

Minéralogie
Cours de M. Douxamié
1903-1904 - I

A. Brugué

Cambridge Univ. Book

Contains 120 leaves

DUVAL-CUILLOT, 37, rue Neuve - LILLE

Handwritten text, possibly a title or header, located in the lower-left quadrant of the left page.

Several lines of faint, illegible handwritten text located at the bottom of the left page.

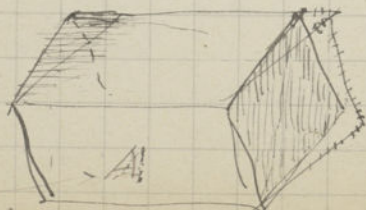


Notion de l'état cristallin
Matière organisée et inorganisée

Etat amorphe et état cristallin.

Possibilité d'états cristallins dif-
férents pour une même matière.

Exemple: le calcaire



Rhomboèdre de spath d'Islande

Graphique

Généralités sur la Cristallographie

On distingue la matière en deux gds catg:
organisée, inorganisée.

Primat. inorganique, deux états: l'état
amorphe (état vitreux) et l'état cristallin.

Les minéraux ou les éléments des roches
se manifestent d'abord par leurs caractères extérieurs.

Mais des corps qui au premier abord sont les
mêmes, se présentent à l'analyse chimique sous
deux aspects différents: soit différents.

Ex: le calcaire qui fait effervescence et
est rayé par acide, se présente ^{cristallin} sous deux formes
sans ressemblance: spath d'Islande - et
aragonite

Le spath d'Islande est un cristal terminé par
des faces très régulières, qui sont des lozanges ou
rhombes -

Qu'on essaye de le briser en deux, c'est impossible.
Les morceaux obtenus se rejoignent en produisant le grand
cristal. Note de un mot, les gharins

aragonite

crise

La forme cristalline

Possibilité de formes de passage
De l'état vitreux à l'état cristallin
La diversité pour chaque minéral

Possibilité de formes de passage entre
la forme vitreuse et la forme cristalline

Les éléments de la forme cristalline
Les éléments de la symétrie

nuances de ces éléments

soient encore des rhomboïdes.
Enfin si on regarde à l'amer, on voit double :
c'est la birefringence.

Au contraire l'aragonite qui est du calc a une
à présente sous formes prismes à six faces (hexagonaux)
si on les brise on obtient types des petits prismes
hexagonaux.

Il est donc certain que la matière n'est pas
d'une pureté de min. pour les deux : Les molécules
(+ petit part de la mat) ne sont pas disposées le même.
Lacune : c'est du calc, mêmes caractères chimiques,
mais c'est substance amorphe plus de rhomboïdes
ou de prismes.

Dans cet état crist. se trouve par un degré
spécial de la matière, c'est donc l'état le plus
pur.

Les minéraux sont généralement cristallins :
chaque minéral revêt caractéristique pour une forme
spéciale extérieure. De ces formes, on les
trouve si nous recourons des différents de
symétrie.

En réalité il n'y a pas de séparation
à tranches entre matière amorphe et cristalline,
il y a des transitions & la nature vitreuse a de
vrais cristaux (Anatolite)

Cet état amorphe de la matière se manifeste
généralement pour les minéraux cristallins se
présentent sous les formes cristallines polyédriques
De ces polyèdres on obt. les éléments de
symétrie.

Soit un cube verre, cristal roche, quartz,
slande : ils ne sont pas cristallins parce que
soit un cube : le verre n'est pas cristallin
Comment s'en apercevoir ?

Se les chauffe à min. température : Soit

2) La diversité des coeff. de dilatation
sur les directions

3) La diversité des coefficients de conduc-
tibilité thermique

4) La diversité ~~des~~ des coefficients de
conductibilité électrique

5) Les plans de clivage

6) La diversité de direction sur les faces

— Fondement de ces éléments: l'identité
de disposition des molécules suivant
des directions parallèles.

Dilatent. Le cube de verre avec un engrenement
de volume, mais c'est encore un cube: Au contraire
avec des moindres précises, on voit le c. cristal
rocher et le c. spathe irlande, et de là subit
cristalline (sans le syst. cubique) perdant tout
pour des cubes: La dilatation thermique cristalline
n'est pas la même de l'été direct: on ^{est} trouve coeff.
dilat: un très grand, un très petit, et un
moyen.

Quatre propriétés distinctes:

Coups de lame: verre, fer, cristal: on y
dépouille même épaisse cire, on fait fondre
en mettant au milieu de la pl. une lige
verre rouge: syst. verre, fer, cire fondra
en figurant cercle. Pour les syst. cristallins
sans syst. cubique, la cire se fendant
avec ellipse: sur une direction la plus grande
d'axe plus grande que sur l'autre: fig. de
verre et subit crist.

De même direct. élect. et il n'est pas la
même de tous les sens.

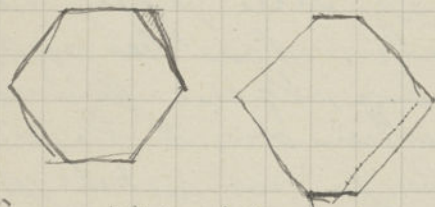
De même caract: on peut tailler un bloc
de verre d'un sens quelc. - au contr. une
plaque de verre ou spathe d'Irlande: il y
a des direct. sur q. le cristal se coupe plus
facilement: des plans de clivage.

La direction varie ^{ou s'oppose} sur les faces du cristal,
ou que verre avec dur sur les faces.

Cette propriété est très importante: c'est sur
cristallogr. qu'on a fondé l'analyse qui n'y avait
pas rapport: Partant en étudiant ces cristaux
de tartrate rouge, a trouvé les microbes

Dans un cristal la répartition des moléc.
matière varie sur directions: cette disposition
doit rester la même sur des directions parallèles.

1^{er} loi (Horné de l'Isle) - loi de la croissance des cristaux.

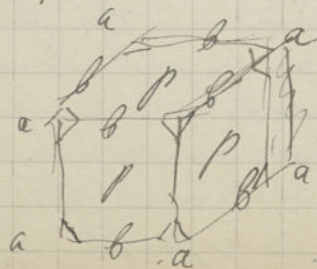


Formes cristallines identiques

La forme cristalline essentielle
Elle réside dans la valeur des
angles.

La forme cristalline simple

2^{es} loi (Haüy) - loi des modifications multiples.



Loi d'Haüy

Les faces de deux axes parallèles seront les mêmes:
une seule variété y sont développées.
Déclivité, dureté, etc.

Les arrangements qui peuvent se produire dans
la matière cristalline ont une origine à une
imprévisibilité de formes.

C'est cette dépendance des molécules sera
caractéristique des cristaux cristallins.

Si on prend un cube en un cristal
il n'est pas un cube ordinaire: si le minéral
qui se développe (se nourrit) est gêné, par
une paroi voisine, il ne se développe pas
de ce côté: ainsi un cristal quartz formé sur une
paroi d'une mine que d'un front, il n'a que
même cristalline il en a de trois côtés.

est hexagonal, angle 120° - 6 côtés
différents, encore régulier en cristal, quoique ses
angles sont aux 120°. Comme un cube habituel,
ce qui prévaut dans un cristal est non forme générale
mais valeur des angles du cristal, et en particulier
angle de deux faces, les angles de faces.

Les formes cristallines mentionnées ne sont pas
si simples. Mais il faut se rappeler de ne
pas rendre compte de la f. simple.

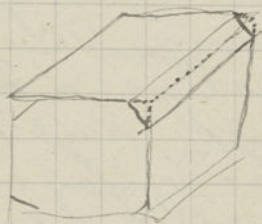
En effet les 1^{ers} cristaux connus à la
grande loi d'Haüy:

pour un élément d'un cristal simple est modifié
pour les éléments homologues seront modifiés de
la même façon.

Ex: cube à faces p. Les faces sont homologues
pour les sommets sont homologues a -
les arêtes (12) sont identiques b.

La loi d'Haüy est vraie, si un cristal
modifié, les angles modifiés de son face,
de même arête.

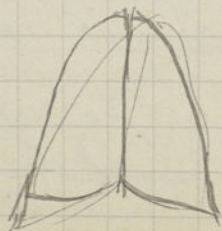
Comment les formes compliquées
se ramènent aux formes simples



à étudier dans les
Caractères des cristaux

1. Caractères géométriques

a) forme cristalline et
éléments de symétrie



b) macles

Ami sup qu'un cristal ou se produisant
apparaître par un net, et qu'on trouve
du lieu de lui une troncation ou petite
facette; tous les autres nets se ressemblent
^{un de ces de même} ~~les~~ et si on mesure l'angle de cette facette
avec une des faces p, cet angle sera celui
pour tous les faces p - De même à tous
les nets a.

Si on exagère ces facettes, ^{de l'axe z} on passe facilement
à un solide à huit faces, un octaèdre: on
voit en effet un octaèdre dérivé d'un cube:
de sorte que ces deux corps appartiennent
au même système cristallin.

De même d'un cube on remplace une
arête par une face: on obtient que cette face
est également inclinée sur les 4 faces du cube;
et que les 4 arêtes du cube se voient remplacées
par des faces: d'où l'on a alors un cube avec
12 faces.

Un net du cube rempli par deux faces,
deux troncatures: de même les autres, etc.
Les cristaux présentent autre caractère
symétrique, cristallin - d'autres caractères:
1. des caractères géométriques: il faudra
reconnaître la forme primitive du système
cristallin: cela revient à déterminer les
éléments de symétrie d'un cristal.

~~pour le reconnaître~~ si le cristallin est
un cristal simple ou résulte de la
 juxtaposition de plusieurs cristaux:
en gypse on forme de fer de lance ou
pied d'échalote: c'est l'assoc de deux
cristaux
qui ont reçu le nom de macles
Or les cristaux d'assoc d'assoc.

c) plans de clivage

d) pseudomorphose

2. Caractères physiques

a) densité

b) dureté

c) propriétés optiques

d) propriétés magnétiques

e) propriétés électriques

3. Caractères extérieurs

a) état d'agrégat

b) transparence ou opacité

c) couleur

d) éclat

e) configuration externe

La direction de clivage n'est q. les cristallites
 canent plus faiblement. anné l'anneau ont deux
 directions: parallèle à l'axe de l'axe, et un perpendiculaire
 Mais il arrive souvent que les cristallites
 s'enchevêtrent: Or les cristaux de Fontainebleau on
 rencontré des cristallites de spaths: ils ont les
 angles. à l'analyse chimique, c'est de la silice
 hydratée. On a reconnu que le cristallite était
 en réalité forme d'un calcaire, qu'on avait
 la forme et rempli de grains de silice:
 c'est une pseudomorphose.

Les boules de pyrite de fer, longue et
 la pyrite est transformée en oxyde de fer, l'oxyde
 donne la forme de la pyrite: pseudomorphose.

2. A côté d'elles les caractères physiques:
 la perméabilité spécifique, densité.
 On peut tout d'un coup remarquer par le poids:
 par les mesures spécifiques
 la dureté: le diamant est le plus dur
 qu'on se souvienne à l'usage: il y a dix noms à
 noter.

— Les propriétés optiques: couleur, diffraction,
 ou autre, etc.

— Les propriétés magnétiques: en Allemagne,
 Bohême indique colle de baraille la + rouge,
 car la baraille est du fer.

— Les propriétés électriques: les cristaux qui
 chauffent: un bout est chauffé et l'autre se refroidit
 3. En plus caractères extérieurs.

Couleur: état d'agrégat: crasse,
 argente, argile, état d'agrégat
 la transparence ou opacité
 opacité couleur: la couleur, bleue ou
 éclat: verre, diamant
 configuration externe: les

de saueur, odeur, tact.

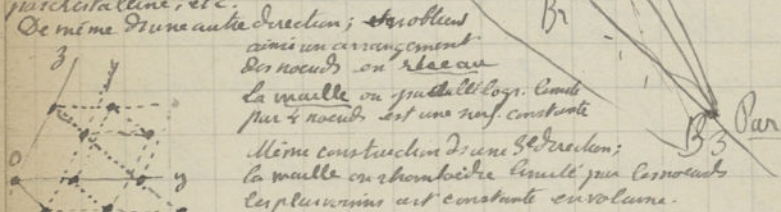
Caractères géométriques des crist. Les plans et Les plans

La molécule cristalline est l'état divisionnaire ultime de la matière cristalline

Hypothèse des réseaux (Boscovich et Halland)

On croit que la forme cristalline n'est qu'une propriété de la matière. Le fondement doit en être dans la nature intime de la molécule.

Soit un point, ou nœud; d'une direction, il y en a un autre, les rapports, sont les mêmes pour toutes, à une certaine distance. A la même distance, il y en a forcément un 3^e qui a les mêmes propriétés, selon la matière ne soit pas cristalline; etc.



De même d'une autre direction; et on obtient ainsi un carré, c'est-à-dire des nœuds, on réécrit la maille ou quadrilatère. C'est pour 4 nœuds, est une surf. constante.

Même construction d'une 3^e direction; la maille en rhomboïde. C'est pour 8 nœuds, les plus voisins est constante en volume.

On 3 nœuds quelc. on peut faire passer un plan réticulaire. Mais dans les cristaux, tous les plans réticulaires possibles n'existent pas, il n'y en a que quelques uns qui sont les simples. On ignore la raison du fait, quelc. correspond à une propriété intrinsèque de la matière cristalline.

Rangée moléculaire

Axe du cristal

Paramètres du cristal

Plan réticulaire

son symbole:

1 plan quelconque

3^e loi (Haüy): Les caractéristiques entières et proportionnelles conséquence: la matière cristalline a les mêmes propriétés sur les faces parallèles.

structure, & usure.

saueur et odeur. poids spécifique; résine, amorce; pétrole.

— Dans un cristal la matière est distribuée de manière régulière, sans faire d'exception à l'égard des molécules: mais la molécule même n'a pas symétrie, qui se refuse à la cristallisation. On peut donc choisir un molécule, O, et à part d'elle on se dispense de manière régulière d'autres molécules.

On peut dire qu'il y a une molécule A₁, A₂, A₃, etc. c'est une rangée moléculaire.

Si de la voisine de O il y a d'autres molécules, B₁, c'est une seconde B₂ si même distance etc. 2^e rangée de molécules.

Enfin sur 3^e direction, d'un plan O, on peut mesurer 3^e direction de molécule C₁, C₂, C₃.

On peut très facilement trouver ainsi trois directions qui servent à l'axe du cristal sur à les trouver de la manière la plus simple.

a, b, c représentent les distances entre les paramètres du cristal. Par 3 molécules quelconques, on peut faire passer un plan.

Ce plan contiendra un 2^e n. d'autres molécules qui seront les paramètres A₁, B₁, C₁, etc. les uns par rapport aux autres.

Ces points passent par des points moléculaires s'appellent plans réticulaires.

Comment le désigner? Soit le plan B₃ C₃ A₂: il coupe OC à 3 fois c, OA à 2 fois a, OB à 3 fois b. De manière générale, un plan réticulaire a pour symbole m a, n b, p c, m n p étant nombres entiers, caractéristiques.

C'est fait que un tel plan passe par des molécules.
 C'est un cas m n y - suit généralement très simple.
 Dans les syst cristallins
 On a l'habitude de les représenter un peu
 différemment. On supposera que l'un des paramètres
 est soit pris pour unité, alors le symbole
 deviendra

ma, n, pc

Rappelons un cas fréquent: Un plan réticulaire
 sera un plan parallèle à une arête, OC.
 Il ne rencontrera pas OC. Donc le paramètre
 relatif à OC sera infini; pour et:

$\frac{a}{1}, \frac{n}{\infty}, \frac{c}{\infty}$

Qu'on imagine d'un plan parallèle à
 un des plans AOB; il les rencontrera
 dans l'infini, il aura pour symbole

$\frac{a}{1}, \frac{n}{\infty}, \frac{c}{1}$

Ces sont les 3 cas: 1) quel, par un axe,
 parall à deux axes.

Parmi tous les plans réticulaires d'un cristal, les
 plus espacés sont les plus rapprochés des autres
 que d'autres. Les plans les plus espacés sont
 les plus espacés dures de la cristall.
 Au contraire les plans les plus rapprochés sont
 les plus espacés sont les plans de moindre
 résistance, c'est-à-dire ces faces qui se
 défont plus facilement.

Dans un cristal les plans de
 clivage sont les plans de moindre résistance
 ou les plus espacés. Les
 autres.

— un cristal est un solide qui jouit d'une
 certaine symétrie.
 D'un cristal, l'équilibre se fait
 autour d'un point central.

2) plan parallèle à un axe

3) plan parallèle à deux axes

Plans de clivage

Une face d'un plan réticulaire est caractérisée
 par deux propriétés: densité et cohésion.

Densité: elle est déterminée par le n. de noeuds qu'elle
 contient, elle exprime qu'il y a 2 de molécules sur une face.

Cohésion: c'est la distance qui se joue deux plans réti-
 culaires parallèles.

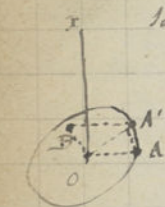
La cohésion et la densité sont en raison inverse: on
 peut donc facilement se procurer de nouvelles faces parallèles
 lorsqu'un des deux est grande: ces faces correspondent
 à un plan de clivage.

Éléments de symétrie

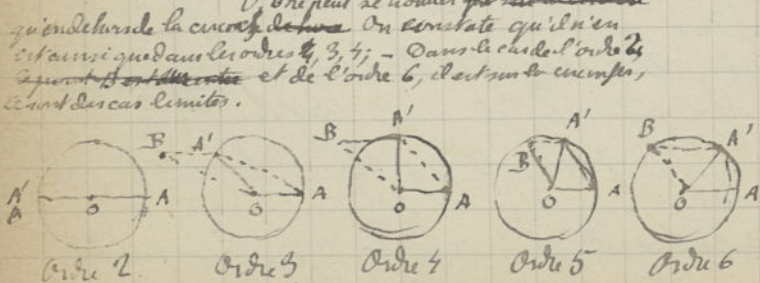
Centre de symétrie

2. Axes de symétrie

Récurrence d'axes de symétrie que d'ordre 2, 3, 4, 6.



Soit A le noeud le plus voisin du point O (O est l'axe de rotation). Je fais tourner le cristal jusqu'à ce qu'il se reproduise à l'endroit: A est venu en A'; A' est un second noeud. Soit A'B parallèle à OAB est un parall. à AA'. Le point B est un 2^e noeud, c'est un point multivalués du cristal, obtenu comme A est le noeud le plus voisin du point O. On ne peut se trouver par rotation que qu'en dehors de la courbe de l'axe. On constate qu'il n'en est ainsi que dans les ordres 2, 3, 4; - Dans le cas de l'ordre 2, le point B est identique et de l'ordre 6, il est un 6^e noeud, c'est un cas limite.



Ordres d'axe de sym.

(L₂)

(L₃)

(L₄)

(—)

Ceci indique que de tous les cristaux en général il existe un centre de symétrie c'est un pt tel que les molécules qui s'alignent sont opposées correspondent l'à l'autre.

Le second élément de symétrie d'un cristal est les axes de symétrie. Une axe est une ligne imaginaire, une droite telle que le cristal se reproduit tel qu'il est lorsqu'on fait tourner le cristal d'un certain angle autour de cet axe.

Soit le cube; on le fait tourner de 50°, puis à plat, on retrouve le même cube.

Si on place autour d'une diagonale, faut tourner de 120°.

Autour d'une ligne passant par le milieu d'une arête, faut 180°.

Si c'est un cristal de système hexagonal, faut faire tourner de 60°.

Avec le cube, en faisant tourner 4 fois, ou 3 fois ou 2 fois - ont la position on a le même cristal.

On les désigne par un indice qui indique le n. de fois qu'on obtient le cristal identique. La symétrie s'explique par ce qu'il ne peut exister d'un cristal que les ordres suivants:

1) axe d'ordre binaire: L₂, axes tels qu'en faisant tourner de 180° on obtient le cristal.

2) axe d'ordre ternaire: L₃, on fait tourner de 120°: tels sont les axes passant par les diagonales du cube, ou par les hauteurs du tétraèdre.

3) Enfin axe d'ordre quaternaire, L₄, faut faire tourner le cristal de 90° pour obtenir un cristal identique.

Enfin on ajoute ment à ces axes les axes d'ordre secondaire, il faut faire tourner de 60° pour reproduire le cristal. Mais 6 = 2 x 3, c'est en réalité

Formule du nombre des faces possibles dans un système cristallin d'après son symbole

Un axe d'ordre p donne $p-1$ faces nouvelles par rotation

et n p $n(p-1)$
 n' p' $n'(p'-1)$

ce qui que les axes du système donnent le nombre de faces:

$$n(p-1) + n'(p'-1) \dots\dots$$

auquel il faut ajouter la face primitive comme point de départ:

$$1 + n(p-1) + n'(p'-1)$$

Le centre de symétrie donne une face nouvelle opposée

à chacune des faces précédentes:

$$2 + 2n(p-1) + 2n'(p'-1) \dots\dots$$

Application au syst. cubique: $3L_2, 4L_3, 6L_2, C$ Exceptions à la symétrie:

$$2 + 2 \times 3 \times 3 + 2 \times 4 \times 2 + 2 \times 6 \times 1 = 48.$$

Le syst cubique comporte donc un cristal à 48 fac.
 et à axes triad. S'il y a des molécules moins compliquées
 c'est que leurs faces sont des faces spéciales.

Plans de symétrie

π, L, \dots

les hémiedries
 Raison de ces exceptions.

un axe d'ordre 3 et un axe d'ordre 2 confondus
 sur la même ligne. ex: prisme hexag à b. fac.

Un 2^e élém sym décrivant aux rpt les
plans de symétrie (matrice égale et superposables)

ils passent par le centre, ils sont perpend
 aux axes de symétrie d'ordre pair:

il faut qu'ils passent par le centre.

Il y a donc autant plans symétriques qu'axes
 d'ordre pair

Les diff syst^{forme} seront ystrut caracté
 par les axes de symétrie et les plans
 de symétrie qu'ils possèdent.

Malheureusement ce n'est pas la symétrie
 des molécules, il y a des exceptions.

En effet les cristaux comme ceux des corps
 sont formés de molécules.

Et implicitement nous avons admis que de
 la molécule du cristal il devait exister les
 mêmes élém de symétrie que le cristal:
 La molécule cristalline doit avoir les mêmes élém
 que le cristal.

Supposons que la molécule soit un cube, un
 tétraèdre, un octaèdre, un icosaèdre, un dodecaèdre,
 et parmi ces octaèdres, leur face sera en
 général, mais les inst^{symétriques} peuvent
 paraître l'égalité.

Si on prend un tétraèdre on peut former
 avec un cube et un tétraèdre. Bien
 que ce pend. Les tétraèdres ne sont pas
 des cubes et octaèdres.

Il peut donc arriver que la molécule
 par la symétrie du cristal: très souvent
 cette absence de symétrie est trouée
 le cristal (mais peut-être pas toujours)

Si la molécule manque de centre, etc.

Absence du centre: hémiedrie holaxe

La formule du nombre des faces possible devient dans ce cas:

$$14n(n-1) + 2n(n-1) \dots$$

c.à.d dans le syst. cubique un cristal à 24 faces

Comme chaque face ^{demiface hémiedrie} manque de sa parallèle, à la même forme holaxie correspondent deux formes hémiedrie, en comprenant l'une est moitié des faces, l'autre l'autre moitié des faces, parallèles aux premières; ces deux formes ne sont pas superposables, mais l'une est l'image de l'autre dans un miroir: ce sont les formes droite ou gauche, et gauche ou négative

1/2 pyramide
à position non plan
de base

Cas où elle se manifeste

Absence des axes binaires: hémiedrie hémiaire

Dans cette hémiedrie, les axes binaires ne peuvent plus exister. Comme axes quaternaires ne peuvent plus exister. Comme axes binaires: on en fait un tour du cristal de 180° autour de l'axe ternaire, on retrouve une face parallèle: il y a donc un axe binaire parallèle à ces deux faces, et perp. à l'axe ternaire

non de voir, il en résulte que si ^{moléculaires} le cristal ne sera pas centré, donc qu'il n'y aura pas de plan ^{symétrique} qui passe par le centre. Les faces se correspondent plus à 2 par rapport au centre, et les cristaux à 2 centres plus que la moitié des faces qu'ils devraient posséder: c'est l'état crist. hémiedrie. Cette hémiedrie s'appelle holaxe puisque les axes sont absents.

Qu'est-ce qui arrive dans le cristal?

Si les faces sont parallèles aux axes, l'hémiedrie ne se manifestera pas: car on

peut ^{trouver} ~~trouver~~ retrouver des axes, on retrouve la face ^{ou en amoncelant des molécules, le hémiedrie d'un certain nombre, on peut arriver à bâtir un cube}

mais si on prend une face oblique, on ne la retrouve plus: l'hémiedrie se trouve surtout sur les faces inclinées non parallèles aux axes du cristal.

De même si on suppose que cette hémiedrie se manifeste ^{l'oblique} d'une face ^{oblique} inclinée: soit une petite facette à son sommet, il n'y en aura pas à l'autre sommet.

2. Il peut arriver que la molécule cristalline manque d'axes: elle est centrée à faces parallèles par le parallélisme de face quelc.

Dans cette hémiedrie il n'y aura pas d'axes binaires, car si on cube je coupe deux axes binaires, ils entraîneront l'existence ^{du plan de symétrie} de l'axe ternaire qui est leur intersection; la présence des axes binaires entraîne l'existence de deux plans symétriques?

Si le centre manque, on ne manque pas, et car:

cette hémiedrie sera pure expérimentale

Les deux cas

1) hémédrie hémaxe centrée :
parahémédrie
1/2 pyramide non orientée

2) hémédrie hémaxe non centrée :
antihémédrie
Particularité des hémédries non centrées
Cristaux droits et cristaux gauches

[valencite etc.]

Les seuls plans de symétrie qui peuvent exister
sont ceux perpendiculaires aux axes principaux, comme il
y en a toujours un centré. Le symbole est donc pour
le syst. cubique

3L₂ 4L₃ 6P

Notation des cristaux

Notation de Schaller
 $\frac{a}{m} \frac{b}{n} \frac{c}{p} = mnp$

L'autre l'hémédrie hémaxe ;
centrée si le centre existe, non centrée
s'il n'existe pas

D¹ le 1^{er} cas, chaque face aura sa face
parallèle opposée. La direction on vient sous
la grande Parahémédrie

D² le 2^e cas, pas de centre, une face a une
face sa parallèle, on aura des faces obliques.
Celle hémédrie se manifeste surtout dans les
sels cristallins par un phénomène impor-
tant :

pour que des hémédries ou pas de centre
à une face ne correspondent pas sa parallèle,
résulte qu'il y a de deux espèces
de cristaux.

Il s'agit de cristaux hémédrie non
centrée se manifeste en général par existence
de deux cristaux ayant trois faces, mais
différentes de manière diff. : cristal droit, cristal
gauche - ils ne sont pas superposables, mais
ant-symétriques l'un de l'autre.

Particularité : Il existe des cristaux se présentant
tous avec forme gauche, tous forme droite :
Particularité étudiée par moi : cela tient à
différence de compression de la ligne du
supérieur à 90° cristallin à rotation
en puissance ou octaèdre. De même cristallin
droit et gauche ont une introduction
cristallin droit ou gauche.

Comment représenter les cristaux ?
(De la collection notation de Schaller)
Les premiers notés sont Weiss, Hermann,
Miller, et Levy.
Notation de Miller comme à écarte le
symbole d'une face en écrivant entre

Notation de Lévy

faces: p m t
sommets a e i o
arêtes b c d f g h

Notation de Kaumann

O, P

Placé au centre du crible, ~~projeté~~ ~~des~~
Diagon du p et à l'arête verticale
Avec difficulté: il y a une croix des
symboles négatifs.
La notation Lévy est extrême de comp
hac

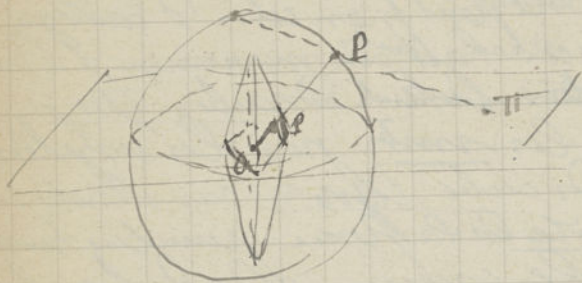
Lévy choisit le prisme primitif
En note les faces de ce prisme par les lettres
p, m et t. ne peut y en avoir d'autres.
Car il y a 5 faces latérales ^{latérales} minimum: 2 latérales
~~de base~~, 2 autres latérales de cube, type p.
Il appelle les sommets par les voyelles
a e i o. De cube type a, car identique
en fin les arêtes de la forme primitive sont
designées par les lettres p, c, d, f, g, h.
On indiquera une note c'est à dire
primit par un symbole affectant le mot
ou arête ut cas.

