

SABOT

OF GEMS & GEM-CUTTING



MINERALOGY · EMERALD · AND · OTHER · BERYLS · CATALOG

EX LIBRIS

JOHN · SIN · KAN · KAS

MINERALS · AND · STONES · OF · NORTH · AMERICA · PROSPECTING · FOR · GEM





55L
RTLO11505

Hommage de l'Auteur

8⁰⁰ Cent

35F

UNIVERSITÉ DE GENÈVE — FACULTÉ DES SCIENCES
LABORATOIRE DE MINÉRALOGIE. — PROFESSEUR : M. LOUIS DUPARC.

ÉTUDE CRISTALLOGRAPHIQUE ET OPTIQUE

D'UN CERTAIN NOMBRE DE

Minéraux des Pegmatites de Madagascar

ET DE

Minéraux de l'Oural

THÈSE

PRÉSENTÉE A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE L'UNIVERSITÉ DE GENÈVE
POUR OBTENIR LE GRADE DE DOCTEUR ÈS SCIENCES

PAR

René-Charles SABOT

GENÈVE

IMPRIMERIE ALBERT KUNDIG

1914

THÈSE N° 519

La Faculté des Sciences, sur le préavis de M. le Professeur L. Duparc, autorise l'impression de la thèse présentée par M. René Sabot, intitulée : « Etude cristallographique et optique d'un certain nombre de minéraux des pegmatites », sans exprimer d'opinion sur les propositions qui y sont énoncées.

Genève, le 14 Juillet 1914.

Le Doyen :

C.-E. GUYE

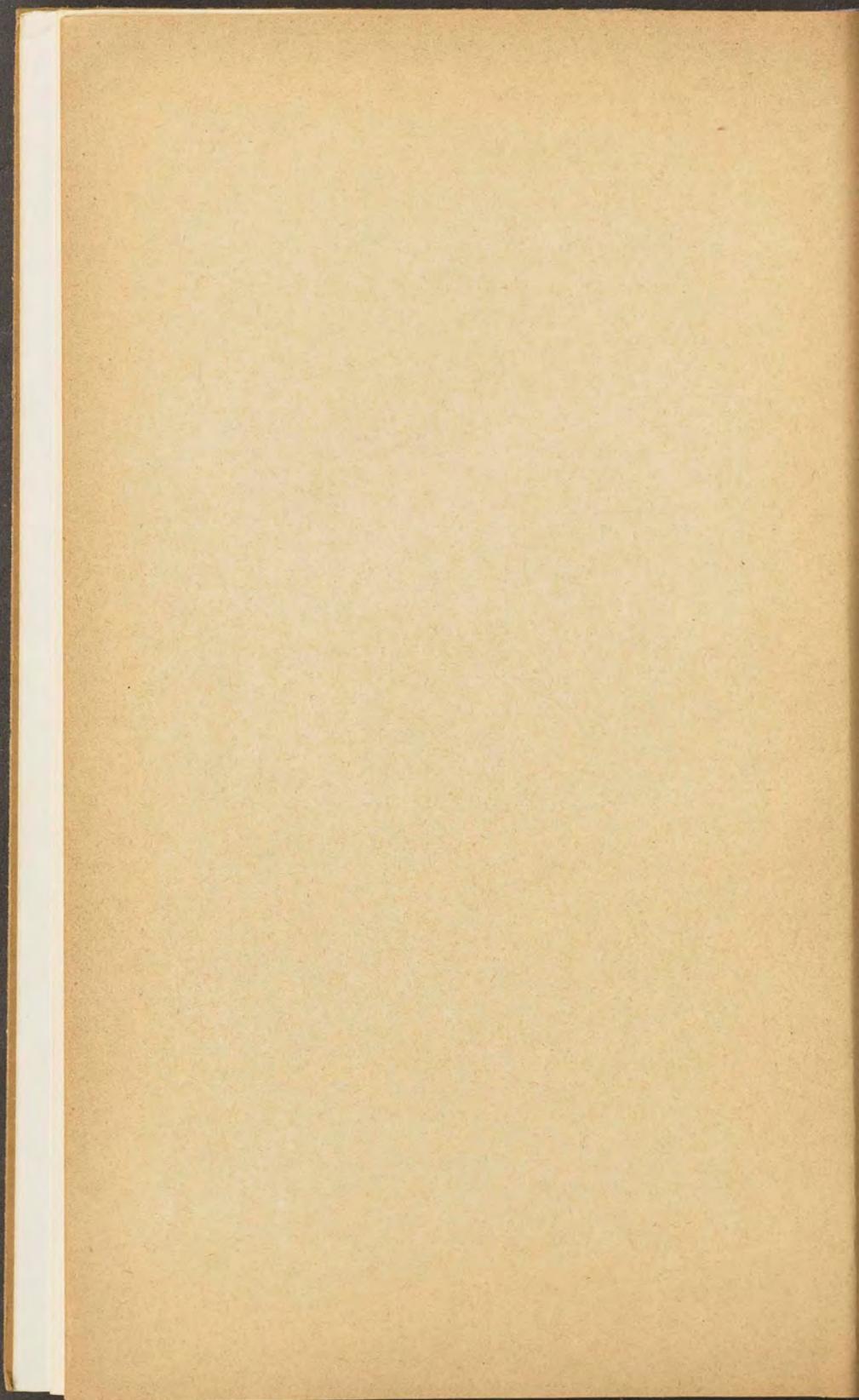
Interdoc Paris
11/16/70 #18⁰²

À la mémoire de mon grand'oncle

François Arago

Astronome et Physicien

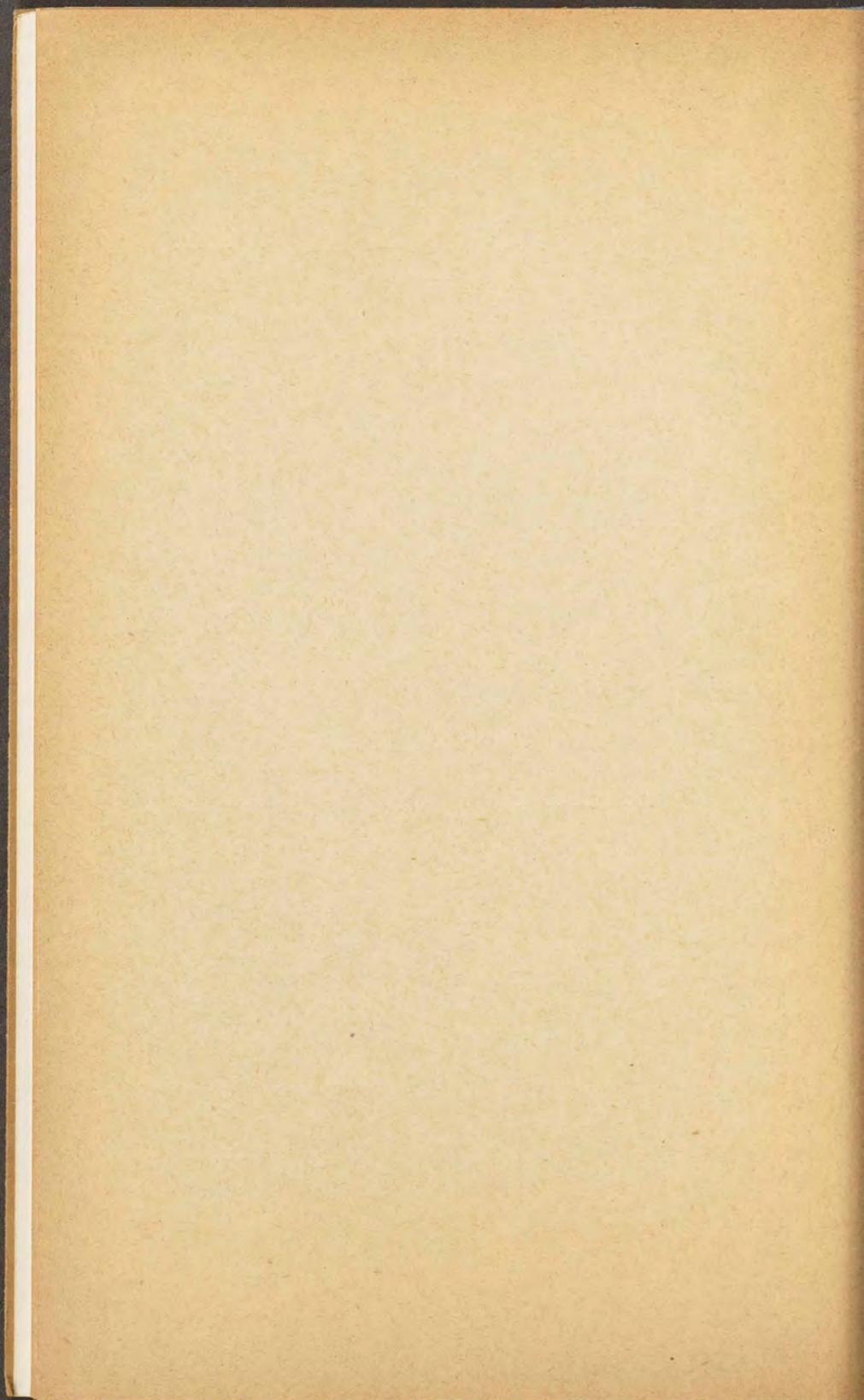
1786 - 1853



À mon cher Maître

Monsieur le Professeur Louis Duparc

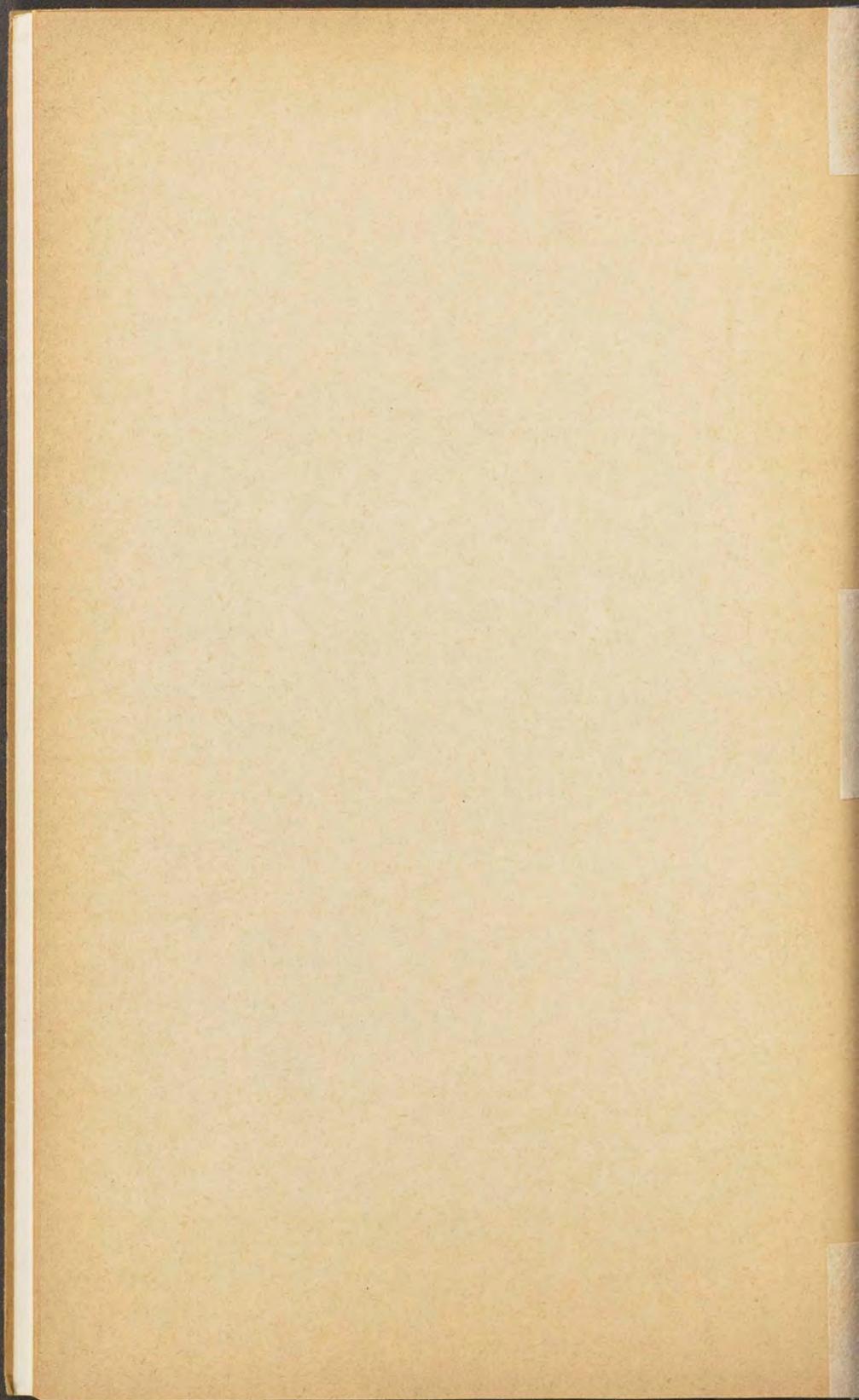
*Hommage de profonde reconnaissance
et de vive admiration*



Le présent travail a été exécuté au laboratoire de minéralogie de l'Université de Genève.

Je tiens à exprimer ici mes plus vifs remerciements à Monsieur le Prof. L. Duparc qui m'a initié à l'étude de la minéralogie et qui a guidé avec bienveillance mes premiers pas.

Je remercie aussi mon collègue, Monsieur M. Wunder qui a bien voulu me communiquer les résultats de quelques-unes de ses analyses quantitatives sur plusieurs minéraux étudiés au cours de ce travail.

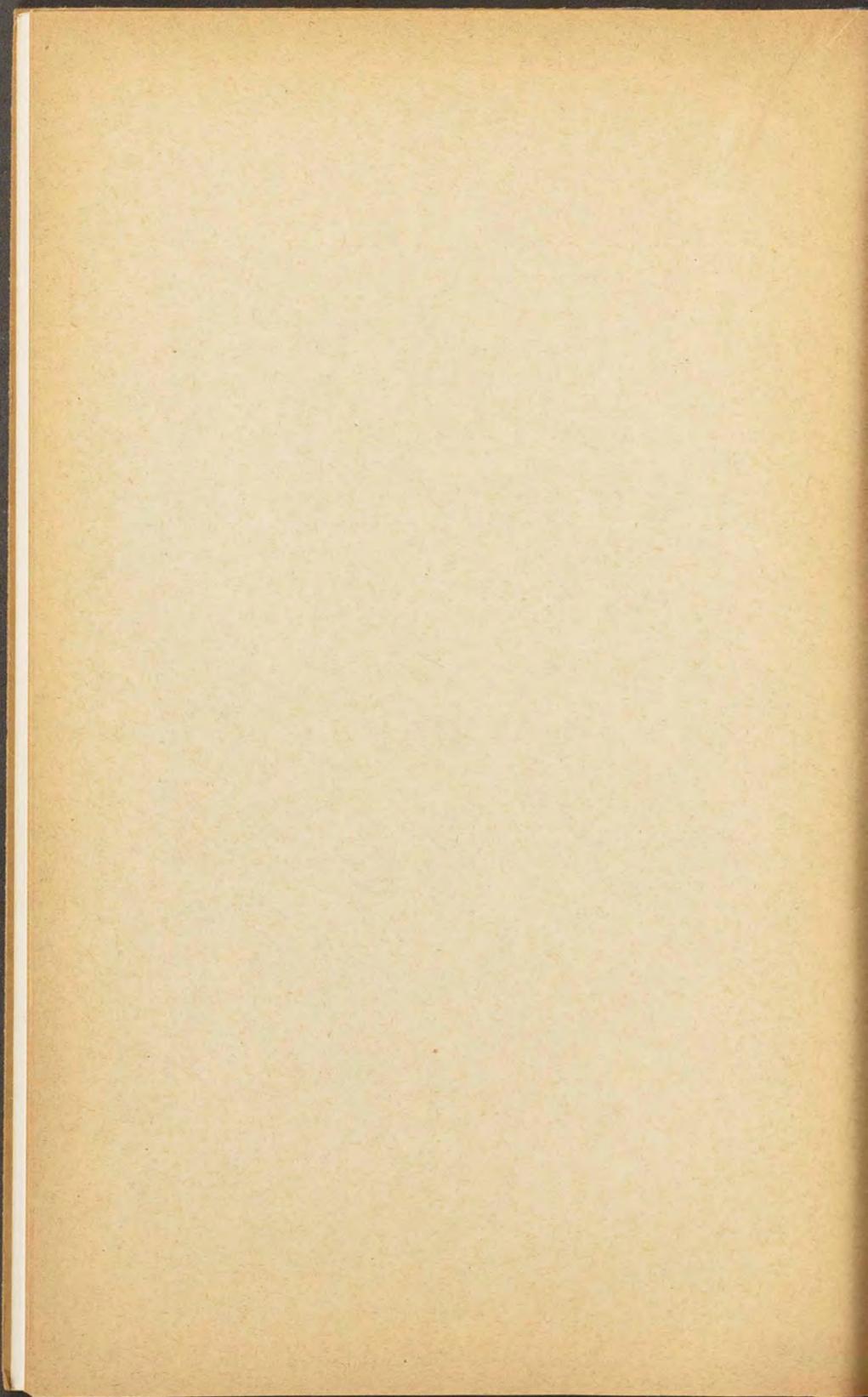


INTRODUCTION

La présente étude a porté sur un certain nombre de minéraux des pegmatites de Madagascar, ainsi que sur quelques espèces minérales de l'Oural. Ces divers échantillons m'ont été remis par M. le Professeur L. Duparc, qui a bien voulu me communiquer quelques renseignements sur les conditions géologiques des gisements.

Je débiterai par quelques considérations sommaires sur ces gisements, puis j'aborderai directement l'étude des formes cristallines des principaux minéraux et ensuite de leurs propriétés physiques (optiques, radioactives, etc.). Je comparerai ensuite, en m'aidant de l'analyse chimique, aux résultats déjà obtenus et tirerai les conclusions¹.

¹ Plusieurs minéraux étudiés dans ce travail ont déjà été examinés par l'auteur, au point de vue optique et cristallographique au cours d'un certain nombre de mémoires publiés avec la collaboration de MM. L. Duparc et M. Wunder dans les Archives des Sciences physiques et naturelles, les Mémoires de la Société de Physique de Genève et le Bulletin de la Société française de Minéralogie.



CHAPITRE PREMIER.

MINÉRAUX DES PEGMATITES DE MADAGASCAR

§ 1. — GISEMENTS

La région d'Antsirabé est constituée par une succession de roches granitiques, de quartzites et micaschistes, de cipolins, échelonnée de l'est à l'ouest, direction N-NO et plongeant en général vers l'ouest.

Les roches granitiques sont fortement latéritisées mais, par places, on peut voir des blocs de roche fraîche englobés dans la masse de décomposition. Ce granit forme le soubassement des cônes volcaniques de la région. Ces derniers ont émis des coulées basaltiques puissantes et, dans ce basalte, se trouvent parfois des enclaves granitiques et notamment des cristaux de zircon, pris à la roche sous-jacente, corrodés, plus ou moins décolorés et en partie opaques.

A l'ouest des roches granitiques se trouvent des quartzites qui passent en certains points aux quartzites micacées et aux micaschistes. Ces quartzites qui, généralement, ne se latéritisent pas, ont, dans quelques cas, une allure de greisen, sur de grandes

étendues. Puis viennent des cipolins, de grain variable, blanchâtres ou bien verdâtres lorsqu'ils sont fortement silicatés. Ils sont encaissés à l'ouest par une nouvelle zone de quartzites, dans lesquelles apparaît, plus au sud, une nouvelle bande de cipolins.

Ces diverses formations sont traversées par de nombreux filons de pegmatite qui, en général, s'y rencontrent en filons couches. Ils sont tout particulièrement irréguliers au point de vue de leurs dimensions, comme de leur composition minéralogique. Leur épaisseur est souvent réduite rapidement de plusieurs mètres à 0^m,20 environ et ils affectent très fréquemment l'apparence d'énormes masses lenticulaires.

Sans insister davantage sur des considérations générales, quant aux filons de pegmatite, je m'arrêterai spécialement sur la description du gisement d'Ambatofotsikely, à l'aide des renseignements qui m'ont été obligeamment fournis par M. Girod, prospecteur et propriétaire du dit gisement.

Il s'agit, à Ambatofotsikely, d'une énorme masse lenticulaire de quartz, orientée NE-SO, visible sur les flancs et au sommet d'un mamelon, sur une longueur de 300 mètres et une largeur moyenne de 60 mètres (le maximum étant supérieur à 100 mètres). Cette masse de quartz renferme une grande quantité de muscovite, en cristaux plus ou moins enchevêtrés, de diamètre dépassant parfois 1 mètre, en masses lenticulaires également. Ce mica est associé à divers autres minéraux : monazite, amfangabéite, columbite, grenat, ilménite, un peu de béryl bleu pâle, etc. Les trois premiers de ces minéraux se trouvent particulièrement accumulés aux parties supérieure et inférieure de l'amas de muscovite.

On a donc bien affaire à une pegmatite tout particulièrement hétérogène, en filon de forme lenticulaire. Ce caractère hétérogène est du reste assez général pour les pegmatites de la région, témoins les pegmatites à béryl, chez lesquelles l'exploitation de ce minéral offre par ce fait de sérieuses difficultés.

