte.

A Sèvres, on fabrique des porcelaines avec les mélanges suivants :

Argile de kaolin lavé et décanté	80
Sable de kaolin caillouteux	20
Craie de Bougival décantée.	8

(Salvétat).

La glaçure se compose uniquement de pegmatite du Limousin.

La porcelaine tendre française exige une température moins élevée pour sa cuisson ; sa pâte est plus fusible que celle de la porcelaine dure : on augmente sa fusibilité en introduisant des proportions plus considérables de matières alcalines, soit à l'état de silicates, d'azotates ou de carbonates alcalins. La couverte de cette porcelaine est aussi plus fusible que celle de la porcelaine dure : on lui donne cette fusibilité en y introduisant une certaine quantité d'oxyde plombique.

Les porcelaines tendres françaises se composent d'une fritte et d'un mélange de marne et de craie.

Pour composer la fritte, on prend :

Sable d'Étampes.....	7
Soude d'Alicante	2

On fritte et on broie après avoir lavé à l'eau chaude, on y ajoute :

Fritte précédente.....	100
Marne argileuse.....	12 à 9
Craie	9 à 12

La glaçure se compose de :

Sable	16
Minium.....	28
Borax.....	4
Nitre.....	1

traces d'oxyde cobaltique (Salvétat).

On opère généralement le façonnage par coulage. Le biscuit est enfourné d'abord, la glaçure cuit après, mais à une chaleur moindre. La porcelaine

teinte anglaise se façonne aussi par coulage, les assiettes se font par moulage; la pâte se compose (service de table) :

	N° 1	N° 2
Kaolin argileux.....	11	à 41
Argile plastique blanche.	19	
Silex.....	21	à 16
Phosphate calcique.....	49	à 43

La glaçure se compose de :

Feldspath.....	48	à 44
Silex.....	9	à 8
Borax brut.....	22	à 28
Verre cristallin.....	21	
Kaolin.....		5
Potasse et soude.....		10

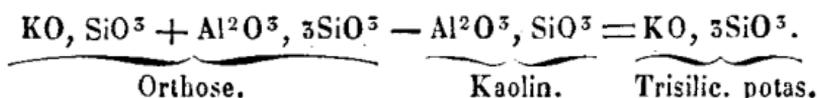
Au n° 1 on ajoute 11 à 12 de minium et 3 parties de borax au n° 2 (Salvétat).

Argiles impures.

Les argiles ordinaires paraissent s'être formées des produits de la décomposition des silicates d'alumine (feldspaths), enlevés par lévigation et disposés en couches dans les terrains stratifiés. Comme indice de leur origine, on remarque qu'elles renferment presque toujours des débris de feldspaths et plusieurs d'entre elles contiennent aussi des faibles proportions de silicates alcalins et alcalino-terreux.

La composition très-variable des argiles s'explique par les nombreuses variétés des minéraux qui leur ont donné naissance, par les actions complexes qui ont déterminé leur décomposition et par leur mélange avec les matières transportées avec elles dans les eaux qui les ont déposées, après les avoir enlevées

à leur gîte primitif. On peut se rendre compte de la formation de l'argile pure ou kaolin, en supposant que l'orthose se décompose en trisilicate potassique et en silicate aluminique. Le trisilicate potassique, sous l'influence de l'eau, se dédouble en silicate potassique soluble et en silice.



Cette argile ainsi produite, lorsqu'elle est restée dans son gîte primitif ou naturel, au milieu de la roche feldspathique dont elle dérive, constitue les dépôts du kaolin; lorsque, au contraire, elle a été enlevée par les eaux ou d'autres causes, et portée ailleurs, elle forme des couches ou des amas au milieu des terrains sédimentaires et constitue des dépôts d'argiles plastiques ou autres.

Nous diviserons les argiles impures en trois groupes, savoir : 1° les argiles ordinaires ou plastiques; 2° les argiles smectiques; 3° les argiles chimiques.

1° ARGILES ORDINAIRES OU ARGILES A POTERIES.

ARGILES PLASTIQUES.

CARACTÈRES PHYSIQUES. — Les argiles ordinaires ou à poteries sont douées d'une certaine plasticité, qui permet quelquefois de les employer pour le modelage; elles font avec l'eau une pâte ductile qui se laisse pétrir et façonner aisément; elles absorbent très-facilement ce liquide et ont l'odeur argileuse très-prononcée.