C'est notation lat élogue en face
- En fin Kaumann,
place les axes comme Weiss, sont
appelés a l'axe vert, b, l'axe
antérieur, c l'axe latéral.
Il prend une face primit l'octaèdre
O. De type cubique, P De l'arête
sup.
Comme il n'y a qu'une seule lettre
pour tout les faces de l'oct, il
met des symboles:
P + P' + P'' + P''',
ou P + P' + P'' + P''',
C'est les signes complétés pour la
typographie
Les caractères des faces sont placés
à droite de l'axe P. - également infini, à un

Figuration des cristaux

Repr. en perspective

Repr. en projection stéréographique



Représ. en projection sur un plan perpend à un axe.

prendre un à un u. face entier.
q¹ égale à 1, on la supprime, reste 2 chiffres.
La notation Hermann unode j ou
fue simplés.

— Comment repris en cristall? 2 méthodes
1 en perspective — trois claires, mais
incommodes ^{pour que} il ^{est} ^{plus} ^{facile} ^{de} ^{prendre} ^{mesure} ^{représ.}

2. project stéréogr.
On suppose sph. ayant le même centre que le cristal. On coupe ^{la sphère} ^{en} ^{un} ^{point} ^{qui} ^{est} ^{le} ^{pôle} ^{de} ^{la} ^{face}. C'est à ce point qu'on trace le symbole.

Pour représenter le cristal, on prend un plan équatorial on suppose l'observateur au pôle de la sphère on dirige de ce point un rayon ^{qui} ^{est} ^{perpendiculaire} ^{au} ^{plan} ^{équatorial} au point 1.1, ce point représente la face.

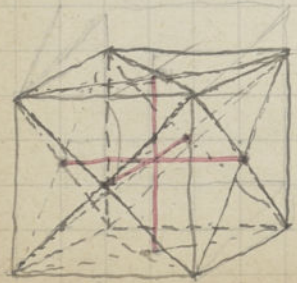
2. méthode, la méthode cannoise:
On coupe le cristal par un plan perpend à un axe et on projette l'ont sur le plan.

Formes cubiques	Miller	Ley	Les trois espèces de formes	
			Neumann	Weiss
Cube	100	p	∞0∞	a:∞a:∞a
Octaèdre	111	a'	0	a:a:a
Trapezoèdre	h k k	$\left\{ \begin{array}{l} a \frac{h}{k} \\ a m \end{array} \right\}$	$\left\{ \begin{array}{l} \frac{h}{k} 0 \frac{h}{k} \\ m 0 m \end{array} \right\}$	$\left\{ \begin{array}{l} a:a:\frac{h}{k}a \\ a:a:ma(m) \end{array} \right\}$
Octaèdre pyr.	h h k	$\left\{ \begin{array}{l} a \frac{h}{k} \\ a m \end{array} \right\}$	$\left\{ \begin{array}{l} \frac{h}{k} 0 \\ m 0 \end{array} \right\}$	$\left\{ \begin{array}{l} a:\frac{h}{k}a:\frac{h}{k}a \\ a:m a:m a \end{array} \right\}$
Hexoèdre (Dodec. pyram.)	h k l	$\left\{ \begin{array}{l} l \\ \frac{h}{k} \end{array} \right\}$	$\left\{ \begin{array}{l} h 0 \frac{h}{k} \\ l k \end{array} \right\}$	$\left\{ \begin{array}{l} a:\frac{h}{k}a:\frac{h}{k}a \\ a:\frac{l}{k}a:\frac{l}{k}a \end{array} \right\}$
Dodécaèdre rh.	h 1 0	b	∞ 0	a:a:∞a
Cube pyram.	h k 0	$\frac{h}{k}$	$\infty 0 \frac{h}{k}$	$a:\frac{h}{k}a:\infty a$

(Formes simples)

(Formes dérivées)

(Formes complexes ou combinées)

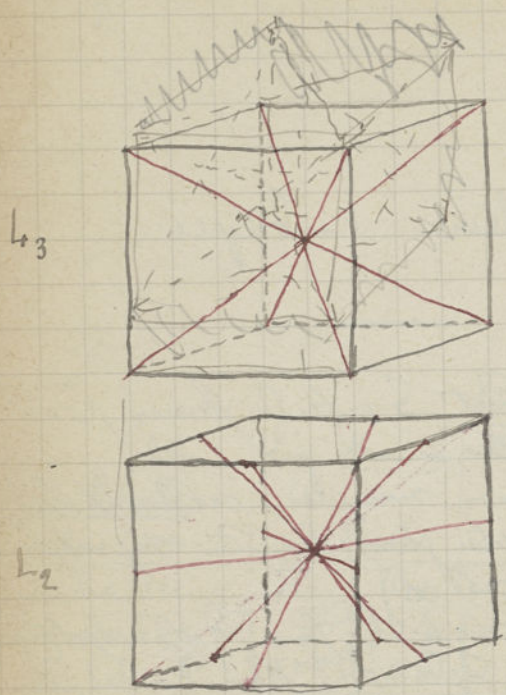


Symbole du système cubique
 Axes de symétrie:
 3 L₄

Système cubique.

Pour le syst crist 3 sortes de formes (c ad ensemble des faces. Les
 Les une seule formes simples, celles d'elles
 les faisant se représenter par le même symbole
 cube par p; (∞ 0 ∞).
 Ces f. simples ont au n. de hors de la syst
 cubique: cube, octaèdre, dodécaèdre rhomboidal (les
 faces sont des hexes).
 A côté, plus de formes, qu'on peut les considérer
 comme dérivant soit du cube, soit de l'octaèdre, par
 des modifications sur un ou sur deux axes.
 Enfin, formes complexes, les quels qui
 résultent de la combin de plusieurs formes, ou
 dérivées.

Pour un cube d'isolé remplacé par des faces
 d'octaèdre.
 Pour chacune connue avec les a. cristall, qui
 ont la symétrie la même.
 Déterminer les sur le cube.
 Soit un cube. P ou ∞0∞
 Au même les faces des faces, on obtient
 un cert n. de points d'intersection, qu'on joint
 ensemble.



4 L₃

6 L₂

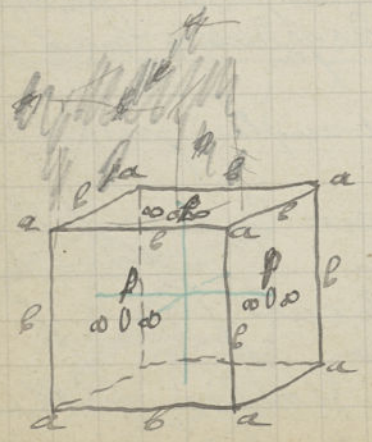
Centre de symétrie C
Plans de symétrie principaux $\frac{1}{2} \pi$
 $\frac{1}{2} \pi$

6 P_i

1 Cube

Faces:

{ p. $\infty \infty$



En en prenant, on obtient des axes d'ordre 4
l'axe de symétrie d'ordre 4.
Il y a donc axes de symétrie d'ordre 4. 3 L₃
Dans un octaèdre, on trouve le même
En outre, il y a des axes de symétrie d'ordre 3:
si on mène les diagonales du cube, on obtient 4 axes
qui sont les axes de symétrie d'ordre 3. en tournant de 120°
ainsi on retrouve le cube. Il y en a quatre.
4 L₃

Enfin des axes d'ordre 2. En joignant les
milieux des arêtes opposées, il y en a donc 6,
parce qu'il y a 12 arêtes. 6 L₂
Il y a un centre de symétrie C.
Il y a des plans de symétrie (des plans qui coupent le cube
en deux parties égales).
Il y a des plans de symétrie qui sont perpendiculaires
aux arêtes et qui sont parallèles aux faces opposées.
Donc 6 plans de symétrie. 6 P_i
C'est là le symbole complet du système
cubique.
Si l'on considère, on suppose un centre, il se trouve
dans le cube.

Il y a 6 faces, égales, appelées faces
le système de faces.
Un plan de symétrie qui coupe le cube en deux parties
égales ou par un centre, est parallèle à l'axe
des axes et on trouve donc un système
de faces. On ne met pas 1,
mais 0, car on peut trouver des faces
parallèles ont tous les mêmes propriétés.
Il y a donc des faces.

L₃

L₂

Valeur de l'angle dièdre
109° 28'

Minéraux cristall. en octaèd.

Formes combinées de l'octaèdre
avec le cube :

a) Cube prédominant :
Cubo-octaèdre

b) Cube et octaèdre également développés



c) Octaèdre prédominant.

- Valeur de l'angle de deux faces
109° 28'
125° 16'

3. Trapezocèdre

Impossibilité de la construction d'un sommet
du cube par deux faces.

Deux à deux

Les arêtes joignent les centres de gravité (ou
centres) des faces de l'octaèdre.

Les arêtes binaires passent par le milieu d'une
arête et du milieu d'une arête opposée.

Dans l'octaèdre, les 8 faces sont des triangles
également inclinés les uns sur les autres.

L'angle est de 109° 28'

On lui a attribué oct

D'après

Spinel fluor.

Or natif

Sulfure

Cuivre oxydulé C₂O

Magnétite F₃O₄

Rubis

Ces deux formes s'associent sur l'arête.
C'est solide aux mêmes symboles
Respectivement

Lorsque l'un cube + deux faces octaèdre,
on obtient le cubo-octaèdre (fig. précéd.).

Si les faces du cube et de l'octaèdre ont le même
développement : si le côté du cube est égal au côté
oct, on obtient :

Plomb natif # Blende

Cuivre oxydulé

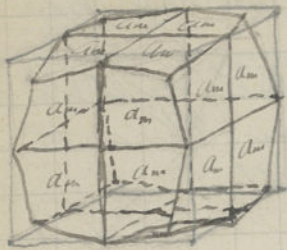
Enfin peut arriver que ce soit octaèdre qui soit
prédominant

De cas, mais un oct. Si mets remplace par
une petite face quad.

L'aspect varie mais angle des faces 109° 28',
et l'angle face oct avec cube des faces 125° 16'

3° Supposons qu'un sommet du cube remplace
par deux faces : ce n'est pas possible : si
à deux faces sont jointes, ces 3 arêtes sont égales
on obtient un modèle de même page.

Modèle d'un sommet du cube par 3 faces
non perpendiculaires aux plans de symétrie

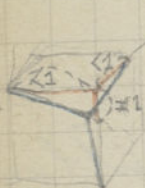


Minéraux cristallisés en trapézoïde

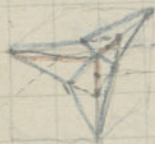
Mode de dérivation de l'octaèdre

Éléments du trapézoïde

Faces $\left\{ \begin{array}{l} a m (m > 1) \\ m 0 m \end{array} \right.$



Trapézoïde



Oct. pyramide

(Les sommets se comptent à partir
du sommet du cube en les numérotant)

Sommets

Minéraux cristallisés en trapézoïde

a_2

a_2

a_3

$a_{\frac{3}{2}}$

Un point l'axe par son face
sur face égale et inclinée sur deux d'un
cube! Le point remplacé par trois petites
faces: 3 muts, donc 3 faces
c'est le trapézoïde.

Le trapézoïde se rend fréquent chez
l'écrite (ul magnésien)
(grenat 99 fois)

On le nomme l'axe d'octaèdre
peut dériver aussi de l'octaèdre non rempli
des 4 arêtes par deux faces (3 arêtes, 2 faces)

Découper ces plans coupent l'axe
vertical à la distance variable et les deux
autres faces à distance variable.
sur le cube, une arête a distance fixe
en coupe à distance variable. Le symbole sera
 $a_1 a_2 a_3, b, b_m, b_n$

l'écrite par $a_1 m$ de long
et $b_1 a_2 m$ $m 0 m$

Le trapézoïde est formé par 4 faces qui sont des
trapézoïdes

Il y en a 6 qui sont des a. solides à 4 faces
qui convergent aux axes spat.

8. a sol à 3 faces, ou biseau, converge
aux a. terminés, faces?

12 sommets à l'intérieur qui convergent aux
axes binaux ou rhombiques.

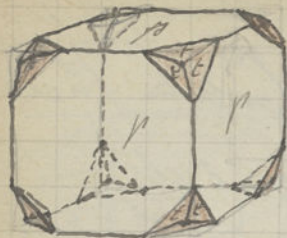
Il y a une de nat $g d n$. de forme
jusqu'à m est quelc. cad les angles varient

Les + freq sont $m = 2 \rightarrow a^2, b^2$
pyrite

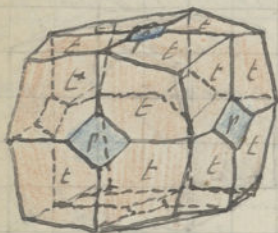
aussi $m = 3$, jusq' $3 0 3$, on a a^3
sulz blende, galène, magnétite
enfer $a^{\frac{3}{2}}$ $\frac{3}{2} 0 \frac{3}{2}$ sulfure d'etor.

Formes combinées du trapézoèdre

1. avec le cube.



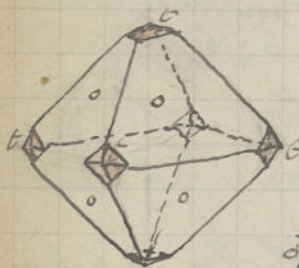
Cube prédominant



Trapezoèdre prédominant

2. avec l'octaèdre

Octaèdre prédominant

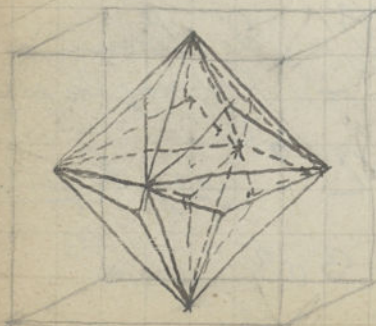


Trapezoèdre prédominant



4. Octaèdre pyramide

Modification d'un sommet du cube par 3 faces perpendiculaires aux plans diagonaux



Symbole de l'octaèdre pyramide

$$\begin{cases} a m & (m < 1) \\ m 0 \end{cases}$$

Formes combinées

1. avec le cube

cube prédominant

lorsque le cube et trapèze, sont associés, on a alors un cube prédominant et les sommets remplacés par trois petites facettes: un cube triépointé ou bien un octaèdre remplacé par une petite pyr. surbaissée. (qm ne se rapp. plus du trapèze sur a' oct pyramid)

Amort. les dit:

Les fac. quartées perpend. aux plans diagonaux ne le sont pas c'est trapèze. si le sont, c'est octaèdre pyramid. de la pyram. lorsque c'est le trapèze qm est prédominant, on a un trapèze et les sommets cubiques, c'est les bangles ayant 4 faces sont remplacés par une petite facette cubique.

On peut voir aussi associés de la nature l'octaèdre et le trapézoèdre.

si l'oct est prédominant, on a un octaèdre et les sommets sont remplacés par une petite pyram. surbaissée si trapèze prédom. un trapèze et les 8 sommets cubiques à leur tour sont remplacés par une petite triangulaire.

(t = fac. trapèze)

4. Lorsque les facettes sont unales aux plans diag, chaque sommet du cube encore remplacé par 3 faces, mais d'un de man. a être unales au plan diag, on a cube associé avec octaèdre pyramide. on l'appelle un pyram. de l'octaèdre par le remplacement de sa arête par 3 faces. (pyr a 3 faces qm chaque face de l'oct)

Symbole cm : m 0 1, cad m 0

De ce syst. l'oxy. le syst est a $\frac{1}{n}$ avec n cad $\frac{1}{3}, \frac{1}{2}, \frac{3}{4}$, plus petit que 1.

L'association cube avec oct pyramid. lorsque cube prédom. un cube triépointé

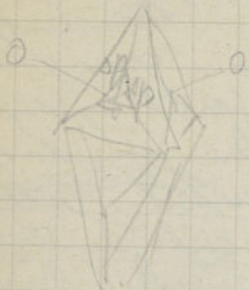
octaèdre pyram. predominant

2. avec l'octaèdre

octaèdre predominant

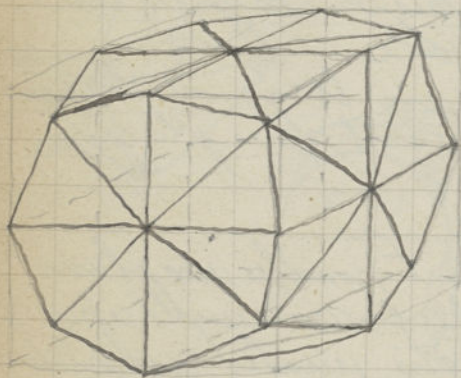
oct. pyramidi predominant

Minéraux cristallisés en oct. pyramidi



5. Hexoctaèdre

Modification d'un sommet du cube par 6 faces



Symbole de l'hexoctaèdre

$\left\{ \begin{array}{l} a^+ b^+ c^+ d^+ \\ a^- b^- c^- d^- \\ m O n \end{array} \right.$

Formes combinées

1 avec le cube

cube predominant

hexoctaèdre predominant

(symboles)

Si oct. pyram. oct. avec arêtes remplacées par faces
La face du cube sera remplacée par quatre faces
Le cube à 8 sommets: un octaèdre.

avec l'octaèdre on obtient des solides de formes assez compliquées:
oct. pyram. : oct. à arêtes remplacées par 2 faces

si oct. pyram. : une petite face octaédrique à chaque arête terminée

Cristal oct. pyram.:

ouest sulfure

Diamant

pyrrhite

galène

pyrite

En fait on remplit un petit cube par une face inclinant un 3 face du cube.
Tant cette face se répète 6 fois.

L'angle à deux arêtes... →

8. pour 6 = 48, on a ainsi un solide à 48 faces. Il s'appelle hexoctaèdre

Les 48 faces sont des triangles.

quel symbole: aux symboles, et 3/4 on indique son arête abstraites

$\left\{ \begin{array}{l} a^+ b^+ c^+ d^+ \\ a^- b^- c^- d^- \\ m O n \end{array} \right.$

Diamant m O n

$\left\{ \begin{array}{l} a^+ b^+ c^+ d^+ \\ a^- b^- c^- d^- \\ m O n \end{array} \right.$

Diamant m O n

On peut trouver aussi l'hexoc et cub

si cub pyram. cube à petits remplacés par pyram. à 6 faces

si hexoc, ces petits remplacés par pyram.

2. avec l'octaèdre.
 octaèdre prédominant
 hexoctaèdre prédominant

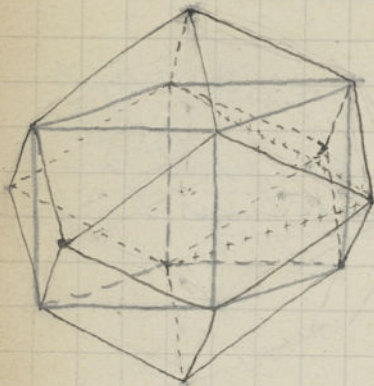
6. Dodécaèdre rhomboïdal

Modification d'une arête du cube
 par 1 face

Symbole du dodéc. rhomboïdal

$$\left\{ \begin{array}{l} a : a : a \\ \infty : \infty : \infty \end{array} \right.$$

Minéraux cristallisant en dod. rhomb.



Acces

Formes combinées

1. avec le cube

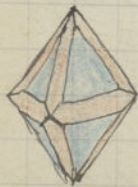
cube prédominant

dodéc. rhomb. prédominant

2. avec l'octaèdre

octaèdre prédominant

dodéc. prédominant



3 avec l'octaèdre pyramide

Avec oct, soit un oct et tous ses
 remplacés par une pyr hex $8 \times 6 = 48$
 ou un hex et toutes ses remplacés
 par faces oct.

Supposons cube une arête remplacée par 2 faces,
 chaque arête des 2 f, us imes d'un autre un
 total 12 faces, le dodéc. rhomboïdal:

Levy 110. Levy 81 Minum 20

Wein a : a : a

Ce dodéc rhomb. se rencontre chez un hex & un
 min.

Ornatif

Wulfenit

Stenale

cuprite

Dmit

Spinel fluo

Coléman, etc.

Les faces sont des losanges, d'où un
 les arêtes, sont égales;

6 sommets concaves avec a quart est 2 f,
 8 sommets trièdres car avec a tern

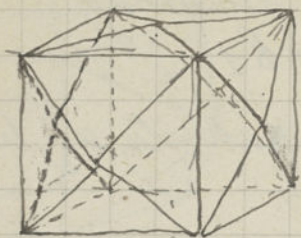
La combin avec cube donc si cube prédom.
 un cube et arêtes remplacées par une face
 se doc rh. prédom. un dodéc. rhomb et
 les arêtes des a. quat sont rempl. par
 facettes cubiques.

Avec oct, on peut avoir un oct et tous
 les arêtes sont remplacés par une face égale
 inclinée sur les 2 faces de l'octaèdre.

De dodéc. développé, on a un dodéc. rhomb
 et les sommets trièdres sont remplacés par une petite
 face triangulaire.

On peut tirer les combin du dodéc avec
 octaèdre pyr.

4. avec le trapèze
 5. avec l'hexoèdre
- Cube pyramide
 Modification d'une arête du cube
 par 2 faces



Symbole du cube pyramide

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{b}{K} \\ \infty \quad 0 \frac{1}{K} \end{array} \right.$$

Formes combinées

1 Avec le cube
 cube prédominant
 cube pyram. prédom.

2 Avec l'octaèdre

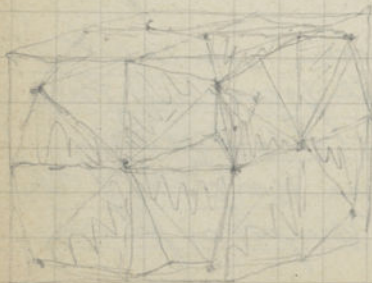
octaèdre prédominant

cube pyram. prédom.

II. Formes hémicèdres

1. Hémicèdre holocèdre

$3L_4 \quad 4L_3 \quad 6L_2$
 $\frac{1}{2}$ hexoèdre = Dodec. rhomboidal à faces inclinées



Quand ce cas les arêtes obliques sont remplacées par une face égale et inclinée sur f. voisines. On a un cube trapèze avec 6 hexoèdres relatifs au

Enfin on peut supposer que l'une arête du cube rempli par une facette non égale et inclinée sur les 2 faces. On a donc 24 facettes sur chaque arête. c'est 24 faces (12 arêtes).

Appelée un cube pyramide.
 Miller $\frac{1}{K} \quad KO \quad (\frac{1}{K}) \quad \frac{1}{K}$ Weir $\frac{1}{K} \quad a: \frac{1}{K} \quad a: \infty \quad a$

Après avec cube
 Si cube prédominant, on a cube biséché
 Si cube pyram. prédominant, on obtient un cube pyramide et les vides remplis par une face du cube
 On peut obtenir aussi arête du cube pyram. avec octaèdre:

un oct. et les vides qui sont coniques avec a. grand sont remplacés par 4 facettes rhombiques ou si c'est le cube pyramide qui est pris, on a un c. pyram. et les vides coniques avec a. les vides sont remplacés par une petite facette

Formes hémicèdres

Elles sont nées d'un a de solides qui se renversent selon de la nature, et caract. sont un cert n. miroirs

Dans l'hémicèdre holocèdre, le symbole est $3L_4 \quad 4L_3 \quad 6L_2$ (centre réel symétrique)
 c'est l'hém. n. intérieur qui n'a un seul solide l'hexoèdre: remplacé par 6 hexoèdres 24 faces
 Dans ce solide à 24 faces, on a un dodec. rhomboidal à faces inclinées et plans de symétrie.

Cet hémicèdre est un hexoèdre à 12 faces inclinées, car une face n'a pas de parallèle. De ce solide à 48 faces, on a rempli les

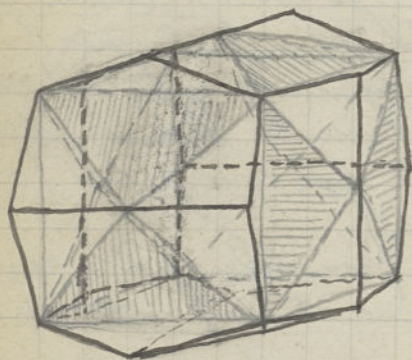
2. Hémiedres hémiaxes

1. Parahémiedrie

3L₂ 4L₃ C_{3H}

1. 1/4 tétraèdre = Dodécaèdre trapézoïdal
ou dyploèdre

2. 1/2 Cube pyramidalé = Dodécaèdre
pentagonal



Nombreux cristallins en dodécaèdre
pentagonal

Variableté des angles

Formes combinées

1. Avec le cube. Cube prédominant

Les grande faces des axes quart, la moitié qui
sont arrondés

A hémiedrie on supprime un axe
Tétrahémiedrie
Les solides plus faibles parallèles le centre et
insérés

Comprendre, si faces inclinées
Le Parahémied, le sol à 28 f remplie
par un solide à 24 f. D'embre oct, mais
différent du précédent qui a faces parall
un solide à 24 f. et sym encore visible:
le dyploèdre ou dodécaèdre trapézoïdal
pique les 24 faces ne sont plus des rhombes
ou carrés du trapèze.

C'est la moitié des 8 faces cent des axes
quaternaires ont creusés 4 faces sont.

Le trapèze n'est pas appelé par le
le cube pur l'est:

Une manière à un solide à 19 faces dodécaèdre
paraconal. (Dytrichide) ou pyramidalé
de la pyrite d'un cristal cubique de pyrite
on trouve les faces de ce solide indigènes
par des stries.

Il présente par creux 19 f, chacune des faces
un pentagone

Il y a 8 a. solides à 3 f. qui couvrent
avec a. terminant et 12 a. total à 27 f. qui
couvrent avec a. creusés: bien on
quatre ont les cas.

Forme où ont été cobaltine pyrite.
Les solides ne font pas type certaines angles
car à chaque face cube pyramidalé creusé
un dodécaèdre pyramidalé: l'est à type vers les
cas.

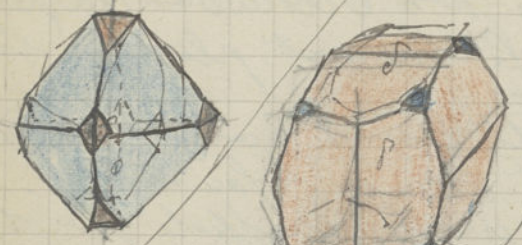
Ce solide se joint au sol à cube.
Le cube pur, on a un cube de tétraèdre

$\angle = 135^\circ$
 = Dod. rhomb.
 $\geq 135^\circ$
 = Dod. pentag.

Dodecaidre pent. predominant

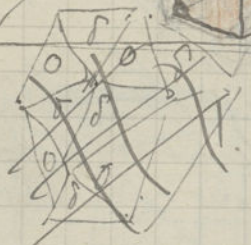
2. Avec l'octaèdre
 Octaèdre predominant

Dod. pent. predominant



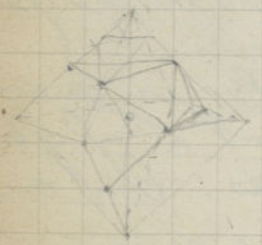
Oct et dod. pentag. égaux
Développés:

mosaïque
 $a + \frac{1}{2} b_m$



3. Avec le dodécaèdre rhomb.
 Dod. rhomb. predominant

Dod. pent. predominant



2. Antihémédrie

$3L_2 \quad 4L_3$

Le cube n'est pas affecté

remplacés par une face plane. Il y en a
 deux un tel: le dodécaèdre rhomb. éminent
 d'ensemble et dodécaèdre pentag. éminent
 remplacés avec face cubique diff. de 135° .

Le dodécaèdre pent. a les axes
 quaternaires remplacés par une facette triang.
 Avec oct., le dodécaèdre pent. a une usance
 si l'octaèdre prédomine: on a un rhéon des
 maistr octaèdre 2 faces planes
 si dodécaèdre pent. prédom., chac. des maistr
 qui com. avec la. term. est remplacé par
 une face plane.

L'octaèdre, les maistr a. terminés rempl. par
 un petit tétraèdre plat
 si on le développe, cad. les maistr sont
 fondus, solidifiés par: 12 f. dodéca. + 8 f. oct.,
 180 faces sous les triangles.

Les faces p. sont isolées, on égal. ce
 solide ou icosaèdre à l'air composé de 70
 faces équilatérales. car le tétraèdre pur est
 équilatéral. mais, et icosaèdre équilatéral est
 remplacé par un tétraèdre équilatéral.

Avec dodécaèdre, avec des dodécaèdres.
 si d. rh. prédom., les a. rhéon à 4 faces
 sont remplacés par 2 faces planes.

si d. pent., un tel a. rhéon une face
 plane.