§ 2. — ÉTUDE DES MINÉRAUX D'AMBATOFOTSIKELY
LE QUARTZ ET LA MUSCOVITE

Quartz.

Les fragments de ce minéral que j'ai eus entre les mains accompagnaient le grenat. Les caractères sont ceux habituels. Il se présente en masses laiteuses d'un blanc plus ou moins pur, moulant les minéraux accessoires. Il est aussi parfois brunâtre et, au dire de M. Girod, spécialement au voisinage des amas d'ampangabéite, columbite et monazite. J'ai observé en effet un fragment de ce quartz qui est d'un brun noir jaunâtre très foncé.

J'ai vu également de gros cristaux transparents, légèrement enfumés, qui m'ont été indiqués comme provenant du même gisement. Quelques-uns mesurent jusqu'à 50 cm. de longueur suivant l'axe du prisme et 15 à 20 cm. dans la section transversale. Les formes développées sont :

Le prisme $(10\bar{1}0) = e^2$, les deux rhomboèdres $(10\bar{1}1) = p$ et $(01\bar{1}1) = e^{1/2}$ d'égale grandeur, puis $(11\bar{2}1) = d^{1/4}d^1b^{1/2} = s$ et $(51\bar{6}1) = b^{1/4}d^1d^{1/2} = x$, peu développés. La densité prise sur des fragments du poids total de 12,2630 gr. est $D = 2,6540$.

Les cristaux, généralement plus étroits du côté terminé, ont leurs faces prismatiques passablement corrodées. Les inclusions opaques, assez abondantes, semblent de préférence réparties suivant des plans parallèles aux faces p et e^2 .

Muscovite.

Se rencontre en cristaux énormes, en tables mesurant parfois plus de 1 m. de diamètre. La coloration est généralement presque nulle, mais le plus souvent brun très pâle; cependant on trouve des zones brunes, plus ou moins foncées, disposées en traînées

assez régulièrement orientées suivant trois directions. Les traînées les plus nombreuses et les plus larges sont parallèles à $g^1 = (010)$, deux autres directions, bien marquées aussi, forment des angles de 60° avec la précédente et sont donc parallèles à $m = (110)$ et $(1\bar{1}0)$. Ce réseau régulier est très caractéristique pour le mica de ce gisement (fig. 1).



Fig. 1. — **Muscovite**; obj. n° 0, oculaire n° 2; traînées colorées et inclusions de magnétite.

La coloration est aussi amplifiée au voisinage des inclusions. Ces dernières sont constituées par des grains octaédriques aplatis, de magnétite, dont le contour hexagonal semble, de préférence, être orienté parallèlement aux traînées g^1, m (fig. 1); on trouve encore des grains de même aspect, noirs brunâtres, plus ou moins rougeâtres, translucides, qui doivent probablement être considérés comme de l'oligiste. On observe aussi de petits grains arrondis d'un rouge vif, transparents, anisotropes, d'autre part, des amas irréguliers brun noirs, opaques, certainement constitués par des oxydes

de fer plus ou moins hydratés, puis des taches verdâtres et quelques cristaux à fort relief, du zircon selon toutes probabilités.

La densité, prise par la méthode du flacon, sur un poids total de 4,1202 gr. est $D = 2,8908$.

Le plan des axes optiques est perpendiculaire à $g^1 = (010)$ et n_p est un peu incliné sur $p = (001)$; on observe une légère dispersion horizontale, accompagnée d'une faible dispersion des axes optiques, qui se fait dans le sens $\rho > \nu$.

L'angle des axes optiques, dans l'air, mesuré au micromètre oculaire, pour la lumière du Na est $2E = 67^\circ 16'$; l'angle $2V$, calculé à l'aide de l'indice $n_m = 1,59896$ est $2V = 40^\circ 18'$.

Les indices de réfraction ont été mesurés pour trois radiations (Li, Na, Tl), les résultats sont les suivants¹.

Pour Li:

$$n_g = 1,59987 \quad n_m = 1,59526 \quad n_p = 1,56006$$

$$n_g - n_m = 0,00461 \quad n_m - n_p = 0,03520 \quad n_g - n_p = 0,03981$$

$$2V \text{ calculé} = 39^\circ 47' 20''.$$

Pour Na:

$$n_g = 1,60355 \quad n_m = 1,59896 \quad n_p = 1,56291$$

$$n_g - n_m = 0,00459 \quad n_m - n_p = 0,03605 \quad n_g - n_p = 0,04064$$

$$2V \text{ calculé} = 39^\circ 16' 40''.$$

Pour Tl:

$$n_g = 1,60614 \quad n_m = 1,60162 \quad n_p = 1,56517$$

$$n_g - n_m = 0,00452 \quad n_m - n_p = 0,03645 \quad n_g - n_p = 0,04097$$

$$2V \text{ calculé} = 38^\circ 48' 0''.$$

¹ Les indices ont été calculés d'après la moyenne d'un très grand nombre de lectures, je donne directement les chiffres obtenus, avec cinq décimales, tels qu'ils ont servi au calcul de $2V$, en attirant l'attention sur la sensibilité de la formule employée; au point de vue des indices eux-mêmes ils doivent évidemment être considérés comme précis à la quatrième décimale.

On a ainsi pour la dispersion :

$$\begin{aligned} n_g^{\text{Tl}} - n_g^{\text{Li}} &= 0,00627 \\ n_m^{\text{Tl}} - n_m^{\text{Li}} &= 0,00636 \\ n_p^{\text{Tl}} - n_p^{\text{Li}} &= 0,00511 \\ (n_g - n_p)^{\text{Tl}} - (n_g - n_p)^{\text{Li}} &= 0,00116 \\ (n_m - n_p)^{\text{Tl}} - (n_m - n_p)^{\text{Li}} &= 0,00125 \\ (n_g - n_m)^{\text{Tl}} - (n_g - n_m)^{\text{Li}} &= 0,00009 \\ 2V^{\text{Li}} - 2V^{\text{Tl}} &= 0^\circ 59' 20'' \end{aligned}$$

L'angle $2H$ des axes optiques a encore été mesuré avec l'appareil de Wülfig, dans le α monobromure de naptaline, pour les trois radiations ci-dessus, puis $2V$ a été calculé à l'aide de l'indice n_m trouvé précédemment.

Pour Li :

$$2H = 38^\circ 28' 21'' \text{ (température du monobromure} = 22^\circ,5)$$

$$2V = 39^\circ 45' 40''; \quad 2E = 65^\circ 42' 20''.$$

Pour Na :

$$2H = 38^\circ 1' 15'' \text{ (température du monobromure} = 22^\circ,5)$$

$$2V = 39^\circ 27' 40''; \quad 2E = 65^\circ 20' 40''.$$

Pour Tl :

$$2H = 37^\circ 45' 48'' \text{ (température du monobromure} = 24^\circ,5)$$

$$2V = 39^\circ 23' 0''; \quad 2E = 65^\circ 19' 20''.$$

Sur une très mince lame de clivage, la mesure directe de la biréfringence (compensateur de Babinet) a donné :

$$n_g - n_m = 0,00444 \text{ (approximatif, vu l'inclinaison de } n_p).$$

On observe, pour les parties fortement colorées, un très faible polychroïsme dans les tons bruns, avec $n_g > n_m$.

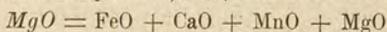
Mon attention a été attirée sur une anomalie de la figure en lumière convergente, observée sur des lames épaisses. Les premières courbes isochromatiques, près des axes optiques, sont déformées et les sommets des hyperboles sont peu nets, parfois remplacés par une zone grisâtre. J'ai pu reproduire le même phénomène à l'aide d'une muscovite d'un autre gisement, pour laquelle n_p est pratiquement perpendiculaire sur $p = (001)$; j'ai superposé deux lames de ce mica, de façon que leurs plans des axes soient parallèles, mais en les inclinant toutes deux, par rapport à l'horizontale, en sens inverse. La figure observée a été absolument identique et j'ai pu exagérer le phénomène en augmentant les inclinaisons.

J'en déduis que dans la muscovite d'Ambatofotsikely, il existe des mâcles par hémitropie normale sur la face $p = (001)$ et que celles-ci peuvent être décelées en lumière convergente grâce à la légère inclinaison de n_p sur la face p .

L'analyse a donné les résultats suivants :

en %	en molécules	
SiO ₂ = 44,35	739,2	} 739,2 SiO ₂ — 6 — 6
TiO ₂ = traces	—	
Al ₂ O ₃ = 37,40	367,0	— 367,0 Al ₂ O ₃ — 2,98 — 3
FeO = 5,30	73,6	} 122,9 MgO ¹ — 0,99 — 1
CaO = 0,19	3,4	
MgO = 1,67	41,7	
MnO = 0,30	4,2	
K ₂ O = 5,94	63,2	} 63,2 K ₂ O — 0,51 — 3
Na ₂ O = traces	—	
H ₂ O = 5,29	293,9	
100,44		

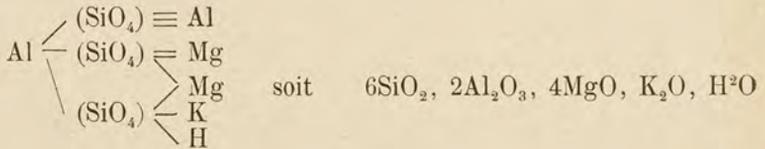
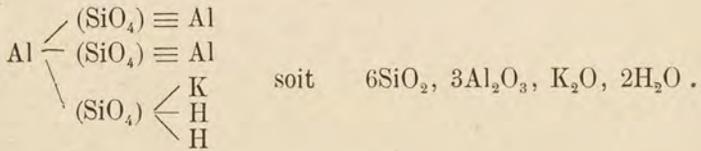
¹ Pour le calcul de la composition, FeO, CaO et MnO ont été réunis à MgO :



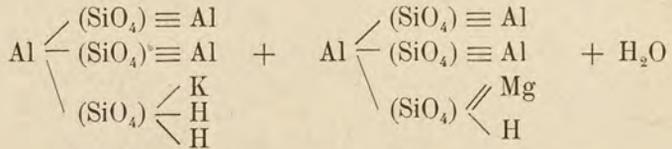
Pour faciliter la comparaison avec les formules théoriques généralement adoptées, le nombre des molécules a été calculé sur un total de 6SiO_2 . On trouve ainsi, en arrondissant les chiffres :

6SiO_2 , $3\text{Al}_2\text{O}_3$, 1MgO , $3(\text{KH})_2\text{O}$ avec un rapport de 1 à 5 pour *K* et *H*.

En adoptant pour la muscovite et pour la biotite les formules suivantes :



on voit que le mica étudié aurait le type de la muscovite, avec passage à la biotite par l'apparition d'un peu de Mg. Cependant il est impossible de faire rentrer 2H dans la formule et l'on a ainsi



Le premier groupe est celui de la muscovite, le second pourrait représenter les muscovites magnésiennes et la molécule H_2O pourrait être envisagée comme existant à l'état de solution solide dans le mica, conformément aux expériences de M. A. Brun.

§ 3. — ÉTUDE DES MINÉRAUX D'AMBATOFOTSIKELY
 LES ESPÈCES RADIOACTIVES : LA MONAZITE, LA COLUMBITE
 L'AMPANGABÉITE, ETC.

Monazite.

Ce minéral a été trouvé en cristaux qui mesurent en général de 1 à 2 cm.; certains atteignent même 5 à 6 cm. Ils sont d'un brun jaunâtre, opaques, mais légèrement transparents ou translucides sur de minces éclats et près des arêtes. Sur des lames minces, taillées dans ces parties transparentes, on observe une coloration jaune brunâtre, plus ou moins rouge, avec des parties presque opaques, d'un brun gris passant au noir.

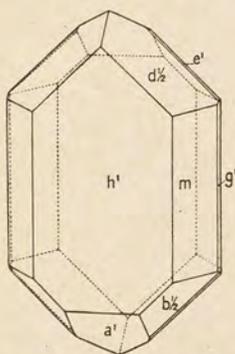


Fig. 2. — Monazite; aplatissement selon h^1 et allongement h^1g^1 .

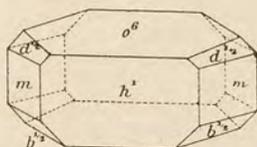


Fig. 3. — Monazite; aplatissement selon h^1 , avec allongement ph^1 .

Les cristaux sont aplatis selon $h^1 = (100)$, avec cette face largement développée. L'allongement, parfois peu marqué, se fait le plus souvent selon l'axe vertical (fig. 2), parfois mais plus rarement selon l'arête $ph^1 = (001)(100)$ (fig. 3).

Les formes observées sont les suivantes :

$h^1 = (100)$ toujours bien développée; $m = (110)$, $d^{1/2} = (111)$, et $b^{1/2} = (\bar{1}11)$, à peu près d'égale dimension et plutôt étroites, puis les orthodômes $a^1 = (\bar{1}01)$, souvent assez grand mais manquant parfois, $o^1 = (101)$, visible comme une très étroite troncature sur l'arête $d^{1/2}d^{1/2} = (111)(\bar{1}\bar{1}1)$.

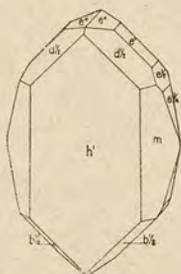


Fig. 4. — Monazite; forme avec clinodômes.

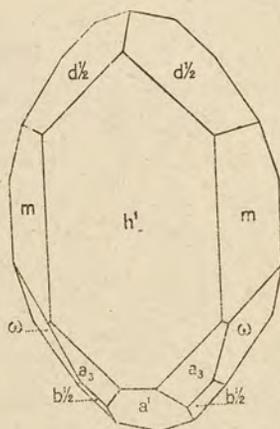


Fig. 5. — Monazite; forme avec a_3 et ω .

Les clinodômes sont assez nombreux, à part la forme $e^1 = (011)$ réduite à une petite facette sur l'arête $d^{1/2}b^{1/2} = (111)(\bar{1}11)$, j'ai observé dernièrement, sur un nouvel envoi de cristaux du même gisement, les formes $e^4 = (014)$, $e^{1/4} = (041)$, $e^{1/2} = (021)$. J'ai déterminé également les pyramides $\omega = b^1 d^{1/2} g^1 = (\bar{1}21)$ et $b^1 b^{1/2} h^1 = a_3 = (\bar{2}11)$ et le prisme $g^3 = (120)$.

La face $g^1 = (010)$ est toujours très réduite et sur quelques rares spécimens j'ai trouvé la face $o^1 = (106)$ (voir fig. 3).

La figure 4 représente un cristal théorique sur lequel sont reportés les divers clinodômes observés sur plusieurs échantillons.

De même la figure 5, pour les pyramides α_3 et ω .

J'ai constaté, dans un assez grand nombre de cas, un développement dissymétrique des cristaux présentant le dôme (021); ceux-ci sont alors très allongés suivant l'arête (100)(021) = $h^1 e^{1/2}$. La figure 6 rend compte de cette disposition.

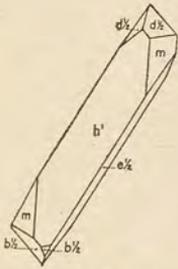


Fig. 6. — Monazite; développement dissymétrique, allongement $p e^{1/2}$.

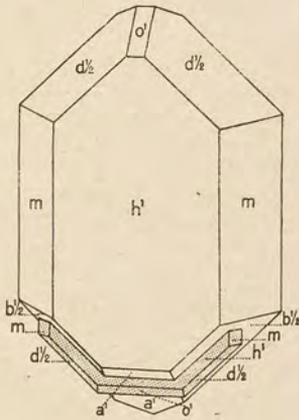


Fig. 7. — Monazite; hémitropie normale sur h^1 , avec interpénétration.

Les groupements parallèles s'observent très fréquemment sur la face $h^1 = (100)$, plus rarement sur $m = (110)$ et quelques fois, semble-t-il, sur $o^6 = (106)$.

J'ai trouvé également quelques mâcles par hémitropie normale sur $h^1 = (100)$, avec ou sans interpénétration. Sur un échantillon mâclé avec interpénétration, j'ai observé une disposition analogue à celle décrite par M. Lacroix pour la monazite du même gisement (*Minéralogie de la France et des Colonies*, t. V, p. 47).

Le voisinage immédiat des dômes $a^1 = (\bar{1}01)$ et $o^1 = (101)$ fait remarquer à première vue la mâcle (fig. 7); le petit individu inter-pénétré peut ici être retiré aisément de la masse, dans laquelle il pénètre comme un coin.

La fig. 8 donne la projection gnomonique des diverses formes observées.

Les angles ont été mesurés le plus souvent possible au goniomètre à réflexion, en appliquant au besoin sur les faces de très

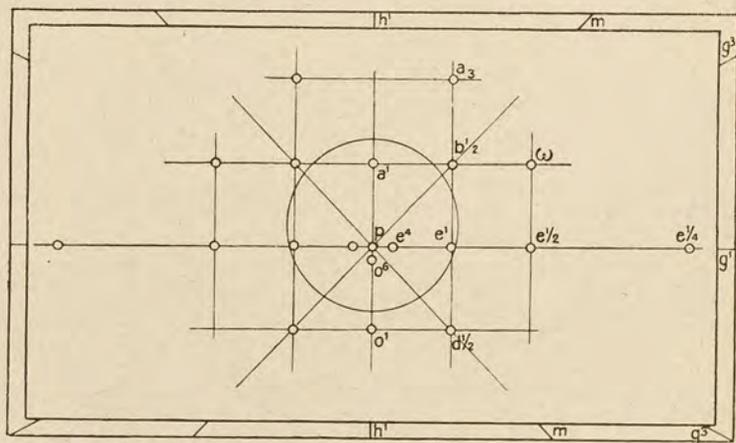


Fig. 8. — Monazite; projection gnomonique.

minces lamelles de mica. Pour les gros cristaux à faces défectueuses, les mesures ont été faites au goniomètre d'application et les chiffres obtenus sont alors la moyenne d'un très grand nombre d'observations.

Je donne ci-dessous les valeurs des divers angles, mesurés et calculés. Parmi ces derniers, j'en ai calculé un certain nombre, entre des faces observées sur des cristaux différents, de façon à fournir

des données angulaires très complètes, qui puissent permettre d'identifier rapidement les diverses formes.

Comme éléments de la forme primitive, j'ai admis les valeurs suivantes :

$$a : b : c = 0,9708 : 1 : 0,92173 \quad ZX \text{ obtus} = 103^{\circ}46'$$

Angles (des normales).	Observé.	Calculé.
$h^1 m = (100)(110)$	$43^{\circ}17'$	$43^{\circ}19'$
$d^{1/2} d^{1/2} = (111)(\bar{1}\bar{1}1)$	61°	$60^{\circ}32'$
$b^{1/2} b^{1/2} = (\bar{1}11)(\bar{1}\bar{1}1)$	73°	$73^{\circ}16'$
$h^1 d^{1/2} = (100)(111)$	$47^{\circ}45'$	$48^{\circ}3'$
$h^1 b^{1/2} = (100)(11\bar{1})$	$61^{\circ}28'$	$61^{\circ}41'$
$p b^{1/2} = (001)(\bar{1}\bar{1}1)$	—	$58^{\circ}56'$
$p d^{1/2} = (001)(111)$	—	$46^{\circ}21'$
$m d^{1/2} = (110)(111)$	$34^{\circ}20'$	$33^{\circ}41'$
$m b^{1/2} = (110)(11\bar{1})$	$41^{\circ}50'$	$41^{\circ}2'$
$d^{1/2} b^{1/2} = (111)(\bar{1}\bar{1}1)$	$70^{\circ}46'$	$70^{\circ}16'$
$h^1 a^1 = (100)(10\bar{1})$	$52^{\circ}30'$	$53^{\circ}47'$
$h^1 o^6 = (100)(106)$	$67^{\circ}35'$	$67^{\circ}48'$
$a^1 d^{1/2} = (\bar{1}01)(111)$	$87^{\circ}30'$	$87^{\circ}21'$
$a^1 b^{1/2} = (\bar{1}01)(\bar{1}\bar{1}1)$	$36^{\circ}30'$	$36^{\circ}30'$
$a^1 m = (10\bar{1})(110)$	—	$64^{\circ}32'$
$a^1 g^1 = (10\bar{1})(010)$	90°	90°
$o^6 d^{1/2} = (106)(111)$	$39^{\circ}3'$	$38^{\circ}50'$
$o^6 b^{1/2} = (106)(\bar{1}\bar{1}1)$	$65^{\circ}10'$	$65^{\circ}9'$
$o^6 m = (106)(110)$	—	$74^{\circ}3'$
$e^1 g^1 = (011)(010)$	$48^{\circ}30'$	$48^{\circ}10'$
$e^1 d^{1/2} = (011)(111)$	—	$31^{\circ}45'$
$e^1 b^{1/2} = (011)(\bar{1}\bar{1}1)$	—	$38^{\circ}31'$
$e^1 a^1 = (011)(\bar{1}01)$	—	$61^{\circ}23'$
$e^1 o^6 = (011)(106)$	—	$42^{\circ}32'$
$e^{1/4} d^{1/2} = (041)(111)$	47°	$47^{\circ}51'$