CARACTÈRES CHIMIQUES. — Elles sont des silicates aluminiques contenant de 10 à 12 p. cent d'eau; elles sont fréquemment mélangées de calcaire, d'oxyde ferrique, de bitume et de sable. La silice et

l'alumine sont encore nettement combinées ; elles sont inattaquables par les acides , ou ces réactifs n'en dissolvent qu'un quart de leur masse ; elles sont plus solubles dans les acides après une calcination modérée que dans leur état primitif.

La composition des argiles est très-variable ; leurs variations extrêmes sont comprises dans les limites suivantes :

4 ^e type	{	Silice . . .	43 à 50 p. 0/0	type	{	Silice . . .	60 à 66 p. 0/0
		Alumine . .	54 à 58 p. 0/0			Alumine . .	48 à 25 p. 0/0
		Eau	9 à 15 p. 0/0	5 ^e		Eau	9 à 15 p. 0/0

Nous empruntons à M. Brongniart l'analyse des argiles les plus estimées, soit pour la fabrication des poteries fines, soit pour celle des vases ou des briques réfractaires. (Voir le tableau de la page 382.)

1^o *Argiles plastiques* (Brongniart). — On désigne sous le nom d'argiles plastiques, toutes les terres argileuses qui servent à la fabrication des poteries fines ou grossières. Elles jouissent d'une grande plasticité, se prêtent aisément au façonnage, soit au tour, soit entre les mains.

L'argile plastique pure est infusible à 129° du pyromètre de Wedgwood ; elle résiste aux feux de forge les plus violents. Sa couleur est d'un blanc sale ou d'un gris clair, souvent un peu jaunâtre ; quelquefois elle est tachetée de marbrures de couleur ferrugineuse, quelquefois elle est colorée en noir par le bitume. Plus soluble dans les acides après une calcination modérée qu'à l'état naturel ; mais si la calcination est poussée trop loin, elle est insoluble dans les acides.

La ténacité de l'argile plastique l'empêche de se laisser facilement pénétrer par l'eau, lorsqu'elle est humide, comme aussi de la priver de celle dont elle est imbibée. Elle ne perd son eau qu'à la température de l'incandescence ; elle perd en même temps sa

ARGILES.	SILICE.	ALUMINE.	OXYDE ferrique.	CHAUX.	MAGNÉSIE.	EAU.
Devonshire	49,60	17,40	0,00	0,00	0,00	11,20
Harford	65,24	25,23	1,52	1,24	0,00	7,52
Hesse	47,50	34,37	1,24	0,50	1,00	14,50
Hoehiltz (Saxe)	48,25	36,60	2,75	0,00	0,00	14,00
Abondant, près Dreux	50,60	35,20	0,40	0,00	0,00	13,10
Arcueil	62,14	22,00	3,09	1,68	0,00	11,01
Yanvres	51,84	26,10	4,91	2,25	0,23	14,58
Dourdan	60,60	26,39	2,50	0,84	0,00	9,20
Forges-les-Eaux	65,00	24,00	0,00	0,00	0,00	11,00
Gaujac	46,50	38,10	0,00	0,00	0,00	14,50
Coblentz	66,70	24,00	1,20	0,00	1,20	6,75
Montcreau	64,10	24,60	0,00	0,00	0,00	10,00
Nevers	62,50	23,15	0,00	2,30	0,00	12,65
Provins	50,95	34,45	1,62	4,75	1,80	12,60
Strasbourg	66,70	18,20	1,60	0,00	0,60	12,00

plasticité, que le broyage le mieux fait ne peut lui redonner. Brongniart admet que les argiles véritablement plastiques et privées d'eau contiennent en moyenne 57,42 p. 0/0 de silice sur 42,58 p. 0/0 d'alumine, ce qui correspond à la formule $Al^2 Si^3 = 2Al^2 O^3, 3SiO^2$. Hors de cette composition, il y a un excès de silice ou d'alumine.

2° *Terres à pipes*. — Les terres de pipe sont des argiles plastiques pures et blanches, dont les types sont les argiles de Montereau (Yonne), de Devons-hire (Angleterre).

3° *Argiles figulines*. — On donne le nom d'argiles figulines aux argiles plastiques communes, liantes, mais moins tenaces que les argiles plastiques elles-mêmes. Elles contiennent toujours un peu de calcaire, un maximum d'environ 5 à 6 p. 0/0. Elles sont colorées par la présence de l'oxyde ferrique hydraté; aussi elles rougissent ou jaunissent par la cuisson sans se fondre. Exemples : argiles de Nevers, Provins, Vanvres, etc.