Comme ces solides sont symétriques

A l'égard de face incliné
 on a symétrie les a. bon. le centre
 et les a. quat. sont dans le plan.
 Il n'y a donc de charge les a. terminés

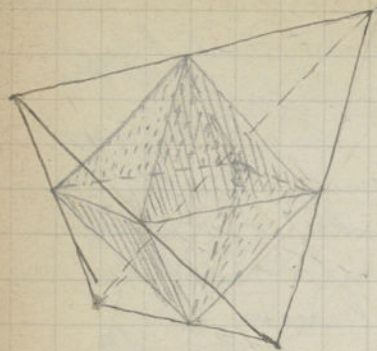
$3L_2 \quad 4L_3$
 Le cube n'est pas affecté, car d'un cube
 on retrousserait: les axes quat. sont y. et

1/2 Octaèdre = Tétraèdre

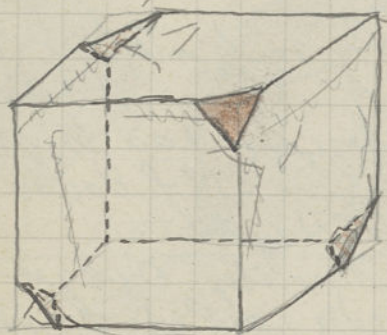
Muséum cristallin en tétraèdre

symbole
 $\left\{ \begin{array}{l} \frac{1}{2} a_1 \\ \frac{1}{2} 0 \end{array} \right.$

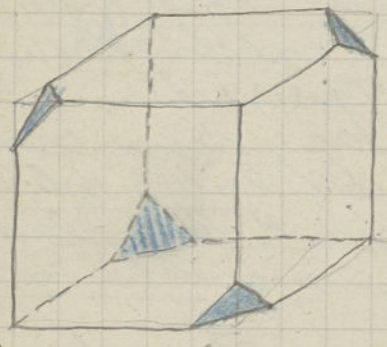
Formes combinées
 1 Avec le cube



Forme droite
 et
 forme gauche



Formes droite ou positive
 et gauche ou négative



Combinaison des formes
 droite et gauche

2 Avec les autres formes cubiques



1/2 Trapezoèdre = Tétraèdre pyramidal

Formes combinées

quidém, une bin axes
 Mais l'octaèdre est affecté: tétraèdre.
 1/2 octaèdre dans le tétraèdre géométrique
 Un impuiss: blende

Goracite
Diamant

symbole: genre ou simple: 1/2 de la forme
 holocèdre. par crist: $\frac{111}{2}$ 1/2 a'

On peut trouver associés le cube et le tétraèdre.
 3 sont des faces remplacées par une petite
 facette

1/2 cube faut remplir 4 mètres par
 une facette: tenir compte plus de centre
 pour choisir les mètres

Mais on peut remplacer deux séries
 de sommets remplacés, on est américain
 à admettre qu'il y a deux faces de tétraèdre
 d'un octaèdre, soit qu'on a remplacé certaines
 ou d'autres, ils ne sont pas des parties de même
 façon: un tétraèdre droit ou positif, un
 tétraèdre gauche ou négatif

Or ils peuvent s'associer l'un avec l'autre
 se dévalent développer un seul octaèdre;
 mais se peut qu'il y ait fini de 2 tétraèdres
 sera un octaèdre d'atomes faces pas égales
 développées.

On peut le trouver associé avec d'autres
 formes holocèdres: on ne trouve que 2 faces
 d'octaèdre.

On peut aussi affecter par cette hémédrie
 d'un cube solide.

Le trapèze va être remplacé par un
 tétraèdre pyramidal: 1/2 trapèze: 1/2 h h h, etc.
 L'associe avec cube donne un

1 avec le cube: cube predominant

(Murrinane cristall. en tétr. pyram.)

tétraèdre pyram. predominant

2. avec l'octaèdre pyramidal

octaèdre pyram. predominant

tétraèdre pyram. predominant

$\frac{1}{2}$ Hexaèdre =

$\frac{1}{2}$ Octaèdre pyramidal

cube de 4 des vides sur 8 remplacés
par 3 petites facettes

(Le tétraèdre pyram. se rencontre chez la
cyprite - Plon nom cyprite.)

Si le tétr. pyram. piteux avec le cube
on aura sur les arêtes une petite facette
plane qui couvre les faces du cube.

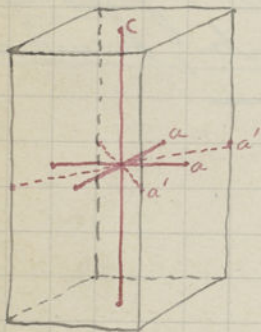
On peut voir encore: oct. pyram. avec tétr.
ou oct. pyram. piteux, petite fac. tétraèdre
sur vides.

Si tétr. piteux, arêtes rempl. par des
petites facettes.

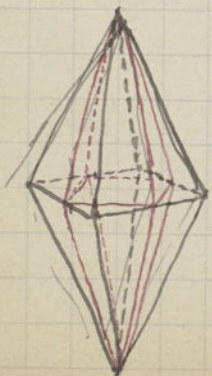
Cette forme affaiblie aussi le solide à 48p
il est remplacé tétraèdre avec 6 faces
pyr. sur chaque face: 24 faces.

On peut dire aussi $\frac{1}{2}$ octaèdre pyram.
différence avec le tétraèdre: pyram. tétraèdre
du tétraèdre ne sont plus droits, incurvés

Symbole du système quad.
 $L_4 2L_2 2L'_2 C \pi 2P 2P'$



Axe quaternaire c,
 Axes binaires a, a',
 Les deux groupes



Possibilité de deux octaèdres
 et de deux prismes correspondants
 à ces deux groupes.

Système quadratique

ou syst. octaédral, octaédrique, ou syst. du
 prisme droit à base carrée.

Caractérisé par le syst. net:

$L_4 2L_2 2L'_2 C \pi 2P 2P'$

Un axe ord. 4.

Les axes sym. binaires, groupés en deux catégories
 un centre sym., un pl. sym. perp. à
 l'axe ord. (2 axes ord.) 2 axes binaires
 d'axe 2

L'axe quat. vertical, axe c

Quant aux axes bin., ils sont perpendic.
 deux faces parall. du prisme, égaux et perp.
 à un autre.

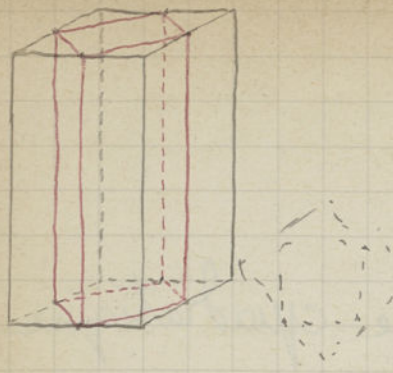
Mais il en existe d'autres en joignant les
 milieux des arêtes verticales opposées.

Ces deux syst. d'axes binaires sont égaux
 a, et a' ou a et a'

Quels sont les axes a et a'?

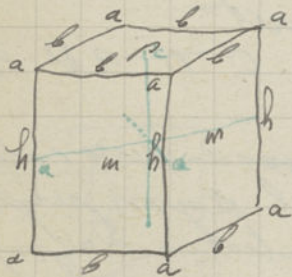
Mc Claurin, ligne frontale sur l'octaèdre
 axe vertic. joint les sommets; axes binaires
 passent par les autres sommets.

Le prisme droit à base carrée qui correspond
 à l'octaèdre: problème l'oct.



Rapports du syst quadratique
et du syst. orthorhombique

Notation des éléments de symétrie
de la forme fondamentale



Arêtes verticales: h

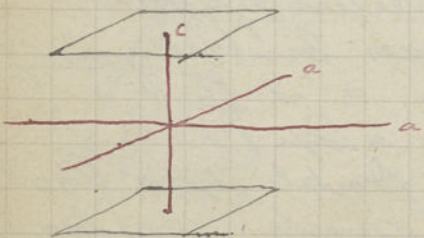
horizontales b

Angles solides a

Faces de base p

lateral m

Formes primitives



1. Bases (ou pinacoides de base)

$$\left\{ \begin{array}{l} 001 \\ P \\ P \\ \infty a : \infty a : c \end{array} \right.$$

on l'invoit de base.

Par conséquent obligés de dist 2 axes de même
M qu'on choisit les axes passant par faces
ou par sommets de prisme à base carrée:
un horizontal, autre de second ordre.

De même en prenant un axe prisme à
base carrée

Ce syst peut être vu comme cas partic
du syst orthorhombique à axes inégaux. C'est à
dire que les paramètres physiques sont différents.

Si prenons une forme prisme à base carrée:

rutile (oxyde titan)

Zircon (silicate zirconium)

deux à arêtes verticales, identiquement
en

8 arêtes horizontales, identiques, b .

8 angles solides identiques, a .

Enfin deux sortes de faces: les faces de base, p
et les faces latérales, m .

face latérale qui n'est pas prisme de ou oct
on obtient face qui se coupe.

Parfois on parle de

qu'appellera l'on forme prisme: cube et
faces ont sym 001 et 1.

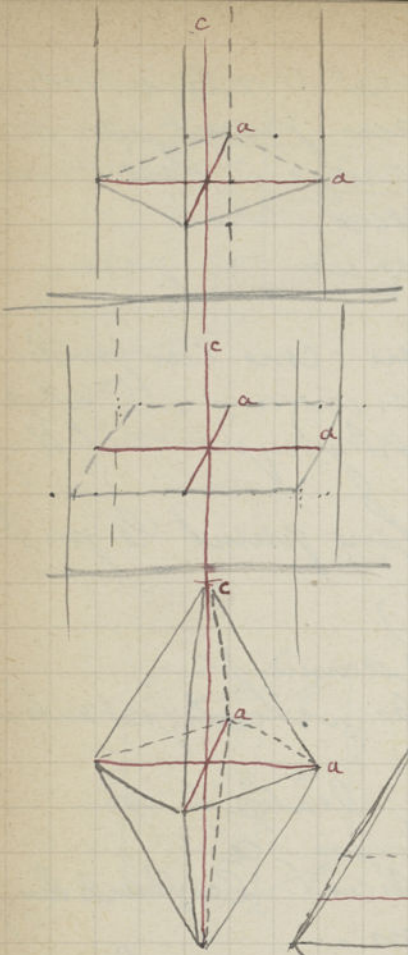
Il en existe cinq qui sont ces bases.

Si on prend face prisme axe vertical, elle est
double par le centre, on obtient ces deux
bases.

Ces deux bases s'appellent pinac de base.
De cette forme on obtient donc que deux
faces.

Notation 001 L'axe P Notation OP

Notation $\infty a : \infty a : c$



2. Protoprisme
 $\left\{ \begin{array}{l} 110 \\ m \\ \infty P \\ a:a:\infty c \end{array} \right.$

3. Deutero-prisme
 $\left\{ \begin{array}{l} 100 \\ h \\ \infty P \\ a:\infty a:\infty c \end{array} \right.$

4. Protoproctaèdre (ou protopyramide)
 $\left\{ \begin{array}{l} 111 \\ b\frac{1}{2} \\ P \\ a:a:c \end{array} \right.$

5. Deutero-octaèdre (ou deutero-pyramide)
 $\left\{ \begin{array}{l} 101 \\ a \\ P \\ a:\infty a:c \end{array} \right.$

Dérivation des formes du syst quadr
à partir du protoprisme

1. Modification sur les sommets
 1. Protoproctaèdre
 (modification par une face)

$\left\{ \begin{array}{l} h h P \\ a b \frac{c}{2h} \\ \frac{h}{c} P (=mP) \\ a:a:\frac{1}{c} c (=a:a:mc) \end{array} \right.$

2. On peut aussi obtenir un prisme si les faces frontales sont à 90°:
 protoprisme ou prisme, coupe les axes horiz. à dist. égale, l'a vert à dist. infini

110 - m - ∞P a:a: ∞c
 - A côté, un octaèdre carré, avec les deux autres axes binaires:
 Deutero-prisme ou prisme de 2^e ordre
 sera parall. à a vert et à un des axes binaires par ex. est 100 - h', car on obtient en coupant les axes h' à distance égale - ∞P - a:a: ∞c

- Aussi l'octaèdre: plusieurs noms: protopyramide, oct. frontal, il caractérise une forme oct. de 1^{er} ordre.
 111 - $b\frac{1}{2}$ - P - a:a:c
 - De même pour l'oct. de 2^e ordre: oct. frontal coupé par les autres axes binaires: une deutero-pyramide, par ex. oct. de 2^e ordre.

Les sym. sont 101 - a' - P
 - a:a: ∞a :c
 - Comment obtient-on ces formes.
 Plante pr. droit à base carrée.

Suppl. qd remplacé un des angles par une face. Si une seule, faut égalité binaire sur les 2 faces adjacents - chaque sommet remplacé par une face, tel a 4 p. en ht 4 en bas, un oct. ou quadroproctaèdre, ils se rapprochent d'une protopyramide.

Symbol. 2 prisme égaux par 2 faces inclues: donc sym. h h P - $\frac{c}{2h}$ - $\frac{h}{c} P$ ou m P - a:a:h c (m mc)
 Le prisme est le qd n'a pas de sommets. Les plus fréquents et oct. frontal 111, et l'oct. 112

Formes hexaédriques : $\left\{ \begin{array}{l} 111 - b \frac{1}{2} - p - a : a : c \\ 112 - b ; - \frac{1}{2} p - a : a : \frac{1}{2} c \end{array} \right.$

Formes combinées

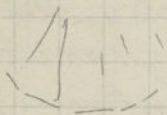
Avec le prisme à base carrée

1. prisme prédominant

2. quadrioctaèdre prédominant

2. Dioctaèdre

(modification par deux facettes)



hkl

$b \frac{1}{2} p$

$$\frac{h}{p} \frac{p}{k} \frac{h}{k} (= m p n)$$

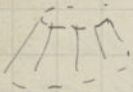
$$\frac{h}{k} a : a : \frac{p}{k} c (= m a : a : n c)$$

Minéraux cristallisés en dioctaèdre

Formes combinées

Avec les bases

- Pyramidalité des modif d'un cristal par 6 faces



2. Modifications sur les arêtes

1. sur les arêtes b.

1. Denturoctaèdre

(modification par une facette)

Le symbole sera b' (appliquon la formule) $Levy - \frac{1}{2} p$ (symbole) - Wein $a : a : \frac{1}{2} c$

L'association du prisme carré avec un quelc de ces pyramides donnera un solide d'aspect sera remplacé par petite facette triangul - le prisme.

Si on prend, on peut dire les cristaux remplacés par une petite facette.

2. On peut dire qu'au lieu de quatre cristaux du prisme, on en aura plus également inclinées : 8 en haut & 8 en bas.

Ainsi conduit à solide à 16 faces dioctaèdre double pyramide à 8 faces, mais jamais les 8 faces ne seront identiques entre elles : 8 octaèdres de base carrée rempli.

A pour symbole hkl , les 3 paramètres

De Levy, $b \frac{1}{2} p$ $c \frac{1}{2} p$ $b \frac{1}{2} p$

De Wein $\frac{h}{p} \frac{p}{k} \frac{h}{k}$ ou $m p n$

Wein: $\frac{h}{k} a : a : \frac{p}{k} c$
 $m a : a : n c$

Ces solides ont propriétés de nature : apophyllite, tout double, rot et deux types.

Les cristaux de nature combinée avec les bases.

Il sont modif du sommet.

Si on ne peut fixer un motif rempli par son 6 faces, car il n'y a plus que 2 faces identiques.

Prendre arêtes par des facettes.

Il y a 2 sortes de cristaux h et b .

Les arêtes b .

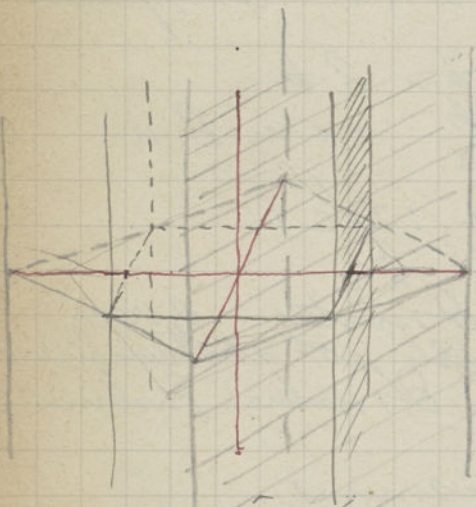
Tout ce qui est entre 2 faces diff, m et p. n une remplacé par une facette cubique. voir à l'usage : on peut couper à distance

$$\left. \begin{array}{l} h O L \\ \frac{h}{2} \frac{e}{h} \\ \frac{h}{2} P O (= m P O) \\ a : \omega a : \frac{h}{2} c (= a : \omega a : m c) \end{array} \right\}$$

Formes combinées

- 1 Avec le prisme pental
- 2 Avec le proto octaèdre

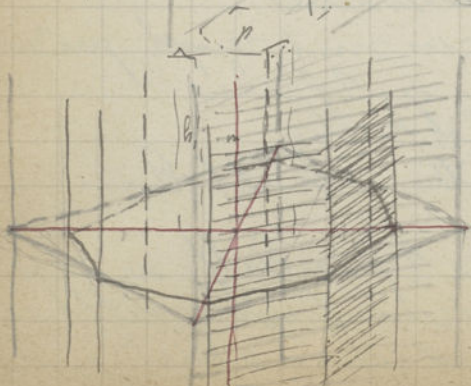
2. sur les arêtes h



1. Deutero prisme
(modif. par une facette)

$$\left\{ \begin{array}{l} 100 \\ h_1 \\ \omega P O \\ a : \omega a : \omega a \end{array} \right.$$

Formes combinées
Avec proto octaèdre



2. Prisme octogonal
(modif. par deux facettes)

$$\left\{ \begin{array}{l} h K O \\ h \frac{h}{h-K} \\ \omega P \frac{h}{K} (= \omega P m) \\ a : \frac{h}{K} a : \omega c (= a : m a : \omega c) \end{array} \right.$$

$$a : \frac{h}{K} a : \omega c \quad (= a : m a : \omega c)$$

Caractères P et la figure sont différents mais pour que ce soit qu'elle vient d'un multiple des distances (paramètres)

Donc solide à 8 faces, octaèdre ou quadr-octaèdre, mais différent de l'octaèdre en ce qu'ils ne sont plus par troncat un trait.
Le symbole général de ces faces sera
 $h O L. \text{ les } \frac{h}{2} \frac{e}{h} \text{ — } \frac{h}{2} P O \text{ — } a : \omega a : \frac{h}{2} c$
ou $a : \omega a : m c$

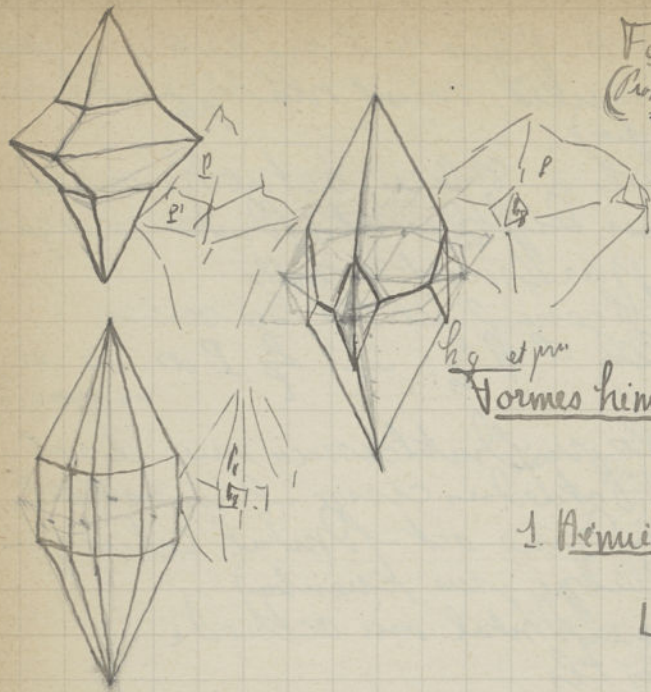
On peut tracer le prisme initial combiné avec ce sol.
Avec les 2 octaèdres car on s'en a l'un ou l'autre.
(Alors on prend une oct. pental celui qui est le plus développé par l'ouverture)
On en a une pental avec octaèdre.

Arêtes h
compréhension 2 faces m identiques par rapport une arête h rempli par une seule facette ou par deux facettes.

soit une arête h rempli par une seule facette: faudra qu'elle soit inclinée sur les 2 faces m avec les arêtes: on obtient un prisme à 6 faces, droit à base carrée — pour le dit, c'est celui qu'on a appelé Deutero prisme
 $100 \text{ — } h_1 \text{ — } \omega P O$

Supprimer qu'on ait amovés Deutero prisme avec octaèdre de base. on obtient un sol qui peut être prisme 1^{er} ou avec oct 2^{es}.
ou qu'on a avec oct 1^{er} ordre: on choisit à l'origine par les 2 syst pour la face pentale.

Enfin h_1 peut être rempli par 2 faces inclinées sur les faces: solide à 8 faces qui a pour prisme octogonal —
Symbl — $h K O \text{ — } h \frac{h+K}{h-K} \text{ — } \omega P m \frac{h}{K}$
 $a : \frac{h+K}{h-K} a : \omega c \quad \omega P m$



Formes combinées
(Proto-octaèdre avec proto-octaèdre)

1 avec le proto octaèdre

2 avec le dioctaèdre

Formes hémihédres du syst quadr

1. Hémihédrie holocène

$L_4, 2L_2, 2L'_2$

$\frac{1}{2}$ Dioctaèdre

2. Hémihédrie hémiaire
1 Parahémihédrie

L_4, C, π

$L_{\frac{2}{2}}, 2L_2, C, \pi, 2P$

$L_{\frac{2}{2}}, 2L'_2, C, \pi, 2P'$

de part fines holoèdres.
9 axes. faut on bien?
L'oct. central avec d'autres oct 1^{er} ordre:
pourqu'il est de 1^{er} ordre, les faces ont le support
le prisme octogonal avec l'oct. central
oct me dmt
- La pyram à 8 faces avec le prisme octog:
la tête peut avoir ses sommets horizontaux, remplacés par une petite sautoir

Formes hémihédres
Plus moins importantes que ds syst cubique.
naturelles elles sont très rares
Hémihédrie holocène, support centre, la
symétrie résulte:

$L_4, 2L_2, 2L'_2$
(quatrième plan de centre, plus de plan de
symétrie)

ne peut afféter que dioctaèdre à 16 faces
(En fait indifférente par le centre n'intervient pas
pour donner des faces parallèles)
d'amar rencontrée.

Ds hémihédrie on en supprime des axes en
croisant le centre: parahémihédrie, a faces
parallèles:
je suppose axes bin; reste L_4, C, π
mais si je n'en suppose que deux:

L_4 se peut remplacer comme tel, remplacé
par un axe bin
 $L_{\frac{2}{2}}, 2L_2, C, \pi, 2P$

ou $L_{\frac{2}{2}}, 2L'_2, C, \pi, 2P'$

Ces deux symboles correspondent système
orthoromb: 2 axes bin, 2 plans
symétriaux, un centre. Les axes orthoromb
sont ^{orthoromb} avec 2 axes binaires de même
valeur - mais ce cas n'existe jamais

$\frac{1}{2}$ Dioctaedre

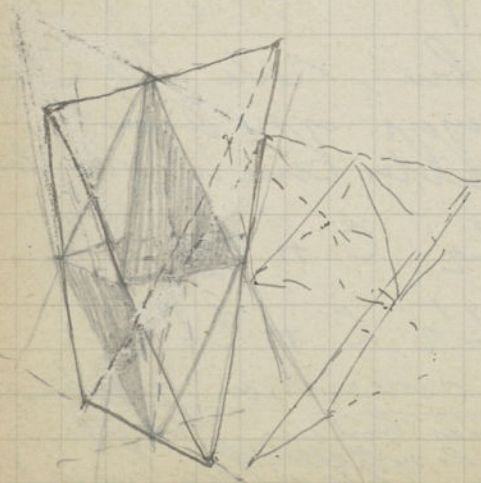
$\frac{1}{2}$ Prisme octogonal

2. Antihémédrie

1) $L_4 2P P'$

2) $L_{\frac{4}{2}} 2L_2^* 2P^{\frac{1}{2}}$

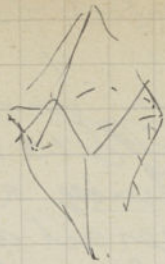
$L_{\frac{4}{2}} 2L_2' 2P$



$\frac{1}{2}$ Octaèdre = Sphéroèdre

Sphéroèdre d'oct et z'hexagone

plan au les 2 parois abstraites égales
 Dices syst. q. seront les formes affectées?
 Les dioctaedres seuls:
 cette symétrie d'axe un sol a 8 faces au lieu de 16 faces. Pl. diff. des oct. p. q. ne 8 faces par également inclinées, a. par égal.
 Les pr. octog. seront affectés, 1. réunies à des prisme à 4 faces.
 Ces pr. à 4 faces diff. de L_1 , p. q. ne les angles par droits
 L'axe attend que les angles ^{seront tous} par égaux possible par antihémédrie: ex. rutile.
 Antihémédrie (à faces inclinées) on supprime le centre et les a. binaires. symétrie et ternaire bin: L_4 unit et les plans sym. parabol.
 $L_4 2P P'$
 on supprime a. bin 1^{er} ordre.
 $L_{\frac{4}{2}} 2L_2' 2P$
 on supprime a. bin 1^{er} ord.
 $L_{\frac{4}{2}} 2L_2 2P'$
 Le premier mode $L_4 2P P'$ parabolisme
 Les deux autres: on a le premier fondal qui est affecté on l'entraîne.
 C'est antihémédrie?
 Les prisme par affectés; c'est l'octaèdre et autres solides à 8 faces.
 En effet cette hémédrie usana à un sol à 4 faces: c'est un tétraèdre ^{ou} inégal le sphéroèdre.
 N'obtient un 2 tétraèdre avec d'ax. syst cubique: droit et gauche, par et n'y
 pour prisme en antihémédrie associées les 2 sphéroèdres.



$\frac{1}{2}$ Dodecaèdre
= Trapezoèdre pyramidal

Formes combinées naturelles

Minéraux cristallisés obéissent
quadratique

Les formes affinites sont aussi les dodecaèdres
tant les uns en trapezoèdre pyramidal, qu'ils à 8 faces
mais les arêtes sont inclinées.

On peut tirer analogie de nature:
L'hydrogène sibi d'hydrogène et oxygène: on tire
les bases pyromanganite, pyromanganite
orthogonales, les deuxes pyramides et le dodecaèdre
tout 118 faces.

Ainsi des autres formes combinées compliquées:
sphéropentagone et hexagone, scalénoèdre et octaèdre.

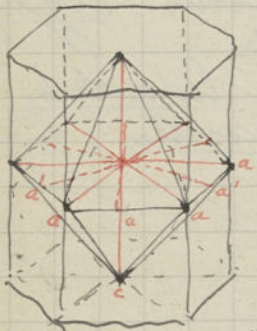
Les systèmes peu intéressants pour nous:
anatase, BiO₂ acide titanique

rutile, BiO₂ acide uranium triple
hydrogène double pot et char: Cu₂P₂O₇

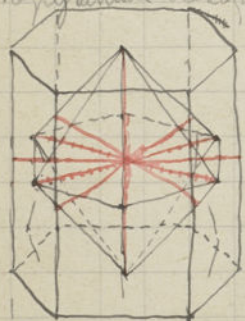
Am²O₃ brassinite;
Et un syst de phosphore, lingyphosphate, silicates
double, lingyphosphate, uranite, cuprum
etc. extrêmement rares.

Symbole du s. hexagonal
 $L_6, 3L_2, 3L_2', C, \Pi, 3P, 3P'$

Les quatre axes de coordonnées



Proto-prisme ou pr. pointel
 Proto-pyramide hexagonale



Proto-prisme et
 Dextero-pyramide



Formes de premier ordre et formes de second ordre



Rapports du syst. hexag.
avec d'autres systèmes
 1/ avec le syst. orthorombique

2/ avec le syst. rhomboédrique

Systeme hexagonal.

Caractère par $L_6, 3L_2$ de premier ordre à 120°
 $3L_2'$ de 2^e ordre bract à 90° . Des premiers,
 car C, Π par $L_6, 3L_2, 3L_2'$
 De tous les autres syst, dont 3 a. coordonnées
 se sont trop compliqué, on prend comme vert
 L_6 et 3 a. horiz. Diagonales du prisme hexag.
 C'est alors la pyramide de 1^{er} ordre.