Angles (des normales).	Observé.	Calculé.
$e^{1/4}b^{1/2} = (041)(\bar{1}11)$	45°	44°29'
$e^{1/4}m = (041)(110)$	44°30'	44°59'
$e^{1/4}g^1 = (041)(010)$	—	15°36'
$e^{1/4}h^1 = (041)(100)$	—	86°20'
$e^{1/4}a^1 = (041)(\bar{1}01)$	—	80°3'
$e^{1/4}o^6 = (041)(106)$	—	74°34'
$h^1o^1 = (100)(101)$	39°23'	39°17'
$o^1d^{1/2} = (101)(111)$	30°35'	30°16'
$o^1b^{1/2} = (101)(\bar{1}11)$	87°30'	87°33'
$o^1m = (101)(110)$	55°48'	55°43'
$o^1e^1 = (101)(011)$	—	53°28'
$o^1g^1 = (101)(010)$	90°	90°
$o^1e^{1/4} = (101)(041)$	—	77°35'
$e^4d^{1/2} = (014)(111)$	39°30'	38°24'
$e^4b^{1/2} = (014)(\bar{1}11)$	49°30'	50°40'
$e^4h^1 = (014)(100)$	76°	76°34'
$e^4m = (014)(110)$	72°30'	71°25'
$e^4o^1 = (014)(101)$	40°	38°45'
$e^4a^1 = (014)(\bar{1}01)$	—	51°9'
$e^4o^6 = (014)(106)$	—	39°51'
$e^4g^1 = (014)(010)$	—	77°23'
$e^{1/2}g^1 = (021)(010)$	29°30'	29°11'
$e^{1/2}h^1 = (021)(100)$	83°30'	83°21'
$e^{1/2}d^{1/2} = (021)(111)$	40°	39°3'
$e^{1/2}b^{1/2} = (021)(\bar{1}11)$	39°30'	39°25'
$e^{1/2}m = (021)(110)$	47°0'	46°54'
$e^{1/2}o^1 = (021)(101)$	68°30'	67°4'
$e^{1/2}a^1 = (021)(\bar{1}01)$	70°30'	71°44'
$e^{1/2}o^6 = (021)(106)$	—	61°10'
$g^3g^1 = (120)(010)$	28°11'	27°56'
$g^3d^{1/2} = (120)(111)$	40°36'	40°40'

Angles (des normales).	Observé.	Calculé.
$g^3 b^{1/2} = (120)(11\bar{1})$	41°33'	41°28'
$g^3 o^1 = (120)(101)$	—	68°44'
$g^3 a^1 = (120)(10\bar{1})$	—	73°56'
$g^3 o^6 = (120)(106)$	—	79°49'
$g^3 e^4 = (120)(014)$	—	72°26'
$g^3 e^1 = (120)(011)$	—	47°45'
$g^3 e^{1/2} = (120)(021)$	34°	34°31'
$g^3 e^{1/4} = (120)(041)$	—	28°15'
$a_3 h^1 = (\bar{2}11)(\bar{1}00)$	39°0'	38°30'
$a_3 b^{1/2} = (\bar{2}11)(\bar{1}11)$	23°30'	23°12'
$a_3 m = (\bar{2}11)(\bar{1}10)$	31°0'	30°49'
$a_3 a^1 = (\bar{2}11)(\bar{1}01)$	34°0'	33°43'
$a_3 o^6 = (\bar{2}11)(106)$	—	82°38'
$a_3 o^1 = (\bar{2}11)(101)$	—	108°25'
$a_3 g^1 = (\bar{2}11)(010)$	—	65°3'
$a_3 a_3 = (\bar{2}11)(\bar{2}\bar{1}\bar{1})$	—	43°54'
$a_3 e^{1/4} = (\bar{2}11)(041)$	—	61°35'
$a_3 e^{1/2} = (\bar{2}11)(021)$	—	60°23'
$a_3 e^4 = (\bar{2}11)(014)$	—	69°52'
$a_3 p = (\bar{2}11)(001)$	—	75°2'
$a_3 g^3 = (\bar{2}11)(\bar{1}20)$	—	42°19'
$\omega g^1 = (\bar{1}21)(010)$	—	33°55'
$\omega h^1 = (\bar{1}21)(\bar{1}00)$	69°30'	70°45'
$\omega b^{1/2} = (\bar{1}21)(\bar{1}11)$	19°12'	19°27'
$\omega \omega = (\bar{1}21)(\bar{1}\bar{2}\bar{1})$	—	112°10'
$\omega a_3 = (\bar{1}21)(\bar{2}11)$	—	38°59'
$\omega d^{1/2} = (\bar{1}21)(111)$	65°0'	64°55'
$\omega o^6 = (\bar{1}21)(106)$	—	73°48'
$\omega o^1 = (\bar{1}21)(101)$	—	73°30'
$\omega e^{1/4} = (\bar{1}21)(041)$	—	31°13'
$\omega e^{1/2} = (\bar{1}21)(021)$	—	25°55'

Angles (des normales).	Observé.	Calculé.
$\omega e^1 = (\bar{1}21)(011)$	—	$34^\circ 50'$
$\omega e^4 = (\bar{1}21)(014)$	—	$59^\circ 31'$
$\omega g^3 = (\bar{1}21)(\bar{1}20)$	—	$32^\circ 4'$
$\omega p = (\bar{1}21)(001)$	—	$69^\circ 58'$
$\omega m = (\bar{1}21)(\bar{1}10)$	—	$35^\circ 59'$

La densité, prise sur deux cristaux du poids total de $9^{\text{gr}}, 1026$ est $D = 5,2735$. Dureté 5 à 5,5.

Plans de séparation plutôt difficiles suivant $g^1 = (010)$, $h^1 = (100)$ et quelquefois suivant $m = (110)$, clivage difficile suivant $p = (001)$. Cassure conchoïdale. En plaques minces, on observe une coloration jaune brunâtre, virant par places au brun rouge, et irrégulièrement répartie. Léger polychroïsme dans les mêmes teintes avec $n_g = n_p < n_m$.

Le spectre d'absorption est un peu plus marqué lorsque les vibrations se propagent parallèlement à n_m ; il est défini par les bandes suivantes :

1° dans le jaune, de 570 à 590 $\mu\mu^1$.

2° dans le vert bleuâtre, à 527 $\mu\mu$ et de 505 à 515 $\mu\mu$.

3° dans le bleu, de 480 à 490 $\mu\mu$.

On reconnaît là plusieurs bandes du didyme.

Le plan des axes optiques est perpendiculaire à $g^1 = (010)$ et la bissectrice aiguë n_g forme un angle de 10° avec l'arête h^1g^1 , dans l'angle obtus ph^1 de 104° .

L'angle apparent 2E. des axes optiques, a été mesuré dans l'air, à l'aide de l'appareil de Wülfig, sur une section rigoureusement perpendiculaire à la bissectrice aiguë n_g , puis 2V a été calculé, connaissant l'indice n_m .

¹ La forte absorption du jaune a nécessité, pour pouvoir mesurer les caractères optiques en lumière du sodium, une source lumineuse très intense, et malgré cela les difficultés ont été très grandes.

Les trois indices n_g , n_m , n_p ont, d'autre part, été mesurés sur deux prismes de plans bissecteurs $n_g n_p$ (I) et $n_g n_m$ (II).

Les biréfringences et l'angle $2V$ des axes optiques ont été calculés d'après ces trois indices.

Les mesures ont été effectuées pour trois lumières différentes: Li, Na, TI¹.

Pour Li:

Prisme I	Prisme II	Moyennes
$n_g = 1,84305$	$n_g = 1,84312$	} $n_g = 1,84308$ $n_m = 1,79501$ $n_p = 1,79460$
	$n_m = 1,79501$	
$n_p = 1,79460$		
$n_g - n_p = 0,04848$	$n_g - n_m = 0,04807$	$n_m - n_p = 0,00041$

$$2V \text{ calculé} = 10^\circ 33' 10''$$

$$2E \text{ mesuré} = 19^\circ 26' 48'' \quad \text{d'où} \quad 2V = 10^\circ 47' 40''.$$

Pour Na:

Prisme I	Prisme II	Moyennes
$n_g = 1,84941$	$n_g = 1,84937$	} $n_g = 1,84939$ $n_m = 1,80081$ $n_p = 1,80036$
	$n_m = 1,80081$	
$n_p = 1,80036$		
$n_g - n_p = 0,04903$	$n_g - n_m = 0,04858$	$n_m - n_p = 0,00045$

$$2V \text{ calculé} = 10^\circ 59' 40''$$

$$2E \text{ mesuré} = 19^\circ 42' 48'' \quad \text{d'où} \quad 2V = 10^\circ 54' 40''.$$

¹ Ainsi que pour la muscovite, je donnerai directement les chiffres obtenus, comme moyennes d'un grand nombre de lectures, avec 5 décimales, tels qu'ils ont servi pour les calculs des biréfringences et de $2V$ (mais il est évident que les résultats ne sont absolument certains qu'à la 4^{me} décimale).

Pour Tl:

Prisme I	Prisme II	Moyennes
$n_g = 1,85546$	$n_g = 1,85550$	$n_g = 1,85548$
	$n_m = 1,80603$	$n_m = 1,80603$
$n_p = 1,80036$		$n_p = 1,80036$
$n_g - n_p = 0,04996$	$n_g - n_m = 0,04945$	$n_m - n_p = 0,00051$
$2V$ calculé = $11^\circ 35' 50''$		
$2E$ mesuré = $20^\circ 21' 24''$ d'où $2V = 11^\circ 13' 50''$.		

La dispersion des axes optiques se fait donc avec $\rho < v$. L'observation de la figure en lumière convergente confirme les résultats du calcul et montre, d'autre part, une très faible dispersion horizontale.

Les constantes de la dispersion peuvent donc être exprimées comme suit:

$$\begin{aligned} n_g^{Tl} - n_g^{Li} &= 0,01240 \\ n_m^{Tl} - n_m^{Li} &= 0,01102 \\ n_p^{Tl} - n_p^{Li} &= 0,00576 \\ (n_g - n_p)^{Tl} - (n_g - n_p)^{Li} &= 0,00148 \\ (n_g - n_m)^{Tl} - (n_g - n_m)^{Li} &= 0,00138 \\ (n_m - n_p)^{Tl} - (n_m - n_p)^{Li} &= 0,00010 \\ 2V_{\text{calc.}}^{Tl} - 2V_{\text{calc.}}^{Li} &= 1^\circ 2' 40'' \\ 2V_{\text{obs.}}^{Tl} - 2V_{\text{obs.}}^{Li} &= 0^\circ 26' 10'' \\ 2V_{\text{moy.}}^{Tl} - 2V_{\text{moy.}}^{Li} &= 0^\circ 44' 25'' \end{aligned}$$

Le minéral est infusible. Le produit de la fusion avec NaOH étant traité par l'eau, la solution obtenue donne les réactions de

H_3PO_4 et le résidu insoluble, dissous dans HCl, donne alors par l'acide oxalique un précipité d'oxalates des terres rares.

La composition chimique, déterminée par M. M. Wunder, est la suivante:

SiO_2	2,87
ZrO_2	0,11
TiO_2	—
Ta_2O_5	0,24
ThO_2	11,23
Ce_2O_3	26,95
La_2O_3	} 32,60
Di_2O_3	
Terres yttriques	0,30
Al_2O_3	0,15
Fe_2O_3	0,60
MnO	—
CaO	traces
Perte au feu	0,56
P_2O_5	<u>25,90</u>
	101,51

D'après M. Wulfing, les caractères optiques sont:

$$n_g = 1,8411 \quad n_m = 1,7965 \quad n_p = 1,7957$$

$$2E \text{ mesuré} = 22^\circ \text{ à } 36^\circ \text{ (pour le rouge)}$$

n_g forme dans $g^1 = (010)$ 2 à 5° avec $h^1 g^1$, dans l'angle obtus ph^1 .

Les chiffres sont passablement différents de ceux que j'ai trouvés; l'écart s'explique par la variation de la composition chimique, les pourcentages relatifs de Ce, La, Di, Th influençant les caractères physiques.

Columbite.

La columbite est très abondante à Ambatofotsikely. On y trouve de grandes masses pesant plusieurs kilos, sur lesquelles on peut observer des formes cristallines incomplètes et, en tous cas, une



Fig. 9. — **Columbite**; groupement centro-radié.

disposition centro-radiée caractéristique (fig. 9). Les cristaux isolés sont plutôt rares, on a plus souvent des groupements parallèles assez confus.

J'ai observé cinq types principaux, dont j'énumérerai ci-dessous les formes, dans l'ordre d'importance décroissante.

Premier type. Habitus cubique, réalisé par le développement à

peu près équivalent de $p = (001)$, $g^1 = (010)$, $h^1 = (100)$; puis d'étroites facettes $a^{1/2} = (201)$, $m = (110)$ et $g^2 = (130)$ (fig. 10).

Deuxième type. Habitus prismatique. Allongement assez marqué suivant l'arête $h^1 g^1 = (100)(010)$, avec section transversale de développement à peu près égal suivant les deux axes (fig. 11).

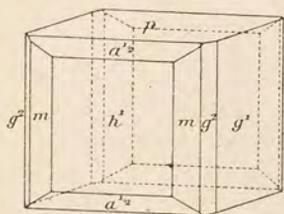


Fig. 10. — **Columbite** ; habitus cubique.

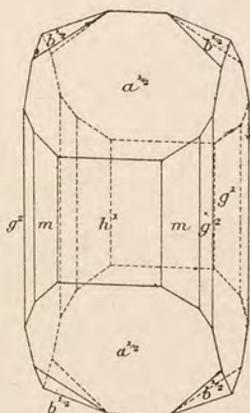


Fig. 11. — **Columbite** ; habitus prismatique.

Formes $g^1 = (010)$, $a^{1/2} = (201)$ prépondérant pour les faces terminales, $h^1 = (100)$ de plus faible dimension que g^1 , $m = (110)$ assez important suivant les échantillons, $g^2 = (130)$ et $b^{1/2} = (111)$ très réduits.

C'est ce type qui semble réalisé le plus fréquemment dans les groupements centro-radiés signalés plus haut.

Troisième type. Intermédiaire entre le premier et le deuxième. Se rattache à celui-là par le développement des trois pinacoïdes $g^1 = (010)$, $p = (001)$, $h^1 = (100)$ et au dernier type par un allongement prismatique assez marqué. Les formes développées sont

donc $g^1 = (010)$, $p = (001)$, $h^1 = (100)$, $a^{1/2} = (201)$, $m = (110)$, $g^2 = (130)$, $b^{1/2} = (111)$ (fig. 12).

Quatrième type. Le pinacoïde $g^1 = (010)$ et le dôme (201) sont très prépondérants, puis vient ensuite $p = (001)$ assez grand, $b^{1/2} = (111)$, $s = b^{1/2}b^{1/2}h^1 = (641)$, $e_{1/2} = b^{1/2}b^1g^{1/2} = (123)$ et de

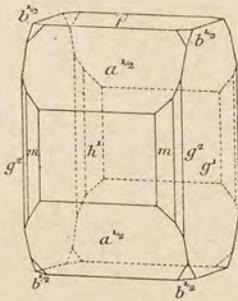


Fig. 12. — Columbite ; troisième type.

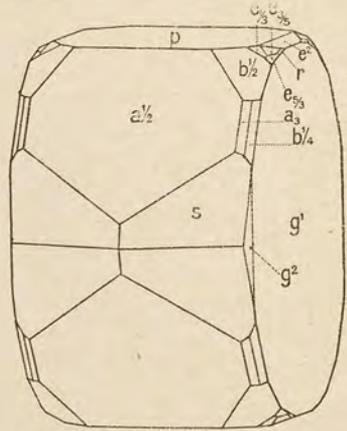


Fig. 13. — Columbite ; quatrième type.

toutes petites faces de $e^2 = (012)$, $a_3 = b^1b^{1/2}h^1 = (211)$, $b^{1/4} = (221)$, $e_{3/2} = b^{1/2}b^{1/2}g^{1/2} = (143)$, $g^2 = (130)$, $e_{3/6} = b^{1/2}b^{1/2}g^{1/6} = (145)$, $r = b^{1/2}b^{1/6}g^{1/6} = (175)$. Il y a donc ici plusieurs formes nouvelles (fig. 13).

C'est en quelque sorte l'analogue du troisième type, mais plus riche en faces.

Cinquième type. Aspect disymétrique réalisé par le développement des deux faces (111) et $(\bar{1}\bar{1}\bar{1})$ de la pyramide $b^{1/2}$, puis viennent $a^{1/2} = (201)$ réduit, $h^1 = (100)$ et $g^1 = (010)$ larges, enfin la face $(1\bar{1}0)$ du prisme m et les faces (344) et $(\bar{3}\bar{4}\bar{4})$ de la pyramide $t = b^1b^1g^{1/4}$ (fig. 14).

Dans un grand nombre d'échantillons, j'ai observé un arrondissement très accentué des arêtes d'intersection de $h^1 a^{1/2}$, $a^{1/2} a^{1/2}$, $a^{1/2} b^{1/2}$ et $b^{1/2} b^{1/2}$, ce qui, dans le cas du cinquième type, communique un aspect en carène très caractéristique (fig. 15).

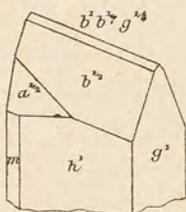


Fig. 14. — Columbite; habitus dissymétrique.

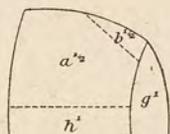


Fig. 15. — Columbite; forme en carène.

Je n'ai pas observé de mâcles, mais seulement des groupements parallèles, le plus grand nombre sur $g^1 = (010)$, quelques-uns sur $h^1 = (100)$.

Groupements sur $g^1 = (010)$. — 1° Individu du premier type



Fig. 16. — Columbite; groupements lamellaires sur g^1 .

portant sur g^1 des cristaux plutôt lamellaires, du cinquième type, avec aspect en carène fréquent (fig. 16).

2° Groupement multiple de cristaux trapus, avec un passage graduel du deuxième type au cinquième, par régression graduelle

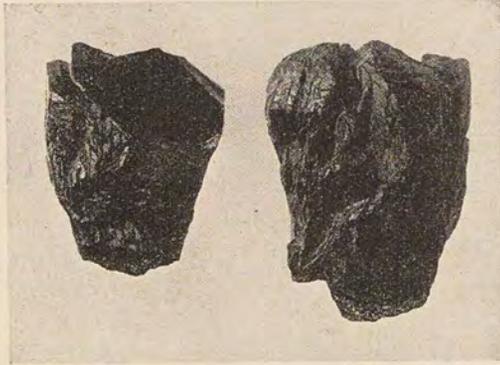


Fig. 17. — Columbite ; groupements sur g^1 .

du dôme $a^{1/2} = (201)$ et développement progressif correspondant de la pyramide $b^{1/2} = (111)$ (fig. 17).

Groupement sur h^1 . — Le seul cas bien net observé est un groupement entre un cristal du deuxième type et une modification

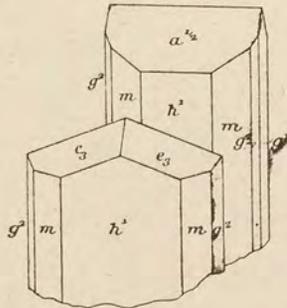


Fig. 18. — Columbite ; groupement sur h^1 .

de ce dernier constituant en quelque sorte un sixième type (fig. 18). Celui-ci est caractérisé par le développement de la pyramide $a_3 = b^1 b^{1/2} h^1 = (211)$ en lieu et place de $a^{1/2}$ et de $b^{1/2}$, $h^1 = (100)$ est prépondérant, puis viennent $m = (110)$ et $g^2 = (130)$, tandis que $g^1 = (010)$ manque totalement.

L'aspect aminci vers le bas des masses centro-radiées leur est communiqué par un décalage graduel du prisme $m = (110)$.