4° *Argiles calcaires*. — Ces argiles communes contiennent de 20 à 25 p. 0/0 de calcaire, elles sont fusibles à une haute température, et impropres à la fabrication des poteries. Elles servent dans la composition des pâtes céramiques comme ingrédients dégraissants, ou pour empêcher la pâte de se fendre au feu; elles donnent aux faïences la propriété de recevoir plus facilement et plus également l'émail ou couverte.

5° *Marnes*. — Les marnes sont des argiles calcaires qui contiennent de 40 à 50 p. 0/0 de calcaire; elles se délitent ou tombent en poussière par l'action de l'air.

On les emploie en agriculture pour amender les terres froides, c'est-à-dire celles où le sable domine.

6° *Argiles ocreuses et ferrugineuses.* — Ces argiles sont colorées en jaune ou en rouge par des proportions d'oxyde ferrique plus ou moins considérables.

Dans les argiles ferrugineuses jaunes, l'oxyde ferrique est à l'état d'hydrate, elles en contiennent environ de 10 à 15 p. 0/0; elles passent aux ocres proprement dites employées comme couleur.

Dans les argiles ferrugineuses rouges, le fer est à l'état d'oxyde ferrique anhydre; lorsqu'elles sont très-chargées de cet oxyde, elles constituent la sanguine, les rouges de mars, les terres bolaires ou les bols. La sinopite ou bol d'Arménie était employée en médecine, on s'en sert en peinture.

Les mines d'ocre, exploitées en France, sont : 1° à Vierson (Cher); 2° à St-Pourcain, près d'Auxerre (Yonne); 3° à Saint-Amand.

7° *Argiles bitumineuses.* — Argiles plombagines. Ce sont des mélanges d'argile, de bitume ou de charbon minéral, fortement colorés en noir ou en brun.

Quand ces argiles sont infusibles et bitumineuses, on les emploie à la fabrication des creusets qui servent à la préparation de l'acier fondu : le charbon, en brûlant, rend les creusets poreux. Ces creusets peuvent supporter ainsi, plus facilement que les creusets ordinaires, le passage incessant d'une température élevée à la température ordinaire et réciproquement (exemples : Bavière, Sheffield (Angleterre)).

CARACTÈRES GÉOLOGIQUES. — Les argiles ordinaires paraissent être le résultat de la décomposition ou de la destruction des éléments des roches anciennes, dont les parties très-divisées sont restées longtemps en suspension dans l'eau, avant de se déposer

sous forme de vases. Leurs couleurs sont très-variables ; parfois, elles sont irisées, comme celles qui accompagnent les gîtes de sel gemme ; d'autres fois, elles sont disposées en couches minces, offrant des colorations diverses. Les argiles se montrent dans tous les terrains sédimentaires, mais principalement dans les plus récents, et surtout les moins modifiés par les causes ignées : on en voit dans les terrains jurassiques, crétacés ; mais c'est principalement dans les terrains tertiaires que se trouvent les plus remarquables gîtes d'argiles exploitées.

M. Brongniart a désigné sous le nom d'argile plastique, celle qui se trouve à la base du terrain tertiaire des environs de Paris ; les plus estimées sont celles d'Arcueil, d'Abondant, près de Dreux, de Forge-les-Eaux, de Bollène (Vaucluse), de Vanvres, Gentilly, Vaugirard, de Provence, du Languedoc, etc.

A l'étranger, on cite les argiles plastiques de Christchurch, dans le Devonshire (Angleterre), de Stourbridge, celles du pays de Hesse.

CARACTÈRES TECHNOLOGIQUES. — Les argiles à poteries servent à la fabrication des creusets, des pots de verrerie, des cazettes à cuire la porcelaine, des pipes, de la faïence fine, des poteries fines. Pour ces diverses fabrications, on fait usage des argiles plastiques.

On fabrique à Canéjan (Gironde), avec les argiles des landes de Bordeaux, des briques réfractaires et des creusets d'une qualité égale, au moins, aux mêmes produits de l'Angleterre et de la Belgique.

Pour les poteries grossières, les tuiles, les carreaux, les briques, on emploie les argiles figulines et les argiles marneuses et ferrugineuses.