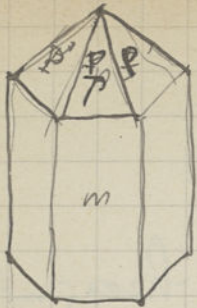
Les formes param a 4 dimensions.

La dble pyramide est égale et symétrique
 D'après: mets ces centres faces sup et
 inf, dans une même arête

Si on place sur un axe pr. de 1^{er} ordre la
 pyramide de 1^{er} ordre, l'autre forme les centres
 des faces

Le second syst d'axes horiz pour que la
 milieu des faces du proto-prisme

Les substances hexag. dans nature sont
 peu nombreuses: il n'y a même pas de vrai syst
 hexag, car la plupart se decomp. plutôt par
 leur prop. optiques en 3 syst de syst
 orthorombique avec cette particularité,
 qu'ils font ensemble axes de 120° .
 On peut tracer avec des syst rhomb.



Forme fondamentale:

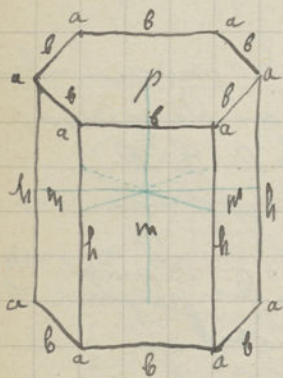
Prisme hexagonal

1. Bases

$$\left\{ \begin{array}{l} 0001 \\ p \\ OP \\ a : a : a : a : c \end{array} \right.$$

2. Protoprisme

$$\left\{ \begin{array}{l} 10\bar{1}0 \\ m \\ \infty P \\ a : a : a : c \end{array} \right.$$



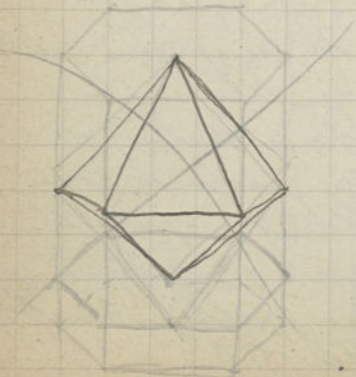
Sommets: a
Arêtes vertic: b
Arêtes horiz: b

Formes dérivées
Modifications sur les arêtes

1. Arêtes B.

1 Protopyramide

$$\left\{ \begin{array}{l} h0h\bar{c} \\ b\frac{c}{h} \\ \frac{h}{c}P (=nP) \\ a : a : \infty a : c \end{array} \right.$$



Droites: quartz serait prisme^m assoc à
pyr p. - C'est très rare d'ailleurs - Li + Na
Le quartz est rhomboédrique, les 6 faces d'en
haut et d'en bas sont rhombes P, P', P'', P''', P''', P'.
et ne - Les arêtes lisses au centre existent
le quartz rhombé une hémédrie du syst
poly hexag.

Dérivées
1 P. hexag. f. d'initial.
On a association des deux bases au prisme
de base qui offrent aux 6 à dix prismes et
sont parallèles 3a. bin. dor
Miller (Prismes ici) 0001 - Luy. p -
Kammum OP - Num. d. a : a : a : c
Sur les 6 faces du prisme:

10T0 - m - OP - a : a : a : c
Si on mesure h et l, on a a = -(h+K)
En effet, le 3e axe est à 120° est négligé
par rapport aux deux autres principaux
avec un prisme

Arêtes identiques, a
Arêtes verticales, identiques, h.
Ar. horiz identiques b.
- Modification arêtes: pincer du prisme
à prisme

1 arêtes b, comprimées prisme, donc
peut être remplacées par une seule face plane
ayant à dix quelconque l'axe vert et 2h horz,
prisme 3e.

Donc des faces en h, l en bas, 12 faces
s'associeront soit hexag: pyr hex
double ou photopyr.

D'une façon gen elles sont remplacées
par des b ont sur arêtes b.
h 0 h c - b c - h c ou m P

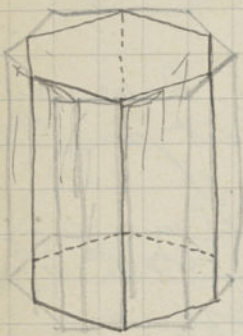
Proto-Pyramide frontale:

$$1011 - b, - p - a:a:\infty a:c$$

Formes combinées:

Avec le protoprisme

2. Arêtes b



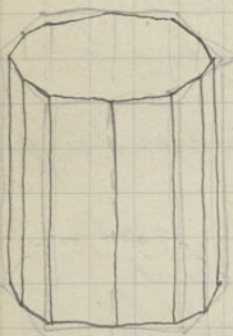
1. Deuteroprisme

(modification par une facette)

$$\left\{ \begin{array}{l} 11\bar{2}0 \\ *h, \\ \infty P2 \\ 2a:a:2a:c \end{array} \right.$$

Formes combinées

avec le protoprisme



2. Prisme dodécagone

(modific. par deux facettes)

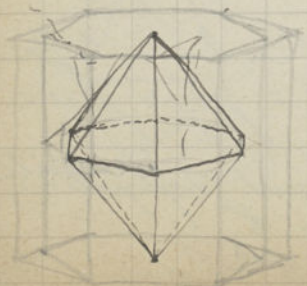
$$\left\{ \begin{array}{l} hK\bar{2}0 \\ h\frac{h}{K} \\ \infty P\frac{2}{h} \\ a:a:\frac{2}{h}a:\infty c \end{array} \right.$$

Modifications sur les sommets

1. Deutero-pyramide

(modif par une facette)

$$\left\{ \begin{array}{l} h+h\bar{2}c \\ a\frac{2}{h}(=a^2) \end{array} \right\} \left\{ \begin{array}{l} 2\frac{h}{2}P2 \\ 2 \\ 2a:2a:2\frac{1}{2}c \end{array} \right.$$



$a:2a:\infty a:\frac{h}{2}c$ or m
 Pm ces prismes ^{extérieurement} peut former
 $10\bar{1}1 - \frac{h}{2}P1 - p - a:a:\infty a:c$

Assoc $\frac{h}{2}$
 peut être et même peut être: tronçons sur arêtes.
 On peut également des arêtes, émeraude,
quartz, etc. en la coupe une hexagonal.

On peut tracer des moindres de la
 Or la coupe entre 2 faces m, donc on
 peut en ou 1 tron sur la ou une de
 tron sur la. Biseau.

1 tron sur la: celle tron tron tron
 à 6 faces: prisme à 6 faces qui se dit du
 protoprisme son nom de Deuteroprisme:
 son symbole sera

$$11-20 - h, - \infty P2 - 2a:a:2a:c$$

(h, coupe à prisme à 6 faces et la prisme - 2.
 jusqu'à une arête nulle)

On voit par peut être deutro prisme solide
 à 12 faces, qui peut être un prisme dodec.
 régulier ou hexa. sont les deux.

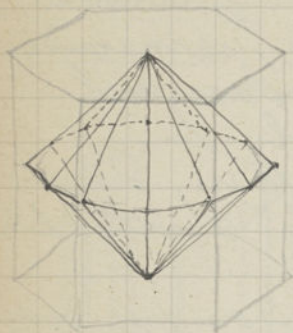
Si une facette h est remplacée par 2 faces
 planes ces 2 f. sont inclinées
 sur la 2 f. m adj: prisme à 12 faces,
 prisme dodécagone:
 $hK\bar{2}0 - h\frac{h}{K} - \infty P\frac{2}{h} - \frac{2}{h}a:a:\frac{2}{h}a:c$
 $2 = (K-h)$

Assoc avec un peut être deutro prisme
 à un prisme à 18 faces

Modif sur sommets:
 Tous identiques: a coupe entre faces m ident,
 donc prisme tron par une ou 2 faces
 m une facette, a coupe égalant les 2 faces
 m adjac.

Cela donnera une dodecaèdre à 12 faces

Duteropyramide frontale:
 $11\bar{2}1 - a_1 - 2P2 - 2a:a:2a:2c$
 = Didodecaèdre



2. Pyramide Dodecagonale
 (modif par deux facettes)

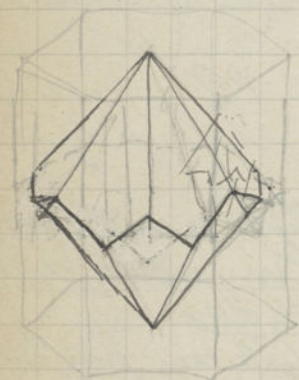
$$\left. \begin{array}{l} h \ K \ \bar{2} \ L \\ \frac{r}{c} \ \frac{p}{2} \ \frac{h}{2} \end{array} \right\}$$

Formes hémiedres

1. Hémétrie holocaxe

$$L_6 \ 3L_2 \ 3L'_2$$

$\frac{1}{2}$ Pyram. Dodecagonale



2. Parahémétrie

1) $L_6 \ C \ \Pi$

$\frac{1}{2}$ Pyram. Dodecagonale

Formes combinées
 avec le prisme hexagonal

$\frac{1}{2}$ Prisme Dodecagonal

C'est la duteropyramide:
 $h \ K \ \bar{2} \ L - \left(\frac{r}{c} = a^2 \right) \frac{2h}{p} \ P2 \left\{ \begin{array}{l} 2a:a:2a:\frac{2h}{2}c \\ 2a:a:2a:\frac{2h}{2}c \end{array} \right.$
 Une de ces duteropyr est la duterpyramide frontale:
 a pour symbl:

$$11\bar{2}1 \ a_1 - 2P2 \ 2a:a:2a:2c$$

— On remplace les axes a par 2 facettes
 c'est le solide le + compliqué: 24 faces
 pyramide Dodecagonale
 $h \ K \ \bar{2} \ L - \text{Ley complex} = \frac{r}{c} \ \frac{p}{2} \ \frac{h}{2}$
 $r = -(h+K)$

Formes hémiedres.

Si c'est un syst, elles se combinent
 en 2 n: les 6 faces rhomb.

Encaillure par un cube
 1. Hémétrie holocaxe.

Autre à supprimer le centre, donc pt pyram.
 $L_6 \ 3L_2 \ 3L'_2$
 Seulement $\frac{1}{2}$ didodecaèdre, cad $\frac{1}{2}$ pyram
 avec 6 faces en 12 ben bas 7 se raccorde
 mt hexag non plan.

Cette hémétrie orthocaxe de la syst
 2 Parahém - a faces parall: un art d'écou
 si d'art mt suppi.

Suppl base binaire:
 $L_6 \ C \ \Pi$

Se traduit chez les didodecaèdres:
 non cubique / 6 faces en ht, 6 en lat -
 Cette forme avec une pyramide hexagonale
 les axes a rempl par une face triang
 seulement une elle est hémétrie, au lieu
 de deux le même axe on tire 2 axes différents
 — avec c pr dodéc, on obtient forme à
 6 faces hexag irréguliers
 On voit chez apatite cette anac.
 Suppl bases ternaires:

$$2) L_{\frac{6}{2}} 3L_2 C 3P$$

$$L_{\frac{6}{2}} 3L_2 C 3P'$$

3 Antihémisphère

$$1) L_6 3P 3P'$$

$$2) L_{\frac{6}{2}} 3L_2 3P' \pi$$

$$L_{\frac{6}{2}} 3L' 3P \pi$$

$\frac{1}{2}$ Pyram. dodécagonale

$\frac{1}{2}$ Pyram. hexagonale
= ditrièdre

Central positif et central nég.

$\frac{1}{2}$ Prisme



$$L_{\frac{6}{2}} 3 L_2 C \pi 3P$$

$$\text{ou } L_{\frac{6}{2}} 3L_2 C \pi 3P'$$

C'est un syst. de la 1^{re} bin. 3a bin. à 120° un centre de symétrie le syst. rhomboédrique est ainsi hémédre du syst. hexag.

— Syst. centre : antihém. (f. inclinées)

$$L_6 3P 3P'$$

↳ Cette antihémédre a été par un centre de symétrie à cristalliser par transition de son forme en 2 cristallites

$$L_{\frac{6}{2}} 3L_2 3P' \pi$$

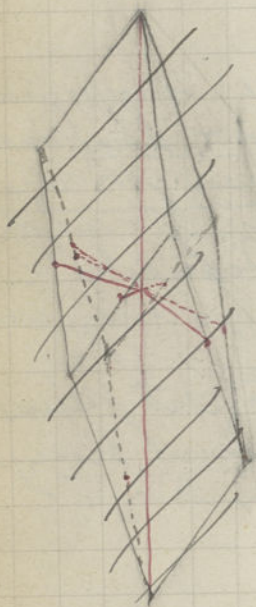
$$\text{ou } L_{\frac{6}{2}} 3L' 3P \pi$$

On agit sur le didodecaèdre : suppression de 12 des faces, et remplacement par une double pyram. à 6 faces, mais qui ne sera pas régulière.

Les doubles pyram. hexag. sont régulières par une pyram. à 6 faces : ditrièdre :

avec 12 faces, un axe, conçois un tel cube.

— Prisme également affecté, est primitivement rempli par un prisme hexag. dont on protège int. a. centres.



Symbole du syst. rhombédrique
 $L_3 \quad 3L_2 \quad C \quad 3P$
Minéraux du syst rhombédrique



Systeme rhombédrique.

^{3L₂ ?}
 Symbole $L_3 \quad 3L_2 \quad C \quad 3P$

Les principales sont :

Antimoine Sb

Apatite (considérée une hexagone soit une rhombédrique)
 Brookite (mica noir) Fluorophosph. chaux

Calamine CO_3Zn

Calcite CO_3Ca

Chalazie Hydroxide alum et chaux

Cinabre Hg S (sulf. mercure)

Corymbon

Diallogite Co_3mn

Dioclase Hydroxide cuivre

Dolomite Carb. chaux et magnésie

Emeraude Silic. alum. et glycérium

Magnésite Fe_3CO_3

Proustite, arsenico-sulfure d'argent

Pyrargyrite antimono-sulfure d'argent

Pyromorphite, chlorophosph. de plomb.

Pyrotine Fe_3S_4

Quartz SiO_2

Siderose CO_3Fe

Tourmaline Fluoricate.

Rapports du syst rhomboéd. avec le syst hexagonal
Hémédrie du syst hexagonal

Rassure d'en faire un syst distinct

Systemes d'axes

3 axes horz et un a. vertical
Weiss, Bravais

3 axes

Muller Levy

2 axes horizontaux et un axe vertical
Haumann

Forme fondamentale:
rhomboéde

Notation

Faces: γ

Sommets: α
 e

Arêtes: b
 d

Le syst rhomb peut être considéré comme une hémédrie du syst hexag: suppr 3 a. brn, l'axe b ramené à 3, on supprime les 3 pl sym correspondants axes, et on a seulement

Si ds pyram hexag 3 faces sup redés en supprimant les autres, de même en bas, on a pyramide à 6 faces qui devient rhomboéde.

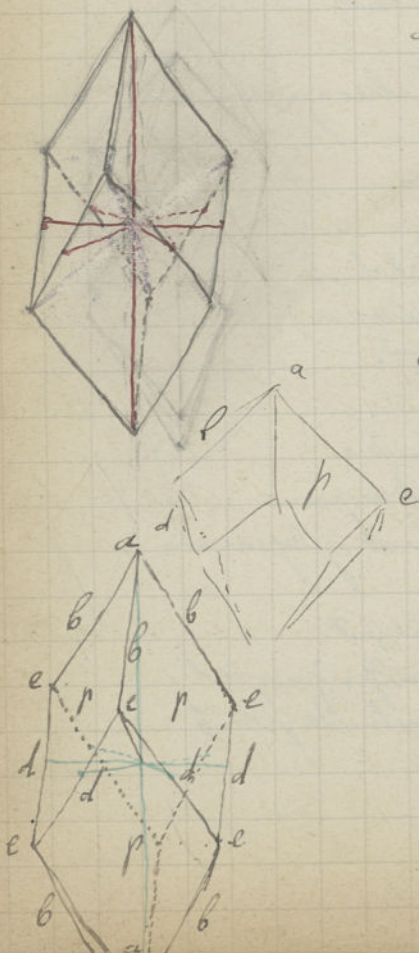
On peut aussi le considérer comme syst spécial. Les rhéoban sont que les faces rhomb même lorsqu'hexag, ont des polyèdres signés différents des subat venant hexag: il y en a ont tous les plans de clivage; la symétrie ternaire se trouve ternaire même ds le quartz le plus parfait.

Deux systèmes d'axes.
Weiss et Bravais, on choisit 3 axes, l'axe vertical, axe 3, et 3 L₂ correspondant bases de sym - c'est la syst hexagonale, axe c à ternaire et la condition $2 = p - (h + k)$
Muller et Levy choisit 3 axes, les 3 arêtes, on a formules plus simples, mais calcul difficile

Rhomboéde - Parallelepède spécial, les faces sont des losanges, elles se groupent par 3 également inclinées sur l'axe vertical. Les 6 faces sont semblables.

Levy 6 p. (ne par conf avec pyram de 6)
Les 2 sommets par axe ternaire sont a les autres sont b, disposés sur un hexagone en zigzag, e
Le plan qui passe par le milieu des arêtes n'est pas un pl sym, mais il contient les axes horizontaux

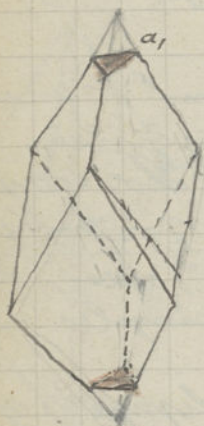
Arêtes: celles autour des sommets a, sont b



}	Bravais	10T1
	Muller	100
	Levy	P
	Kalmann	+R
	Weiss	a:a:da:c

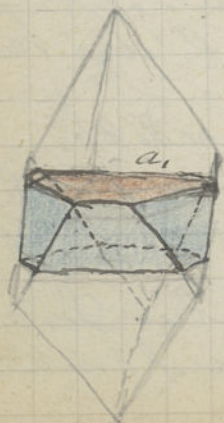
Formes dérivées

1. Modifications sur les angles 1) sur les angles a



1. Base (modif. par une facette)

Bravais	0001
Muller	111
Levy	a1
Kalmann	OR
Weiss	da:da:da:c



Formes combinées avec le rhomb. pental

2. Rhomboïde (modif par 3 facettes)

Celles de l'hexagone ep sont de
Rhomb. pental ord. pental pour syst
Bravais 10T1 (4 caractères)
Muller 100 (3 caractères)
Levy P
Kalmann +R
Weiss a:a:da:c

Solides dérivés du rhomboïde.
Suppl. de voir ce que se passe
Modif sur angles.

Angles a.
Peuvent être remplacés par une facette, un triangle
ou une pyram. hexagonale, comme les sommets
du cube.

Si les a.a rempl. par une facette, elle est égale
incluse sur les 3 faces adj., par suite perpend.
à l'axe vertical.

Cette face correspond à base p du syst hexagonal,
mais ici ne pas confondre avec.

Bravais	0001
Muller	111
Levy	a1
Kalmann	OR

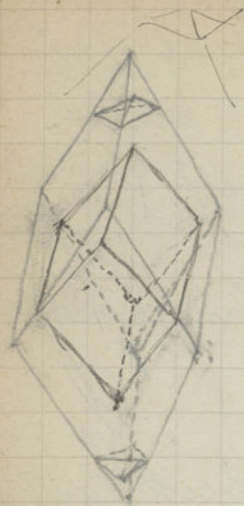
Weiss $da:da:da:c$

On tue fragment de nature cette tronc a, avec
avec le rhomb. pental:

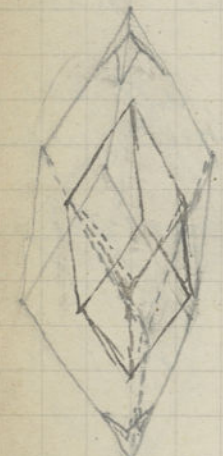
chambre carbonatée, cinabre, coryndon.

- Supp. que le plan de tronc a été entre
les sommets e, on a une facette hexag et
on plus triangulaire: 2 hexag etés
par faces du rhomboïde.

2 Les angles a peuvent être remplacés par un triangle
Les 3 fac résultent seront égaux inclinés sur
axe vert. 2 cas: on comprend les arêtes b,
on seront sur les faces du rhomboïde.



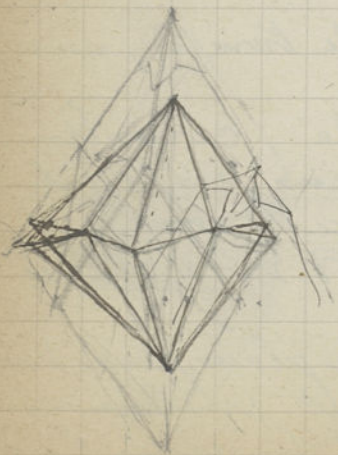
1) Rhomboèdre direct
 (facette de troncature corresp à l'apôte p)
 Bravais $h \ 0 \ \bar{h} \ l$
 Miller $h \ k \ k$
 Levy $a \frac{l+k}{l-h} a \frac{m}{n} m \times n$
 Naumann $+\frac{h}{l} R (= +mR)$
 Weiss $a : a : \infty a : \frac{h-k}{2k-h} c$



2) Rhomboèdre inverse
 (facette de troncature corresp à l'apôte b)
 Bravais $0 \ k \ \bar{k} \ l$
 Miller $h \ h \ k$
 Levy $a \frac{l-2k}{l+k} a \frac{r}{n} \frac{m}{h} m \times n$
 Naumann $-\frac{k}{l} R (= -mR)$
 Weiss $a : a : \infty a : \frac{h-k}{2h+k} c$

- Formes combinées
 Combinaison du rhomb. direct
 et du rhomb. inverse

3. Scalenoèdre
 (modification par 6 facettes)



Particular: noctuoèdre

trèfle plus un barreau : on voit revenir d'un à un rhomboèdre.

Out 2 cas : de rhomb pentèdre direct ou inverse.

En effet si trace sont sur face, direct sur arêtes, inverse : 2 cademer cas sont parallèles avec diagonales.

1) Rhomboèdre direct sur le met a:
 Bravais $h \ 0 \ \bar{h} \ l$ Miller $h \ k \ k$ Levy $a \frac{l+2k}{l-h}$
 Naumann $(+\frac{h}{l} R) \text{ ou } (+mR)$
 Weiss $a : a : \infty a : \frac{h-k}{2k-h} c$

On voit reconnaître qu'on a affaire à un rhomb direct ? lorsque $l > h$

En outre $r = h$, puisque $h + 0 = r$.

2) Rhomb inverse sur a.

Bravais $0 \ k \ \bar{k} \ l$
 Miller $h \ h \ k$
 Levy $a \frac{l-2k}{l+k}$

Naumann $(-\frac{k}{l} R) (-mR)$ le signe + ou - indique la direction ou inverse

Weiss $a : a : \infty a : \frac{h-k}{2h+k} c$

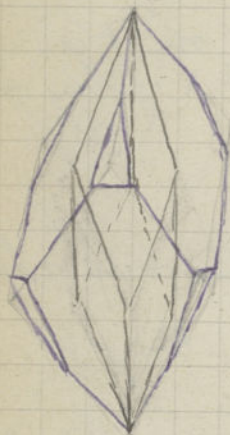
On peut trouver aussi un rhomb direct et inverse c'est ce qui arrive dans le quartz.

Enfin le met a pentèdre remplacé par une pyramide hexagonale; les 6 facettes placées sur les arêtes h sur les faces en 6 faces en 6, mais plus les pyramides c'est le scalenoèdre.

On voit aussi rhomb avec scalen : il peut arriver sur les symboles de quartz malin.

Peut arriver que les brins scalenoèdre direct

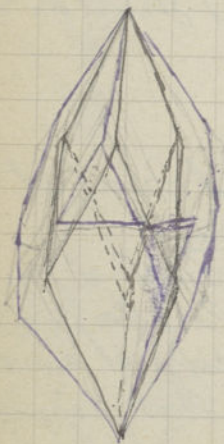
2) sur les angles ϵ



1) Rhomboèdre
(modification par une facette)

1) Rhomboèdre direct
(facette de troncature correspondant à la face p. unique) $h < k$

{	Bravais	$h \ 0 \ \bar{l}$	$(h < l)$
	Miller	$h \ k \ \bar{k}$	$h < k$
	Levy	$l \frac{l+2k}{l-k}$	
	Naumann	$+\frac{h}{l} R (= +mR)$	
	Weiss	$a : a : \infty a : \frac{h-k}{h+2k} c$	



2) Rhomboèdre inverse
(facette de troncature coupant à l'arête b) $(h > k)$

{	Bravais	$h \ 0 \ \bar{l}$	
	Miller	$h \ k \ k$	$h > k$
	Levy	$l \frac{2k-2}{l+k}$	
	Naumann	$-\frac{h}{l} R (= -mR)$	
	Weiss	$a : a : \infty a : \frac{h-k}{2h+k} c$	

isocèles, on passe ainsi à l'icosaèdre.
D'ici d'ailleurs apparaît un plan de symétrie accidentel, venant à la suite des symétries — les modifications sur les angles ϵ .
Dans toutes, car il y a 4 faces p. ident., la 3^e p. ne l'est pas.
Lorsque l'angle ϵ se rempli par une table, elle est également inclinée sur les 4 faces p. identiques. Il y a 3^e modification en fait, 3 en tout, donc 6 faces: c'est encore un rhomboèdre.
Ils peuvent être directs sur ϵ ou inverses sur ϵ .

D'ailleurs?

La troncature intercepte sur les 2 arêtes d'une ligne + gde que sur l'arête c , on coupe un rhomboèdre hexaèdre par l'arête b , donc inverse direct.

Symb: Bravais $h \ 0 \ \bar{l}$
Miller $h \ k \ -k$

Levy $l \frac{l+2k}{l-k}$

Naum $+\frac{h}{l} R (+mR)$

Weiss $a : a : \infty a : \frac{h-k}{h+2k} c$

Invers: $0 \ k \ \bar{l}$

$h \ k \ k$

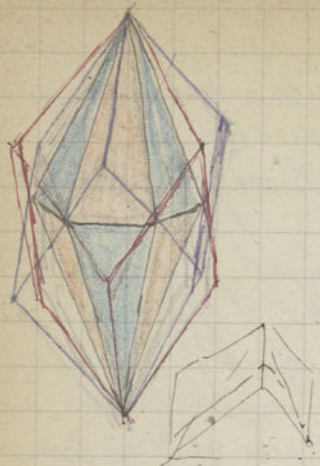
$l \frac{2k-2}{l+k}$

$-mR$

$a : a : \infty a : \frac{h-k}{2h+k} c$

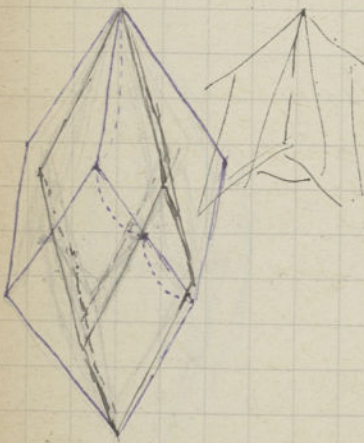
Donc pour les trois arêtes ensemble.
Supposons qu'on ait un rhomboèdre rh, direct sur ϵ , ayant une valeur de ϵ , passe

Formes combinées
Rhombocdre direct avec rh. inversée:
pyramide hexagonale



Cas particuliers
1) protopyramide hexagonale
($h=k$)

Bravais $10\bar{1}0$
Miller $1\bar{1}2$
Lévy e^2
Naumann ∞R
Weiss $a:a:da:c$



2) rhombocdre inversée du
rhomb. primitif
($h = \frac{d}{2} \neq l = b$)

2. Scalenocdre
(modification par 2 facettes)

Scal. direct et scal. inversée
 $h \neq k$

$10\bar{1}2$ et $01\bar{1}2$.

Ces 2 rhombes ont les symétries l'un de l'autre,
le 1^{er} a une de 30° pour dire le second; leur
angle d'axe donc pyram. hexag.

Les sommets et peuvent être homologues dans un
cas très particulier:

si les lignes interceptes sur d sont
égales à l'unité ou à distance paramétrique; et sur
l'axe $\frac{1}{2}$ de l'unité; Or, cet axe fait
deux faces parallèles à l'axe vertical; ces faces
sont parallèles à une zone droite, se
rencontrent sur des axes verticaux, donnent
naissance à un prisme hexagonal

C'est un prisme de 1^{er} ordre du syst.
hexag. on l'appelle e^2 protopyramide
Protopyramide (dont l'axe est double)

$10\bar{1}0$

$1\bar{1}2$

e^2

∞R

$a:a:da:c$

— Lorsque les lignes interceptes par ces
sur d sont $d = b$, dans ce cas on
a un rhombocdre primitif remplacé par une pyram.
à faces en ht, 3 en bas, et on se trouve
au rhombocdre inversé du rhomb.
primitif.