Les angles, mesurés autant que possible au goniomètre à réflexion de Mallard, sinon au goniomètre d'application, sont les suivants (angles des normales) :

Angles (des normales).	Observé.	Calculé.
$h^1 m = (100) (110)$	$21^\circ 33'$	$21^\circ 31'$
$m g^2 = (110) (130)$	$28^\circ 23'$	$28^\circ 24'$
$h^1 a^{1/2} = (100) (201)$	$28^\circ 40'$	$29^\circ 12'$
$m a^{1/2} = (110) (201)$	35°	$35^\circ 53'$
$g^2 a^{1/2} = (130) (201)$	—	$56^\circ 5'$
$a^{1/2} b^{1/2} = (201) (111)$	25°	24°
$b^{1/2} b^{1/2} = (111) (\bar{1}11)$	$79^\circ 30'$	$80^\circ 9'$
$b^{1/2} b^{1/2} = (111) (1\bar{1}1)$	30°	$29^\circ 55'$
$b^{1/2} b^{1/2} = (111) (\bar{1}\bar{1}1)$	89°	$87^\circ 53'$
$t t = (344) (\bar{3}44)$	66°	$66^\circ 52'$
$t t = (344) (\bar{3}\bar{4}4)$	—	$26^\circ 56'$
$t t = (344) (\bar{3}\bar{4}\bar{4})$	—	$73^\circ 29'$
$t e^2 = (344) (012)$	—	$59^\circ 22'$
$t a^{1/2} = (344) (201)$	—	$28^\circ 9'$
$t b^{1/2} = (344) (221)$	—	$21^\circ 38'$
$t e_{1/2} = (344) (123)$	—	$9^\circ 24'$
$t e_{2/2} = (344) (143)$	—	$11^\circ 3'$
$t e_{3/2} = (344) (145)$	—	$17^\circ 54'$
$t r = (344) (175)$	—	$19^\circ 33'$
$t m = (344) (110)$	—	$51^\circ 36'$

Angles (des normales).	Observé.	Calculé.
$t g^2 = (344) (130)$	—	54°38'
$t s = (344) (641)$	—	41°54'
$p e^2 = (001) (012)$	10°	10°10'
$b^{1/2} e^2 = (111) (012)$	—	41°2'
$a_3 g^1 = (211) (010)$	80°	80°4'
$a_3 p = (211) (001)$	—	61°17'
$a_3 a_3 = (211) (\bar{2}11)$	—	118°36'
$a_3 a_3 = (211) (2\bar{1}1)$	19°26'	19°51'
$b^{1/2} g^1 = (221) (010)$	70°	70°43'
$b^{1/2} p = (221) (001)$	—	62°35'
$b^{1/2} b^{1/2} = (221) (\bar{2}21)$	—	110°57'
$e_{3/5} g^1 = (145) (010)$	73°	74°14'
$e_{3/5} p = (145) (001)$	20°	18°41'
$e_{3/5} e_{3/5} = (145) (\bar{1}45)$	—	19°31'
$r g^1 = (175) (010)$	62°	63°42'
$r p = (175) (001)$	—	28°4'
$r r = (175) (\bar{1}75)$	—	18°10'
$s p = (641) (001)$	79°	79°48'
$s g^1 = (641) (010)$	75°	75°16'
$s s = (641) (\bar{6}41)$	30°	29°27'
$e_{1/2} g^1 = (123) (010)$	76°	77°6'
$e_{1/2} p = (123) (001)$	20°	20°55'
$e_{1/2} h^1 = (123) (100)$	—	73°50'
$e_{5/8} g^1 = (143) (010)$	66°	65°23'
$e_{5/8} p = (143) (001)$	—	29°24'
$e_{5/8} h^1 = (143) (100)$	—	74°57'
$s a^{1/2} = (641) (201)$	24°	23°36'
$s a^{1/2} = (641) (20\bar{1})$	42°30'	41°58'
$e_{3/5} a^{1/2} = (145) (201)$	51°30'	52°24'
$a^{1/2} e^2 = (201) (012)$	—	61°18'
$a^{1/2} r = (201) (175)$	—	55°22'

Angles (des normales).	Observé.	Calculé.
$s b^{1/2} = (641) (111)$	—	35°42'
$s a_3 = (641) (211)$	—	18°50'
$s b^{1/4} = (641) (221)$	—	18°24'
$s e_{2/5} = (641) (145)$	—	66°33'
$s r = (641) (175)$	—	65°13'
$e_{3/5} a_3 = (145) (211)$	—	49°37'
$e_{3/5} b^{1/4} = (145) (221)$	—	48°16'
$e_{3/5} b^{1/2} = (145) (111)$	—	30°31'
$e_{3/5} e^2 = (145) (012)$	11°	11°1'
$r a_3 = (175) (211)$	—	50°29'
$r b^{1/4} = (175) (221)$	—	46°56'
$r b^{1/2} = (175) (111)$	—	31°37'
$r e^2 = (175) (012)$	—	18°46'
$r e_{3/5} = (175) (145)$	—	10°32'
$r e_{1/3} = (175) (123)$	—	14°42'
$r e_{5/2} = (175) (143)$	—	6°4'
$a_3 b^{1/2} = (211) (111)$	20°	19°12'
$a_3 e^2 = (211) (012)$	—	59°46'
$a_3 e_{1/3} = (211) (123)$	—	43°22'
$a_3 e_{5/2} = (211) (143)$	—	44°27'
$b^{1/4} e^2 = (221) (012)$	—	59°14'
$b^{1/4} e_{1/3} = (221) (123)$	—	42°49'
$b^{1/4} e_{5/2} = (221) (143)$	—	41°10'
$e^2 s = (012) (641)$	—	77°20'
$e^2 e_{1/3} = (012) (123)$	—	16°29'
$e^2 e_{5/2} = (012) (143)$	—	21°24'
$e_{1/3} a^{1/2} = (123) (201)$	45°30'	45°40'
$e_{1/3} b^{1/2} = (123) (111)$	24°	24°32'
$e_{1/3} s = (123) (641)$	—	60°51'
$e_{1/3} e_{3/5} = (123) (145)$	—	6°52'
$e_{5/2} a^{1/2} = (143) (201)$	49°30'	50°3'

Angles (des normales .	Observé.	Calculé.
$e_{3/2} s = (143) (641)$	—	59°31'
$e_{5/2} b^{1/2} = (143) (111)$	25°	25°33'
$m a_3 = (110) (211)$	—	30°26'
$m e_{3/2} = (110) (145)$	—	75°1'
$m r = (110) (175)$	—	71°51'
$m s = (110) (641)$	—	12°17'
$m e_{1/2} = (110) (123)$	—	70°1'
$m e_{5/2} = (110) (143)$	—	66°40'
$m e^2 = (110) (012)$	—	48°56'
$g^2 a_3 = (130) (211)$	—	46°59'
$g^2 b^{1/2} = (130) (221)$	—	38°41'
$g^2 b^{1/2} = (130) (111)$	—	52°23'
$g^2 e^2 = (130) (012)$	—	82°12'
$g^2 e_{3/2} = (130) (145)$	—	71°30'
$g^2 r = (130) (175)$	—	63°47'
$g^2 s = (130) (641)$	—	36°34'
$g^2 e_{1/2} = (130) (123)$	—	69°32'
$g^2 e_{5/2} = (130) (143)$	—	60°54'

Les paramètres admis pour le calcul sont ceux de Schrauf:

$$a : b : c = 0,40093 : 1 : 0,35867$$

La figure 19 donne la projection gnomonique des formes observées.

La densité, prise sur deux cristaux du poids de 24,6916 gr. est $D = 5,2726$; ceci indique une faible proportion de tantale.

La dureté est de 6, la cassure est conchoïdale à inégale. Poussière brun rouge. Couleur gris de fer, avec efflorescences grises. La masse fondue avec KOH est reprise par l'eau, puis filtrée. La liqueur acidulée par HCl précipite Nb_2O_5 , Ta_2O_5 . En traitant par H_2SO_4 et Sn on obtient une coloration bleue intense, caractéristique de Nb,

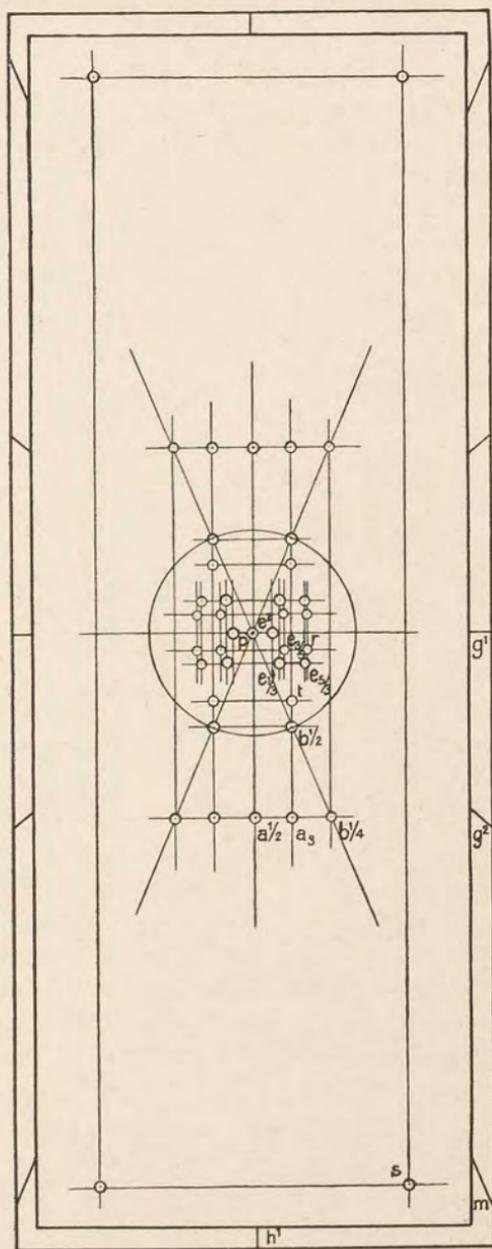


Fig. 19. — Columbite ; projection gnomonique.

et qui persiste très longtemps. La partie insoluble dans l'eau, reprise par HCl donne les réactions du Fe. Le produit de la fusion par sa couleur verte indiquait déjà la présence de Mn.

La composition chimique, déterminée par M. M. Wunder est la suivante :

Nb ₂ O ₅	63,77
Ta ₂ O ₅	11,33
FeO	11,38
MnO	8,79
CaO	—
Al ₂ O ₃	traces
U ₃ O ₈	2,02
SnO ₂	0,45
SiO ₂	0,40
TiO ₂	1,50
Perte au feu	—
	<hr/>
	99,64

On observe donc, à côté de diverses impuretés, de l'urane; il ne s'agit pas ici d'inclusions car le produit analysé était parfaitement pur et homogène. Peut-être faut-il prendre en considération la possibilité d'un mélange isomorphe avec quelques éléments du groupe de l'euxénite. Ceci est rendu très probable, d'une part par l'analogie des formes cristallines, d'autre part par la présence de TiO₂; seules les terres rares seraient absentes.

La proportion d'urane est du reste assez forte pour que l'on puisse déceler une légère radioactivité (voir § 4).

Euxénite.

Dans les derniers envois provenant du même gisement, j'ai trouvé des masses contro-radiées que je prends pour de l'euxénite

(fig. 20), d'apparence analogue à celles que j'avais observées pour la columbite, avec surface brun jaunâtre, cassure conchoïdale à inégale, de couleur brun rouge foncé à noir. Les éclats sont translucides sur les bords et transmettent une lumière brun rouge.

Certains échantillons mesurent jusqu'à 15 cm. de plus grande dimension et pèsent 1 à 2 kg. environ. La densité, prise sur un fragment du poids total de 43,5670 gr. est $D = 4,6501$.

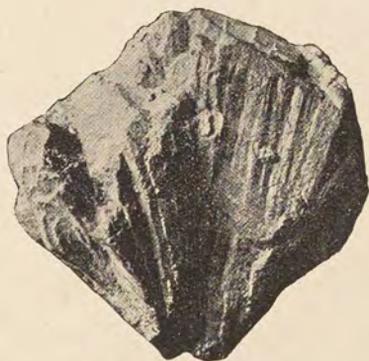


Fig. 20. — Euxénite; groupement centro-radié.

Divers fragments, sans forme géométrique, à intérieur noir brunâtre, avec croûte d'oxydes de fer, de densité = 4,5940 (poids de 25,9530 gr.) semblent devoir être rattachés à l'euxénite. J'ai également étudié un grand nombre de petits cristaux d'euxénite, et je donnerai ci-dessous les résultats de mes recherches; celles-ci sont forcément incomplètes, car je n'ai pas analysé entièrement le produit quantitativement.

Les cristaux sont recouverts d'une croûte brun jaune clair, mais la cassure conchoïdale laisse entrevoir la masse intérieure de cou-

leur brun foncé à noir de velours, à éclat vif, semi-métallique. Ils mesurent de 3 à 15 mm. de plus grande dimension.

Au point de vue des formes cristallines, on observe deux types principaux, avec du reste de nombreuses variétés intermédiaires.

Premier type. (fig. 21.). — Habitus prismatique, allongement assez marqué suivant l'arête $h^1 g^1 = (100) (010)$. La face $g^1 = (010)$ est plutôt large, $h^1 = (100)$ et $m = (110)$ d'égal développement.

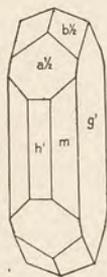


Fig. 21. — Euxénite ; habitus prismatique.

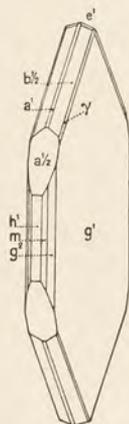


Fig. 22. — Euxénite ; habitus tabulaire.

Pour les formes terminales, le dôme $a^{1/2} = (201)$ est prépondérant sur la pyramide $b^{1/2} = (111)$. Certains échantillons, très allongés, ont une apparence quadratique par le développement à peu près égal de h^1 et g^1 , et la réduction de $m = (110)$.

Deuxième type (fig. 22). — La face $g^1 = (010)$ est très large, ce qui communique aux cristaux un habitus tabulaire ; $h^1 = (100)$ et $m = (110)$ sont réduits, puis dans la zone prismatique se trouvent encore de très petites faces de $g^2 = (130)$. La pyramide

$b^{1/2} = (111)$ prédomine sur le dôme $a^{1/2} = (201)$, puis viennent $\gamma = b^{1/2}b^{1/2}g^1 = (131)$ et de toutes petites facettes des dômes $a^1 = (101)$ et $e^1 = (011)$.

Les angles ont été mesurés au goniomètre à réflexion de Mallard, après avoir verni les faces ou après les avoir recouvertes de très minces lames de mica.

Vu l'erreur possible qui en résulte pour les mesures, je n'ai pas calculé les éléments de la forme primitive, mais j'ai admis les valeurs proposées par M. W. C. Brögger

$$a : b : c = 0,3789 : 1 : 0,3527$$

la concordance obtenue est alors très satisfaisante et le choix de cette forme primitive a l'avantage de souligner l'analogie de formes avec la columbite.

Angles (des normales).	Observé.	Calculé.
$b^{1/2} b^{1/2} = (111) (\bar{1}\bar{1}1)$	29°5'	28°57'
$b^{1/2} b^{1/2} = (111) (\bar{1}11)$	82°38'	82°34'
$b^{1/2} b^{1/2} = (111) (\bar{1}\bar{1}\bar{1})$	89°39'	89°45'
$\gamma\gamma = (131) (\bar{1}\bar{3}1)$	—	75°30'
$\gamma\gamma = (131) (\bar{1}31)$	—	65°11'
$\gamma\gamma = (131) (\bar{1}\bar{3}\bar{1})$	—	109°15'
$a^1 h^1 = (101) (100)$	—	47°3'
$a^{1/2} h^1 = (201) (100)$	28°20'	28°14'
$e^1 g^1 = (011) (010)$	70°53'	70°34'
$m m = (110) (\bar{1}\bar{1}0)$	41°38'	41°30'
$g^2 g^1 = (130) (010)$	41°36'	41°20'
$b^{1/2} \gamma = (111) (\bar{1}31)$	23°20'	23°17'
$b^{1/2} a^{1/2} = (111) (201)$	23°10'	23°34'
$b^{1/2} g^2 = (111) (130)$	51°39'	51°26'
$\gamma a^{1/2} = (131) (201)$	—	41°33'
$\gamma e^1 = (131) (011)$	—	41°28'
$\gamma m = (131) (110)$	43°31'	43°53'

Angles (des normales).	Observé.	Calculé.
$a^1 e^1 = (101) (011)$	—	$46^{\circ}21'$
$a^1 m = (101) (110)$	—	$50^{\circ}25'$
$a^1 g^2 = (101) (130)$	—	$63^{\circ}15'$
$a^{1/2} e^1 = (201) (011)$	—	$63^{\circ}30'$
$a^{1/2} m = (201) (110)$	$34^{\circ}46'$	$34^{\circ}32'$
$a^{1/2} g^2 = (201) (130)$	—	$54^{\circ}25'$
$e^1 m = (911) (110)$	$83^{\circ}22'$	$83^{\circ}14'$
$e^1 g^2 = (011) (130)$	—	$75^{\circ}32'$

La figure 23 donne la projection gnomonique de ces formes. J'ai observé sur ces petits cristaux isolés quelques *groupements lamel-*

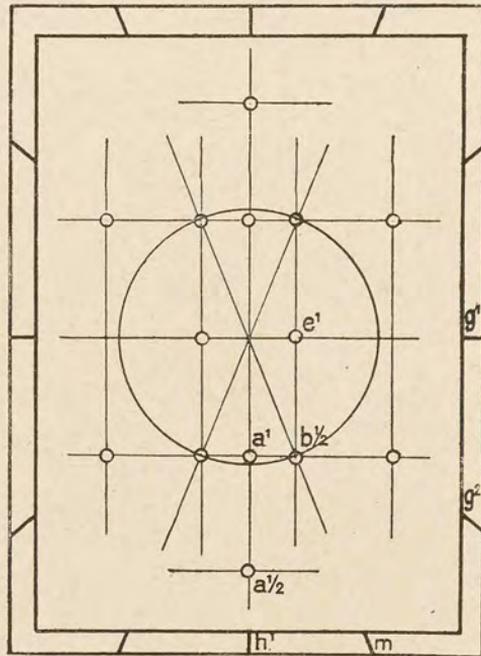


Fig. 23. — Euxénite; projection gnomonique.

lares, analogues à ceux décrits pour la columbite. Les arêtes $b^{1/2}b^{1/2} = (111)(\bar{1}11)$ sont, dans ce cas également, fréquemment arrondies et communiquent aux cristaux l'aspect en carène.

Les groupements observés sont de deux sortes:

1° type lamellaire, trouvé de préférence sur les cristaux tabulaires et sur la face $g^1 = (010)$. La forme en carène y est fréquente. Analogue au groupement correspondant de la columbite.

2° type centro-radié.

Groupement parallèle sur $g^1 = (010)$, avec amincissement vers le bas, d'individus prismatiques présentant les formes $g^1 = (010)$, $h^1 = (100)$, $m = (110)$, $a^{1/2} = (201)$, $b^{1/2} = (111)$ plus ou moins développées. Analogue au groupement correspondant de la columbite.

La densité, prise sur plusieurs petits cristaux, du poids total de 10,6802 gr. est $D = 4,7225$. Dureté 6 à 6,5. Poussière brun jaunâtre. Pratiquement inattaquable par les acides, sauf pour les cristaux en partie décomposés et en tous cas pour la couche jaune brune superficielle (voir plus loin pour l'ampangabéite).

En désagrégeant par fusion au bisulfate de potassium, la masse reprise par l'eau froide laisse un résidu de Nb_2O_5 . La solution claire précipite à l'ébullition du TiO_3 . On filtre, traite par NH_3 , sépare le précipité qui est dissous dans HCl ; la liqueur obtenue est versée dans une solution bouillante d'acide oxalique et l'on obtient ainsi les oxalates de terres rares. La solution, séparée des oxalates, est traitée par KOH , puis le précipité obtenu par $(NH_4)_2CO_3$, ce qui permet d'identifier un peu de fer et de l'urane en quantité assez notable.

Les oxalates sont calcinés, puis dissous dans HCl et la liqueur traitée par un grand excès de K_2SO_4 . Dans le précipité obtenu, j'ai décelé le thorium et le cérium et dans la liqueur les terres yttriques.

Cette analyse rapide, faite au point de vue qualitatif, m'a donc permis d'identifier ces cristaux avec l'euxénite (niobium, titane,

urane, thorium, terres cériques et yttriques, fer et traces de manganèse).

Un dosage rapide des éléments radioactifs m'a fourni 14, 20 % UO_2 et 1,70 % ThO_2 .

La radioactivité du minéral a été reconnue par le procédé photographique; les impressions obtenues étaient du même ordre d'intensité que celles fournies par l'ampangabéite (voir § 4).

Minéral noir brillant du groupe de l'euxénite.

Je rattache à l'euxénite un minéral qui se présente en masse d'apparence noire grisâtre, à cassure conchoïdale, d'intérieur noir brillant.

Les densités prises sur divers fragments sont les suivantes :

4,7106 (poids de 44,1942);

4,7115 (poids de 21,7170);

4,7540 (poids de 22,7796).

Les caractères chimiques sont les mêmes que pour l'euxénite et l'analyse qualitative y décèle une notable proportion de manganèse et 3 % de UO_2 . La radioactivité est assez marquée.

Ampangabéite.

Minéral extrêmement abondant, à croûte brun jaune clair à brun foncé; la masse intérieure d'apparence résineuse a une couleur variable, du brun rouge ou brun noir. La cassure est conchoïdale à inégale.

Les formes cristallines sont indéterminables, la surface étant fortement arrondie, mais on peut cependant distinguer une certaine allure générale et établir les types suivants: (voir figure 24)

1° type quadratique (à droite en haut), analogue à la columbite, présentant les pinacoïdes $p = (001)$, $h^1 = (100)$, $g^1 = (010)$ (comparer avec la figure 16);

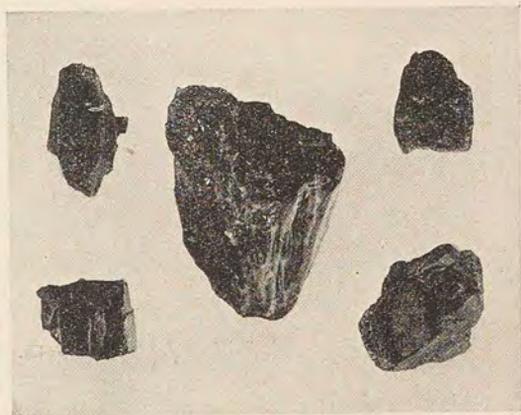


Fig. 24. — Ampangabéite.

2° type centroradié (au centre), analogue également au groupement correspondant de la columbite (comparer avec la figure 9).

Les angles mesurés approximativement au goniomètre d'application semblent avoir des valeurs oscillant autour de celles des angles correspondants de la columbite et de l'euxénite.