Les poteries vernissées, vertes, jaunes et brunes se fabriquent avec une pâte composée de :

Sable	20
Argile plastique.	80

Les vernis colorés sont composés de :

	Jaune.	Brun.	Vert.	Noir.
Litharge	70	64	65	60
Argile de Vanvres	16	15	16	13
Oxyde surmanganique.	•	6	4	6
Battitures de cuivre	•	•	3	•
Oxyde cobaltique.	•	•	•	4

La faïence commune se fabrique avec une pâte composée de :

	Pâte blanche.	Brune.
Argile plastique	8	30
Marne argileuse verdâtre	35	32
Marne calcaire blanche.	28	10
Sable impur et marneux.	28	28

L'émail est composé de :

	Émail dur.		Tendre.	
Calcine. { Plomb. 77. }	44	Calcine. { 82 }	47	•
{ Etain. 23. }				
Minium.	2			•
Sable de Nevers.	44			47
Sel marin.	8			3
Soude d'Alicante.	2			3

La pâte de la faïence fine se compose de :

Argile de Montereau lavée.	56
Kaolin lavé.	27
Silex ou sable broyé.	14
Pegmatite	3

Le vernis se prépare en fondant :

Feldspath altéré.	40
Minium.	23
Borax.	23
Carbonate sodique sec	14
Cobalt	2 ou 3 mill.

(Salvetat.)

2° ARGILES SMECTIQUES. TERRES A FOULON.

CARACTÈRES PHYSIQUES. — Les argiles smectiques ou terres à foulon sont homogènes, savonneuses ou onctueuses au toucher. Leur cassure est inégale, passant à la cassure esquileuse. Leur éclat, dans la cassure fraîche, est assez vif ; souvent même alors, elles sont translucides sur les bords. Sous le frottement de l'ongle, elles peuvent prendre un poli d'un certain éclat.

Les argiles smectiques sont d'une teinte gris verdâtre, parfois, elles prennent une couleur jaunâtre par la présence de l'oxyde ferrique. Elles sont très-tendres, se coupent avec facilité comme un morceau de cire, elles happent à la langue ; mises dans l'eau, elles se fragmentent et ne forment pas de pâte liante, elles sont impropres à la fabrication des poteries ; au feu, elles se gercent, se déforment et se fondent avec facilité. Chauffées dans un tube, elles bouillonnent, se dessèchent et tombent en poussière ; leur densité varie de 2,3 à 2,5.

CARACTÈRES CHIMIQUES. — Les argiles smectiques contiennent de 22 à 25 p. 0/0 d'eau ; elles sont solubles ou attaquables presque en entier par les acides ; elles ont une grande affinité pour les matières grasses avec lesquelles, en se combinant, elles forment un savon terreux. Au chalumeau, elles fondent en un émail d'un gris verdâtre, elles sont composées en moyenne de :

Silice.	de 45 à 50 p. 0/0
Alumine	de 18 à 25 —
Eau.	de 22 à 25 —

CARACTÈRES GÉOLOGIQUES. — Les argiles smectiques forment des couches au milieu des terrains jurassiques

et crétacés (exemples : à Reigate, en Angleterre, en Silésie, en Normandie).

CARACTÈRES TECHNOLOGIQUES. — Dans les arts, on emploie l'argile smectique ou terre à foulon pour enlever aux laines, aux draps et autres étoffes en laine, l'huile que l'on mélange avec la laine pour la tisser plus facilement. On place les pièces de drap avec la terre à foulon dans des auges remplies d'eau, et on les y foule jusqu'à ce que l'argile ait absorbé tout le corps gras.

Les dégraisseurs emploient aussi les argiles smectiques pour nettoyer les étoffes.

3° ARGILES CHIMIQUES.

CARACTÈRES PHYSIQUES. — Les argiles chimiques présentent, en général, l'aspect d'un précipité chimique ; fraîchement extraites du sol, elles sont fortement translucides, souvent même presque transparentes ; rarement, elles deviennent complètement opaques. Leur cassure est unie, presque esquilleuse ; leur aspect est savonneux, un peu éclatant ; elles acquièrent un éclat assez notable par le frottement ; en présence de l'eau, elles ne se délitent pas, mais elles absorbent ce liquide et deviennent plus transparentes ; elles n'ont aucune plasticité.