A rhomb. direct pour symboles:

$e^{\frac{1}{2}}$

Enfin les angles et pentes remplacés par 2
facettes en bas on intercepte des
lignes inégales, on se trouve à des
scalenocdres, directs ou inversés, et que
les lignes interceptes sur b \neq que sur d.

Peut arriver que d = c et l'un des faces

Cas particuliers:
 Disme dodécaédrique

2. Modifications sur les arêtes

1. sur les arêtes d.

1. Deuteroisme hexagonal
 (modif par une facette)

- Bravais $11\bar{2}0$
- Müller 101
- Levy d_1
- Naumann $\infty R2$
- Wern $2a:a:2a:c$

2. Scalénoèdre direct
 (modif par deux facettes)

2. sur les arêtes h.

1. Rhomboides inverse

(modif par une facette)

2. Scalénoèdre

(modif par 2 facettes)

Scalén. direct et scal. inverse

- Resumé des formes holédriques
 primitives.

Sur parallèle à l'axe vertical: on sera abouti
 à un prisme dodécaédrique
 On rencontre ces cas chez calaité, chaméobrate,
quartz.

Modif sur les arêtes: b ou d
 Les arêtes d sont comprimées entre deux faces
 p diploédrique sur face: ronce
 si par une trincature la facette qui comprime
 d est inclinée sur les faces p, elle sera
 parallèle à l'axe vertical
 Les modifications à un prisme par un
 deuteroisme conique à h, du type hex.
 on aura donc le rhombé deutero par ex
 de 2^e ordre.

- Symbr Brav $11\bar{2}0$
- Müller 101
- Levy d_1
- Naumann $\infty R2$

$2a:a:2a:c$

On remplit d par 2 fac brées, chacun
 des 6 arêtes remplie par 2 fac, about
 à des scalénoèdres, tous directs. on aura
 donc le nom de trincature, puisqu'ils ont
 par rapport aux axes coordonnés la même position
 que le rhombé primitif

Sur arêtes h, comprennent 2 faces prisme
 pentagone rempli par une tronc on aura
 une face qui est inclinée, une nam
 à un rhombé inverse spécial, b, équival
 Les arêtes b pentagone rempli par 2
 fac, on aura 12 cad scalén directs
 on remarque que la tronc sur b
 est que 2d, cad que tronc sur arêtes d.

On a donc forme holédrique sur
 face, prisme prisme hexag e₂, deutero

Formes dérivées

Formes hémédres

Caractère plagiocure de l'hémédrie

1. Hémédrie holoaxe

$L_3 3L_2$

$\frac{1}{2}$ scalenoèdre

$\frac{1}{2}$ rhomboèdre = tétraèdre

$\frac{1}{2}$ Prisme dodéc = pr. hexag.

2. Parahémédrie

$L_3 C$

$\frac{1}{2}$ scalenoèdre

$\frac{1}{2}$ Prisme dodécagonal

Rhomboèdre C.

— Prisme d'axe: rhombédre ou cube sur une
gumme — scalénédre ou cube;
enfin prisme dodécagonal comme forme d'axe

Hémédrie.

Cette hémédrie n'est pas comme seule,
elle ne se infère qu'isolée aux des faces holoaxes
(faces plagiocures)

— Hémédrie holoaxe. $L_3 3L_2$

Ne s'applique qu'aux formes obliques, prisme
parallélogramme

Scalénédre d'axe n'axe à 3 faces symétriques
qui about à prisme triangulaire accolé, mais
l'angle de deux faces différent de 60° sur
ceux qui sont rhomboèdre

— Les rhomboèdres d'axe à prisme triangulaire
accolé par base, son pl. sym. interne,
ou la tétraèdre

Le prisme dodéc d'axe n'axe à un prisme
hexagonal régulier.

On rend fréquent cette hémédrie cube
quart, et elle se infère de la d'axe prisme
partout équival à scalenoèdre d'axe n'axe
de quart, ou tétraèdre des facettes, par les égalités
d'angles et n'ont pas des.

— La hémédrie à faces parallèles, parabolé
 $L_3 C$

La rhombédre par affilé

Scalénédre sur affilé, sur 3 faces en tétra
èdre bas, 3' angle en sorte de rhombédre qui
diffèrent du rhombédre parabolé en ce qu'il a
l'angle de 60° .

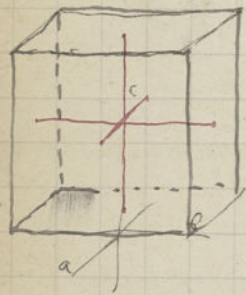
pr. C, par affilé — pr. dodéc d'axe n'axe
à tétra pr. hexag. qui about à tétra
de 30°

3 Antihémicétrie
L₃ 3P

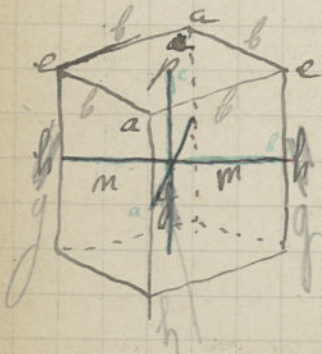
Enfin on me antihémicétrie L₃ 3P
dans tonalite: se manifeste par les
extrémités du crâne sont les mêmes

Système orthorhombique

Elements de symétrie
 $L_2 L'_2 L''_2 C 2 P 2 P''$



Position des axes de notation



Notation du prisme ρ (trigonal)

Elements de symétrie de
 l'octaèdre

ou rhombique ou orthogonale ou du prisme ou
 octaèdre. ou ter binaires.

Symbole $L_2 L'_2 L''_2 C 2 P 2 P''$
 Donc bases binaires, 3 pl. symétrie
 rectangulaire.

Les axes peuvent se mesurer sur les arêtes
 ou sur les faces ou sur les diagonales ou sur les
 faces opposées.

De même octaèdre
 On a l'habituel appelé a le plus petit des
 axes, b le plus grand, c le plus grand ou
 macrodiagonal, les autres axes sont
 macro.

Le petit axe est dit brachydiagonal.
 Dans un prisme, il y a 2 bases, 4 faces, 6
 arêtes, 8 sommets qui ne sont pas tous les mêmes.
 Les uns obtus, les autres aigus et
 plans, les autres aigus, les autres obtus de base
 et d'angles.

Les axes verticaux a, b, c obtus, a, a aigus.
 Dans l'octaèdre, il est formé de 8 triangles
 scalènes.

Il y a 2 motifs qui coexistent l'a. bin.
 cubique et 2 autres pour les autres a
 tern.

Forme fondamentale:

Protopyramide
 $\left\{ \begin{array}{l} 110 \\ m \\ \infty P \\ a:b:bc \end{array} \right.$

Formes dérivées

1. Modifications sur les arêtes

4. Arêtes b

Protopyramide
 (modif. par une facette)
 $\left\{ \begin{array}{l} h h l \\ b \frac{1}{2} \\ - \frac{h}{2} P \\ a:b:mc \end{array} \right.$

Cas particuliers: octaèdre fondal:

$111 \quad b \frac{1}{2} \quad -l \quad a:b:c$

2. Arêtes g

1. Brachypinacéide
 (modif. par une facette)

$\left\{ \begin{array}{l} 010 \\ g_1 \\ \infty P \infty \\ \infty a:b:\infty c \end{array} \right.$

arêtes - 4 arêtes aboutissant à a,
 donc macro - et 4 arêtes courtes à l'axe
 brachy, donc pas identiques
 enfin 4 arêtes brachy ident.

Cela suit le schéma de symétrie

Formes dérivées

Prisme fondal: - deux pinacoïdes, deux

Protopyramide ou pinaco macro et micro.

Prisme: le protopyramide ou pinaco fondal.

Macro les 2 axes à l'arête par un fondal
 et un pinaco a-vert:

$110 \quad m \quad \infty P$

$a:b:bc$

Modif du protopyr.

7. sur les arêtes.

arêtes b. coupées entre 2 faces diff,

donc rempli par une facette, dont résulte

un octaèdre - prisme sur est l'oct

fondal qui coupe les 3 axes à l'arête 1

Par Protopyramides: $h h l \quad b \frac{1}{2} \quad - \frac{h}{2} P \quad ml$

$a:b:\frac{h}{2}c \quad (a:b:mc) \quad -$

Toutes seront des protopyr, mais b met
 vertic sur plus ou moins l'hor.

Arêtes g. coupées à la brachydiag, elle
 est comprise entre 2 facettes m, donc on peut la remplir
 par une troncature ou un braco

Troncatures: la facette doit être après les arêtes
 à moitié sera parall au plan diag, donc
 au plan axe vertic et brachydiag.

Donc 2 faces, soit un pinacoïde, le
 brachypinacoïde (parall à brachydiag) ou

$\left\{ \begin{array}{l} 010 \\ 010 \\ g_1 \infty P \infty \\ \infty a:b:bc \end{array} \right.$

2. Brachypyrisme
(modif par deux facettes)

$$\left\{ \begin{array}{l} hKO \quad (h < K) \\ g \frac{h+K}{K-h} \\ \infty Pm \\ ma: b: \infty c \end{array} \right.$$

2. arêtes h

1. Macropyracorde
(modif par une facette)

$$\left\{ \begin{array}{l} 100 \quad h' \\ 2 \text{ Macropyrisme} \end{array} \right.$$

(modif par deux facettes)

$$\left\{ \begin{array}{l} hKO \quad h \frac{h+K}{K-h} \infty Pm \quad ma: b: \infty c \\ (h > K) \end{array} \right.$$

2. Modifications sur les angles

1. angle a

1. Macrodomes

(modif par une facette)

$$\left\{ \begin{array}{l} KOE \\ a \frac{c}{2} \\ m P \infty \\ a: \infty b: mc \end{array} \right.$$

Cas particuliers:

$$\left\{ \begin{array}{l} 101 \\ a' \\ P \infty \\ a: \infty b: c \end{array} \right.$$

2. Macropyramide

(modif. par deux facettes)

$$\left\{ \begin{array}{l} hKE \quad (h > K) \\ \frac{h+K}{K-h} \frac{h+K}{K-h} h' \\ m Pm \\ ma: b: mc \end{array} \right.$$



si remplit arête g par deux faces point
biseau, 4 faces, dont un prisme, Brachypyrisme.
Le symbole général est $hKO \quad (h < K) \quad - \frac{h+K}{K-h} \infty P \frac{K}{h} \quad (\infty Pm)$

$$\frac{h}{K} a: b: \infty c.$$

On peut les remplir par une face ou un biseau.
Si biseau, sera parallèle à la macrodiagonale,
ce sera un macropyracorde

Si deux faces point biseau, 4 faces,
un macropyrisme

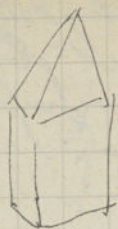
$$hKO \quad (h > K) \quad - h \frac{h+K}{K-h} \infty P \frac{K}{h} \quad (\infty Pm)$$

Si on ratourne sur les angles.
Angle a coupe une f. p et Pm,
donc une tron ou deux facettes biseau.
Si une face ungu, égalant inclure sur
les ments m, son arête sur face p parallèle
à macrod. Les faces qui se rencontrent
sont droites parallèles à macrodiagonale,
on les appelle Dôme
ici macrodôme

Ces macrodomes ont pour symbole

$$KOE \quad - a \frac{c}{2} \quad - \frac{h}{c} P \infty$$

Le macrodôme qui coupe les prismes aux des
sont est
101 - a, ... et.
Si deux facettes point biseau, cela fait
4 facettes, une pyramide macropyramide
 $hKE \quad (h > K) \quad \frac{h+K}{K-h} \frac{h+K}{K-h} h' \quad - m Pm$
 $\frac{h}{K} a: b: \frac{h}{c} c$
Sommet e.



$\frac{1}{2}$ octaèdre \neq

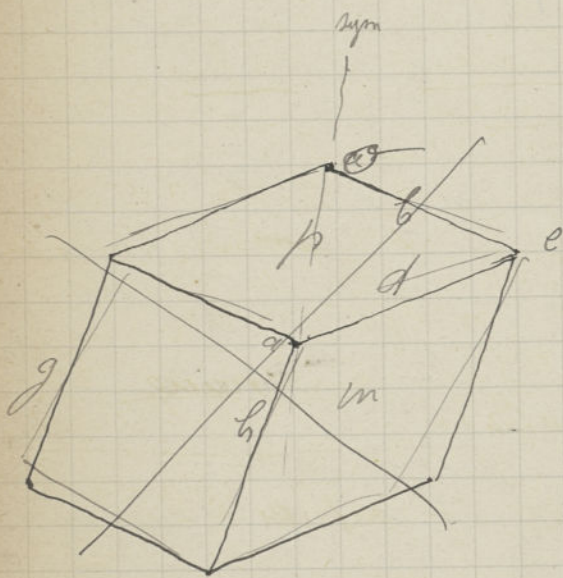
L_2

autres formes le sont, on aura sûrement la moitié
des faces.

D'un ocl, la $\frac{1}{2}$ des faces sup, puis que
plus de centre par de bas en bas, la ce n'est
que d'un côté.

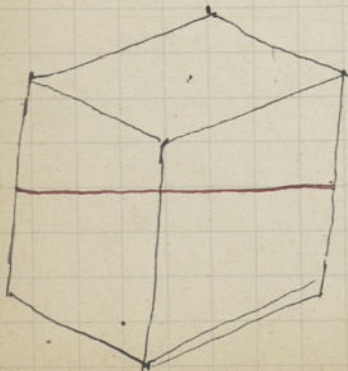
Calamine, Popuze.

On pourrait aussi supprimer les pl sup,
reste L_2 ce serait l'anneau de
myt monoel, c'est un cas particulier du
myt monoel qui se rencontre presque
le myt rhombo.



Éléments de symétrie
 $L_2 C 2$

Système d'axes de notation



Absence de formes fermées

Systeme monodémique

ou type Klinorhombique, binarié, du
 prisme à base rhombe
 On peut prendre une forme simple
 prisme à base rhombe et arêtes obliques
 ou à base parallélogramme avec arêtes
 rectes.

Symbole $L_2 C 2$
 La symétrie est donc unibinaire
 Un pl. symétrique dans le plan vertical d'axe
verticale

Il y a un centre; perpend. au plan est un axe,
 le seul, ce sera l'axe horizontal b .

Ne pourrions choisir 2 axes?

Müller et Schönflies, cet axe long et des
 axes perpend. aux faces des bases et des arêtes,
 l'axe 2 et plan sym, donc perpend. à l'axe
~~long~~ b .

Il y a donc 2 le prisme de Diary ^{Di gche} conçu
 à l'axe b : l'orthodragonale
 celle est mise vert inclinée, c'est la
Klinodragonale.

En réalité, si on étudie ces formes du
 syst monocl, il n'existe pas de solide:

1. Modifications sur les arêtes
1 arête g

1 Clinopiracé
 (modification par une facette)

$$\left\{ \begin{array}{l} 010 \\ g' \\ \infty R \infty \\ a : b : \infty c \end{array} \right.$$

Forme combinée:
 prisme pentagonal clinopiracé

2. Clinoprisme
 (modif par deux facettes)

$$\left\{ \begin{array}{l} h K O \quad (h < K) \\ g \frac{h+K}{a-K} \\ \infty R m \\ m a : b : \infty c \end{array} \right.$$

2. Arêtes h

1 Orthopiracé
 (modif par une facette)

$$\left\{ \begin{array}{l} 100 \\ h' \\ \infty P \infty \\ a : \infty b : \infty c \end{array} \right.$$

Forme combinée:
 orthopiracé et clinopiracé

(Base)

$$\left\{ \begin{array}{l} 001 \\ - p = 01 - \infty a' \infty b : c \end{array} \right.$$

Modif sur arêtes

Arêtes g.

montre d'abord par 1 ou 2 faces.
 Si par 1 face, se trouve également incliné sur les
 2 facettes, sera parallèle à la clinodome
 D'après cela on voit que à une face g', un
 piracé, que étant parallèle à clinodome
 et clinopiracé.

$$010 \quad g' \quad \infty R \infty \quad a : b : \infty c$$

On lui fait voir de même la clinopiracé associée
 au prisme formel m, en arête comme à un
 pr. hexag. régulier

Si arête g remplacée par 2 faces frontales,
 on a un prisme rhomboidal, g prisme
 prisme octaédrique avec pr. pentag.

La face du pr. comprend orthopiracé à la
 base par un pentagone, et l'axe clinopiracé
 est parallèle à cet axe.

$$\left\{ \begin{array}{l} h K O \quad (h < K \text{ lorsque troncature sur arête g}) \\ g \frac{h+K}{K-h} \text{ lorsque } K > h \\ \infty R m \quad (= \infty R \frac{h}{K}) \\ m a : b : \infty c \end{array} \right.$$

Le rencontrent fréquemment chez amphibole et
pyroxène

Arête h.

compr entre 2 faces m'identiques remplacées par
 une troncature de face frontales biselle:
 cette h, elle est parallèle à orthopiracé,
 c'est l'orthopiracé

$$100 \quad h' \quad \infty P \infty \quad a : \infty b : \infty c$$

La face h, et la face g, vont pour se trouver
 associés, nous avons un prisme rectangulaire
 la base sera un prisme oblique rectangulaire.

La base s'obtient par une troncature
 qui coupe une base h' à distance p, etc.

2 Orthoprisme

(modif par 2 facettes)

$$h > K \quad h > K$$

$$h \frac{h+K}{h-K}$$

$$d > m$$

$$m a : b : c$$

3. Arête d

Hemiprotopyramide antérieure

(modif par une facette)

$$d \frac{e}{2h}$$

$$-mP$$

$$a : b : mc$$

Cas particuliers :

$$|||$$

$$d \frac{1}{2}$$

$$-P$$

$$a : b : c$$

Arête B

(modif par une facette)

Hemiprotopyramide postérieure

(modif par une facette)

$$h > K$$

$$b \frac{e}{2h}$$

$$+mP$$

$$a' : b : mc$$

Cas particuliers :

$$|||$$

$$b \frac{1}{2} + P$$

$$a' : b : c$$

Forme combinée

Les deux hemiprotopyramides

elle a pour symboles 001 - P - OP

$$d a : d b : c$$

Modificatrice h. cent on peut par une face
prenant biseau : conduits à un prisme
distinguer de l'autre en indiquant qu'il s'agit
l'orthoprisme

$$h > K \quad (m a h > K) \quad h \frac{h+K}{h-K} \quad (g e n e r a l h > K)$$

$$d > m$$

$$m a : b : c$$

Arête d.

Carré entre base prend une face m
non possible remplacé par une face slant
on sera conduits à 2 faces en ht et
en arret, 2 faces en ht et en arret,
une demi pyramide

Ce sera la protopyramide ant.

elle coupera les arêtes

$$e \text{ et } e - d \frac{e}{2h} \quad (-\frac{h}{2} - P) \quad a : b : m$$

Une des ces prot coupera les 3 arêtes
fondati.

$$||| \quad d \frac{1}{2} \quad -P \quad a : b : c$$

Arête B.

prenant n'ête unipl que par une face :

à faces en ht et 2 faces des

Le symbo sera

h > K mais elle coupe le prolongé

de l'ar, donc négatif.

$$\frac{h}{h} \frac{e}{2h} \quad b \frac{e}{2h} \quad +\frac{h}{2} P \quad a' : b : mc$$

Une protopy fondati sera

$$||| \quad b \frac{1}{2} \quad +P \quad a' : b : c$$

L'anne des 2 protopy sera un octaèd
complet.

On la trouve chez pyruxène et amphibole.

Modificatrice arêtes

2. Modifications sur les angles

1 Angles α ou 0

1. Hémiorthodômes antérieurs (modif. par une facette)

$$\text{antérieur (angle } 0) \left\{ \begin{array}{l} h \ 0 \ h \\ o \ \frac{h}{2} \\ -m \ \angle \omega \\ a : ob : mc \end{array} \right.$$

$$\text{postérieur (angle } \alpha) \left\{ \begin{array}{l} \bar{h} \ 0 \ l \\ a \ \frac{l}{2} \\ +m \ \angle \omega \\ a' : ob : mc \end{array} \right.$$

Cas particuliers:

$$\left\{ \begin{array}{l} 101 \quad o' \quad - \angle \omega \quad a : ob : c \\ \bar{1}01 \quad a' \quad + \angle \omega \quad a' : ob : c \end{array} \right.$$

2. Hémicorthispyramides (modif. par deux facettes)

$$\text{antérieure (angle } 0) \left\{ \begin{array}{l} h \ K \ l \quad (h > K) \end{array} \right.$$

$$\text{postérieure (angle } \alpha) \left\{ \begin{array}{l} \bar{h} \ K \ l \quad (h < K) \end{array} \right.$$

2. Angles ϵ

Hémiclinopyramides (modif. par une facette)

H. d. dome $(h = K)$

$$\text{antérieure } \left\{ \begin{array}{l} h \ K \ l \quad (h > K) \\ \bar{h} \ K \ l \quad (h < K) \end{array} \right.$$

Angle α (en avant)
rempl. par 2 faces m une face p, l'une
rempl. par 1 ou 2 faces

Suppléant le remplissage par une troncature:
également inclue sur les 2 faces m.

(Le milieu met opposé seul)
Ces deux faces sont nettes des hémidômes
(cad. hém. sur o ou sur a).

Ces hém. antérieurs

$$\text{antérieur: } h \ 0 \ m \quad o \ \frac{l}{2} \quad \left(- \frac{h}{l} \ \angle \omega \right)$$

$$a : ob : \frac{h}{l} \ c$$

$$\text{post } \bar{h} \ 0 \ m \quad a \ \frac{l}{2} \quad +m \ \angle \omega \quad a' : ob : mc$$

Deux intérieurs: jumelés:

$$\left\{ \begin{array}{l} 101 \quad o' \quad - \angle \omega \quad a : ob : c \\ \quad \quad a' \quad + \angle \omega \quad a' : ob : c \end{array} \right.$$

On peut remplacer ces milieux par 2 facettes,
cela fera 4 faces concaves à un sommet
une hémicorthispyr. H. d. ant, H. d. post

$$\left\{ \begin{array}{l} h \ K \ l \quad (h > K) \\ \bar{h} \ K \ l \quad (h < K) \end{array} \right.$$

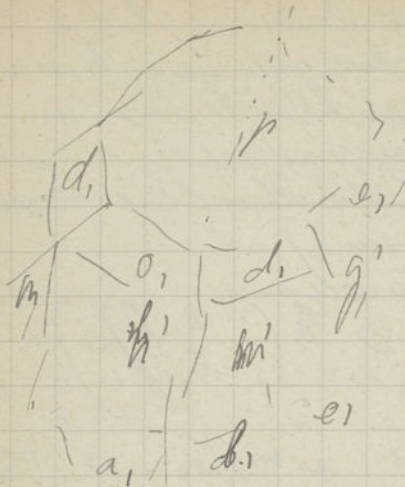
— Angles ϵ symétr.

Sont toujours entre deux faces m (deux fois)
par h à h ^{deux lignes} car leur arête est h ^{ou h'} h ^{ou h'} h
mm. donc s'ils rempl. par une troncature
parall. à la diag. ont au.

Cette troncature donnera encore 4 faces ϵ
2 accolés 2 en h : hémiclinopyramide
 $h \ K \ l$

Il est possible que l'on ait incliné a
ou rempl. o : $h \ K$, inclue vers o , $h \ K$
incluse de l'autre côté.

cad. hémiclin. ant ou post.



Solide résultant toutes les formes cristallines

Formes hémihédres

1 Hémihédre holobax
L2

2 Hémihédre hémixax
Caractéristique:
C
Antihémihédrie
L

Exemple d'hémihédrie

Minéraux cristallisés dans le système monodimique

Le symbole
 $\left\{ \begin{array}{l} h k l \text{ sur } h (k \text{ m. p.}) \\ h k p \text{ m. p. h} \end{array} \right.$

Si nous prenons un solide sans symétrie les formes cristallines nous arrivons à la conclusion qu'il y a un plan de symétrie. Dans le syst. rhomboédrique, l'hémihédrie est assez rare.

Suppression de l'holobax L2. Donc il n'y a pas de faces pour les octaédres. 2 faces d'en haut, car doubles sont jumelles.

De hem. a p. pour, sym. L2, ne reste plus que C c'est le syst. triclinique. Enfin nous voyons que le plan de symétrie: on coupe d'oct. 2 faces d'en haut et en bas correspond. C'est on l'en fait 1 en haut et 1 en bas.

De nature n'a pas de cristaux hémihédriques les a très en chimie: cristaux d'acide tartarique fait par Purton.

Il existe un crist. droit et un gauche. Les cristaux de crist. du système. Campylobole: on y trouve très gd n. de faces de prisme d'angle de 120° celle tournée au divorce, généralement + développés que les autres. Hémi-campylobole d'oberte, orientée. pyroxènes (surtout double cristaux et chaux, mica cristaux, mica cristaux).

- quartz (surtout double cristaux et chaux)
- pricars (surtout double cristaux et chaux)
- quartz (surtout double cristaux et chaux)
- bronzite
- Aspatie (carb. comme bleu)
- Amalachte (carb. comme vert)
- Drallage (surtout double cristaux et chaux)
- Epidote (surtout double cristaux et chaux)

Hendlandite sur pla. hyd. al. calc. ph. ston.
Gypsum - sur hyd. fer.
Orthopaste, sur l'orthose (essence des
felds, tous les autres incluzés)
Mica amictite
Muscovite (mica potassique blanc)
Mica phlogopite
Pyrolon sur rogne d'arsenic (sur d'argent)
Prodelithe (sur min.)
Sphère (slic. titanate fer. et calc.)
Calc (sur rogne hyd.)

Elements de symetrie
C

Artes de notation

Notation de Caennan.
L'octaèdre pointé.

Reduction des formes à leur
face parallèle

Notation de Caennan

Systeme crinothique

ou syst trichique, Dupr. Obliq oblique.

Elem^t de sym: C.
On n'y trouve pas de pl sym, sans ch, art et
crist.

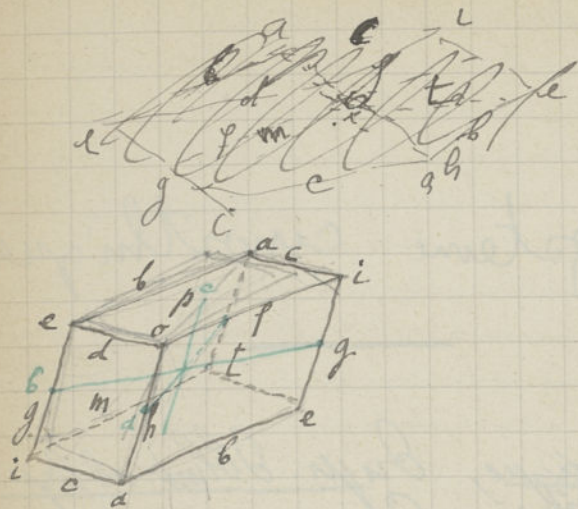
Artes de notation: 3 axes inégaux font
entre eux angles quelz différents de 90°
un chori^z axe vertical on réduisant vers le
haut C - un horizontal Rayueli
macrodras - un interne de Maclay
Rayoneli.

Si on joint les extrêmes des zones
parden face, on obtient un octaèdre pointé
obliq oblique.

Les faces y sont parallèles sur tout
à la proportion de modif du prin frontal
constr à des notations sur les axes
Catholique à desgen de Kuhn et
Wern.

De Kuhn l'octaèdre se réduisant à 4 axes
quels d'octaèdre, on est obligé d'affecter
à celle P respect chaque face de signes:
P' P P', P

Notation de Levy.
Le prisme pentagonal.



faces
p m t

Arêtes
b c d f

Sommets
a e i o

Reduction des formes à deux
faces parallèles

Principales formes
Omaccoides
Hémiprismes

en outre pour les formes brachyp et
i f de les formes macrol.

Les formes pentales sera un prisme
parallèle quel que.

Asperum une d'habit pour ces des
de parall aux deux.

(De Levy 3 de quelle aboutiment à un
met)

Pour que plus de 5, les y du p se
duay ra

si en int et en bas,

m int et dure

t de chaque côté } selon couples faces pour

arêtes.

arêtes horizont se coupent à 2. per system
centr. b c d f

arêtes vertic se coupent à 2 g, h brachyp.
Les sommets se coupent à pair macrol.

Enaut, o.

Enaut a

a d i

a g h e

Une forme de ce syst se compose
d'un mt de 2 faces parall: le prisme
pentale et comp du prisme p, du
demi prisme m et du demi prisme t

L'oct. pentale se comp des 4 formes
gt par troncat sur les arêtes b d c f

(N'importe quel fait 4 symboles de D. H. M. M.)

quelles seront les prisme formes.