Le dispositif en carène y est extrêmement fréquent, ainsi que les formations lamellaires sur certaines faces et la quasi *identité d'aspect et de formes rapproche donc ce minéral de la columbite et de*

Leuxénite. La densité a été déterminée sur un grand nombre d'échantillons de couleurs diverses, j'ai obtenu les résultats suivants:

Couleur.	Poids.	Densité.
Brun jaune clair	15,4868	3,3484
Brun jaune	7,6903	3,4185
Brun	16,6100	3,7559
Brun foncé	36,7465	3,9236
Brun noir	84,2351	4,1201
Brun noir foncé	18,9214	4,6441

L'indice de réfraction, déterminé sur des coupes minces, à l'aide de liquides connus est de 1,55 environ, mais oscille dans d'assez larges limites.

Le spectre d'absorption est caractérisé, pour la variété la plus foncée, par une bande faible dans le jaune, vers 570 à 580 $\mu\mu$ puis une absorption très forte de la partie bleue et violette depuis 480 à 510 $\mu\mu$ environ.

En plaques minces, la coloration est très irrégulière et passe du jaune citron au jaune brun, brun foncé et brun rouge. Le pigment coloré est réparti parfois en noyaux, parfois en trainées.

La masse isotrope est craquelée et les cassures, quelquefois assez rectilignes, semblent souvent s'orienter suivant certaines directions privilégiées; peut-être s'agit-il de clivages. Les diverses variétés ne se distinguent en coupes minces que par l'intensité variable de l'absorption.

L'ampangabéite est plus ou moins attaquable aux acides, suivant les échantillons.

La composition chimique de la variété claire est la suivante :

Nb ₂ O ₅	}	50,60
Ta ₂ O ₅		
TiO ₂		2,10
U ₃ O ₈		12,50
ThO ₂		1,30
(Y, Er) ₂ O ₃		1,35
CeO ₂		5,75
(La, Di) ₂ O ₃		2,10
Fe ₂ O ₃		7,20
MnO		1,53
Al ₂ O ₃		1,20
CaO		1,83
SiO ₂		1,75
SnO ₂ + WoO ₃		0,30
Perte au feu		11,55
		<hr/>
		101,06

Pour la variété foncée, le dosage approximatif de quelques éléments seulement a donné :

Nb ₂ O ₅		44,36
Ta ₂ O ₅		1,76
ThO ₂		1,50
CeO ₂	}	5,10
(La, Di) ₂ O ₃		
TiO ₂		0,12
U ₃ O ₈		14,90
Fe ₂ O ₃		8,33
SiO ₂		1,44
Perte au feu		6,00

La composition chimique est donc, comme la densité, extrêmement variable, et la perte au feu, parfois très élevée, me confirme l'hypothèse que ce minéral soit un produit secondaire.

Il ne peut évidemment provenir de la columbite, dont la composition chimique est absolument différente.

Parmi les minéraux rentrant dans le même groupe, l'euxénite, par contre, est très analogue. Pour dégager cette analogie, je relèverai ci-dessous les analyses et densités de l'ampangabéite et de l'euxénite, suivant les résultats communiqués par MM. les Prof. A. Lacroix (Lx) et W.-C. Brögger (Br) ainsi que par Rammelsberg (R) et Hidden et Macintosh (H) (Minéralogie de la France et des Colonies, tome V, p. 5, et tome IV, p. 610; Die Mineralien der sudnorwegischen Granitpegmatitgänge, p. 82), suivant les analyses de M. M. Wunder et mes recherches personnelles¹.

- a) Euxénite, Alve (R).
- b) Euxénite, Alve (Br).
- c) Euxénite, Ambolotara (Lx).
- d) Euxénite, Greenville Co (H).
- e) Ampangabéite, Ampangabé (Lx).
- f) Ampangabéite claire, Ambatofotsikély.
- g) Ampangabéite brune, Ambatofotsikély.
- h) Ampangabéite brun noire, très foncée, Ambatofotsikély.

¹ Pour établir les comparaisons, l'urane a partout été calculé comme UO_2 et le cérium comme Ce_2O_3 .

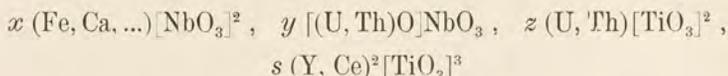
	a)	b)	c)	d)	e)	f)	g)	h)
Nb ₂ O ₅	35,09	27,64	33,70	19,37	34,80	50,60	—	44,36
Ta ₂ O ₅	—	1,27	—	—	8,90		—	1,76
TiO ₂	21,16	25,68	19,10	28,51	4,90	2,10	—	0,12
SnO ₂	—	0,18	—	—	0,80	0,30	—	—
ZrO ₂	—	traces	—	—	—	—	—	—
SiO ₂	—	0,17	—	1,01	—	1,75	—	1,44
UO ₂	4,78	5,83	16,40	19,47	18,31	12,03	—	14,34
ThO ₂	3,17	3,58	1,54	21,23	2,50	1,30	—	1,50
Ce ₂ O ₃		2,20	2,44		5,50	—	5,10	
(La, Di) ₂ O ₃		—	—		2,10	—		
(Y, Er) ₂ O ₃	30,88	27,73	18,38	—	4,00	1,35	—	—
Al ₂ O ₃	—	traces	1,30	—	2,10	1,20	—	—
Fe ₂ O ₃	—	—	—	0,18	8,60	7,20	—	8,33
FeO	1,38	1,13	1,10	2,47	—	—	—	—
MnO	—	0,16	—	—	—	1,53	—	abondant (non dosé)
MgO	—	0,06	—	—	—	—	—	—
CaO	—	1,08	2,27	0,68	1,50	1,83	—	—
PbO	—	0,63	—	0,46	—	—	—	—
Na ₂ O	—	0,18	—	—	—	—	—	—
K ₂ O	—	0,09	—	—	—	—	—	—
H ₂ O (Perte au feu)	2,63	2,55	4,00	4,46	12,40	11,55	—	6,00
Total. . .	99,09	100,16	100,23	97,84	99,41	100,34	—	—
Densités . .	—	4,67 à 5,10	4,895	—	3,97 à 4,23	3,3484	3,4185 3,7559 3,9236 4,1201	4,6441

L'ampangabéite a donc une parenté très grande avec l'euxénite. Pour l'ampangabéite, il y a d'une part réduction du % de TiO₂ au profit de Nb₂O₅; d'autre part, une forte régression des terres

yttriques et la présence d'une notable proportion de fer et de manganèse. $(\text{CeLaDi})_2\text{O}_3$ subit de très fortes variations et le % n'en est pas caractéristique pour l'ampangabéite, mais il est cependant plus fort que pour l'euxénite; ThO_2 et UO_2 restent dans des proportions relativement constantes et il n'y a pas de différence marquée entre les deux minéraux à ce sujet.

Pour une comparaison plus serrée, il serait aussi préférable de défalquer la perte au feu.

La formule générale du groupe de l'euxénite, donnée par M. Lacroix



convient donc également aux deux minéraux.

Il est ainsi rationnel de considérer l'ampangabéite comme le produit d'altération d'un minéral du groupe de l'euxénite, en quelque sorte comme une hydroeuxénite, analogue au produit superficiel de décomposition observé sur les cristaux d'euxénite.

Abstraction faite du point de vue chimique, les caractères cristallographiques militent aussi en faveur de cette hypothèse :

1. Identité de formes et de groupements avec la famille columbite, euxénite.

2. Nombreux groupements parallèles observés entre la columbite et l'ampangabéite, avec interpénétration très marquée. C'est ainsi que des cristaux quadrangulaires de columbite sont prolongés par des formes analogues d'ampangabéite ou leur sont accolés. De même, des individus lamellaires et en carène d'ampangabéite se trouvent orientés sur une face g' de columbite. Tout ceci peut s'expliquer par des groupements parallèles existant initialement entre la columbite et l'euxénite, dont les formes sont quasi identiques; puis l'euxénite s'est ensuite transformée par hydratation en ampagabéite.

La radioactivité de l'ampangabéite est assez forte, mais variable; elle a été étudiée par divers procédés, qui seront examinés plus loin (§ 4).

Strüvérite.

Semble assez abondante à Ambatofotsikely, se rencontre le plus souvent en masses noires, brillantes, présentant quelques rudiments de formes cristallines et pesant jusqu'à 1 à 2 kilos. Les cristaux bien formés sont pour le moment assez rares. La cassure est in-

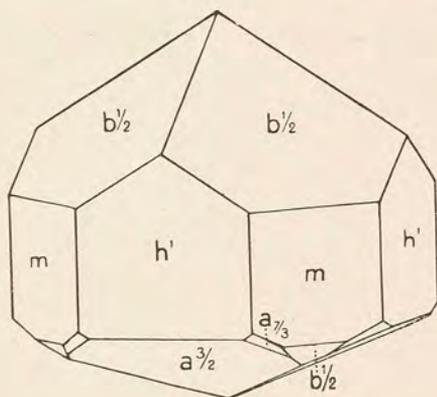


Fig. 25. — **Strüvérite**; type hémimorphe.

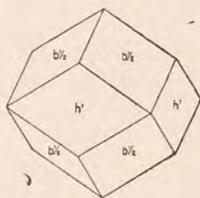


Fig. 26. — **Strüvérite**; habitus dodécaédrique.

égale, l'éclat adamantin et on observe fréquemment sur les cassures des reflets bleu acier.

A part quelques formes nouvelles, j'ai constaté les mêmes types cristallins que ceux décrits par M. A. Lacroix pour le gisement d'Ampangabé.

Premier type. Cristaux faiblement allongés suivant l'axe prismatique, présentant les formes: $h^1 = (100)$ souvent très large, $m = (110)$ réduit par rapport à h^1 , $b^{1/2} = (111)$ largement déve-

loppé à une extrémité de l'axe quaternaire, tandis que l'autre côté on trouve $a^{3/2} = (203)$ prépondérant et accompagné de petites faces de $b^{1/2}$ et d'une pyramide octogonale incomplètement développée $a_{7/8} = (523)$. Les cristaux ont ainsi une apparence hémimorphe. La figure 25 représente la forme idéalisée.

Deuxième type. Allongement marqué suivant l'arête $b^{1/2} b^{1/2}$, donnant une apparence hexagonale suivant une section transversale à l'allongement; $b^{1/2} = (111)$ est alors largement développé. $h^1 = (100)$ de moins grande dimension, $m = (110)$ tout à fait restreint. Ce type a été décrit par le prof. A. Lacroix.

Troisième type. Apparence dodécaédrique réalisée par un égal développement de $b^{1/2} = (111)$ et de $h^1 = (100)$ (fig. 26).

Parmi les échantillons que j'ai examinés, je n'ai trouvé que quelques groupements parallèles sur $h^1 = (100)$.

Les angles ont été mesurés au goniomètre d'application; les valeurs calculées sont obtenues à l'aide du rapport du rutile:

$$a : c = 1 : 0,644154$$

Angles (des normales).	Observé.	Calculé.
$b^{1/2} b^{1/2} = (111) (\bar{1}\bar{1}1)$	57°	$56^\circ 52'$
$b^{1/2} h^1 = (111) (100)$	62°	$61^\circ 30'$
$h^1 h^1 = (100) (010)$	90°	90°
$h^1 m = (100) (110)$	45°	45°
$b^{1/2} m = (111) (110)$	47°	$47^\circ 40'$
$b^{1/2} m = (111) (\bar{1}\bar{1}0)$	—	90°
$a^{3/2} h^1 = (203) (100)$	$64^\circ 30'$	$64^\circ 34'$
$a^{3/2} m = (203) (110)$	$72^\circ 30'$	$72^\circ 19'$
$a^{3/2} b^{1/2} = (203) (111)$	—	$18^\circ 32'$
$a^{3/2} b^{1/2} = (203) (\bar{1}\bar{1}1)$	58°	$57^\circ 40'$
$a_{7/8} a_{7/8} = (523) (\bar{5}\bar{2}\bar{3})$	—	$32^\circ 38'$
$a_{7/8} a_{7/8} = (523) (253)$	—	$34^\circ 40'$
$a_{7/8} p = (523) (001)$	—	$49^\circ 9'$

Angles (des normales).	Observé.	Calculé.
$a_{7/8} h^1 = (523) (100)$	45°	45°24'
$a_{7/8} h^1 = (523) (010)$	74°	73°41'
$a_{7/8} a^{2/3} = (523) (203)$	—	28°35'
$a_{7/8} a^{3/2} = (523) (023)$	43°30'	44°36'
$a_{7/8} b^{1/2} = (523) (111)$	—	17°52'
$a_{7/8} b^{1/2} = (523) (1\bar{1}1)$	47°	46°49'
$a_{7/8} b^{1/2} = (523) (\bar{1}11)$	—	73°34'
$a_{7/8} m = (523) (110)$	—	45°57'
$a_{7/8} m = (523) (1\bar{1}0)$	—	72°40'

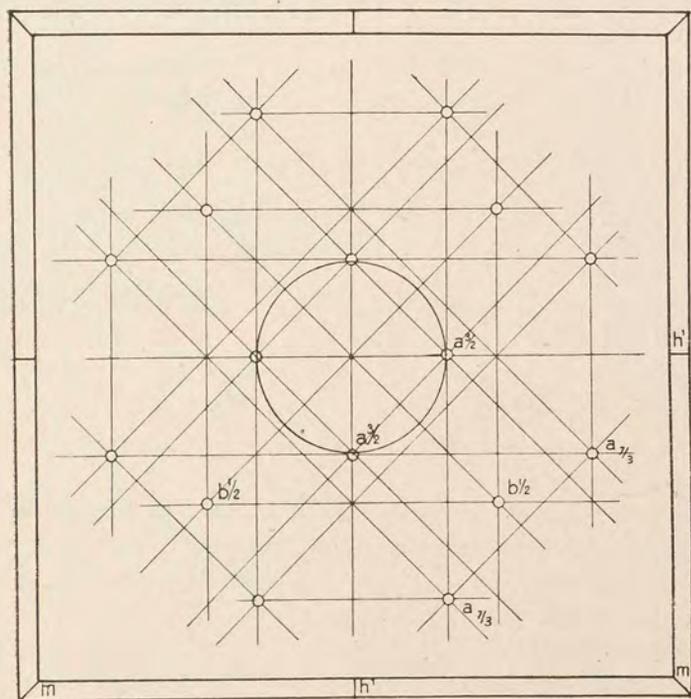


Fig. 27. — Strüverite; projection gnomonique.

La figure 27 donne la projection gnomonique de la strüvérite. On y constatera la tendance à la symétrie cubique, qui est déjà évidente si l'on remarque que les formes $b^{1/2}$ et h^1 constituant le type dodécaédrique ont des faces formant des angles voisins de 60° .

La densité, prise sur un fragment du poids de 20,7670 gr., est $D = 5,0362$; dureté 6,5; infusible. Insoluble dans les acides. Pous-sière noire brunâtre à verdâtre. Le produit de la désagrégation par KHSO_4 , repris par l'eau, laisse un résidu formé principalement de Ta_2O_5 , avec un peu de Nb_2O_5 , ainsi qu'on peut le constater par la teinture de noix de galle, qui donne une forte coloration brun rouge dans la solution sulfurique de ce résidu. La solution, filtrée à froid, est ensuite portée à l'ébullition et il se forme un abondant précipité de TiO_3 . Après séparation de ce dernier, on précipite par NH_3 reprend par HCl et traite par l'acide oxalique qui ne donne lieu à aucune réaction, il n'y a donc pas de terres rares, tandis qu'il est possible ensuite d'identifier par les procédés ordinaires le fer abondant, un peu d'alumine et des traces d'urane.

La variété étudiée est donc intermédiaire entre la strüvérite et la nigrine.

La radioactivité est très faible, elle a été décelée par le procédé photographique.

Ilménite.

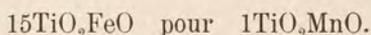
Je citerai encore, pour mémoire, l'ilménite déjà décrit dans le Bulletin de la Société française de minéralogie.

Il ne se trouve pas en cristaux, mais en masses noires brunâtres, opaques, à cassure conchoïdale. Poudre noire bleuâtre. Eclat à peine métallique. La dureté est de 5 à 6. La densité, prise sur un fragment du poids de 12,4897 gr. est $D = 4,7106$. Infusible; attaqué par HCl concentré, lorsqu'il est réduit en poudre fine.

L'analyse (Wunder) en est la suivante :

TiO ₂	51,32
SiO ₂	0,16
FeO	42,38
MnO	3,37
Fe ₂ O ₃	2,10
U ₃ O ₈	0,20
	<hr/>
	100,53

En négligeant la silice et l'urane et calculant tout le fer à l'état ferreux on obtient, en exprimant l'analyse en molécules, la saturation exacte de TiO₂ par FeO et MnO dans le rapport :



La présence de l'urane a été vérifiée par le procédé photographique. L'impression obtenue était très faible, mais cependant visible. Par sa composition chimique, l'ilménite se rattache au groupe des Ilménorutiles, dont elle forme le type extrême.

§ 4. — DÉTERMINATION DE LA RADIOACTIVITÉ

La radioactivité a été étudiée pour la *monazite*, la *columbite*, l'*ampangabéite claire*, l'*ampangabéite foncée*, l'*euxénite*, l'*ilménite*, et les résultats obtenus par diverses méthodes ont été comparés à ceux donnés, dans les mêmes conditions, par la *pechblende* de Joachimsthal (minéral brut), la *carnotite* du Colorado (minéral brut avec la silice) et l'*oxyde d'urane* UO₂ pur. Pour permettre les comparaisons, j'ai déterminé pour ces deux minéraux, sur des

prises faites sur les poudres homogènes utilisées pour les mesures de radioactivité, la quantité d'urane et de thorium :

	<i>Pechblende</i>	<i>Carnotite</i>
U ₃ O ₈	42,15	2,40
ThO ₂	traces	—

Procédé photographique (qualitatif). — Les divers minéraux ont été placés sur la couche sensible de plaques Lumière, au gélatino-bromure d'argent (étiquette violette), la gélatine étant protégée par une très mince feuille de papier noir. Les échantillons sont restés une centaine d'heures sur les plaques, puis celles-ci développées. Ceci m'a permis de suite de déceler qualitativement la radioactivité et de trier les minéraux intéressants à étudier à ce sujet.

Les images obtenues sont toujours très irrégulières, il existe par places, dans la couche superficielle, de fortes accumulations d'activité, dues probablement aux produits de décomposition, notamment aux oxydes d'urane.

Procédé photométrique (quantitatif). — J'ai tout d'abord, pour me rendre compte de la sensibilité de la méthode, effectué une opération préliminaire de la façon suivante :

Dans une boîte de 13 × 18 cm., garnie intérieurement de feuilles de plomb, j'ai placé une planchette percée de douze cavités cylindriques identiques, garnies également de feuilles de plomb latéralement et contenant chacune un godet de verre de 4 mm. de hauteur, à fond plat. Tous ces godets sont identiques et leurs fonds se trouvent rigoureusement à la même distance de la face supérieure de la planchette. Les minéraux à examiner ont été alors pulvérisés très finement et passés au travers d'un même tamis de soie ; sur un poids total de 20 gr. environ de poudre de chaque minéral a alors été fait un prélèvement de 2 gr. Chacune de ces prises a été

ensuite uniformément répartie dans chaque godet. Les conditions étant alors identiques, j'ai posé sur la planchette une plaque sensible, la gélatine étant tournée du côté des godets. Après cinquante heures d'exposition à l'abri de la lumière et de l'humidité, dans une atmosphère absolument sèche, le développement a fourni une série d'images qui sont représentées par la figure 28. Les faisceaux cylindriques ont en effet frappé la plaque en y produisant

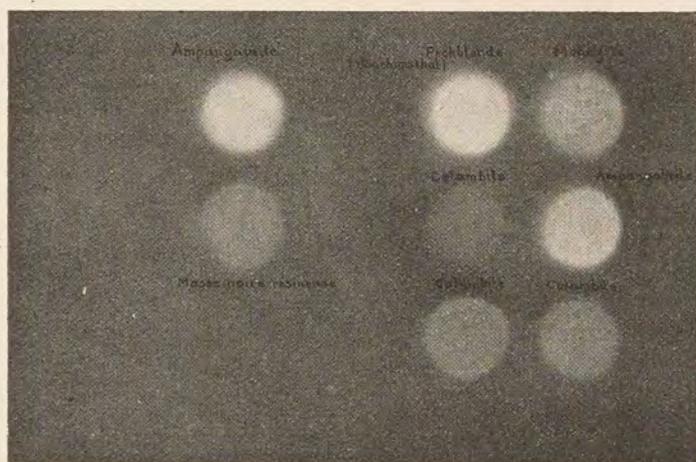


Fig. 28. — Impressions photographiques, pour une même durée d'exposition.

des taches circulaires dont l'intensité varie dans le même sens que la puissance active.

Ce premier essai préliminaire a porté sur la pechblende, la monazite, divers échantillons de columbite et d'ampangabéite, et un minéral du groupe de l'euxénite, qui se rencontre en masses noires résineuses. On peut observer très nettement les variations d'intensité. Quant à la mesure photométrique de ces intensités,

elle est faite à l'aide du photomètre de Lummer par le procédé indiqué dans la suite, sur les impressions découpées au diamant dans l'épreuve obtenue.

Sur la gauche de la boîte du photomètre contenant les prismes, se trouve une source lumineuse très intense, dont je désignerai l'intensité par I et, du même côté, contre le verre dépoli de la boîte est appliquée l'impression photographique à mesurer, après en avoir isolé, à l'aide d'une cache de carton noir percée d'une petite ouverture circulaire, une surface déterminée et constante. A droite se trouve une source lumineuse faible, d'intensité i .