CARACTÈRES CHIMIQUES. — Ces argiles sont attaquables par les acides, et abandonnent de la silice gélatineuse ; leur composition variable est comprise dans les limites suivantes :

Silice	{	de 40 à 60 p. 0/0
		de 22 à 30 —
		de 14 à 15 —

Alumine.	{	de 22 à 36 p. 0/0
		de 26 à 32 —
		de 42 à 43 —
Eau.	{	de 16 à 40 —
		de 30 à 40 —
		de 40 à 43 —

Les minéralogistes ont donné les noms de collyrite, allophane, halloysite, lithomarge aux diverses variétés des argiles chimiques.

CARACTÈRES GÉOLOGIQUES. — Les argiles chimiques accompagnent généralement certains oxydes métalliques ; elles se trouvent en filons ; leur formation est due à la même cause qui a donné naissance aux minerais métallifères qu'elles accompagnent en salbandes dans les filons, par conséquent, à des actions chimiques.

La lithomarge est une variété d'argile plus ou moins réfractaire, ordinairement blanche, qui se trouve en rognons au milieu des basaltes et en filons dans les porphyres, les serpentines, ou forme les salbandes de certains filons métallifères.

Voici les caractères distinctifs des variétés d'argiles chimiques :

- | | | |
|---|---|--|
| 1 | { | a. Substance d'un blanc laiteux ou teintée de gris, rose ou brun, soluble dans les acides, compacte, tendre, douce au toucher, fusible au chalumeau. Halloysite. |
| | | b. Infusible au chalumeau. 2 |
| 2 | { | a. Couleur variable, teintée de rose, gris, vert, brun, éclat et translucidité de la cire, soluble en gelée dans les acides. Allophane. |
| | | b. Couleur blanc pur ou teintée de verdâtre ou de bleuâtre, ressemblant à de la gomme ou de l'empois desséché, soluble en gelée dans les acides. Collyrite. |