Pentac. base, brachyp et macropin

Prismes: ce mt de hémiprisme (à 2 faces)

Protoprisme (symbole ou 1) droit ou gauche (mt
qui de on côté de face antérieur)

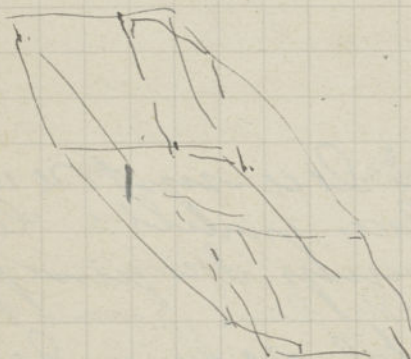
À embrachypisme droit à gauche:

Nemidomes

Le tardo pyramidales

Formes de rivées

1. Modifications sur les arêtes



1. Arêtes horizontales
Arête }
{ hhl. $\frac{l}{2a}$ P' a:b:c

Cas part. ulen: pyramid. present
{ III $\frac{l}{2}$

Arête d

{ hhl d $\frac{l}{2a}$ P' a:b:c

hhl Cas part. ulen: pyramid. present

III d $\frac{l}{2}$

Arête b

{ hhl b $\frac{l}{2a}$ P,

{ III b $\frac{l}{2}$

Macropylindron gche
Nemidomes
P. Brachydome Macropylindron, Drougache atypique
ven drougache

Macropylindron in Drougache
Macropylindron sont formés enroulés
Ils sont ramifiés ou perforés.

Macropylindron:
Proto pyramidales, coniques ou pyramidales:
supr, sup, inf, inf gche.

Brachydome supr, inf, gche,
inf, inf gche

Macropylindron id

Macropylindron

Arête sur crêtes.

Pour les éléments et tout grandeur, on ne peut
plus remplacer par des biseaux, surtout pour
la tronç. car coupes entre des éléments
différents

Arêtes horis. et

La tronçature sera parallèle à l'arête
d. d. sup et inf, une vert. a l'arête
sur crêtes. La tronçature. prof. sup. et inf.
hhl - $\frac{l}{2a}$ - P' - a:b:c

Une modification intermédiaire est la tronçature sur
arête:

hhl III - $\frac{l}{2}$ -

- Rempl arête d: pyramid. sup. gche
coupe une macrot. ou d. et d. négat
(brachydome formé):

hhl d $\frac{l}{2a}$ P' a:b:c
Present III d $\frac{l}{2}$

- Rempl arête b: coupe une vert. et
relati:

hhl b $\frac{l}{2a}$ P,
III b $\frac{l}{2}$

arête e

$$\left\{ \begin{array}{l} \overline{hh\bar{e}} \quad c\bar{e}, p \\ \overline{iii} \quad c\frac{1}{2}, p \end{array} \right.$$

Cu part.

2. Arêtes verticales

1. Concat. parall aux diagonals: 1 Arête h: macrognacoid
 macrodus 100 h' ∞ P ∞ a:ob:oc
 brachydus 2 Arêtes g: brachygnacoid
 100 g' ∞ P ∞ a:b:oc

(Base)
 100 h' OP a:b:oc

2. Concat. non parall aux diag: 1 Arête h: macrognacoid
 gauche

$$\left\{ \begin{array}{l} hKO \quad h\bar{K}O \\ h \frac{h+K}{h-K} \\ \infty P'm : \infty \bar{P}m \\ ma : b:oc : ma : b' : oc \end{array} \right.$$

2. Arêtes g: Brachygnacoid
 droite gauche

$$\left\{ \begin{array}{l} hKO \quad \bar{h}KO \\ \infty P'm \quad \infty \bar{P}m \end{array} \right.$$

2. Modifications sur les sommets

1. Concat. parall aux diag

1 Sommet 0: macrodôme

$$\left\{ \begin{array}{l} h\bar{h} \\ h\bar{h} \end{array} \right.$$

arête c

Coupe axe a reg. part reg. vert reg.

$$\left\{ \begin{array}{l} \overline{hh\bar{e}} \quad c\bar{e}, p \\ \overline{iii} \quad c\frac{1}{2}, p \end{array} \right.$$

Arêtes verticales

- h. — macrognacoid
 100 - h' ∞ P ∞ a:ob:oc

Arête g

Brachygnac
 100 g' ∞ P ∞ a:b:oc

La base s'obtient par rect. pincus axes.

100 h' OP a:b:oc

Mais nous pouvons remplacer h par une troncation plus quelconque. On ne rest plus parallèle à la macrodus.

La pincus sont machys, un de chaque (ou même un facet - un sur face m)

hKO (h>K) } ou hKO } sur face d'legats;
 hKO (h>K) } ou hKO } que coupe axe h sur reg.

Leur h $\frac{h+K}{h-K}$
 leur $\infty P'm$

Wein $\infty P'm$
 $\frac{h}{K} a : b : oc$
 $\frac{h}{K} a : b' : oc$

Arête g. rempli par tronc non parall à la base: brachygnacoid droite.

Avant pour symbole $\left\{ \begin{array}{l} hKO \quad \infty P'm \\ \bar{h}KO \quad \infty \bar{P}m \end{array} \right.$

Sommets. Plus peuvent être remplacés par des troncations.

Sommet 0 en avant rempli par tronc parall à macrod

Le sommet 0 par des tronc rempli par une

$\left. \begin{array}{l} h o l \\ \sigma \frac{e}{2} \\ m \frac{p}{2} \\ a : ob : mc \end{array} \right\}$

Cas particuliers:
 $\left\{ \begin{array}{l} 101 \\ 0' \end{array} \right. \rightarrow$

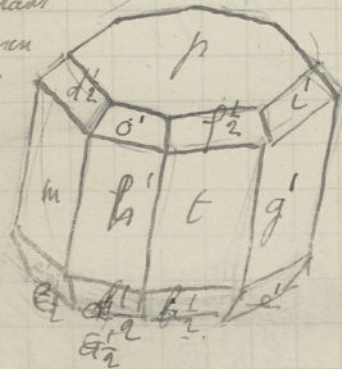
2. Sommets a: macrodome postérieure
 $\left\{ \begin{array}{l} h o l \quad a \frac{e}{2} \quad m, \frac{p}{2} \quad a : ob : mc \\ 101 \quad a' \end{array} \right.$

3. Sommets e et i: brachydome
 $\left\{ \begin{array}{l} o h l \quad e \frac{e}{2} \\ 011 \quad e' \end{array} \right.$

Forme combinée: les quatre domes.
 (octaèdre pental)

2. Alongation non parallèle aux diag.
Pyramides diverges.
 $h k e \quad h \bar{k} e$

Solide dominant
 la combinaison
 des formes
 primaires



Aberrance hémiédrie

Nombres du système

Facettologie
 hol -
 Pre cube 101

Sommes combinés à une tronc sur smelt 0
 qui donne naissance à un macrodome; $\left\{ \begin{array}{l} h o l \quad o \frac{e}{2} \quad \frac{h p}{2} \quad a : ob : mc \\ 101 \quad o' \end{array} \right.$

- Triangle a,
 $\left\{ \begin{array}{l} h o e \quad a \frac{e}{2} \quad m, \frac{p}{2} \quad a : ob : mc \\ 101 \quad a' \end{array} \right.$

- Smets e et i brachydome.
 $m i : o h l$
 $011 \quad i'$

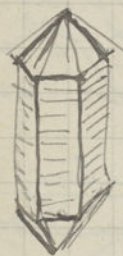
Si convergent il se en prendent a 'e' i' o'
 On obt 8 faces, serint l'oct pental qu'on
 cad troncut sur arête de l'oct pental
 - chacun en peut remplacer les smets
 o par une face quel.
 $h k e$ mais peut être remplacé d'un
 côté ou autre: quatre pyramides diverges
 alors $h \bar{k} e$

Doms sur les smets o, e, i.

- Arête des Les smets primaires
 - Opz d'oreille fine.
 - Substances

- Tous les Feldspaths sauf Orthose:
 (Albite, anorthite, oligoclase, Labradorite
 andérite, etc)

- Sulfate de cuivre
Sulfate d'alumine: orthose.
Bichromate de potassium (obtenu en ligne)



Imperfections des cristaux simples

1) Inégal développement des faces

2) Stries sur les faces

Grouperments cristallins

En réalité, les cristaux sont presque tous imparfaits; le plus souvent ils ne sont pas isolés, il est rare qu'ils soient semblables à un groupement sans ordre; quand c'est dans une cavité, on l'appelle gode.

Qu'on isole ces cristaux, on y constate de nombreuses imperfections:

Les faces développent de certaines faces, et le peu de développement d'autres faces.

Ex: quartz: Les faces du rhomboïde primitif prennent très peu de développement par rapport aux autres. Le mal précède et les mêmes les angles.

Le cube se ramène très souvent à l'état de cube: très souvent il s'allonge, devient un prisme droit à base carrée: pyrite, sel gemme.

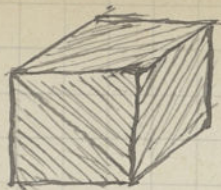
Il arrive aussi que certaines formes des systèmes aient simulent le système cubique: en un prisme à base carrée si les faces latérales ne se développent plus que les faces.

Autre imperf: Les plans parfaits pour les faces sont extrêmement rares:

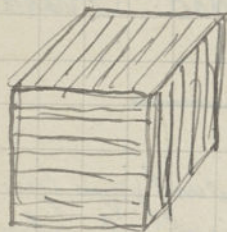
présentent soit des stries: pour les faces du prisme hexagone pour le quartz.

Ces stries sont dues à l'intersection des faces du prisme à base carrée des rhomboïdes, l'existence de ces stries

Blende



Pyrite de fer



3) Concurrence des faces

4. Combinaison des faces et des arêtes

revêtu simplement l'usage d'un d n. cristallin.
Sur la Blende, cubique, les faces sont striées
parallèles à une diagonale sur une face, à une
autre sur une autre, et

Ces striés indiquent une symétrie du
cristal, sinon devant y avoir deux striés
parallèles à l'autre diagonale, le cristal
pourrait être considéré comme formé de petits cubes.
Cela d'après indique qu'en réalité il est formé
par un grand n. de petits tétraèdres.

Cubes de pyrite de fer, on y trouve des striés
parallèles à une des arêtes. Elles sont parallèles
aux faces du dodécèdre pentagone, ce qui prouve
en admettant que le cube résulte de l'union
de petits dodéc. pentag. : ce cube correspondance
trigonal est composé de petits solides hexaèdres,
dodéc. pentag., et les arêtes ont une arête
spéciale.

Aussi on voit aussi que les cristaux ne sont
pas formés : il y manque de la substance
cristalline.

Galen, sel gemme : ces faces sont concaves,
cela tient à ce qu'il y avait un squelette
préexistant.

Il n'est en contact alors que les faces, sont
composées de grains. thémis du sel gemme :
sont constitués par très grand n. de petits cubes de
chlorure sodé de même galen.

Les faces au lieu de plates pointées
doubles, les arêtes aussi : c'est très fréquent
chez le diamant.

Druses n. de car : apatite, grenat, d'ent
en chauffant, avec s'il y avait un contact de
fusion et l'arrangement.

Dans d'autres cas, on ne voit pas...

Grouperement régulier des cristaux :
La macle

Hypothèse sur l'origine des macles

Les deux espèces de macles

1. Macles par juxtaposition

Caractères :

plans de macle

angles rentrants

Enfin des cristaux peuvent être vendus : quartz, gypse : les molécules ont glissé les unes sur l'autre sans autres

Ces cristaux sont encore simples. Il n'en est plus de même de les macles.

Les cristaux ont de nature tendance à se joindre les uns avec les autres non de façon quelconque, mais selon des lois : on remarque les cristaux joints : feldspath : la macle de Karlsbad de Baveno.

La ~~macle~~ ^{macle} a forme d'une croix. Le cristal appelé ~~macle~~ ^{macle} est de la cassitérite se présente très sous cet aspect.

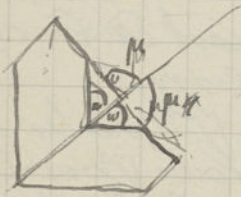
Cela conçoit donc à des propriétés de la nature. Quelle hypothèse faire pour les expliquer? On admet que si la substance est très cristalline, ses molécules peuvent occuper deux positions possibles d'équilibre, en général symétriques l'une par rapport à l'autre. Il peut ainsi se former 2 cristaux cristallins symétriques l'un de l'autre qui donnent naissance à la macle.

Distinction des macles : (macula, tache)
1) D'un bon n. de cristaux les uns sur les autres. se juxtaposent l'un à l'autre : macles par juxtaposition.
Les cristaux s'associent soit sur une face plane ;
2) à côté, les macles par pénétration.
Les cristaux qui s'associent pénétrant l'un de l'autre.

Les macles par juxtaposition seront caractérisées par l'existence d'un plan de macle, face d'association.

Les macles par juxtaposition se distingueront des vrais cristaux par l'existence d'angles rentrants (presque tous).

Loi des macles ou
loi d'hémittopie



Position du plan de macles

Complexité des macles
macles doubles
macles multiples

Ce plan de macles est perpendiculaire à une face possible du cristal, ou à une face du cristal, et de la les macles sont :

il donne tous les à dièdres des faces qui lui sont adjacentes, en deux parties égales

C'est la loi des macles, due à Romé de l'Isle, ou loi de l'hémittopie

En effet on admet en général que la macle résulte d'un seul cristal et d'une moitié de l'autre en général de 180° autour d'un axe perpendiculaire au plan de macles.

Cette loi a été vérifiée par l'expérience sur les 2 cristaux du bec de l'éclair, on constate qu'on mesure les angles, que les faces sont symétriques par rapport au pl. de macles.

$$w = -w \quad \mu = \mu \text{ (faces)}$$

Le pl. de macles peut être perpendiculaire à une face du cristal, (il peut être oblique, à une face de l'échafaud) - mais aussi à une face qui n'en est pas: c'est le cas du quartz, mais qui est possible, car si le symbole peut se déterminer.

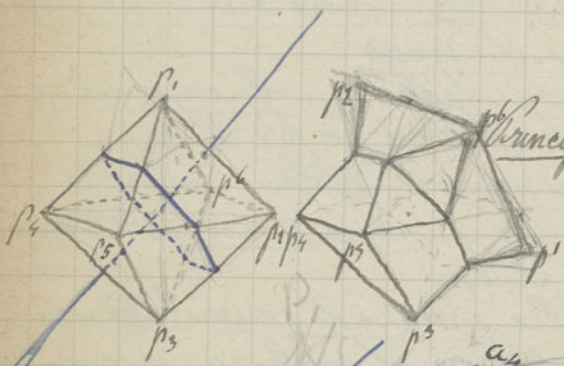
Les cristaux macles sont doubles, multiples accolés - mais peut arriver aussi qu'un macle se repète, il peut y avoir un très grand n. de cristaux.

Si à ce cristal il s'en ajoute d'autres, les pl. de macles ont des traînées successives. C'est un cristal complexe formé de lamelles hémittopiques.

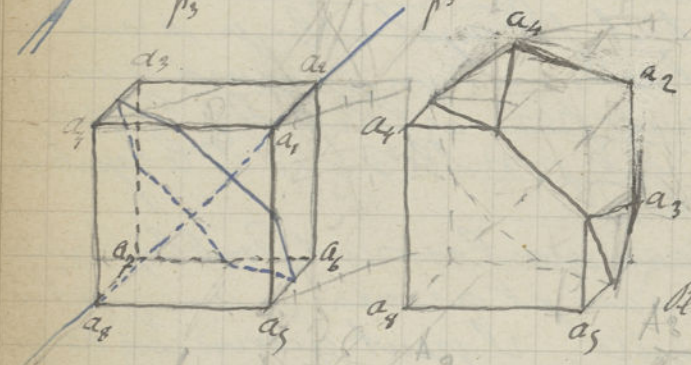
Elles sont en n. indéfinies si les pl. de macles sont parallèles; finies si les pl. de macles sont obliques.

Les lamelles peuvent donner un très grand n. de formes.

Moyens de reconnaître les macles

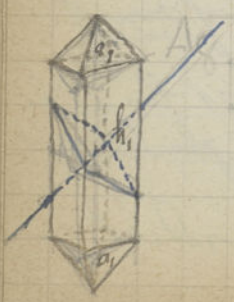


Principales macles par suite position
 1 Syst. cubique
 Non parallèle à une face d'octaèdre

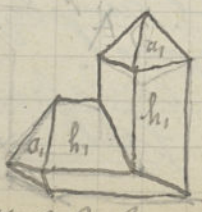


Non parallèle à une face du dodécaèdre rhomboïdal

2. Syst. rhomboïdal
 Non parallèle à une face de l'octaèdre



Macles de la cassitérite (Syst. d'hex.)



Ciment déterminé - Venir une macle?
 On la reconnaît à ses caractéristiques.

Après qu'on a décrit une macle on en ne peut le voir - mais en regardant de près la place du plan de macle est ^{parfois} plus ou moins évident! par ex. l'échantillon de tourmaline -
 Or l'œillet car on ne peut le voir qui est en symétrie polarisée: les 2 faces d'extinction du cristallin sont donc à égale distance de la surface.

Il arrive qu'on des rubis ne sont comme que macles, elle sont alors plus difficile à déterminer.

Principales macles de la nature
 1 Syst. cubique

Les macles les plus les + frqs se produisent par rotation de la 1/2 du cristallin par rapport à un axe perpendiculaire à l'axe ternaire, parallèle à une face d'octaèdre.

2. Syst. rhomboïdal

On rencontre également 2 cubes ayant l'axe commun d'un axe ternaire de 180°
 De même on trouve 2 dodécaèdres rhomboïdaux ayant l'axe commun de 180° (parfois).

Le pl. de macle peut être une face d'octaèdre, l'axe de rotation est perpendiculaire à une face d'octaèdre rhomboïdal: pyrite, diamant

à syst. quadratique
 Le pl. de macle est souvent une face de l'octaèdre, l'axe de rotation est perpendiculaire à une face.

La macle la + frqs est la macle de la cassitérite, dite du Bec d'Éclair.
 On la rencontre chez le rubis ^{non polarisé}
 Le plan de macle peut être celui d'un des faces parallèles non à l'octaèdre principal, mais à une

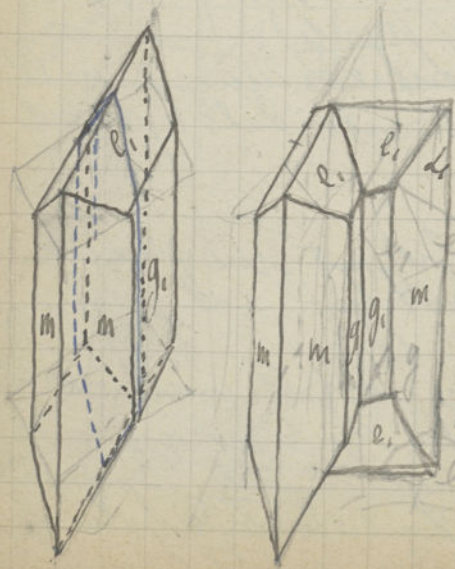
3. Système hexagonal et rhomboédrique

Plan parallèle à la base

Plan parallèle à la face du rhomboèdre primitif

Plan parallèle à la face d'un rhomboèdre quelconque

Plan parallèle à la face du prisme hexagonal



Système rhomboédrique

Plan parallèle à la face du prisme primitif

Plan parallèle à la face d'un prisme quelconque

face qui est une troncature sur l'axe z :
 p. 113. Le renne se joint chez la
 Homocennite - $(\frac{1}{3})$
 3^e syst. hex + rhomboédrique.

Minéraux très fréquents
 Ce qu'est curieux est qu'elle se produit presque tous
 autour d'une terminaison d'axe z . Les minéraux
 d'un solide ayant une symétrie plus
 haute (plan symétrique perpendiculaire à l'axe z) on a une
 coupe d'un rhomb ayant une section
 hexagone.

Le renne de calcite, cinabre, Colomate,
 hématite, glace

Il y a aussi un cas de coexistence
 d'un plan parallèle aux faces
 du rhomboèdre primitif

calcite, corindon, quartz
 où bien le plan parallèle est parallèle aux
 faces d'un rhomb quelconque primitif ou
 régulier.

calcite, bromure, arsenic -
 rarement il est parallèle à une des
 faces d'un prisme hexagonal.

Dans les autres syst, ce n'est
 qu'un plan d'axe z
 2^e syst rhomboédrique, il réunit le
 + haut par face parallèle aux faces d'axe z :
 aragonite. le plan de maille est parallèle
 à z .

On trouve aussi pl. de maille parallèle
 à une autre face quelc de prisme
 aragonite, cerussite, soufre
 Le pl. de maille peut être parallèle à z ,
 (manganite) ou à un pl. quelc. pr.

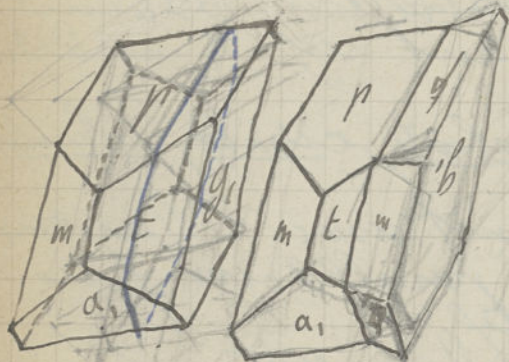
5. Système monoclinique
Plan parallèle à la base

Plan parallèle à l'orthopynacoid

Plan parallèle à une face de prisme quel.

6. Système triclinique

Plan parallèle à la face du prisme prismatif ou orthopynacoid



Mode de l'albite

Plan parallèle à la base

Plan parallèle à une face de prisme

2. Macles par pénétration

Le plan de macle

Principales macles par pénétration

Regularité des macles par pénétration

Plus rarement à face pyramidale ou à lame
Macle plane de parallèle à base:

orthose

ou à l'orthopynacoid, gypse, amphibole, augite, orthose

ou à une face de pr. plus complexe: orthose, gypse.

Typ. de clin.

La m. la + frég. est celle qui est due à deux feldspaths: macle de l'albite

Cristal albite présente une face p, q, g, facon est, et a,

On trouve aussi une macle parallèle à la base p: Labrador

ou parallèle à troncature h, oligoclase, albite (Karlova, mendenite)

Macles par pénétration
Se distinguent des précédentes par le contact des cristaux ne se fait plus par un plan, mais par surfaces qui s'entrecroisent avec chaque s'échantillon

On a plus habitude de parler de macle, mais met que les 2 cristaux ont tourné autour d'un axe parallèle au plan de macle. (faces qui restent parallèles si on se rapproche par).

Ces macles par pénétration représentent d. cert. subst.: est caractéristique orthose, stannite, sulfure

Macle de Labrador: Cette macle le pr. macle est parallèle à g, et sous l'orientation d. l'axe de 180° est ce plan.

Il n'est donc plus question d'hémihydrate, la rotation autour de l'axe est un angle quelc, non 180° - mais cet angle est

Tendance des substances vers une
plus grande symétrie par les modes

trois fois de 180° , 90° , 120° par conséquent
l'axe de rotation est division d'un arc 60°
2, 6 ou 4.

Et dans ces modes amènent une nouvelle symétrie
de le cristal, très souvent le solide amène
une symétrie sup à celle du cristal
isolé.

Enfin les cristaux qui présentent des
modes sont des substances

elles ont des angles qui diffèrent peu
des angles du prisme de l'ordre hexaédrique:

pr. orthore à angle 120° , il tend
à donner naissance à un prisme hexaédrique
c'est-à-dire orthore à angle 120° si qu'il est
monoclinique.

Les cristaux sont donc à une symétrie
supérieure plus de.

(Autrefois souvent: l'axe qui est l'un de l'autre)

Structures irrégulières

Structure grenue
Structure lamellaire
saccharoïde
écaillée

Structure fibreuse

Structure bacillaire

Structure compacte

Structure terreuse

~~Propriétés optiques~~

Pseudomorphose et formes
irrégulières des minéraux

Les minér. ne se présentent pas tous sous forme de
cristaux réguliers

Sont des agrégats de particules
cristallines

On dit: structure grenue: grès.

Structure lamellaire: petites lamelles orientées

Et cette structure lamellaire prend l'apparence micacée:

meuble blanc de Carare

ou structure écailleuse, très fêlée.

Struct. fibreuse: masses fines de réunion

de fins cristaux sous des aiguilles, parallèles ou
entrelacés: amianthe (Les ^{minéraux} plumes longs
pourqu'on puisse en faire des étoffes).

Struct. bacillaire: c'est la structure fibreuse
écailleuse, les aiguilles sont empilées: rubis,
tourmaline (chaque de leur).

Struct. compacte: presque impossible de distinguer
les joints cristall. à l'œil nu.

Struct. terreuse, crue, argile, ou les
agrégats de particules sont peu cohérents.

Il arrive aussi des agrégats de fines

Structure en nodules

Structure globulaire :

solithique
pseudolithique
Structure mamelonnée

Structure stalagmitique

Structure dendritique

Pseudomorphose ou
épigénie

1. Pseudo-morphose par perte d'un
des composants

irégulière. Structure en nodules ou en rognons.
souvent monocristalline ou massive (submicroscopique)
cristalline, on en voit même de couches continues
de dolomite pure

Aussi des formes globulaires très fines:
glaucome, ph. ch. de la craie.

Ces globules ont reçu diff. noms:

Solitaires qd rappellent ^{des} grains pressés,
presolites, pléogros.

Les mêmes min. se trouvent aussi sur fine
mamelonnée: manganèse, hématite.

Enfin le calc. se présente sous forme
stalagmitique: forme conique due à infiltrés
de ciment...

Formes dendritiques, très fréquentes
surtout manganèse. Développées en forme
d'arborescences sur les feuillettes des roches.

— Une modif. plus importante est la psidomorph.

D'un minéral se présente sous une forme
empreinte à une autre espèce, et qu'il n'a pas
la composition de celle espèce, et qu'il a pseudomorph.

Ainsi on voit de la stéatite qui a la forme
de gypse, gypse qui a f. fluorine ou calc.

Il y a aussi épigénie de pyrite

On leur donne aussi le nom d'épigénie.
Les minéraux ont épigénisé les autres qu'ils
ont remplacés.

Ces pseudomorphes sont fréquentes.

Cinq groupes:

1^{er} psidomorph. ou épigénie par perte d'un des compo-
sants.

Ainsi cuprite se forme en cuivre natif,
oxyde est natif.

Les diff. métaux natifs peuvent être
aussi des épigénies (or, argent, cuivre)

Pseudomorphose ^{dans une} ~~substance~~ ^{substance} dimorphique

Isomorphisme

Pseudo isomorphisme

Formules des corps isomorphes
dans la nature

qu'il y avait de la végétal, on peut en composer
retrouver les celluloses et fibres

— Lors qu'on des polymorphes qui se font
entre 2 subst qui sont la même: Du calc:
calc ^{carbonate} se peut à nous voir 2 états: Rhomboïde
quartz incolore calaité - et crystallin général
calc remplie aragonite. Ally alors
sont systémat

De même dolane.

— Ces polymorphes nous amènent à l'iso-
morphisme.

Occurrence due à Mitscherlich.

Une subst crist est caractérisée par sa forme cristalline
par la valeur des ^{des} cristallins. R. existe des
subst qui cristallisent dans la même subst, et il
les principaux ont des angles extrêmes
voisins, qui ne diffèrent que de quelques minutes.

Ces subst sont dites isomorphes.

Ces isomorphismes présentent les cas
possibles. On a été trompé sur le premier
cas.

Un des rhomboïdes de silice dans le
Pneumone: on y trouve cristallin silice isomorphe
des cr. de calaité. En réalité pour isomorphisme
il y a un type de calaité à mailles remplies
de grains de quartz: c'est le pseudo-
isomorphisme.

Mais il existe autres cristallins quartz
et dolane, à angles identiques, isomorphes.

Donc on prend carbonate ^{carbonate} pur et
carbonate ^{carbonate} pur, sont encaie isomorphes.
Les cristallins de dolane existent en théorie
présenter les proportions possibles de carbonate
et carbonate ^{carbonate} pur.

Identité chimique des substances isomorphes

Principales séries isomorphes

1. Carbonates $M CO_3$
(syst rhomboédrique) 110°

2. Carbonates $M CO_3$
(syst rhomboédrique $105-108^\circ$)

Dans la pratique, par analogie, on considère les subst isomorphes ^{qui sont} isomorphes en ce qui concerne les combinaisons carbonates doubles, qui se rapportent à des formules chimiques bien définies.