Je procède alors comme habituellement, en cherchant la division de l'échelle qui correspond à l'égalisation des teintes dans les deux parties du champ. Les deux sources lumineuses étant donc fixes, I à 130 cm. à gauche et i à 40 cm. à droite, au delà du zéro, on aura pour les deux distances, si n est la division donnée par l'index sur le banc d'optique :

$$\begin{aligned}d' &= 130 - n \text{ pour la source } I \\d'' &= n + 40 \text{ pour la source } i\end{aligned}$$

La fraction transmise I_n , de l'intensité I peut, en posant $i = 1$ être exprimée par la formule

$$I_n = \frac{d_n'^2}{d_n''^2}.$$

Une même opération étant faite avec une portion de la plaque non impressionnée, pour déterminer l'absorption due au verre et à la gélatine, on aura :

$$I_0 = \frac{d_0'^2}{d_0''^2}.$$

Les absorptions α , inversement proportionnelles aux intensités, sont donc données par les formules :

$$\alpha_n = \frac{d_n''^2}{d_n'^2}, \quad \alpha_0 = \frac{d_0''^2}{d_0'^2}.$$

L'absorption due à l'action du rayonnement actif sur le sel d'argent peut donc être exprimée par

$$A_n = \alpha_n - \alpha_0.$$

Plus loin, les valeurs données ne seront pas autre chose que 100A et sont calculées comme il est indiqué ici.

Le premier essai ayant montré que cette méthode était très sensible, j'ai abordé alors l'étude rigoureuse des minéraux mentionnés en tête de ce paragraphe, en prenant toutes les précautions qui viennent d'être indiquées. J'ai dû simultanément rechercher la loi qui lie les intensités des images aux durées d'exposition. Il ne s'agit en effet pas d'une simple proportionnalité et la vitesse de la réaction de réduction du sel d'argent, très grande au début, doit diminuer peu à peu et tendre vers zéro pour un temps infini, l'image atteignant alors son intensité maximum.

Le minéral qui m'a servi pour la déduction de cette loi est la pechblende de Joachimsthal, mentionnée précédemment.

Dans une planchette de 18×24 cm. ont été percées 30 cavités cylindriques, recevant chacune un godet; les détails de l'agencement et des prises d'échantillons sont les mêmes que dans l'expérience précédente.

Les poudres exposées sont celles analysées d'autre part. Pour avoir la même sensibilité et pouvoir exposer des temps différents, une même plaque de 18×24 cm. d'épaisseur homogène a été découpée en morceaux de 3×3 cm. et tous ceux-ci placés simul-

tanément sur les godets. Ils en ont été retirés successivement et mis de côté, pour être ensuite développés tous ensemble, donc dans les mêmes conditions, en même temps qu'un morceau non exposé.

Les durées d'exposition, en heures, sont les suivantes :

Pechblende: 3, 5, 10, 13, 17, 22, 29, 37, 41, 46, 52, 61, 67, 75, 80, 90, 110.

Carnotite : 100.

Monazite : 100.

Columbite : 150.

Ampangabéite claire : 100.

Ampangabéite foncée : 100.

Euxénite : 100.

Ilménite : 150.

Oxyde d'urane UO_2 pur : 100.

Je donnerai pour les minéraux ci-dessus et pour les durées indiquées la moyenne de n , observée au photomètre, puis les valeurs de d' , d'' , \mathcal{A}_n et $100A_n$ qui en sont déduites.

Minéral.	Nombre d'heures.	n	d'	d''	α_n	$100A_n$
Essai à blanc	—	41,2	88,8	81,2	0,836	0
Pechblende	3	46,4	83,6	86,4	1,068	23,2 —
»	5	48,6	81,4	88,6	1,185	34,9 —
»	10	50,8	79,2	90,8	1,314	47,8 —
»	13	52,0	78,0	92,0	1,388	55,2 —
»	17	53,3	76,7	93,3	1,480	64,4 —
»	22	54,4	75,6	94,4	1,559	72,3 —
»	29	56,0	74,0	96,0	1,683	84,7 —
»	37	57,2	72,8	97,2	1,783	94,7 —
»	41	57,9	72,1	97,9	1,844	100,8 —
»	46	58,6	71,4	98,6	1,907	107,1 —
»	52	59,2	70,8	99,2	1,963	112,7 —
»	61	59,9	70,1	99,9	2,032	119,6 —
»	67	60,3	69,7	100,3	2,071	123,5 —
»	75	60,7	69,3	100,7	2,112	127,6 —
»	80	60,9	69,1	100,9	2,132	129,6 —
»	90	61,3	68,7	101,3	2,174	133,8 —
»	110	61,9	68,1	101,9	2,239	140,3 —
Ilménite	150	43,8	86,2	83,8	0,945	10,9 —
Carnotite	100	48,8	81,2	88,8	1,196	36,0 —
Columbite	150	49,5	80,5	89,5	1,236	40,0 —
Monazite	100	52,7	77,3	92,7	1,438	60,2 —
Euxénite	100	58,5	71,5	98,5	1,898	106,2 —
Ampangabéite claire	100	59,0	71,0	99,0	1,944	110,8 —
UO ₂ pur	100	59,2	70,8	99,2	1,963	112,7 —
Ampangabéite foncée	100	59,8	70,2	99,8	2,021	118,5 —

J'ai déduit par voie graphique la loi du phénomène, en reportant suivant l'axe des abscisses le temps exprimé en heures et suivant

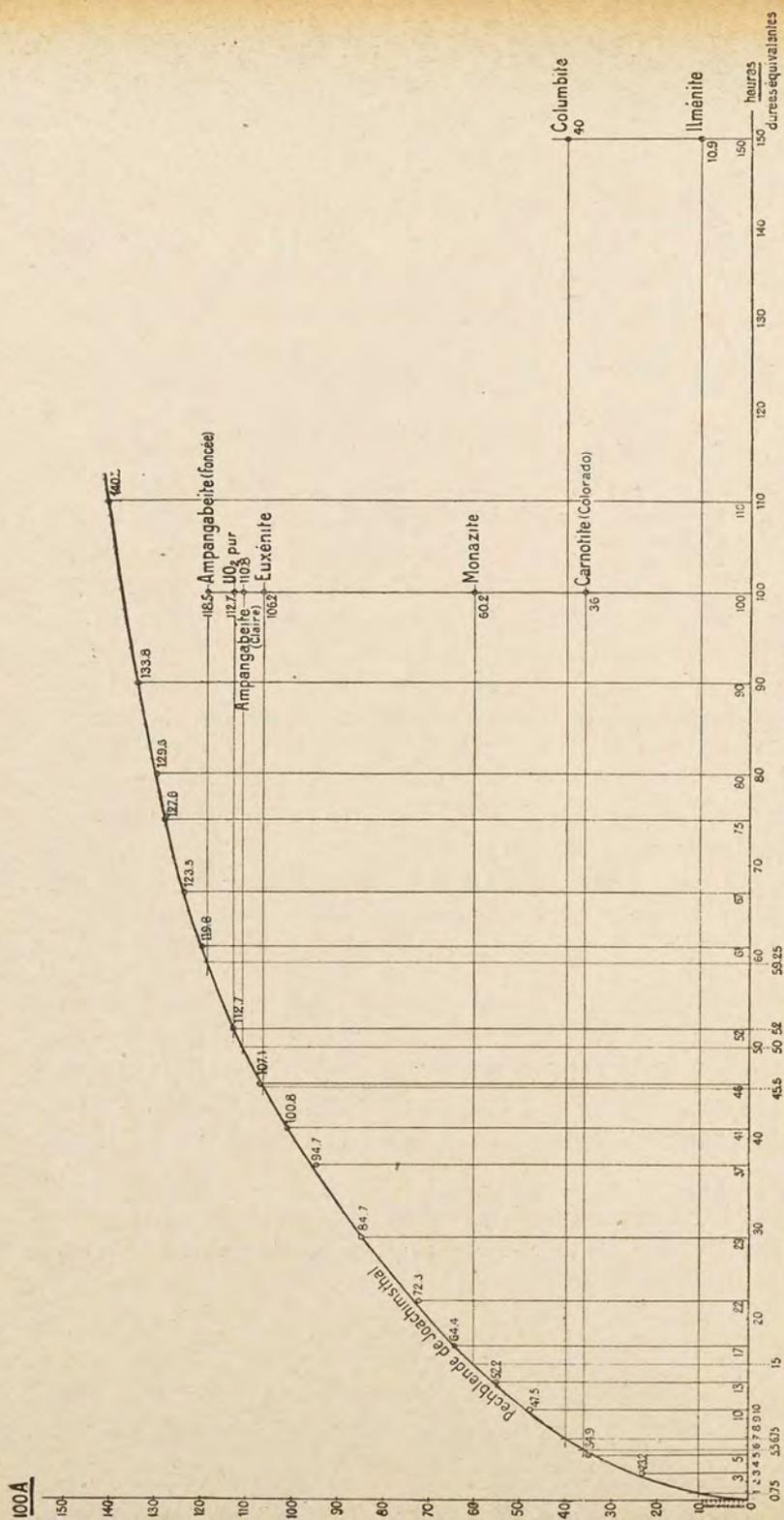


Fig. 29. — Relation entre l'intensité des images et la durée d'exposition.

celui des ordonnées les valeurs correspondantes $100A_n$ (Pechblende)¹ (fig. 29).

En utilisant la méthode des coefficients indéterminés et en se basant sur les essais de 13 h., 29 h. et 52 h., qui donnent les meilleurs résultats, au point de vue de l'allure de la courbe, on peut représenter cette dernière par l'équation :

$$100A = 5,80717t - 0,13677t^2 + 0,00128t^3.$$

Pour comparer entre eux les divers minéraux, je reporte sur le même graphique les résultats obtenus et, en menant des parallèles à l'axe des abscisses, je trouve ainsi quel serait la durée d'exposition t' qui, pour la pechblende, produirait une image de même intensité que celle obtenue avec le temps t pour le minéral étudié. Je puis, d'autre part, me baser sur les deux relations suivantes :

1. la puissance active du rayonnement, que je désigne par π , est proportionnelle à la quantité des éléments radioactifs ;

2. les vitesses de désactivation étant très faibles et l'émanation ne pouvant s'accumuler, le rayonnement peut être considéré comme restant identique à lui-même, pendant la durée des expériences tout au moins.

Si donc t et t' sont les temps nécessaires pour obtenir la même impression (t , minéral ; t' pechblende) on aura pour les puissances actives :

$$\frac{\pi}{\pi'} = \frac{t'}{t}.$$

On peut prendre arbitrairement $\pi' = 100$, ce qui permet de calculer π .

$$\pi = 100 \frac{t'}{t}.$$

¹ L'ordonnée origine est alors 0, tandis qu'en reportant \mathcal{A}_n on aurait à l'origine la valeur \mathcal{A}_0 .

Pour les divers minéraux examinés on a ainsi :

	t	t' équivalent.	π
Carnotite	100	5,50	5,50
Monazite	100	15,00	15,00
Columbite	150	6,75	4,50
Ampangabéite claire	100	50,00	50,00
Ampangabéite foncée	100	59,25	59,25
Euxénite	100	45,50	45,50
Ilménite	150	0,75	0,50
Oxyde d'urane UO_2	100	52,00	52,00

A la suite des résultats de la méthode électrométrique, je tirerai les conclusions définitives, en indiquant en regard des valeurs de π trouvées les pourcentages en uranium et en thorium métalliques.

Procédé par l'électroscope. — L'appareil employé est un électroscope de Curie, à feuille d'aluminium. La substance est placée dans une cellule de plomb et étalée sur le fond de celle-ci, occupant donc une surface constante et sous une épaisseur très faible, qui est pratiquement la même pour les poudres des divers minéraux. Les poudres utilisées sont celles examinées par le procédé photographique. Pendant les opérations, la cage de l'électroscope est maintenue au potentiel zéro par une communication avec le sol, la feuille étant chargée alternativement en électricité de signe + et de signe —. On note le temps de décharge nécessaire pour faire passer la feuille d'aluminium d'une certaine division de l'échelle de la lunette à une autre division, déterminée également, donc pour une même différence de potentiel. Pour chaque minéral il est d'abord fait un essai avec la cellule vide, puis avec la poudre et, en dernier lieu, à vide encore. Il est évident que la cellule et la cage doivent être soigneusement nettoyées après chaque manipulation.

La puissance radioactive est, à poids égal et à surface égale, directement proportionnelle à la vitesse de décharge, soit inversement proportionnelle au temps, on a donc :

$$\frac{\pi'}{\pi} = \frac{\frac{1}{t} - \frac{1}{t_0}}{\frac{1}{t'} - \frac{1}{t_0}} \times \frac{p'}{p}$$

π = activité spécifique

t = durée de décharge (en minutes)

p = poids de la substance

t_0 = durée de décharge à vide.

En posant, pour la pechblende :

$$\pi' = 100 \text{ et } t' = T$$

puis ensuite

$$p' = p$$

la formule devient :

$$\pi = \frac{\frac{1}{t} - \frac{1}{t_0}}{\frac{1}{T} - \frac{1}{t_0}} \times 100$$

Pour les mesures à vide, t_0 a varié, pendant toute la série des expériences et pour l'intervalle considéré de l'échelle, de 11,69 (+) à 12,37 (—); on peut donc adopter $t_0 = 12$ minutes.

Pour les minéraux examinés on a obtenu, comme moyenne d'un grand nombre de déterminations concordantes :

Minéraux	Pech- blende	Carno- tite	Monazite	Colum- bite	Ampangabéite claire	Ampangabéite foncée	Euxé- nite	Ilménite	UO ₂
<i>t</i> (+)	0,73	6,48	3,58	7,06	1,37	1,17	1,47	11,16	1,31
<i>t</i> (—)	0,71	6,41	3,58	7,03	1,35	1,17	1,49	11,11	1,31
<i>t</i> moyenne	0,72=T	6,45	3,58	7,04	1,36	1,17	1,48	11,13	1,31
π	100	5,49	15,08	4,50	49,94	59,08	45,37	0,50	52,09

Conclusions générales. — Le tableau suivant donne l'ensemble des résultats obtenus par les deux méthodes :

Minéral	% U	% Th.	π (photo- métrique)	π (électro- scope)	π (moyenne)
Pechblende Joachimsthal	35,77	—	100,00	100,00	100,00
Carnotite Colorado	2,04	—	5,50	5,49	5,49
Monazite	—	9,87	15,00	15,08	15,04
Columbite	1,71	—	4,50	4,50	4,50
Ampangabéite claire	10,61	1,14	50,00	49,94	49,97
Ampangabéite foncée	12,65	1,32	59,25	59,08	59,16
Euxénite	12,53	1,49	45,50	45,37	45,44
Ilménite	0,17	—	0,50	0,50	0,50
UO ₂	88,21	—	52,00	52,09	52,04

On peut tout d'abord remarquer l'absolue concordance des deux méthodes employées. En comparant en premier la pechblende et la carnotite avec l'oxyde UO₂ pur, on peut calculer pour ces deux minéraux le rapport suivant :

$$\frac{\text{Activité par gramme d'uranium dans le minéral}}{\text{Activité par gramme d'uranium dans UO}_2}$$

Ce rapport, que M^{me} Curie a trouvé très constant, à peine variable de 4,6 à 4,7 est ici :

4,739 pour la pechblende et de 4,562 pour la carnotite.

En considérant l'oxyde UO_2 et la monazite, on peut ensuite comparer les activités du thorium et de l'uranium.

$$\begin{aligned} \text{UO}_2 & - 88,21 \text{ U} - \pi = 52,04 \\ \text{Monazite} & - 9,87 \text{ Th} - \pi = 15,04 \end{aligned}$$

L'activité d'un sel contenant 9,87 % U devrait être de 5,82. Pour la monazite, on trouve donc pour le rapport :

$$\frac{\text{Activité par gramme de Th dans le minéral}}{\text{Activité par gramme de U dans un sel pur}}$$

le chiffre 2,58.

On a donc pour le rapport des activités du Th et de U dans les minéraux le chiffre $\frac{2,58}{4,739} = 0,544$; 1 % de Th est donc équivalent, au point de vue de la radioactivité, à 0,544 % U.

En se basant sur ce chiffre et en comparant les activités des divers minéraux à celle de la pechblende, on trouve que les valeurs de π devraient être les suivantes :

Columbite	Ampangabéite claire	Ampangabéite foncée	Euxénite	Ilménite
4,78	31,39	37,38	37,29	0,47

au lieu de

4,50	49,97	59,16	45,44	0,50
------	-------	-------	-------	------

Donc, pour arriver aux chiffres obtenus par l'expérience, on doit multiplier π théorique par :

0,94	1,59	1,58	1,21	1,006
------	------	------	------	-------

Le nombre 4,739 trouvé pour la pechblende doit donc être pour ces minéraux :

4,45	7,53	7,49	5,73	4,77
------	------	------	------	------

On peut donc remarquer que, tout particulièrement pour l'ampangabéite, puis ensuite pour l'euxénite, la proportion de radium par rapport à l'urane est beaucoup plus forte que pour les minerais européens et spécialement pour la pechblende de Joachimsthal.

Il est curieux, d'autre part, de remarquer que la décomposition et l'hydratation de l'euxénite, pour former l'ampangabéite, est accompagnée d'un enrichissement en radium, probablement par l'absorption et la condensation dans la masse secondaire des solutions radifères.

§ 5. — AUTRES MINÉRAUX
DE LA PEGMATITE D'AMBATOFOTSIKELY :
OLIGISTE, SPESSARTINE, GAHNITE

Oligiste.

Ce minéral se trouve en inclusions dans les grandes lamelles de muscovite. Les cristaux sont d'un noir brunâtre, ils mesurent parfois jusqu'à 20 mm. environ, ils sont toujours très friables et en mauvais état de conservation (fig. 30). Les angles ont été mesurés, suivant les cas, soit au goniomètre d'application, soit au goniomètre à réflexion, mais la mauvaise qualité des faces n'a souvent permis que des mesures très approximatives, même dans certains cas à quelques degrés près seulement. Pour me faciliter d'une part les comparaisons et, d'autre part; pour me donner les valeurs approchées d'un grand nombre d'angles entre les faces des principales formes de l'oligiste, j'ai relevé sur un canevas stéréographique de Fedoroff les formes les plus fréquentes. Une telle projection m'a alors permis, à l'aide du compas à trois pointes, de mesurer les angles voulus.

J'ai observé cinq types principaux :

N° I. *Type rhomboédrique* (fig. 31), la base fait défaut, le rhomboèdre $(01\bar{1}5) = a^1/2$ est prédominant et très régulièrement déve-

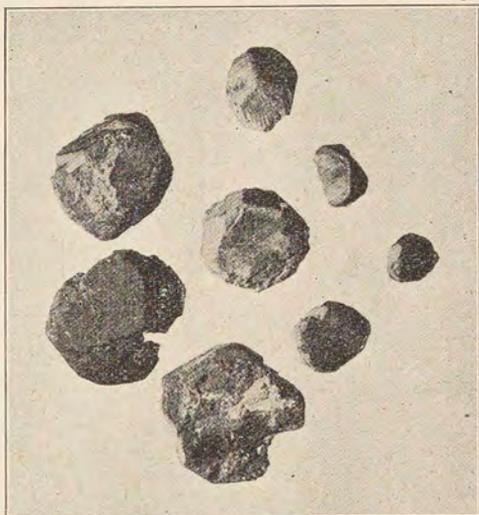


Fig. 30. — Oligiste inclus dans la muscovite.

loppé, il est fréquemment strié comme l'indique la figure 31, le scalénoèdre $(42\bar{6}5) = e_3$ et le prisme $(10\bar{1}0) = e^2$ ne sont représentés que par de très petites faces.

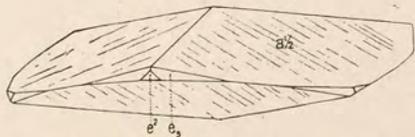


Fig. 31. — Oligiste ; type rhomboédrique.

N° II. *Type prismatique basal* (fig. 32); l'habitus des cristaux indique nettement la prédominance de la base $a^1 = (0001)$, mais sur la plupart des cristaux de ce type, elle se trouve complètement

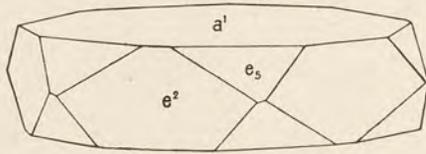


Fig. 32. — Oligiste; type prismatique basal.

ou presque complètement détruite. Le prisme $(10\bar{1}0) = e^2$ est assez bien développé, puis vient le scalénoèdre $(4\bar{2}65) = e_3$.

N° III. *Type rhomboédrique basal, avec scalénoèdres* (fig. 33). La base $(0001) = a^1$ est largement développée et accompagnée des

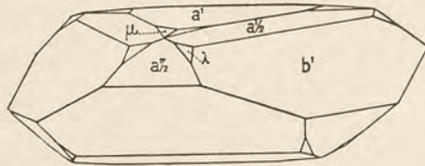


Fig. 33. — Oligiste; type rhomboédrique basal, avec scalénoèdres.

trois rhomboèdres $(01\bar{1}2) = b^1$, $(01\bar{1}5) = a^1/2$ et $a^1/2 = (30\bar{3}5)$ puis des deux scalénoèdres $b^1/12 b^1/9 b^1/3 = \lambda = (12\bar{3}8)$ et $b^1/27 b^1/30 b^1/39 = \mu = (31\bar{4}32)$.

N° IV. *Type basal rhomboédrique* (fig. 34); cristaux aplatis, avec $(0001) = a^1$ prépondérant, accompagné des rhomboèdres $(01\bar{1}2) = b^1$ et $(03\bar{3}2) = e^5/4$.