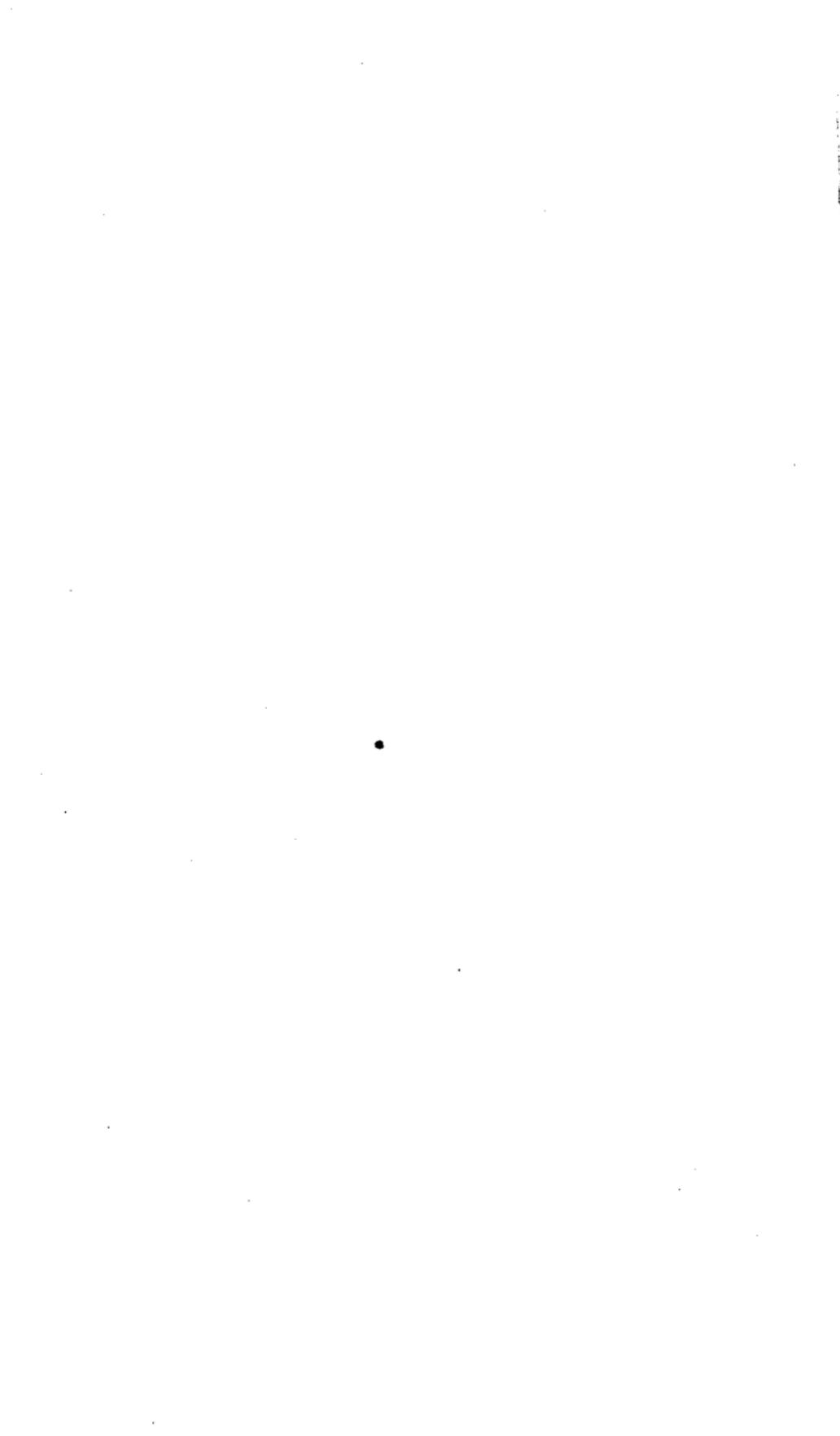


TABLE DES MATIÈRES

DE LA PREMIÈRE PARTIE.

	Pages.
Avertissement de l'auteur.	VII

LIVRE PREMIER

PROPRIÉTÉS GÉNÉRALES DES MINÉRAUX.

CHAPITRE I.

Définitions des termes et généralités.

Histoire naturelle.	1
Géognosie.	2
Corps vivants et corps bruts.	3
Tableau des corps simples.	5
Minéral.	6
Roches.	7
Espèce minéralogique.	9
Molécule physique et chimique.	9
Minéralogie	12
Caractères des minéraux.	13

CHAPITRE II.

Caractères géométriques des minéraux ou cristallogie. Cristallographie comparée ou morphologie minérale.

Cristallogie	16
Cristal. Cristaux.	17
Éléments des cristaux.	18
Mesure des angles-goniomètres.	21
Formes cristallines.	26
Axes cristallins. — Centre d'un cristal.	33
Systèmes cristallins.	38

Clivage.	40
Modifications, troncatures, biseaux, pointements.	41
Dérivations.	44
Symétrie. — Loi de symétrie. — Homoédrie.	45
Dissymétrie. — Héliédrie.	48
Notations symétriques.	54
Progressions symétriques.	55
Loi de rationalité des axes.	56
Notation axiale.	59
Tableau des systèmes cristallins.	64
Système cubique.	67
Système cubique à formes homoèdres.	68
Dérivations.	71
Formes héliédres. Sous-système tétraédrique.	76
Sous-système hexa-diédrique.	80
Système quadratique. — Système quadratique à formes homoèdres.	83
Sous-système sphénoédrique.	86
Dérivations. — Formes homoèdres.	87
Formes héliédres	93
Système ortho-rhombique.	94
Système ortho-rhombique à formes homoèdres.	96
Sous-système sphéno-rhombique.	98
Dérivations. — Formes homoèdres.	98
Système hexagonal.	105
Système hexagonal à formes homoèdres ou di-hexaédrique.	106
Sous-système rhomboédrique.	108
Sous-système trigonal.	110
Dérivations. — Formes homoèdres.	111
— Formes héliédres.	115
Système clino-rhombique.	117
Dérivations. — Formes homoèdres.	119
Système clino-édrique.	122

Cristallogénie.

Noyau. — Molécule cristalline. — Accroissements.	124
Analyse des cristaux	125
Décroissements	127
Cristallisation	129
— par voie humide.	129
— par voie sèche.	133
Relation entre la forme et la composition. — Isomorphisme.	135
Dimorphisme.	136
Monstruosité minérales.	137
Mâcles. — Hémitropies.	139

CHAPITRE III.

Caractères physiques des minéraux.

Signalements organoleptiques, couleur, saveur, etc.	140
— extérieurs, cassure, éclat, dureté.	144
Echelle de dureté.	147
Densité	149
Signalements calorifiques. — Conductibilité.	151
Signalements électriques. — Pyro-électricité.	157
Magnétisme	161
Phosphorescence. — Fluorescence.	162
Signalements optiques. — Réfraction	164
Polarisation	169
Reconnaitre si une substance est bi-réfringente.	172
— possède un ou deux axes.	173
Polychroïsme.	178
Astérisme	180

CHAPITRE IV.