Cette loi isomorphe a eu quelques exceptions inattendues: des subst qui sont isomorphes car elles ont la même syst avec angle presque ident, ont différentes formules chimiques.

C'est l'exemple de la loi de Mitscherlich. On s'est servi de cette loi pour déterminer les formules: par ex. silice: la formule est venue de SiO_2 à SiO_4 — on a trouvé la formule isomorphe des pyrotitabates SiO_2 — donc c'est SiO_2 .

— C'est un premier subst isomorphe? Les plus importants sont les carbonates. Il y a une série de carbonates $M CO_3$ qui sont isomorphes: ce sont tous des syst rhomb, mais avec des angles très différents.

De plus, les combinaisons isomorphes se trouvent en séries liées:

<u>Argonite</u>	carb calcium	} angle de pyrite 116°
<u>Monticellite</u>	" strontiane	
<u>Célestite</u>	" str	
<u>Whitite</u>	" barite	

Une seconde série de carb. rhomboédrique $M CO_3$ — Angle de 105 à 108°

Le type est le carbonate de calcium sous forme rhomboédrique: pyrotite ou calcite.

Avec calcium est dans 2 séries.
Calcaire = carb calcium
Dolomie = carb magnésium
et aussi des 2 en pur + de pur

3. Spinelles $M M'^2 O^4$
(octaèdre régulier)

4. Sulfate. } soude
Selenate } argent

5. Arsenic, etc.
(crist rhombédrique)

6. Gypse, etc.
(crist monoclinique)

7. Grenats $M O M'^2 O^3 S i O^2$
(crist cubique)

Diallogite carb magnésie
Cahaloite carb. fer.
(indivisible syst. quadr.)

Robertite " magnésie
Smithsonite " zinc

3^e série : série des spinelles.

Les spinelles ont pour formule $M M'^2 O^4$
mélange de deux métaux, un protoxyde,
l'autre sesquiox. $M O M'^2 O^3$

Cette série est fort développée, car on peut
octaèdre.

Le premier spinelle a pour formule $M g O^2 O^4$
= Aluminate magnésien

Chromite chromate fer $Fe Cr^2 O^4$
Oxyde de fer l'ambroisite $Fe^3 O^4$
soit qu'on appelle oxyde de fer

Les séries sulfates de soude
sulfate d'argent
séléniate de soude
séléniate d'argent

qui sont du syst. prismatique avec pour
deux fois de 44 et multiples.

avec arsenic,
antimoine,
bismuth,
tellure

ce qui sont sous forme rhombédrique à angle
pyramidal

Le gypse
est un protoxyde de fer
sulfate de fer

semble être du syst. monoclinique

— Enfin les grenats
 $M O M'^2 O^3 S i O^2$ — silic doubles
de deux métaux proto et sesq.

8 Aluns $M M' 50^{\circ}$
(cube ou octaèdre cubique)

Polymorphisme

Deux sortes de polymorphisme

Généralité $(M M' 50^{\circ})^6 (SiO_2)^6$
Dans le principe, on trouve des cristaux qui présentent
des caractéristiques on M peut être en trois
proportions, chaux, fer, potasse, magnésie
et dans lequel le métal résidu peut être en
deux proportions, fer, chrome, alumine.
(C'est ce qu'on voit par exemple les 3 en
cette proportion).

Le système cubique.
En chimie, les aluns sont isomorphes
par rapport à 2 métaux,
l'alun de potasse, & communément l'alumine
de chrome.

En chimie, l'alun de chrome (est)
acide, octaèdre de solution basique.

Malheureusement l'alun de chrome (est)
en le met de silicate double alumine et
ammoniaque qu'on a vu, on voit se déposer
une couverture incolore; & on en peut
même l'alun rose.

La l'isomorphisme ne va pas jusqu'à
remplir des molécules par le mélange.

Il n'est plus pseudomorphisme, in un isomorphisme.

À côté des substances isomorphes, il existe
des substances qui ont une seule chimie
et cristallisations de deux formes
différentes, c'est le contraire de l'isomorphisme.

Il s'agit de polymorphisme.

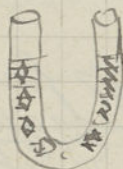
Ces formes cristallines diffèrent de 2 ou de 3 fois
dans leur cristallinité, il y a des différences
ou elle ont de la même système, mais
les paramètres sont diff. Les deux du polymorphisme
sont diff.

Les + communes sont:

en chimie: soufre, en cristallisation

Principales substances polymorphiques
Sulfure

Cause du dimorphisme du soufre



Pyrite de fer.

Oxyde de titane

Method. Sulfure rhombique: octaèdre, hexaèdre
Mais que quand le fait fondre, aiguilles
du syst. clinorhombique
Densité on ne rencontre que des cristaux
rhombiques.

La cause du dimorphisme est
peu connue
Pour le soufre, les aiguilles du syst.
^{typiquement} rhombique. D'ailleurs quelques-uns ont la forme
d'un cristalle qui est un ^{type} prisme cubique
de petits octaèdres rhombiques, recristallisé
nature. C'est pour le sulfure naturel type
octaédrique.

Mar. M. Goussier dit ^{recristallisé}
Sulfure rhombique se cristallise en rhomboïde
à 91° (fond 114°)

Si on jette dans une branche d'un tube en U
dans un autre cristalle prismatique, se forme respectivement
deux octaèdres prismatiques;

91° est l'angle critique
en dessous, on ne peut obtenir que des
cristaux prismatiques, au dessus que des
cristaux octaédriques.

Le dimorphisme tient donc à la différence
de température.

C'est la chaleur qui provoque la cristallisation
des sels cristallins.

Autre exemple fer - FeS_2
Oxidant de nature, à moins un FeS_2
en cubique, pyrite de fer. (dodecaèdre)
une autre, pyrite blanche ou pyrite
martiale est rhombique. La nickéite

est un exemple corps rhomboïde.
Ses cristaux enroulés: oxyde de titane
 TiO_2

Proximité oxyde rhombique.

Sesquioxide de fer

Carbonate de chaux

Sesquioxide d'antimoine

Charbon

Pseudomorphes ^{avec} substances
polymorphe

Quartz - }
Anatase . }

Tous les deux appartiennent au syst. quadrat.
mais les 2 axes sont incompatibles :

cad que la f. octaèdre tronc fait press
les axes angles avec les faces prin.
cad d'axe un vertical par le tronc.

Fe²O³ et Dihydrogène

Ferrihydrate: syst rhomboédrique
illite: cube

- Carb calcium rhomb syst hexagonal

Fe²O³ cubique de la serpentine
589 07) primitif de valentignole

- Charbon cubique de Dracmont,
rhomboédrique de graphite.

Entre les syst dimorphes il se produit
des pseudomorphes: calcite remplacée
aragonite: pierre à feu rhomb cubique
pyrite remplacée par marcasite.

Cassure

Le clivage

Propriétés physiques des cristaux.

Cassure.

Casser un minéral par très faible pression est qu'on ne peut pas, parce que se casse toujours dans des directions. Cette propriété s'appelle le clivage, propriété caractéristique des cristaux.

Les faces ont donc toujours une surface plane. Elles sont aussi plus nombreuses que les faces naturelles.

Ces cassures se font toujours parallèlement à une ou à deux faces. Le cristal peut se partager aussi en lamelles de clivage.

Dans les cristaux il est très facile : on y trouve mica.

Dans d'autres cristaux les clivages sont multiples, on les appelle des traces : à travers les faces, on en fait un réseau, on voit des lignes correspondantes au clivage : ces traces permettent d'orienter le cristal.

Pour d'autres cristaux les clivages sont différents. Pour les obtenir on prend un cristallin à dos très large, on met une surface et le clivage apparaît.

Relation entre les plans de
clivage et la symétrie du cristal

1. Syst cubique.

$p.$

a'

$a^{m>}$

2. Syst quadratique

p

$m, h,$

$a'' b''$

3. Syst hexagonal

$p.$

ou d'une uncoap rec: pures ouver endiamant
- Quartz her deffule à l'un, mesur en le plus
au rouge et pteant d'heure, on l'itonne, il
présente alors pl clivage du rhomb. jumbl

Ce plan de clivage duent être en relations
avec la symétrie du cristal: ainsi d'après a
pl clivage normale aux faces octaèdre

Amphibole f. du pr. prismatic
Covaze faces du prisme
En l'absence de tout autre tant de plan de
clivage qu'il y a de faces jumbl:

avec ds le syst cubique on devrai set
48 faces - Non En fait ces faces cristallines
parall à des formes entièrement jumbl
Ce clivage présent pour a cor act les
diff syst.

Syst cubique: 4 cliv parall faces cube
chez galène, selzeme - cest pr prisme
Les deux axes sont de nature
à cl par faces oct. chez fluorine
Dmt.

Oct jumbl aux faces Dodec rhomb
chez blende.

Syst quadratique
un clivage mt la base, ciprolyllite,
raie

Clivage normale aux prismes tiers syst
en cube face du pr h. - gem prisme
4 clivages octaèdre pr. sont
mt oct hanc sur axe b ou m

met a, mt syst m prisme pr. en cube,
de pas en face de l'axe b et c et cube prisme
ou l'angle de l'axe b et c est différent de l'angle de l'axe a
Syst hexa. univ. de, fluorine
Syst prisme

m
 a^m, b^m

4. Systeme rhomboedrique

p

d^1, e^2

5. Systeme orthorhombique

p

h_1

g_1

m

a^m, b^m

6. Systeme monoclinique

p

g_1

o^m, a^m

m

7. Systeme triclinique

p

g_1

- Distinction des systemes cristallins d'après

le nombre des clivages possibles

- 3 clivages rectangulaires:

prisme cubique ou quadr.

- 4 clivages:

octaèdre cubique ou quadr.

octaèdre triclinique

- 6 clivages

synt rhomboedrique ou hexag.

- 3 clivages inclinés:

rhombicoèdre

répétitive: 4 clivages, soit faces du prisme
ou 6 clivages faces de la pyramide placée
sur l'axe ou sur un des angles.

- D'après rhomb.

Calcite: 6 faces du rhomb. fondat.

Calcite, math., redense

à 4 sur faces pr. bases d^1, e^2 ,

D'après prisme rhomb. ortho.

base: topog., mica.

sur h_1 , orthoèdre (mél. ch. amb.)

sur g_1 , stibique.

chez barite, sur les faces pr.

gros sur cliv. sur faces octaèdre
(à base rhomb.)

monocl. - chez ortho. sur topog.

ou sur g_1 ,

Clivage sur tronc sur o ou a
et chez amphibole et pyroxène sur faces
du prisme (prisme droit les 2 minces
105° arroyés 115° pyroxène?)

Triclinique: cliv. sur base ch. prisme
feldsp. - ou sur g_1 ,
sur h_1 , ou sur faces prisme
plus rares.

- Donc si 4 clivages très faciles
entre eux cubique ou quadr., mais si
cubique. Les 3 réguliers faciles -
à 12° quadr. et 2 aussi faciles, le
3° un peu plus difficile

4 cliv.: octaèdre égalent faciles si cube,
synt. quadr. aussi facile, mais angles
différents
Triclin. très inégaux faciles.
Plus de 3 clivages, rhomb. ou hexag.
3 clivages, inclus, sont rhombicoèdre.

2 divisions rectang : syst ortho ou monoc
 2 divisions inclinés : syst trichlinique

Densité

Densité absolue

Densité relative

Méthodes de recherche de la densité relative

1. Méthodes physiques

Méthode du glaçon

Méth de la balance hydrostatique



2 divisions rectang : ortho ou monoc
 2 divisions inclinés - trichlinique
 Parmi les moy plus caract des
 esp minérales, leu p^{er} les densité, on donne
 Densité

Les corps p^{er} leur densité très p^{er} pour une espèce d'unité
 Les diff. variétés d'un même minéral ont même densité.

On mesure la densité absolue des espèces
 La densité absolue est le poids
 absolu de l'unité de la substance

C'est le poids spécifique d'une substance
 La densité relative est le rapport $\frac{P}{\pi}$ = $\frac{\text{poids de la substance}}{\text{poids d'une volume d'eau à 4° cent}}$

En physique on pèse généralement l'eau à 0°
 En minéralogie pas besoin d'une telle précision
 on prend l'eau ordinaire.

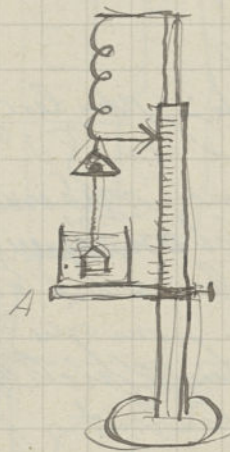
Il y a deux méthodes pour les densités
 1. Méthodes physiques

La plus précise est la méthode du glaçon
 On introduit un corps à mesurer
 dans un glaçon qui flotte dans l'eau
 Cette méthode permet de peser des corps très petits, même
 p^{er} un.

2. Méthode de la balance hydrostatique

Précautions à prendre pour les minerais :
 on prend le minéral réduit en petits fragments
 gros possible, on les pèse avec exactitude
 on obtient P. On introduit un petit creuset platine
 suspendu au platine fin, on chauffe légèrement
 le creuset pour faire partir les bulles d'air
 adhérentes, on plonge le glaçon dans l'eau
 fait l'axe du creuset, et marque sur le fil de
 platine un repère pour l'usage de l'eau
 de même densité - La densité relative se pèse le
 poids subit de l'eau, c'est P - π
 La densité relative est $\frac{P - \pi}{\pi}$

Méthode de Joly: la balance à ressort



Méthode Choulet: la solution
tétrée

on B. On verse une certaine quantité d'eau, on le pèse
d'eau. on remène celle-ci à B, on reçoit
l'excès d'eau d'une éprouvette graduée.
On gage le volume déplacé, on a π
On se sert d'une balance à ressort.
un ressort métallique est fixé, est fixé
à potence qui peut glisser le long d'une règle et
une lame d'acier d'une épaisseur déterminée
millim. On peut ^{à l'aide d'une vis} régler la potence et déplacer
un plateau sur règle graduée, et tout un verre
du ressort est fixé au-dessous, une petite
cuvette plongée dans l'eau.

On note la division en face du repère
Puis on met le corps de petit plateau sur
il tire le ressort, la nacelle inférieure plonge dans
l'eau, mais on descend le plateau pour
quelques centimètres au même point du fil
platine et on lit division on l'impose
l'arrêt. ^{On voit que} la baisse de 15 divisions.

Puis on enlève le corps du petit support et
met le plat. inf., il a perdu de son poids.
On remonte le plateau A et on lit à nouveau
division le plateau n'a plus baissé
de 12. Le rapport $\frac{15}{12}$ donne densité,
parque diff. allongement $\frac{15}{12}$ car en eau.
eau. On a la densité sans peser le
corps en l'eau.

Choulet a fait de la même de densité
différentes: ainsi les températures sont de 3, 5 à 4 cad
celle de la même eau les plus lourdes
on ajoute progressivement de l'eau, la densité ^{est} la même
si l'eau est en jet de sable de dans,
toute qui flotte a densité sup, ce qui
donne du fait même qu'on ajoute

Densité des métaux minéraux

précisément alla densité ^{construit} et les minéraux ainsi
à séparer les éléments d'un autre.

— Quels résultats?
On verra que les poids spécifiques des
limites et en deux

rode 9,6
platine 22,1
Or 19,3
tungstène 17,5
mercure 13,6
plomb 11,3
argent 10,45
cuivre 8,95

Les ^{rochers} densités des métaux : les poids spécifiques
qui sont des métaux

Ensemble des minéraux, que leur densité
caractéristique:

cinabre: 8,1
galène 7,5
fer magn 7,5
argyrose 7,2 (mélange)
thébaïte 7,2
ceruse 6,5

Ces minéraux sont relat. rares.

Les minéraux les plus fréquents sont les
suivants

Quartz 2,65
Gypse 2,3
Grenat 4,3
Cordierite 3,5

Les silicates, les + fréquents, les moins denses

Quartz 2,65
feldspath 2,55
Gypse 2,3

Densité du noyau interne du globe

Dureté

Manière d'évaluer la dureté

Densité 2
Pours. substances légères
Anthracite 1,4
Ambre 1,1

Aggr. américains flottant:
W. Herberton.

Orona pu dit évaluer la densité du globe
c'est 5,5. La densité moyenne des roches connues
sont moins denses. Le quartz ^{quartz} + ^{rép.} ^{rép.}
Les minéraux lourds sont les plus denses
conclure que le noyau central de la terre doit
être constitué par des mat. extrêmes denses
soit que ce soient des mat. peu connues
denses à cause des premières supposées
l'aurait difficile à admettre; car quelque
min. préc. } } si des min. préc. extrêmes
vaut mieux admettre que noyau central constitué
par mat. lourdes. Des min. préc., et analyse
spectrale des étoiles n'ayant pas révélé de
substance inconnue à la surface du sol.

Ceci explique qu'éruption ^{trouvée} les min. préc.
des sublt. de + en + l'océan, ou ont
au Pérou.

Dureté.

Dureté est la résistance d'un corps aux efforts
pour comprimer, allonger, briser
En minéralogie, c'est la résist. ^{à la compression}
un minéral à la séparation de sa partie
d'une direction donnée.

Par calibrage c'est la résist. d'un minéral à
un outil ou corps quelconq.

Pour examiner cette dureté, on cherche
à rayer calibrer rayé par acier, silex
non.

Pour s'entendre, on a créé un échelle

Echelle de Mohs

- 1 Talc
- 2 Gypse
- 3 Calcite
- 4 Fluorine
- 5 Apatite
- 6 Orithone
- 7 Quartz
- 8 Topaze
- 9 Corindon
- 10 Diamant

Manière d'opérer.

Due à Mohs (1822)
 Le camp de 10 ~~minutels~~ qui un t. raye le plus
 et est rayé par le ~~suiv~~

Chaque de ces subst a un numéro. son
 corps dureté est celle qui a le plus de dureté.

- 1 Talc. / variete blancs des alpes.
- 2 Gypse ou sel marin
 Ces 2 subst rayés par l'ongle
3. Calcite (calc sous forme cristall) frotte
 attaque par pte acier.
4. Fluorine ou phalé flux, fluore de
 calcium. se raye qd on appuie la
 pte du couteau
5. Apatite difficile à rayes l'acier,
 admette compression verre
6. Orithone dur que l'acier,
 raye le verre, feu du buquet
- 7 Quartz raye verre, fait feu au
 buquet (bois)
8. Topaze ou emeraude, c'est la
 gemme la moins dure
- 9 Corindon (alumine)
- 10 Diamant

Comment opérer?

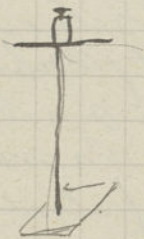
On commence par une tentative, on détermine
 le degré de l'échelle par le plus difficile
 par la substance, on examine si le degré
 sup raye la substance

Si le degré sup ~~raye~~ raye ~~par~~ la subst,
 elle a dureté inférieure à celle
 par le raye capable raye orithone,

5. l'Orithone ne raye pas la subst, juste
 6. pour la subst ne la raye pas.
- Hors précautions à prendre

Variation de la dureté selon
 1. selon les faces du cristal, et
 la direction

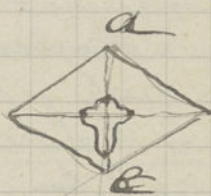
2. selon les directions dans une face



Scléromètre



face γ de la baryte



face γ du quartz

à l'échelle

Croisi de la même dureté bien visible
 pour ^{car} car c'est là que la dureté sera la + gde.
 J'en estime plusieurs fois sur le
 maximum de la helle.

Passer le doigt pour voir si on a un sillon
 ou la trace de la poudre de la substance
 (soie et tabac)

à l'échelle de même dureté peut se
 rayes mutuellement. (ont cette dureté)

On constate int que toutes les faces d'un cristal
 n'ont pas une dureté

identique (dynamite), diff 10 pour faces
 du quartz ou faces de corne.

On constate que même dans une face la
 dureté par la même poudre est direction,
 et int sens en rayes.

L'échelle choisie ne peut pas celle estal,
 faut se servir de scléromètre,

les faces suivantes platina et jadis
 On regardé quel point de même pour que
 pointe dure la substance.

Par ex
 Barytine face γ face rhombe-
 est la base: dureté dureté dure
 à maxima int ces axes et à minima
 int les bissectrices.

Quartz - face rhombe, mais
 à l'échelle fine, le max dureté
 par le max de α qui que de l'aut
 la dureté une face antichal jusqu'à un point,
 qui symétrique font venir en l'air.

à la dureté se rattache.
 Enacite, la dureté a été bien pour
 l'échelle - aucun rapport avec dureté: ven

Frabilité

Flexibilité

Elasticité

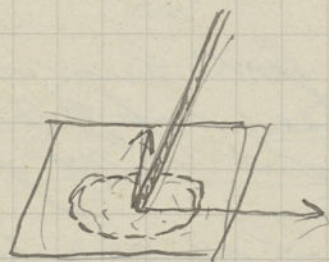
Ductilité

Techilité

Propriétés optiques

Conductibilité calorifique

L'ellipsoïde de conductibilité



Représentation des axes de conductibilité et des axes optiques

Frabilité - c'est le résultat de la rupture de cohésion des corps : cristaux : secane et s'écroule très facilement.

Flexibilité - propriété de plier sans se casser. Chlorure d'argent natif;

Elasticité - cette mine se voit se remettre à leur forme primitive : mica : Gypse fait des cristaux qui résistent aux chocs.

Ductilité - étirer en fils et en lames en lames sous le marteau.

Techilité : gypse peut recouper au couteau : chlorure, minéral de ductilité.

Propriétés optiques - les minéraux les plus de l'histoire électrique, chaleur.

Conductibilité calorifique Pour les minéraux, rappelle ce qu'on dit pour lumière.

Constaté qu'à partir d'un point, la rayonne se répand le mieux la direction de chaleur est non sphérique comme l'atmosphère cubique, mais un ellipsoïde. Cette propriété mise en évidence par le diagramme ; étendue de la mine circulaire dans le rayon argé, cire fond, on voit si cercle ou ellipse.

La ligne de fusion n'est circulaire que dans les corps cubiques, dans les autres ellipsoïdes, donc maximum et minimum de chaleur.

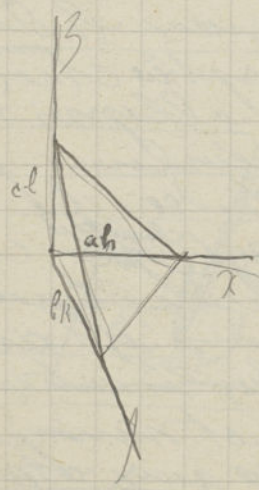
La direction de ces axes et leur position en rapport avec la position des axes optiques.

Principe d'un axe, l'axe optique n'est pas un simple conduit ; pour la plaque normale à l'axe, on l'observe dans l'inspection par courbe thermique circulaire.

Relation des axes de conductibilité
et des plans de clivage

Dilatabilité

Existence de plusieurs coefficients
de dilatation des cristaux cubiques
que les cr. réguliers



Restriction qui en résulte dans
la formule de la loi de la cste
des axes

Pour les autres sections ellipse etc etc
sipl de symétrie.

Pour crist à 7 axes max et un seul 2 direct
rectang qui est la cste. opt. sont en relation
avec l'élément symétrie.

A semi direct à crist. tant subst. qu'opt.
ou plus de moy. optique
— Étudié par Jannetaz, qui a
inventé l'axe parallèle pour se pas
sibler les unes.

A type cristé une conduct. sont plans
de clivage, le grand l'elliptique
parall. au plan de clivage et 2 faces,
Dilatabilité.

Si on chauffe un cube crist. reste cube,
ou sphère sphère — De même des cr.
de crist. amorphes.

Plan de crist. de crist. cristallin, sans
le corps cubique rest.
un cube reste cube, mais non les autres
substances.

Si on prend une face quel. d'un crist.
qui intercepte ah, bk, cl, si on chauffe
à t degrés, la face intercepte

$$\begin{aligned} ah &= 1 + \alpha t & (\text{formule de dilut}) \\ bk &= 1 + \beta t & \alpha \geq \beta \geq \gamma \\ cl &= 1 + \gamma t \end{aligned}$$

On peut en tirer 3 coeff. dilut. pour cr. crist.
3 coeff. dilut. avec 3 indices réfract.

Ces résultats ont été souvent inattendus:
La loi de Romé de Lisle: d'un crist.
s'avoient mais les cr. dièdres sont crist.
d'un crist. un crist. alt. par t t ans,
ce dièdre revient avec l'empire, font
donc complètes: à une temp. les cr. dièd.
d'un crist. sont pas.

Phosphorescence

Cause de la phosphorescence
chaleur

electrique

lumiere solaire

lumiere du radium

action magnétique

Propriétés électriques

Phosphorescence

Certains matériaux sous un choc, lumière ou action mécanique deviennent lumineux, bien avant d'être incandescents. (papier conf avec fluorescence)

Les luciers des corps phosphorescents
blanc, bleu, vert, rouge, etc. sous un choc
vers 700° Int, gél, fluor, apatite
de phosph.

De même qu'on met à une écl d'état
electrique : corps phosphorescent.

L'actuelle lumière blanche a une max de
phosphorescence. Cette phosphorescence
de corps noirs duct, hydrogène, oxygène
au soleil : ferme du discontin :

luciers échappent leurs emmag par un
jour. Au bout de ces heures il a perdu
de la lumière emmag

On connaît bien ces subst : sp
fluor, calcium, sulfure, melphorite,
etc les subst q. que radium
l'émmission phosphorescente subst q
l'avant

Les matériaux d'ion Int leur prop
au radium.

Autre par action élect : pot, per :
deux subst d'un mat est traversée
par la lumière, on du mat can d'obscure

De même subst qui dilatent d'un mat
luciers, les blocs de sp qui dilatent
Ciprote en solid des luc
ap subst cr sol luc, qd un mat
prend sp, luc un.

Propriétés électriques
Parque tout l'électrique prop.

Mais le corps est allié qu'on cherche
aussi à électriser par tout les électrons par les mêmes
façons et les faces

L'ambre, l'ambre soufre, l'ev. résinite
de l'ambre, calat, d'ant, gypse de l'ambre
aussi que la plupart des substances

Mais se peut l'ambre, un positif,
une négat.

Enfin certains qui n'ont pas les vertus
identiques (l'ambre) → électrisés différent des
deux extrémités

Conduct élect
Même remarque pour conductibilité
Propriétés magnétiques
de l'ambre ignées, sans pour magnétisme
faible en effet même précieuses, car
un myl. artificiel. L'aiguille exposée
par pôles — on prendra comme magnét
trigle: électrodiversité.

On a vu aussi substance para-magnétique
se plaçant parallèle à la ligne des pôles
Et sont attirées par l'aimant: fer
nickel, cobalt, manganèse, trinitine
cassitérite, idionuse.

D'autres trinitine, ~~ambre~~ magnétique
apourées par l'air: bismuth, arsenic
antimoine, plumb, zinc, cuivre, l'ambre,
zinc, calcite, gypse
de l'ambre, l'ambre, même aussi et
drie l'ambre

et est tempérial: peramb ou diamagn
pour tels corps et temp
Caract. extérieurs: cad ad hunc un les
organes des sens.

Crampoune en opale.

Conductibilité électrique

Propriétés magnétiques

Corps paramagnétiques
ou diamagnétiques

Variation de l'action
magnétique sur la direction
— sur la température

Transparence et opacité

Transparence

Demi transparence

Quasi lucide

Opacité

Couleur

Couleur propre et couleur accidentelle

Il s'agit de la transparence des métaux just'opaque
qu'on regarde sur une certaine épaisseur. Et on en
peut distinguer deux degrés de transparence.
En masses minces, un minéral est transparent
donc peut voir la forme d'un objet à travers sa
masse: spath d'Islande, quartz.

Demi transparent qu'on laisse traverser la lumière
qu'on porte (cette lumière est diffusée)

Quasi lucide qu'on laisse traverser la lumière mais
peut l'avoir pas voir la forme des objets:
Craie, calcin, Stagalithe; Le rubis sur
les bords sont translucides.

Enfin opaque qu'on ne laisse pas passer la
lumière. C'est un minéral mince en
plaque mince (oxyde fer).

La transparence tend à disparaître si le
minéral est creusé de vacuoles: l'opale en
toute sa pureté, elle devient alors opalescente.

Couleur.

Un qu'on a une couleur propre, donc caractéristique
de l'espèce minérale:

rouge est cuivre; malachite verte (carbonate)
azurite bleue.

La poudre de fer FeS_2 a été pyrite ou marcassite,
et la dissolution se font grâce à la couleur.

Ce qu'on a, leur est accidentelle, due
à un mélange mécanique ou chimique (souvent
une trace d'impureté que la chimie par elle-même
a de difficulté à révéler).