N° V. *Type tabulaire* (fig. 35); la base $(0001) = a^1$ est très déve-

loppée, elle est accompagnée des deux rhomboèdres $a^1/2 = (01\bar{1}5)$, $a^1/2 = (30\bar{3}5)$, de la pyramide $d^1/7, d^1 b^1/5 = z = (22\bar{4}1)$ et du scalénoèdre $d^2 = (21\bar{3}1)$.

Les cristaux du type tabulaire montrent une tendance à se grouper parallèlement sur $a^1 = (0001)$; les cristaux sont alors fré-

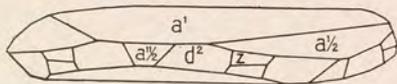
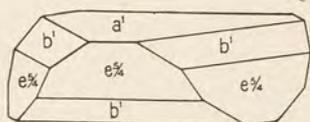


Fig. 34. — Oligiste; type basal rhomboédrique.

Fig. 35. — Oligiste; type tabulaire.

quemment lamellaires, ce qui, sur les faces prismatiques se traduit par des stries très profondes et serrées.

Je donnerai ci-dessous les angles des normales pour les diverses faces. Dans la colonne des valeurs observées, j'indiquerai les limites d'oscillation des mesures pour tous les cristaux étudiés et dans les nombreuses séries de mesures effectuées, ces mesures ont été faites tantôt au goniomètre d'application, tantôt au goniomètre à réflexion en collant au besoin sur les faces de minces lamelles de mica. Dans la colonne des valeurs calculées, les chiffres affectés d'un astérisque ont été relevés sur la projection à l'aide du compas à trois pointes, les autres ont été calculés à partir des éléments de la forme primitive.

$$a : c = 1 : 1,3656$$

	Observé.	Calculé.
$a^1/2 a^1/2 = (01\bar{1}5)(1\bar{1}05)$	32°43' à 34°6'	30°12'
$a^1/2 e^2 = (01\bar{1}5)(01\bar{1}0)$	70°7' à 70°10'	72°30'
$a^1/2 a^1 = (01\bar{1}5)(0001)$	16°38'	17°30'
$a^1/2 e_3 = (01\bar{1}5)(42\bar{6}5)$	47°30' à 48°30'	48° *

	Observé.	Calculé.
$a^1 \lambda = (01\bar{1}5) (\bar{3}2\bar{1}8)$	33°14'	35° *
$a^1 a^{11/2} = (0001) (30\bar{3}5)$	43°58'	43°25'
$a^1 \mu = (0001) (3.1.\bar{4}.32)$	11°5'	10° *
$a^1 e^5/4 = (0001) (03\bar{3}2)$	67°23'	67°5'
$e_5 e_5 = (42\bar{6}5) (6\bar{2}45)$	31° à 33°	32°37'
$a^1 \lambda = (0001) (12\bar{3}8)$	28°57' à 29°43'	28° *
$e_5 e^2 = (42\bar{6}5) (10\bar{1}0)$	33° à 35°	36° *
$e_5 e^2 = (42\bar{6}5) (01\bar{1}0)$	47° à 48°30'	50° *
$e^2 e^2 = (10\bar{1}0) (0110)$	60°	60°
$\mu b^1 = (3.1.\bar{4}.32) (01\bar{1}2)$	33°14'	32° *
$\mu a^{11/2} = (3.1.\bar{4}.32) (30\bar{3}5)$	36°20'	35° *
$zz = (22\bar{4}1) (4\bar{2}2\bar{1})$	61°30'	62° *
$a^1 d^2 = (0001) (21\bar{3}1)$	75°12' à 76°43'	77° *
$a^1 a^{1/2} = (0001) (01\bar{1}5)$	17°8'	17°30'

Les cristaux d'oligiste sont criblés d'une quantité extraordinaire de spessartine, qui s'y trouve en inclusions pouvant atteindre en poids le 89 % du poids total. Cette spessartine est de couleur jaune brun, transparente et hyaline, elle forme en quelque sorte le squelette des cristaux d'oligiste. Ce dernier minéral est du reste très probablement un produit d'altération du grenat qu'il englobe et aux dépens duquel il s'est accru peu à peu, en cristallisant grâce à la puissance des minéralisateurs. La décomposition ne s'est pas arrêtée là et, dans un second stade, l'oligiste lui-même s'est partiellement ou même totalement transformé en limonite, ainsi que l'atteste la perte au feu de 2,70 % observée sur le minéral brut. Cette altération est encore prouvée par la facilité d'attaque à l'acide chlorhydrique dilué, attaque qui permet de séparer complètement les inclusions de grenat sans atteindre ce dernier minéral lui-même, ainsi qu'il a été constaté à la loupe.

La densité, observée sur un cristal brut du poids total de 6,7740 gr.

est $D = 3,8123$. Les valeurs les plus habituelles pour l'oligiste oscillant généralement de 4,9 à 5,3, l'écart est attribuable aux inclusions d'une part et à l'état d'hydratation d'autre part.

Spessartine.

Ce minéral se rencontre à Ambatofotsikely sous deux états, soit en inclusions dans l'oligiste, soit associé au quartz comme élément particulièrement abondant.

Inclusions dans l'Oligiste. — On n'observe que des fragments plus ou moins gros, mais toujours informes. La couleur est jaune brun assez foncé; les petits morceaux sont hyalins et il a été possible de tailler dans l'un d'eux un prisme, pour la mesure des indices de réfraction. Les résultats sont les suivants :

pour Li	$n = 1,8088$
pour Na	$n = 1,8142$
pour Tl	$n = 1,8172$

On a donc pour la dispersion :

$$n_{Tl} - n_{Li} = 0,0084$$

La densité prise sur un matériel, purifié par traitement à l'acide dilué, du poids total de 0,9972 gr. est $D = 4,1577$. L'analyse, faite par M. Wunder sur le même matériel, a donné les résultats ci-dessous :

SiO ₂	36,31
Al ₂ O ₃	20,39
Fe ₂ O ₃	1,26
FeO	15,02
MnO	25,24
CaO	0,83
MgO	0,15
Total	99,20

Il faut remarquer la forte teneur en fer ferreux, qui vient ici remplacer en partie le manganèse. Peut-être l'instabilité relative du minéral en est-elle la conséquence.

Association avec le quartz. — J'ai entre les mains plusieurs échantillons qui présentent de très nombreux cristaux, d'un brun noir mat, isolés ou réunis en amas, moulés par du quartz blanc

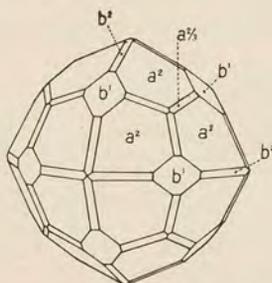


Fig. 36. — **Spessartine** (associée au quartz).

laiteux. La couleur des cristaux est due à une très mince couche d'oxydes de fer et de manganèse qui forme une sorte de pellicule aisément attaquable par l'acide chlorhydrique dilué. Le grenat alors dégagé est de couleur brun rouge très foncé. La forme de beaucoup prédominante est le trapézoèdre $(211) = a^2$, accompagné fréquemment de petites faces du dodécaèdre rhomboïdal $(110) = b^1$ et plus rarement de très petites faces du cube

pyramidé $(210) = b^2$ et de l'octaèdre pyramidé $(332) = a^{2/3}$ venant sur les arêtes du trapézoèdre (fig. 36). Les faces du trapézoèdre $(211) = a^2$ sont assez nettement striées parallèlement à leurs arêtes d'intersection avec le dodécaèdre rhomboïdal $b^1 = (110)$.

Les angles des normales, mesurés au goniomètre d'application, sont les suivants :

	Observé.	Calculé.
$a^2 a^2 = (211)(121)$	$33^\circ 30'$	$33^\circ 33'$
$a^2 a^2 = (211)(2\bar{1}1)$	$48^\circ 0'$	$48^\circ 11'$
$a^2 b^1 = (211)(110)$	$30^\circ 0'$	$30^\circ 0'$
$b^1 b^1 = (110)(011)$	$60^\circ 0'$	$60^\circ 0'$
$a^2 b^2 = (211)(210)$	$24^\circ 0'$	$24^\circ 6'$
$a^2 a^{2/3} = (211)(332)$	$17^\circ 0'$	$16^\circ 47'$

Une vingtaine de grammes de ce minéral ont été traités par l'acide dilué à froid, puis le matériel a été trié à la loupe pour enlever toute trace de quartz. La densité, prise alors sur un poids total de 10,3866 gr. est $D = 4,2774$.

Les indices de réfraction, mesurés sur un prisme d'angle de $30^{\circ}9'15''$ sont :

pour Li	$n = 1,8090$
pour Na	$n = 1,8145$
pour Tl	$n = 1,8195$

d'où, pour la dispersion :

$$n_{Tl} - n_{Li} = 0,0105$$

Il est remarquable de constater l'analogie avec le même minéral criblant l'oligiste inclus dans la muscovite. La décomposition est simplement moins avancée et les oxydes de fer sont restés comme légère couche de couverture sans être soumis à une recristallisation.

Je discuterai plus loin les propriétés de la spessartine, à la suite de l'étude du minéral analogue de Tokowaia, dans l'Oural.

Gahnite.

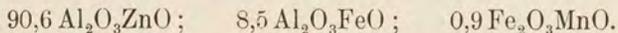
La gahnite se rencontre en quantité semble-t-il restreinte dans le gisement d'Ambatofotsikely. Elle se présente en masses informes, de couleur noire verdâtre, à éclat vitreux. Ces morceaux paraissent opaques, mais près des arêtes, on peut observer, à l'aide d'une forte source lumineuse, qu'ils sont translucides, ou même transparents et transmettent alors une lumière de couleur vert sale. En coupes minces, on observe la même couleur et les sections se montrent parfaitement isotropes.

La dureté est de 8 ; la densité prise sur un fragment du poids total de 14,3451 gr. est $D = 4,6024$. Infusible au chalumeau, pres-

que inattaquable par les acides et le carbonate de soude fondu, désagrégée facilement par fusion au bisulfate de potassium. La liqueur, traitée par NH_3 en excès donne un précipité contenant le fer et l'alumine. Le filtrat est alors acidulé par l'acide acétique et traité par un courant d'hydrogène sulfuré qui fournit un précipité blanc de ZnS . La composition, déterminée par M. Wunder, est la suivante :

Al_2O_3	=	54,92
Fe_2O_3	=	4,80
ZnO	=	39,86
MnO	=	0,33
Total	=	99,91

Le calcul de la formule amène au résultat suivant, obtenu en transformant une certaine quantité de Fe_2O_3 en FeO , afin de saturer Al_2O_3 .



Les indices de réfraction ont été mesurés sur un prisme d'angle de 30° environ ; la transparence près de l'arête était alors suffisante pour permettre les déterminations. J'ai ainsi obtenu :

n_{Li}	=	1,6486
n_{Na}	=	1,6529
n_{Tl}	=	1,6584

d'où pour la dispersion :

$$n_{\text{Tl}} - n_{\text{Li}} = 0,0098$$

Sur une coupe mince, l'indice moyen a également été déterminé par la méthode de Becke-Michel Lévy, à l'aide de iodure de méthylène plus ou moins dilué ; j'ai ainsi obtenu

$$n = 1,65$$

Au point de vue du gisement, il est curieux de remarquer que la gahnite a été trouvée dans la pegmatite même et nullement dans une zone de contact, comme c'est généralement le cas.

§ 6. — MINÉRAUX DE DIVERS GISEMENTS
(AMBATOFOTSIKELY, AMBOSITRA, BETAIMBY,
AMPATSAKANA, ANTSONGOMBATO)

Ocre rouge.

Au voisinage d'Ambatofotsikely, dans un affleurement de pegmatite distinct de celui étudié précédemment, se rencontre ce minéral, en masses compactes, de couleur rouge brique foncée, tendre et friable. La densité, prise sur un fragment du poids total de 11,5053 gr. est $D = 4,1698$.

En attaquant par HCl, la masse entière est solubilisée en laissant cependant, dans quelques cas, un léger résidu noirâtre. La composition chimique de la partie soluble, déterminée par M. Wunder, est la suivante :

Fe_2O_3	86,50
Al_2O_3	2,66
FeO	1,41
SiO_2	1,95
TiO_2	0,14
Perte au feu	7,80
	<hr/>
	100,46

Cet ocre doit représenter évidemment un produit secondaire d'un minéral du groupe : Magnétite, gahnite, ilménite, dont plusieurs types ont été en effet rencontrés dans la région.

Zircon.

J'ai étudié un énorme cristal de ce minéral, provenant des environs d'Ambositra.

Ce cristal mesure environ 8 à 10 cm. suivant l'axe quaternaire et 4 cm. de largeur. La section est assez régulièrement quadratique (fig. 37); à une extrémité de l'axe, le cristal est brisé, de l'autre, la terminaison est plutôt dissymétrique, analogue en cela aux cristaux rencontrés dans les environs d'Itrongahy (Madagascar) par le professeur A. Lacroix.

La couleur est le brun foncé, légèrement rougeâtre; le cristal lui-même paraît opaque; mais en lames minces ou sur des arêtes aiguës, la transparence est bien marquée.

Les formes développées sont :

Le prisme $m = (110)$ prédominant, les pyramides quadratiques $b^{1/2} = (111)$ et $a^1 = (101)$ incomplètes et de développement inégal, puis quelques faces de la pyramide octogonale $b^{1/2} b^{1/4} h^1 = \lambda = (311)$ (fig. 37). Les faces de pyramide sont assez fortement corrodées, surtout pour (111) dans son milieu, et les arêtes d'intersection avec (101) sont en relief sur le plan de la face.

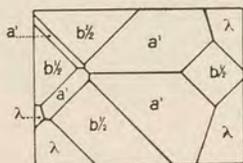


Fig. 37. — Zircon; cristal dissymétrique; projection sur (001).

Les angles ont été mesurés au goniomètre d'application et les éléments adoptés pour la forme primitive sont :

$$a : c = 1 : 0,640373$$

	Mesuré	Calculé.
$mb^{1/2} = (110)(111)$	48°	47°50'
$a^1 a^1 = (101)(011)$	45°	44°50'
$b^{1/2} b^{1/2} = (111)(\bar{1}\bar{1}\bar{1})$	56°30'	56°40'
$a^1 b^{1/2} = (101)(111)$	28°	28°20'
$\lambda b^{1/2} = (311)(111)$	30°	29°57'
$\lambda m = (311)(110)$	37°	36°41'
$\lambda \lambda = (311)(131)$	—	47°17'
$\lambda \lambda = (311)(\bar{3}\bar{1}\bar{1})$	—	32°57'
$\lambda a^1 = (311)(101)$	34°	33°44'

Il existe un clivage assez bien marqué, suivant a^1 . La cassure est cependant un peu conchoïdale. La densité, prise sur un fragment du poids total de 15,1638 gr., est $D = 4.5834$. La dureté est de 7 à 8. Le signe optique est positif.

Les indices de réfraction ont été mesurés sur un prisme dont l'arête réfringente était parallèle à l'axe optique, et d'angle réfringent de 29°48'27". J'ai ainsi obtenu les valeurs suivantes :

	Ng	Np	Ng - Np
pour Li :	1,9757	1,9179	0,0578
pour Na :	1,9854	1,9257	0,0597
pour Tl :	1,9908	1,9327	0,0581

d'où pour la dispersion :

$$Ng_{Tl} - Ng_{Li} = 0,0151$$

$$Np_{Tl} - Np_{Li} = 0,0148$$

$$(Ng - Np)_{Na} - (Ng - Np)_{Li} = 0,0019$$

$$(Ng - Np)_{Na} - (Ng - Np)_{Tl} = 0,0016$$

$$(Ng - Np)_{Tl} - (Ng - Np)_{Li} = 0,0003$$

La composition chimique a été déterminée par M. Wunder :

SiO ₂	28,45
ZrO ₂	71,80
Fe ₂ O ₃	0,05
MnO	0,18
Total	100,48

La proportion de ZrO₂ est remarquablement élevée et dépasse la quantité prévue par la formule théorique ZrO₂SiO₂. Certaines anomalies observées pendant l'analyse, quant aux propriétés de ZrO₂, portent du reste à croire que ZrO₂ doit se trouver sous deux états : constituant d'une part le composé défini ZrO₂SiO₂ et, d'autre part, l'excès se trouverait comme solution solide de ZrO₂ dans le composé ci-dessus.

J'ai également fait quelques essais au point de vue de l'action des températures élevées.

Un fragment du poids de 6,6986 gr. a été maintenu, au four électrique, pendant une heure et quart, à la température de 550° ; on a ensuite, après refroidissement, observé une très faible diminution de poids de 0,0076 gr. et le minéral était devenu presque incolore ; les cassures, par contre, semblaient remplies d'un produit brun foncé, d'apparence limonitique.

Le même fragment a alors été porté, pendant une heure et demie, à la température de 950° ; aucune perte nouvelle de poids n'a été observée mais le fragment était redevenu uniformément coloré, le pigment ayant été en quelque sorte réabsorbé par la masse du minéral.

La densité prise sur ce même fragment a fourni $D = 4,6865$ contre $D = 4,5834$ obtenu précédemment, ce qui montre une assez forte contraction.

Bismuthite.

Pseudomorphose de Bismuthine. — Ce minéral, dont la provenance exacte ne m'a pas été indiquée, vient en tous cas de la région d'Ambatofotsikely. J'ai eu entre les mains un poids total de 1 kg. environ de masses de couleur gris de plomb, parfois jaunâtres, tachant un peu les doigts, présentant fréquemment une allure prismatique. Les petits morceaux sont en effet de préférence sous la forme de baguettes isolées, quelquefois groupées parallèlement.

En chauffant un fragment à la flamme d'un bec Bunsen, il décrépite violemment et se réduit entièrement en petites esquilles qui sont violemment projetées. Attaquable difficilement aux acides, avec dégagement de CO_2 et de H_2S .

Il s'agit donc bien, comme du reste la forme l'indique, de bismuthine transformée partiellement en bismuthite.

La densité, prise sur plusieurs morceaux, du poids total de 21,4006 gr. est $D = 6,8799$, chiffre trop élevé pour la bismuthine (6,4 à 6,6) et inférieure à celui de la bismuthite (6,9 à 7,6). La dureté est de 4 environ. Après avoir chauffé avec précaution à l'abri de l'air, on peut, sur le résidu ainsi obtenu, observer la fusibilité de 1 à 2 environ, caractéristique pour la bismuthine.

Gisement de Betaimby : Oligiste, magnétite.

Au nord-ouest de l'île de Madagascar, dans la province de Mevatanana, près de Mandraty, sont exploités pour l'or des gisements éluviaux constitués par des latérites et des sables noirs, en relation avec de puissantes masses de latérites et de greisen, traversées par des filons de pegmatite. Avant de passer à l'étude de l'oligiste et de la magnétite, j'étudierai les roches ci-dessus :

Latérite.

Roche jaune brunâtre à brun rose, très friable et schisteuse à structure plus ou moins caverneuse et spongieuse par suite de la décomposition. On peut, à l'œil nu, remarquer l'abondance du mica blanc distribué en couches irrégulières au milieu des masses argileuses plus ou moins chargées d'oxydes de fer.

Au microscope on observe les éléments suivants : Comme minéraux accessoires ; de la **magnétite** très abondante, en cristaux octaédriques et en amas ; de l'**apatite** en prismes assez longs, allongement négatif, signe optique négatif, $n_g - n_p = 0,004$; quelques cristaux courts de **zircon**, signe optique positif, $n_g - n_p = 0,050$. La **muscovite** forme l'élément de beaucoup prépondérant, elle s'y trouve en grandes lamelles ployées, froissées, souvent brisées en masses esquilleuses ; ses caractères sont : clivage $p = (001)$, n_g parallèle à la trace de p , allongement + ; $n_g - n_p = 0,037$, $n_g - n_m = 0,004$, $n_m - n_p = 0,033$, $2V_{\text{calculé}} = 38^{\circ}24'$, légère dispersion horizontale et dispersion des axes optiques avec $q > v$. On trouve encore un peu de quartz, principalement en amas brisés, à extinctions onduleuses, plus rarement en grains moulant le mica.

Parmi les produits secondaires, on observe des amas argileux opaques, très chargés d'oxydes de fer, de couleur brun jaune clair à brun noir foncé ; ils peuvent provenir de l'altération de feldspaths préexistants. La structure spongieuse est très caractéristique dans ces zones décomposées.

On voit donc bien qu'il s'agit de schistes micacés fortement métamorphisés.

Greisen.

D'après les renseignements qui m'ont été communiqués, les schistes latéritisés formeraient la couverture de puissantes masses de greisen. Cette dernière roche, d'apparence saccharoïde, est constituée en majeure partie par du quartz blanc, en grains assez gros, laiteux à transparents, associé à un peu de muscovite en quantité plutôt restreinte et à de très gros cristaux d'oligiste.

Pegmatite.

Ce complexe de schistes et de greisen doit être en relations avec des filons de pegmatite, car parmi les échantillons de ce gisement, j'en ai trouvé un qui se rapporte tout à fait à une pegmatite.

Le matériel insuffisant ne m'a pas permis de pousser plus loin l'étude de cette roche. D'après ce que j'ai sous les yeux, il s'y trouve de grandes lamelles de muscovite, du quartz et des cristaux bien formés de tourmaline noire.

Sables noirs.