Caractères chimiques des minéraux.

Recherche de l'élément électro-négatif.	182
— électro-positif.	186
Caractères pyrognostiques des bases métalliques.	188
— hydrognostiques des bases métalliques.	193
Formules minéralogiques.	197
Conversion des formules.	198

CHAPITRE V.

Caractères géologiques des minéraux.

Gisements des minéraux : couches, amas, filons.	199
Gangue-minerai	201
Formation des filons.	203
Formation artificielle des minéraux cristallisés.	205
Gites métallifères.	208

CHAPITRE VI.

Classification des minéraux.

Classification de Beudant.	212
— de Werner, Haüy, Dufrénoy.	213
— adoptée dans cet ouvrage.	214

LIVRE DEUXIÈME.

DESCRIPTION DES ESPÈCES MINÉRALES.

CHAPITRE I.

Première famille : géogénides. — Caractères des genres de cette famille	219
Oxygène	220
Hydrogène	223
Eau	225
— solide ou glace	226
— liquide	229
Eaux minérales	234
Eau gazeuse	236
Acide sulfhydrique	237
— chlorhydrique	241
Hydrogène carboné	243
Phosphure d'hydrogène	246
Ammoniaque	247
Tableau résumé des espèces du genre hydrogène	249
Azote	250
Carbone	251
Diamant	252
Graphite	275

CHAPITRE II.

Appendice au carbone : organolithes.

Carbonides, combustibles minéraux	280
Anthracite	285
Houille	290
Classification des houilles	294
Caractères technologiques	301
Lignite	306
Tourbe	313
Tableau-résumé des espèces du genre carbone	319
Bitumides ou hydrocarbures	320
Huiles minérales. — Huile de pétrole	321
Naphte	330
Asphalte. — Bitume	333
Résinides. — Succin	338
Salorganides. — Guano	340
Deuxième famille : silicides. — Silicium	343
Quartz	344
Tableau résumé des variétés de l'espèce quartz	358

CHAPITRE III.

Sous-classe des silicates.	359
Division des silicates	361
Silicates alumineux. — Disthène.	363
Andalousite	366
Staurotide	369
Tableau-résumé des espèces.	371
Silicates alumineux hydratés.	371
Argiles en général.	372
Kaolin.	373
Argiles impures.	379
— ordinaires ou à poteries.	380
— smectiques.	387
— chimiques.	388

FIN DE LA TABLE DE LA PREMIÈRE PARTIE.



ERRATA DE LA PREMIÈRE PARTIE.

Page	29, ligne 22,	<i>au lieu de</i>	rpismatiques,	<i>lisez</i>	prismatiques.
—	71, — 22,	—	scolénoèdres,	—	scalénoèdres.
—	83, — 11,	—	rectangulaires c,	—	rectangulaires a.
—	131, — 5,	—	rhomboïda,	—	rhomboïdal.
—	143, — 16,	—	tendus,	—	tendres.
—	153, — 33,	—	fond à 42°,	—	fond à 500°.
—	176, — 27,	—	porgasite,	—	pargasite.
—	176, — 33,	—	dysthène,	—	distène.
—	176, — 34,	—	bissectures,	—	bissectrices.
—	177,	—	andalousite 4° système,	—	andalousite 3° système.
—	188, — 26,	—	recomposent,	—	décomposent.
—	197, — 23,	—	F ⁵ O ⁴ ,	—	Fe ⁵ O ⁴ .
—	198, — 7,	—	Al O ⁵ ,	—	Al ² O ⁵ .
—	203, — 23,	—	points,	—	pointes.
—	207, — 2,	—	berzelitte,	—	berzeliite.
—	236, — 35,	—	0,522,	—	0,622.
—	237, — 23,	—	carboniques,	—	carbonique.
—	237, — 24,	—	sulhydriques,	—	sulhydrique.
—	237, — 31,	—	16 équivalents,	—	16, équivalent.
—	237, — 32,	—	17 équivalents,	—	17, équivalent.
—	274, — 25,	—	au carbonite,	—	ou carbonite.
—	363, — 7,	—	sulfuriques,	—	sulfurifères.