Il s'agit de couleur propre.

On peut les diviser en deux: couleurs métalliques
et couleurs lithoïdes (ternes).

Parmi ces dernières, les couleurs d'insolubilité
relative.

Couleur blanche:

1. Couleurs métalliques

Blanc.

Jaune

Rouge

Gris

Noir

2. Couleurs lithoïdes

Blanc

Gris

Noir

Bleu

Vert

Jaune

Rouge

Brun

mauvaises variétés inférieures. Blanc d'acier (c'est un mélange antinatalif)

Blanc d'argent (argent natif, bromure, cobalt, pyrite arsenicale)

Jaune. Jaune laiton : pyrite de cuivre ; une pyrite de fer, la mercunite à un peu et éclat, mais elle se recouvre à ses replats vifs.

Jaune gris : pyrite de fer ordinaire ou pyrite jaune.

Rouge - très rares :

Agate de cuivre : cuivre natif.

Gris : gris de plomb natif ou arsenic

gris rouge de galène

gris noir de l'ergastole

gris d'acier du platine

Noir : fer oxydulé, fer oligiste

De ces couleurs lithoïdes, ces teintures et d'autres encore qui n'ont pas de noms particuliers

Blanc : craie, marbre, albâtre, silicates hydratés surtout les durs (feldspathes)

Gris : carbonates caractéristiques

Noir : obsidienne, pierre de touche, limaline

Le lignite et hornblende brunâtre

Pyroxène est noir verdâtre, amphibole noir

Bleu - Cyanite, anthères : Disthène, Sapphirin

Vert - Il y en a beaucoup de variétés.

Vert émeraude, béryl ;

vert du peridot de l'olivine ; certaines apatites.

Jaune - cire, lignite : soufre, ocre, l'opuse, réalgar (sulf arsenic orange)

Rouge : cinabre (sulf merc) - grenat pyrope rubin - cuprite rouge vif

Brun - zircon, q.n. grenats lignites.

On trouve aussi pour q.n. sulf

Couleur des poussières

Couleurs variables

réflexion ou transparence

Directions différents

Lumière réfléchi plusieurs fois

chatoiement

Eclat

Eclat métallique

Eclat métalloïde

peque tantes pas franches: La couleur de la
poussière est ^{plus} importante, surtout pour les
fer oxydulé, fer oxygéné a une poussière non
fer oxygéné a poussière rouge (les cristaux
de Diplumna ont cette tinte rouge)

— Fel hydrosulfé a poussière jaunâtre
— Charbons: Anthracite trace grise
u rapp. du graphite
Aiguille trace noire
Lignite trace brune.

— Le mesur des tantes par réflexion on trouve
Aussi cristaux de fluor, par type pentite
bleu ou vert: sont vert par réflexion, bleu
par transparence.

— La cordiérite bleue d'une direction bleu gris
et vert perpend, jaunâtre de la 3^e.
Epidote brune d'un sens, verte de l'autre
(Dichroïsme, polychroïsme)

— Différence de tantes qd la lumière se reflète
une fois n. de fois: et devient rouge.

— La couleur peut n'être pas sèche, a cause
d'iridescence: le verre et le cristal chatoiement
(œil de chat, quartz avec mica) pierre de lune
(arthur); opale ou micropierre fine de
chatoiement ethez. Lumière se reflète.

— Eclat,
C'est l'impression produite par un faisceau
lumineux sur l'œil qd se reflète sur
un miroir

Les métaux et les minéraux sulfures
possèdent l'éclat métallique (ad métal
poli)

— L'éclat métalloïde est l'éclat des
minéraux qui ont l'apparence métallique
comme l'acier non poli; anthracite, bronze

Eclat adamantin

Eclat vitreux

Eclat nacré ou perlé

Eclat soyeux

Eclat gras

Eclat résineux

Toucher

Minéraux onctueux

Minéraux gras

Minéraux aigres

Chaleur et froid

Saveur

L'éclat adamantin est l'éclat des subst
translucides: blende, camphre, (Dont tout)
L'éclat vitreux rappelle le verre: les trois les
minéraux les représentants: quartz, opale, de rh.
caten

Eclat nacré ou perlé: c'est un éclat
apparent à ce que le minéral présente fissures
la surface n'est pas parfaite: mica, gypse,
D'autres subst ont un éclat soyeux
du à existence fibres rectilignes sur une ligne
de bris: gypse fibreux, amianthe, caten
fibreuse.

Eclat gras: néphéline

Eclat résineux: ambre, opale, caten.

Les minéraux sont de gypse de reconnaissance
au toucher:

Quelques minéraux onctueux, rappellent
le savon: le talc, le graphite

Gras: amianthe, (toucher doux)

Par que pierre pose à toucher à me.
- Les minéraux avec un pincement de froid
ou de chaud: bon conduct ou mauvais. (min)
de chaleur

Le quartz ou le silex redout le froid
niche

Le goût, si peu que la substance soit
soluble:

saveur salée

saveur caustique

amère

fraîche

asturagente

saveur styptique

sur aigres et piquantes sures dans
la nature

rouge

magnésie

sublime

alun

des sels de fer (rouge)

Odeur

Happement

Odeur pour très petits. minuscule
pétrole, certains ont dit qu'il sent echuyes
acide sulfurique ou sulfhydrique
Ces odeurs ne se revelent rien qu'en frayant

Les sulf et arsenicaux frottés;

Le nls se sent la poudre

Le bitume a odeur de l'azphalt, comme
cette odeur a tous les calc bitumineux.

Langue:

Argile humide à la langue, l'humidité
est absorbée.

Caractères chimiques Des minéraux

I Minéraux simples.

II Minéraux composés Substances minéralisées

Caractère spécifique de l'espèce
minérale

Les espèces minérales, pour presque toutes, se trouvent associées
proport à une ou deux des formes des corps simples
Malgré leur petit nombre, il y en a beaucoup.
Chaque fois, faut faire un anal. chim.
Déterminer les éléments : analyse quantitative
et leur proportion analytique
Il peut y avoir des corps simples naturels,
c'est-à-dire natifs. oxygène, azote ne sont généralement
pas natifs. Soufre, charbon, arsenic, antimoine.
2) D'autres corps : mercure, argent, platine, cuivre,
fer, iridium
En gen, corps composés.
1) Les minéraux légers (alcalins, alcalino-terreux)
se combinent avec l'hydrogène ou l'oxygène (corps
halogénés (fluor, chlore, brome, iode))
2) Les minéraux lourds rarement combinés avec l'oxygène
ou le soufre avec selénium (tellure,
arsenic, antimoine).
On a l'impression d'en avoir ces subst. le nom
de subst. minéralisées : ce sont les
substances qui possèdent une subst. lourde
de nature des profondes : qui se trouvent
sous forme de phosphate ; la part des minéraux
lourds est des minéraux sont différents qui
sont par la suite composés de minéraux simples.

Mesure où interviennent l'analyse
quantitative et l'analyse qualitative

Valeur des formules chimiques

Formules de Berzelius

Formules par équivalents

Formules atomiques

Noms des espèces minérales

ou si même comp. chimiq, elles présentent
Eumorphisme ou dimorphisme.

Si la substance est connue par sa silice,
alumine, soude, et syst cristallin; on voit
imméd. silicible abscet vnde; il suffit donc de l'anal.
sulf et soufre, autre caract suff. ^{quantit.}

Même si substance n'est pas connue
faut faire analyse quantitative

— Si c'est ce qui est une formule chimique
de l'abbé Berzelius $Al_2(=Al_2O_3) Fe / Si_2$
Equivalents: Carb calc et aut deux carbonat,
silic baryte et aut baryte sulfatée

C'est un vrai pour corps simples; mais
pour grenats, silicates cela n'a plus
sens l'analyse, analyse chimique montre l'usage
de l'équivalent

$Al^2 Na^2 H^4 Si^4 O^{14}$
 $4(SiO_2) Al_2O_3 Na_2O 2(H_2O)$ sil
selon alum soude eau
ou ne suit par quelle est la proue.

Il n'est pas rare formule chimique n'a pour
but que de nous se reconnaître (silice, alum,
soude, eau)

Par ex Dolome: carb magn. et chaux,
mais proportion varient

— Aiment donner l'équivalent une fois
la formule faite.

On a creusé les noms anciens S, Pz,
natron etc.

Pour d'autres on a donné nom d'une
propriété: asbeste (aspect tranchant de brèche)
On du gisement, de la forme (cristallin)
and d'une couleur (celentine) — En plus le
nom d'un savant

L'avantage est que si formule chimique
change, le nom reste

Methodes d'analyse

1. Essai par voie humide Matériel

Manipulations.

Essai de solubilité

Reactions générales

Essai par les acides

1. Essai par l'acide chlorhydrique

2. Essai par l'acide azotique

Comment fait-on analyse (mat. qualitatif?)
 Deux catégories d'essai: par voie humide et par voie sèche
 Par voie humide, la boîte à réactifs: Hydrochlor
ac. azotique, ac. sulfur., acide phosphorique
richeux 2) Hydrofluor, ammoniaque
 3) puis sels: oxalate ammon., phosph. vanad.,
azote baryte, azote argent, Hydrocyan
fer ou fer.

Matériel: mortiers, capsules en
porcelaine, tubes à essai - entonnoir, papier
filtré.

Soins des mains.

On réduit en poudre, on voit si soluble
 dans l'eau.

Puis on essaye acides d'ord. croissant:

1. ac. chlorhyd. on verse au fond éprouvette
 l'ac. chlor. étendu d'eau; on voit rien à froid
 on chauffe légèrement - puis ébullition
 puis essai de concentration.

Deux autres renseignements:

si substance attaquée avec effervescence on a des
carbonates: si effervescence à froid, calcium -

si effervescence lente - carb. métallique

si effervescence très lente - boracine (elle n'agit)

si ac. chlorhyd. donne d'autres gaz que
 ac. carboné effervesce: avec sulfur, hydrogène sulfuré

avec sels magnésiens, hydrogène

avec silicates, une séché de silice

si substance pas attaquée, on prend

à l'essai azotique:

attaque sulfur, arsenic, métal par putrescence
 avec décoloration de vapeur utilitaires

qui est hydrogène, azote

avec chlorure, non agité hydrogène

3 Essai par l'eau regale

4 Essai par l'acide sulfurique



4 Essai par le carbonate de soude

Reactions particulières

2. Essai par voie sèche

Matériel

instruments

réactifs

on obtient précipité caillé blanc
— On en envoie q'on eau regale, qui
attaque et se platine

— Enfin acide sulfurique
4 fait à caractériser les fluorures, qui
ont naissance à acide fluorhydrique qui
attaque le verre.

(comme d'habitude en plus d'une petite trou un verre
ancien qui se décolorait à l'endroit du trou)

3) Cellulose que l'on sulfure dans un
pays à chaud; à froid elle se précipite
en poudre grise

3) Chaux: elle a une production d'un
sulfure blanc ridé.

— Acides pour agir, on prend:

Le carbone de : on mélange et on
chauffe à sec sans platine

ou carb. chaux alors argent
(car platine se combine)

rendu blanc par un chlorure
élimine silice.

— A côté de ces réactions générales,
un cert n. réact. particul. caractérisent
acides ou sels.

Essai par voie sèche
se fait au chalumeau

Rien commode, p'que nécessite peu de temps:
chalumeau ou Bunsen, fil platine, pince.

On se sert aussi de moule en acier, tube
neuf et vieux monté, barre en ciment,

verre coloré en bleu par le cobalt, ou du papier
bleu d'induline ou carb. potasse.

Réactifs: soude, sel phosph., carb. soude,
bismuth. potassique, et acides des boîtes de
réactifs.



Feu d'oxydation et feu de réduction
Les 3 zones de la flamme

Feu d'oxydation

Feu de réduction

1. Essai de fusibilité

Résultats de l'essai de la fusion

Echelle de fusibilité ou de Kobbell

Pour le temps on ne s'est servi que du chalmeau
et fl. de bougie

Fl. Bougie / l'entour de mèche, un cone obscur
en charbon en supérieur n'est pas brulé.

Y Au dessus cone plus allongé, c'est clatant, bulles
ou partie charbon sont portés à incandescence.

3) l'entour cone à reflets blancs, celui du charbon
se brûle complètement

Si on souffle un peu sur le cone bleu, on a
une flamme oxydante, l'air y est surabondant

Si on souffle sur le cone bulleux ou obscur,
on charbon existe, on a flamme réductrice

Le bec Bunsen ou chalmeau: on a
un air d'air régulier et top plus chaud.

Le Remont est l'essai de fusibilité:

On prend une mince esquille du minéral à
essayer, on le tient à l'aide de la pince de
platine - on s'il clat métallique, son
charbon permettant de voir effet réducteur

On essaye flamme bougie, chalmeau
Bunsen.

Si on conduit de voir si le corps fond:

si il fond, on obtient globule point sphérique
ou si peu fusible, s'arrondit clat sur
les bords.

qd fusion n'est que partielle et qu'on laisse refroidir
on obtient corps coriace: noir fritte.

qd malle se brouille, on obtient noir
qd corps devient vitreux et opaque on obtient
émaillé.

Enfin on peut obt un globule vitreux et
transparent: un verre.

On se sert d'une échelle contra avec
numéros: Echelle de Kobbell - Ces termes
sont au n. 7.

1. Stibone sulfant fond aff. simple de bese
2. Mesotype (variété spheum) sulcatis -
Dne boile de fusion chaud chalumeau ;
si pointe her fine fond de partie bleue de bese.
3. grenat almandin (le + spont) Dne spheum!
fusion au chalumeau
4. Amphibole (actinote du Zellerthal) : une
très fine aiguille à amand en fonte au
chalumeau
5. Orthose du W. Thaur, ne fond que sur les
ailettes ou à l'extrémité de la pointe
6. Brunzite (Kupferberg) : ne fond pas même
en écaille her mine, faut de la chaud du
chalumeau
7. Quartz (spha) à la suite impossible au
Bunsen ordinaire.

l'essai est donc impossible

1. Essai dans les tubes

1. Essai des tubes : soit le tube fermé,
soit le tube ouvert

à l'écou de ces tubes on peut se rendre compte
de volatilité.
Von redegant d'eau, on pas - ment comme
interet à sublim et eau à reaction neutre, alcali
ou acide (tourne).

Faire attent en min chiff laisser de ja ger
de gaz, odorant ou non, colore ou non
(à not aler chiff à ner des vapeurs sublim;
ni l'air hydr à ner à 60°, arsenic
à 60° etc)

Faire att avec points de sublimation
Lorsqu'on chiff un sulf à an tube, à prod
hydr sulf, et nombre anneau jaune à ans
le tube ferme (à tube ouvert ou sublim
complet) -

Les arsenures à ner un sublim noir à ans



2. Essai dans les tubes

Volatilité.

Degant d'eau

Degant de gaz

Produits de sublimation

sulfure

arsenures

selenures
tellures
mercure
(difficulté)

matières organiques

phosphore

Phénomènes divers:

Changements de couleur
Il y en a 2.

2) Définition

Carbonisation

- Particularité au tube ouvert

Cet Se selenium un subl rouge - tellure
non crist - mercure gris métallique
- C'est de quel point et de l'accomplissement d'oxydation
qui causent difficultés.

Difficulté ont aussi arsenic on antimoine
(chauffé par un réactif)
- Les matières organiques donnent deux couleurs
et deux types odeurs caractéristiques.

Phosphore chauffé avec une pincelle sodium
donne au rouge une couleur ? très vive,
et le reste humecté d'eau donne hydrogène
phosphore

Cause attention si le graphite est
découvert - si se bouillonne - gesticule
dev. ^{bruit} incandescents qd chauffé d'autres
phosphoreux

Enfin peut se produire deux de couleur:
ox. étain et ox. zinc (blanches) dev. jaune
pyrox fer rouge au froid sur son a chaud
ou plomb oxydés au feu et brun rouge.

La chaleur peut avoir deux couleurs: rouge
rouge, fluorine rose, zinc jaunâtre, qd
de petites blanches de couleurs qd chauffées.

La deux revient générale qd chaleur diminue
mais on a un charbon de fer et de l'inspiration
Voyage prend prend deux rose au lieu
de blanc, la couleur persiste.

De ces subl d'origine végétale, tous
au chaleur sont carbonisés.

- Les différences sont que de la tube ouvert
l'oxydation sera mesurée la règle - sulf
Oner acid. sulfurique selen ac selen
arsenic ou plus ars AsO3, antimoine
un sublimé blanc d'acide antimonique.
à l'eau.

3. Essai au charbon

Phénomènes divers

Production d'un culot métallique

Production d'auroles

Essai avec fondants
Emploi d'un fondant - Carbonate de soude

Cyanure de potassium

Essai au charbon.

On se sert charbon pour supporter le minéral.
Charbon infusible, ne peut se combiner qu'à l'oxygène: se scind décompose, et l'oxygène
Le meilleur est le charbon de pin, morceau sans
germe ou un creux petite cavité - on dirige gros
le dard du chatouille au: on voit les sp.

Formes, de creusants, de flagration.
se subt absorbés par le charbon poreux
(oxyde de plomb).

On observe si produit de vapours d'eau,
de vapeurs d'acides; se subt chez de clous.
Enfin le resultat le + sp est d'obtenir
un culot métallique:

se malleable, plomb - se carrent
binants ou antimoine

or, argent, platine se le minerai en remples.
Regardez le produit atterable par aimant
(nickel, fer, cobalt)

nombre du minéral se prod des minerals
(oxydes qui revolatilises) peuvent être de diff.
leur ach au frad - pre ach et sp:
plomb, binants, molybdene

se analyse ach et plomb, bleu frad
est zinc ou étain
se analyse zinc ou zinc bin, ars, cadm
ou selenium

se blanche et volatils, antimoine et arsenic

Essai avec fondants ajoutés;
Le + empl est carb rouge (qu'est aussi
un réducteur (bien peu, sans ac sulf)
On le chauffe à sp reduction, on analyse
avec a très espèces globales métall,
rassembler en un globe unique.
pour obtenir sp de réduction
dans un con, on se subt le cyanure

resultat particulier avec les sulfures

§. Essai de coloration de la flamme

Resultats remarquables
chlorures.

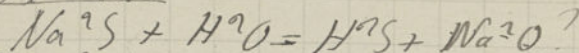
Bromure
iodure

Precautions diverses
sel non volatil

Suppression de coloration

de potassium (potassium volatil), reduit tres encre
utile pour les metaux tres oxydables.

C'est surtout pour sulfure et sulfure
proceder d'ent resultats: on obtient matiere
Draken rappelle celle du soie: hepar, Na²S
Cet hepar est coruse, rendu au lame d'argent
mme ti d'eu



On obt hyd-sulf qui rouille l'argent.

5 lemer - coloration de la flamme.

On se base sur spectroscopie sel d'un im metal
Onent typ mme colorat de un Bruges, a
qui cluit are tude des raies:

On se sert chalume au Bruges qui on fait
bruler blanc.

(cf Von list coloration)
On y tue chlorure de cuivre CuCl²: n'oude
peut etre par dans nature - mais on se sert
de la coloration pour deceler le chlore:
non specum chlore, on fait perle avec
acide bouge on sel phosph ordinar, on
nature ordinaire: p'ely a chl, se prod
chlorure de cuivre et on obt flamme coruse
si d'a bromo, color bleu verdâtre
si d'ode, color vert esmerald: Cu 1.²
- acide bouge: pre caution d'humidite. brate
avec ac.

- Sels sont pur typ volatiles: selcu.
faudrait rendre volatil d'abord, pour cela
on tte par chlore calc et ac chloro,
se prod chlorure pur typ volatil
d'une que plusieurs colorations se superposent
On est arme si l'ind colorie est bleu
par cobalt, on solution d'arsenic (excellent)
end mal permang potasse, indigo.

Si la flamme contient du lithium, elle est rouge ~~rouge~~
cette teinte rouge s'aggrave quand on regarde à travers un verre

C'est surtout pour l'élimer. rouge qu'on
a sur verre bleu, qui élimine couleur jaune
du sodium: du vert au pourpre pour
le potas.

(Celle méthode si sensible qu'on a dû
une méthode pour éliminer les rouges et potas
est un fil plat par échelle de teintes)
une méthode plus précise: l'essai au
spectroscope:

On introduit une fl. un sel d'un corps quelq.
on obtient que un le spectre blanc la teinte
de la fl. On remarque à travers obscures (couleur)
à travers colorées qu'il du métal et sel.

On a construit un réfractomètre on trace les
lignes du red, et on compte les divisions
Résultats meilleurs pour déterminer
corps inconnu on peut analyser un gr.
corps.

État rouge à une pte D.

On a une veine et raie rouge
lithine raie rouge à ne pas confondre
raie rouge du calc, est plus rouge et
et n'est pas visible à travers ^{verre} bleu.

potas une raie rouge sombre

Strontium: orange, plus rouge, 1 bleu

Barium de raies vertes

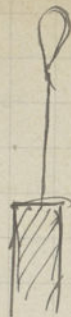
Essai au borax et au plat rouge.

Le borax = borate de sodium qui peut
fondre qu'il y a un excès d'acide borique.
Ce borax fondu donne un très gr. n. oxyde
métall. et une nuance à des perles, blanche
pour faire perles on se sert fil platine
simple si on fait bouillir, on la chauffe,

Essai au spectroscope.

Raies diverses

5. Essai au borax



6. Essai au sel de phosphore

reactions spéciales caractéristiques

(14)

7. Essais avec diverses substances
cyanure de potassium
bichromate neutre de potasse
azotate de soude, etc.

8. Essais microscopiques chimiques

1. à l'aide d'hydrofluosilicique

qd chaude en prend petits cristaux blancs qui s'attachent au fil platine

qd ce soit eau de cristallin, l'eau la plus pure: la perle devient alors blanche comme du verre.

On prend alors qq grains d'oxyde d'argent à analyser on souffle, elle se fuit et du résidu perle à couleur variée

— Pour avoir un oxyde: pour cela on grille le minerai (ne pas mettre sulfure et arsenic qui se comb à platine)

— On se sert aussi de sel de phosphore qui est phosphore rouge et ammon hydrué qui fond perd une partie de son eau de constitution. On a une perle qui est métallophore

— On a perle de couleur cristalline et sert de réactif pour les silicates: la silice est mise en liberté et cristallise le fondant en ont recours à un squelette de silice: un usage blanchâtre.

On se sert aussi de corps qui réduisent les métaux cyan potasse, oxalate neutre de potasse

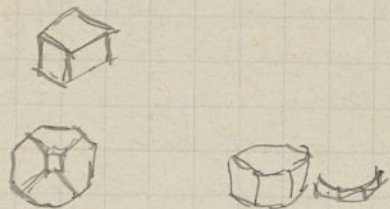
Pour oxydes, on se sert azot de, azot pot sulfate de potasse ou sulfate acide

— Les teintures qq fois un peu différentes de celles des échantillons.

Depuis qq années, on a un grand nombre de méthodes de recherches microscopiques chimiques, voir la suite.

En minéralogie, appliquées par Brongniart, on se sert de l'hydrofluosilicique, qui attaque les silicates et donne fluorures caractéristiques

C'est surtout pour les phosphates qu'on s'en sert.



2. à l'acide sulfurique



3. à l'acide alum. et caenn.

blanche

Analyse quantitative

On prend une plaque mince, on colle avec du
Canada. On met dans une goutte d'acide
hydrofluorique. p^o 2 à 4 heures - attaque
se produit. On porte sur une cloche
de verre, l'eau en excès s'en va,
le minéral cristallise, cristaux microscopiques
mais très caractéristiques.

À l'hydrofluorure de pot crist. de syst.
cubique, on voit polyèdres, polyèdres en
attaque.

À l'hydrofluorure de soude est sous forme
cristalline.

Chaux: hydroxide fine arborescence
rappelant des fleurs de glace.

On peut en dire encore.

On a encore un seul dit réactif:

ac. sulf., oxygène: se forme gypse
sil. y a beau, en fine l'acide blanc.

Non sil. magnés. phosph., phosph. de
chaux, se prod. ph. avec magnés.
qui cristallise sous forme d'X.

à l'alun: laq. ac. alum. et caenn.
se prod. crist. alun caenn.

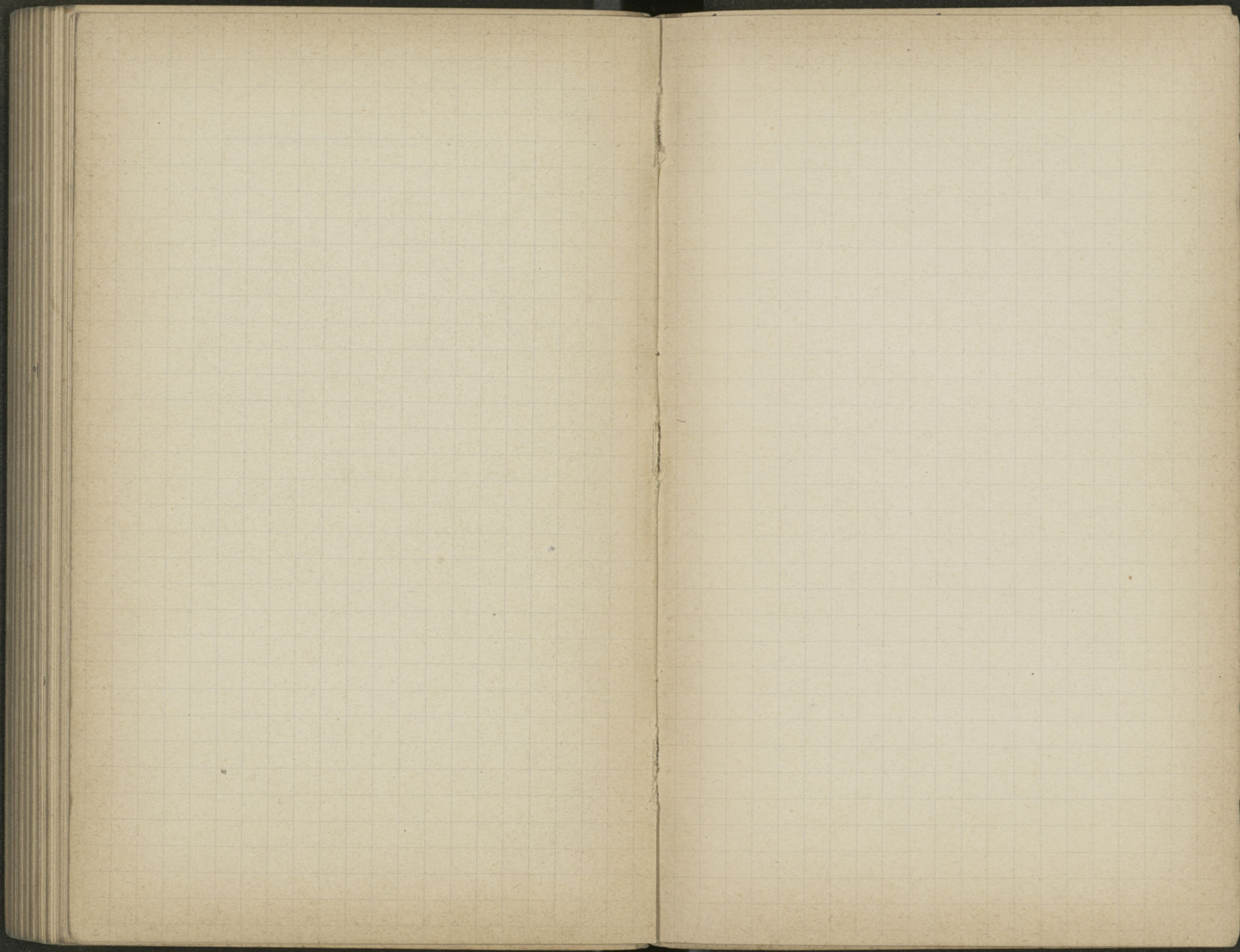
C'est tout ce qu'on général qu'elle
est intermédiaire: avec d. animaux et
végétaux, la seule substance en très petite
quantité (dans les cellules) ces procédés microscopiques
ont été remarqués extraordinairement.

C'est cela est anal. gélif.

De anal. gélif on détermine gélif
et on dit finis chimiquement.

Ex: anal. minéral que contient Ca,
O, C. Si on lui fait analyse Ca = 50, 30
O = 16, 08, CO₂ = 43, 63 - On cherche
de la forme CO₂Ca le rapport.

Pyrite: $3 = 93,42 - Fe = 46,90$
Or. Soufre a pdrat 32. $\frac{93,42}{32} = 2,92$
Fe 56 $\frac{46,90}{56} = 0,84$ Clef du $\frac{32}{1}$
Fe 52



Am. chert - lillun, all. est rouge cramoisi, cette
roche dépendant de la roche à son voisin