Ils proviennent de l'attaque des roches précédentes et on y retrouve tous les minéraux mentionnés. Il y a évidemment triage mécanique et enrichissement en minéraux lourds. A la loupe, on distingue de la limonite, du quartz, de petites lamelles de mica, de l'oligiste abondant en paillettes et fragments plus ou moins gros, puis d'assez gros cristaux de magnétite, fortement roulés mais où l'on peut facilement reconnaître la forme octaédrique.

Il est intéressant de remarquer que ce dernier minéral, très abondant dans les sables, n'a été mentionné, dans les roches étudiées, que chez les schistes latéritisés. L'étude qui en sera faite

plus loin me pousse cependant à le considérer comme provenant des schistes latéritisés, où il a pu former des amas plus ou moins conséquents.

Le manque d'échantillons de ces latérites en quantité suffisante ne m'a pas permis de vérifier cette hypothèse. Ce sont ces sables qui, triés mécaniquement par les eaux de pluie et les rivières, sont exploités pour l'extraction de l'or.

Oligiste.

Élément abondant dans le greisen, s'y trouve en grands cristaux tabulaires, parfois en masses digitées moulées par le quartz.

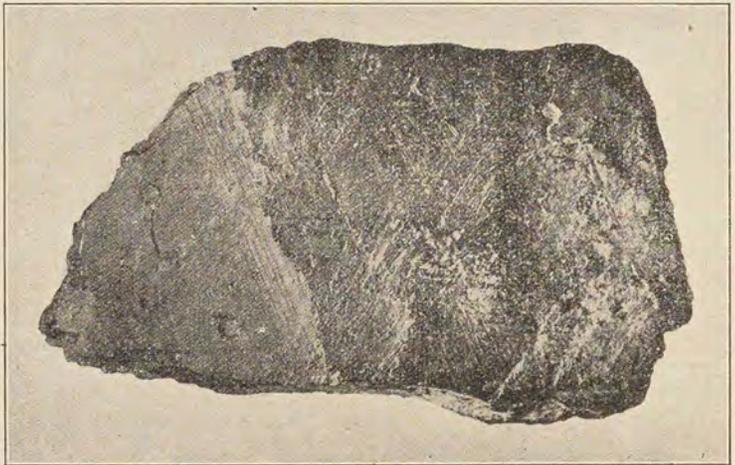


Fig. 38. — Oligiste; Betaimby.

Sur la surface des plaques on observe les traces de trois clivages rhomboédriques qui se coupent sous des angles de 120° et y des-

sinent ainsi des figures triangulaires (fig. 38). Ces plaques sont fortement schisteuses, clivables, souvent lamellaires. Il doit s'agir là du clivage imparfait (0001) exagéré par l'action de la pression.

Eclat métallique, couleur gris d'acier, trait rouge brun. Cet oligiste est très magnétique, faiblement attirable à l'aimant, il dévie fortement l'aiguille aimantée, plus même que la magnétite du même gisement. Ce magnétisme a été constaté sur tous les fragments.

Infusible au chalumeau, attaquant lentement par l'acide chlorhydrique concentré.

La densité prise sur plusieurs fragments du poids total de 47,5275 gr. est $D = 5,1726$.

L'analyse, faite par M. M. Wunder est la suivante :

SiO ₂	0,25
TiO ₂	0,83
Fe ₂ O ₃	99,63
FeO	0,63
MnO	traces
MgO	traces
	<hr/>
	101,34

Abstraction faite des impuretés auxquelles est due la silice, il s'agit donc bien d'oligiste pur.

Magnétite.

On rencontre ce minéral en gros octaèdres, généralement assez réguliers, mesurant parfois jusqu'à 3 cm. On peut très facilement les séparer des sables noirs par simple lévigation. Les arêtes sont fréquemment arrondies par suite du remaniement et du roulage par les eaux et les cristaux sont eux-mêmes souvent caverneux, les

cavités étant alors remplies de quartz avec parfois quelques lamelles de mica. Ceci confirme bien l'origine de la magnétite exposée ci-dessus. Les cristaux sont de couleur brun terne, parfois brun rougeâtre par suite d'une limonitisation superficielle plus ou moins accentuée.

Comme formes cristallines on observe principalement l'octaèdre (111) = a^1 , puis sur quelques cristaux de petites facettes du dodécaèdre rhomboïdal (110) = b^1 , qui peut cependant être quelquefois largement développé.

Les faces de l'octaèdre sont toujours couvertes d'un système de cannelures triangulaires, généralement très fortement marquées, qui sont parallèles aux arêtes octaédriques.

Le magnétisme est assez normal, mais plutôt un peu faible, ce qui est probablement dû au commencement d'hydratation. Il est de toutes façons moins intense que pour l'oligiste.

La densité a été prise sur plusieurs cristaux et fragments de cristaux, exempts d'inclusions quartzzeuses. J'ai trouvé $D = 4,9670$, pour un poids total de 18,6620 gr.

Le dosage du fer ferreux a donné 20,01 % tandis que le chiffre théorique est 31,0. La différence peut s'expliquer en partie par la présence des inclusions de quartz et en partie par la transformation en limonite.

Mica palmé, Ampatsakana.

J'ai eu entre les mains un échantillon de muscovite de ce gisement, montrant très nettement le dispositif palmé. Sur ce cristal, qui mesure 20 cm. de longueur sur 10 cm. de largeur et 2 à 3 cm. d'épaisseur, on ne peut remarquer de faces prismatiques, les contours étant plutôt irréguliers et corrodés.

Le cristal présente une partie centrale de 2 cm. environ, figurant en quelque sorte comme une arête dirigée suivant l'allonge-

ment; les plans de glissement se font ici suivant le dôme $(\bar{5}02) = a^{5/2}$. Des deux côtés de cette nervure centrale le dispositif palmé se répète symétriquement, se présentant en stries formant un angle de 120° ; ce dispositif est dû aux plans de glissement suivant $(135) = d^1 \cdot b^{1/4} \cdot g^{1/5}$. L'allongement se fait donc suivant l'axe $[010]$ (fig. 39).

La densité, prise par la méthode du flacon, sur un poids total de 16,2342 gr. est $D = 2,8823$. La coloration est à peine marquée, un peu grisâtre et les inclusions sont rares.

Le plan des axes optiques est perpendiculaire à $g^1 = (010)$ et n_p est pratiquement perpendiculaire sur le plan de clivage $p = (001)$. La dispersion horizontale est faible et est accompagnée d'une dispersion des axes optiques, avec $q > v$.

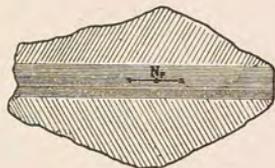


Fig. 39. — Mica palmé; Ampatsakana.

L'angle des axes optiques mesuré, dans l'air, par la méthode de Mallard, pour la lumière jaune du Na, est $2E = 66^\circ 8'$; d'où, en se servant de la valeur de n_m ci-dessous, on trouve :

$$2V = 40^\circ 12'$$

Les indices, mesurés au réfractomètre à demi-boule, de Pearce, sont les suivants :

Pour Li :

$$\begin{array}{lll} n_g = 1,5886 & n_m = 1,5838 & n_p = 1,5490 \\ n_g - n_m = 0,0048 & n_m - n_p = 0,0348 & n_g - n_p = 0,0396 \\ & 2V_{\text{calculé}} = 40^\circ 45' \end{array}$$

Pour Na :

$$\begin{array}{lll} n_g = 1,5923 & n_m = 1,5877 & n_p = 1,5522 \\ n_g - n_m = 0,0046 & n_m - n_p = 0,0355 & n_g - n_p = 0,0401 \\ & 2V_{\text{calculé}} = 39^\circ 36' \end{array}$$

Pour Tl :

$$\begin{aligned}
 n_g &= 1,5954 & n_m &= 1,5910 & n_p &= 1,5550 \\
 n_g - n_m &= 0,0044 & n_m - n_p &= 0,0360 & n_g - n_p &= 0,0404 \\
 2V_{\text{calculé}} &= 38^{\circ}32'
 \end{aligned}$$

On obtient de la sorte pour la dispersion :

$$\begin{aligned}
 n_g^{\text{Tl}} - n_g^{\text{Li}} &= 0,0068 \\
 n_m^{\text{Tl}} - n_m^{\text{Li}} &= 0,0072 \\
 n_p^{\text{Tl}} - n_p^{\text{Li}} &= 0,0060 \\
 (n_g - n_p)^{\text{Tl}} - (n_g - n_p)^{\text{Li}} &= 0,0008 \\
 (n_g - n_m)^{\text{Tl}} - (n_g - n_m)^{\text{Li}} &= - 0,0004 \\
 (n_m - n_p)^{\text{Tl}} - (n_m - n_p)^{\text{Li}} &= 0,0012
 \end{aligned}$$

L'angle des axes optiques a ensuite été mesuré avec l'appareil de Wülfing, pour les lumières rouges (Li), jaune (Na) et verte (Tl). Les mesures ont été faites dans l'air et les angles 2E ainsi obtenus ont servi, en utilisant les valeurs de n_m trouvées précédemment, au calcul de 2V :

$$\begin{aligned}
 \text{Pour Li :} & \quad 2E = 66^{\circ}58' & 2V &= 40^{\circ}46' \\
 \text{Pour Na :} & \quad 2E = 66^{\circ}22' & 2V &= 40^{\circ}20' \\
 \text{Pour Tl :} & \quad 2E = 66^{\circ}10' & 2V &= 40^{\circ}8'
 \end{aligned}$$

On remarque ainsi que les caractères de ce mica le rapprochent de celui d'Ambatofotsikely, étudié précédemment; ses indices de réfraction et sa densité sont cependant notablement inférieurs et la dispersion est plus forte.

Tourmaline noire, Antsongombato.

J'ai eu l'occasion d'étudier un échantillon à gros grain de la pegmatite d'Antsongombato. La roche est essentiellement formée

par de l'albite et par du quartz assez abondant. On y trouve encore beaucoup de **tourmaline noire**, passablement d'**apatite bleue** et quelques grains de **spessartine**. J'étudierai ici successivement la tourmaline, puis l'apatite et finalement le quartz, qui présente quelques particularités intéressantes.

La tourmaline se rencontre en masses souvent informes, à allure vaguement prismatique, pouvant présenter jusqu'à 3 cm. de plus grande dimension. Les individus de plus petite taille montrent parfois les faces habituelles de la zone prismatique et sur quelques fragments de quartz j'ai pu reconnaître nettement les empreintes des faces prismatiques striées et de quelques faces terminales, indéterminables.

La densité, prise par la méthode de la balance, sur un fragment du poids de 0,9038 gr., est $D = 3,2452$. La dureté est de 7; la cassure est irrégulière. La couleur est nettement noire en gros fragments, brun verdâtre extrêmement foncé en lames minces, avec un fort polychroïsme dans le sens $n_g > n_p$.

L'angle des axes optiques est pratiquement égal à 0. Les indices de réfraction, mesurés en lumière rouge (Li), jaune (Na) et verte (Tl) par le procédé de la réflexion totale, sont les suivants :

Li :	$n_g = 1,6518$	$n_p = 1,6260$	$n_g - n_p = 0,0258$
Na :	$n_g = 1,6536$	$n_p = 1,6285$	$n_g - n_p = 0,0251$
Tl :	$n_g = 1,6576$	$n_p = 1,6332$	$n_g - n_p = 0,0244$

On a ainsi pour la dispersion :

$$\begin{aligned}
 n_g^{Tl} - n_g^{Li} &= 0,0058 & n_p^{Tl} - n_p^{Li} &= - 0,0072 \\
 n_g^{Tl} - n_g^{Na} &= 0,0040 & n_p^{Tl} - n_p^{Na} &= - 0,0047 \\
 n_g^{Na} - n_g^{Li} &= 0,0018 & n_p^{Na} - n_p^{Li} &= - 0,0025 \\
 (n_g - n_p)^{Tl} - (n_g - n_p)^{Li} &= - 0,0014 \\
 (n_g - n_p)^{Tl} - (n_g - n_p)^{Na} &= - 0,0007 \\
 (n_g - n_p)^{Na} - (n_g - n_p)^{Li} &= - 0,0007
 \end{aligned}$$

On voit que les caractères de cette tourmaline la rapprochent très sensiblement de la tourmaline noire de Tsilaisina, variété riche en Fe_2O_3 et MnO . (« Les Minéraux des pegmatites des environs d'Antsirabé à Madagascar » ; *loc. cit.*, p. 394.)

Apatite bleue d'Antsongombato.

Ce minéral, assez abondant dans l'échantillon de pegmatite étudiée, s'y présente sous forme de petits prismes irréguliers, de taches et facules d'un bleu foncé. Les cristaux bien formés sont rares; j'en ai cependant dégagé un (A), qui se trouve implanté sur le quartz (Q) et est accompagné d'un peu de rubellite (R) et de feldspath (F), dans une géode de petite dimension (fig. 40).

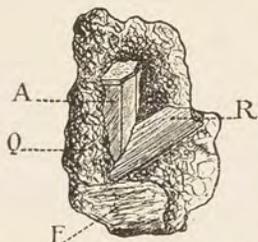


Fig. 40. — Apatite bleue ; groupement sur quartz (Q) avec rubellite (R) et feldspath (F).

Le cristal, qui mesure 4 mm. de longueur et 1,5 mm. de largeur, ne montre que les faces du prisme $m = (10\bar{1}0)$, la base $p = (0001)$ et de petites faces de la pyramide $b^{1/2} = (10\bar{1}1)$.

	Mesuré.	Calculé.
$m m = (10\bar{1}0)(01\bar{1}0) =$	$59^{\circ}54'$	60°
$m p = (10\bar{1}0)(0001) =$	$89^{\circ}52'$	90°
$p b^{1/2} = (0001)(10\bar{1}1) =$	$40^{\circ}23'$	$40^{\circ}18'$

Les faces de prisme sont assez nettement striées suivant une direction oblique sur les arêtes $m m$.

La densité, prise sur un poids total de 1,3022 gr. de fragments triés à la loupe est $D = 3,2013$. La dureté est de 5 environ. Les fragments qui, à l'œil nu, sont d'un bleu indigo assez foncé, ne

montrent plus en coupes minces qu'une très légère teinte bleue, avec un polychroïsme à peine appréciable dans le sens de $n_g > n_p$. La biréfringence $n_g - n_p = 0,003$. La figure en lumière convergente de la section normale à l'axe optique ne montre pas de dislocation appréciable de la croix; l'angle des axes optiques est donc pratiquement de 0.

Les indices de réfraction ont été déterminés à l'aide du réfractomètre à demi-boule pour le rouge (Li), le jaune (Na) et le vert (Tl):

$$\text{Li: } n_g = 1,6368; \quad n_p = 1,6337; \quad n_g - n_p = 0,0031$$

$$\text{Na: } n_g = 1,6390; \quad n_p = 1,6360; \quad n_g - n_p = 0,0030$$

$$\text{Tl: } n_g = 1,6415; \quad n_p = 1,6387; \quad n_g - n_p = 0,0028$$

D'où pour la dispersion:

$$n_g^{\text{Tl}} - n_g^{\text{Li}} = 0,0047 \quad n_p^{\text{Tl}} - n_p^{\text{Li}} = 0,0050$$

$$n_g^{\text{Tl}} - n_g^{\text{Na}} = 0,0025 \quad n_p^{\text{Tl}} - n_p^{\text{Na}} = 0,0027$$

$$n_g^{\text{Na}} - n_g^{\text{Li}} = 0,0022 \quad n_p^{\text{Na}} - n_p^{\text{Li}} = 0,0023$$

$$(n_g - n_p)^{\text{Tl}} - (n_g - n_p)^{\text{Li}} = -0,0003$$

$$(n_g - n_p)^{\text{Tl}} - (n_g - n_p)^{\text{Na}} = -0,0002$$

$$(n_g - n_p)^{\text{Na}} - (n_g - n_p)^{\text{Li}} = -0,0001$$

La composition chimique est la suivante¹:

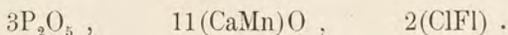
P ₂ O ₅ = 40,09	28,162 molécules	
CaO = 54,45	97,060 »	} 99,595
MnO = 1,80	2,535 »	
Cl = 0,20	0,564 »	
Fl = 3,46	18,211 »	} 18,775
100,00		

¹ Le fluor a été calculé par différence à 100 %.

On a ainsi pour les rapports en molécules :

$$\frac{\text{MnO}}{\text{CaO}} = 0,026 \qquad \frac{\text{Cl}}{\text{Fl}} = 0,310$$

et pour la formule :



Quartz d'Antsongombato.

Le quartz présente, dans le fragment de pegmatite étudié, un aspect très particulier. Il est légèrement coloré en brun jaune pâle, couleur miel, et possède un éclat gras extrêmement marqué.

Il se rencontre en masses irrégulières, à cassure légèrement conchoïdale. La densité prise sur plusieurs fragments, exempts de toute inclusion, est $D = 2,6968$. La dureté est de 7.

Le signe optique est positif, la biaxie pratiquement nulle, $n_g - n_p = 0,009$.

L'analyse ne donne que 97,6 % SiO_2 . Le reste, de 2,4 %, est représenté principalement par du carbonate de Zn qui doit se trouver à l'état d'imprégnation dans le quartz et lui communique probablement l'éclat gras très marqué. En effet, si on plonge un fragment de ce quartz dans HCl concentré, on observe un dégagement de CO_2 assez abondant, et dans la solution on peut facilement identifier le zinc.

CHAPITRE II

MINÉRAUX DE L'OURAL

§ 1. — GISEMENT DE TOKOWAÏA

J'ai eu l'occasion d'étudier un certain nombre de minéraux de ce gisement classique. Je n'indiquerai rien de spécial sur le gisement lui-même, qui est suffisamment connu; je me contenterai d'étudier successivement chacun des minéraux.

Brookite.

J'ai étudié deux cristaux, l'un (n° 1), terminé aux deux extrémités, l'autre (n° 2), terminé à une seule extrémité et présentant un groupement parallèle sur $h^1 = (100)$. Ils sont de couleur brun noir foncé, mais laissent un peu passer une lumière brun rouge. Pour les deux cristaux, l'aplatissement est très marqué suivant la face $h^1 = (100)$ et les faces prismatiques sont fortement striées.

La densité, prise sur les cristaux, du poids total de 0,7383 gr., est $D = 3,9679$.

Cristal n° 1 (fig. 41). — Terminé aux deux extrémités, longueur de 7 mm. Il présente dans la zone prismatique les formes $h^1 = (100)$, $h^2 = (210)$, $m = (110)$, bien développées, puis toute une série de formes plus ou moins certaines, vu l'abondance des stries. La pyramide prédominante est $\varepsilon = b^{1/2} b^1 g^{1/4} = (124)$, puis $\omega = b^1 b^{1/2} g^{1/2}$

$= (122)$ et enfin $b^1 = (112)$, cette dernière le plus souvent très réduite. Les dômes sont $a^2 = (102)$ et $a^4 = (104)$. La base $p = (001)$ est peu développée.

Les paramètres adoptés sont :

$$a : b : c = 0,8416 : 1 : 0,9444$$

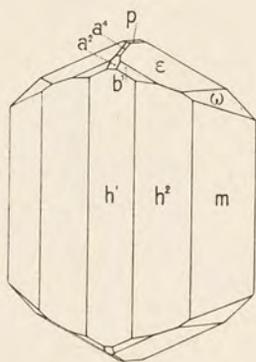


Fig. 41. — Brookite; n° 1,
Tokowaïa.

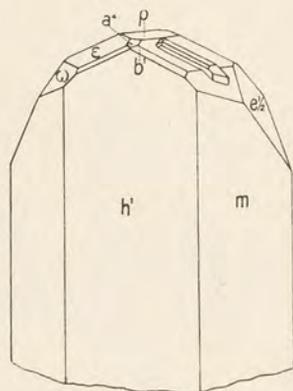


Fig. 42. — Brookite; n° 2,
Tokowaïa.

Les angles suivants ont été mesurés au goniomètre à réflexion de Mallard.

Angles	Observé.	Calculé.
$m - m = (110)(\bar{1}\bar{1}0)$	$80^{\circ}7'$	$80^{\circ}10'$
$h^3 - h^1 = (210)(100)$	$22^{\circ}28'$	$22^{\circ}49'$
$a^4 - p = (104)(001)$	$15^{\circ}24'$	$15^{\circ}40'$
$a^2 - h^1 = (102)(100)$	$60^{\circ}43'$	$60^{\circ}42'$
$b^1 - p = (112)(001)$	$36^{\circ}23'$	$36^{\circ}15'$
$b^1 - h^1 = (112)(100)$	$63^{\circ}18'$	$63^{\circ}6'$
$b^1 - b^1 = (112)(\bar{1}\bar{1}2)$	$44^{\circ}43'$	$44^{\circ}46'$
$b^{1/2}b^1g^{1/4} - p = (124)(001)$	$28^{\circ}49'$	$28^{\circ}47'$

Angles.	Observé.	Calculé.
$b^{1/2} b^1 g^{1/4} - h^1 = (124)(100)$	75°53'	75°46'
$b^{1/2} b^1 g^{1/4} - b^{1/2} b^1 g^{1/4} = (124)(\bar{1}\bar{2}\bar{4})$	48°56'	48°54'
$b^1 b^{1/2} g^{1/2} - p = (122)(001)$	47°37'	47°41'
$b^1 b^{1/2} g^{1/2} - b^1 b^{1/2} g^{1/2} = (122)(\bar{1}\bar{2}\bar{2})$	78°47'	78°57'
$b^1 b^{1/2} g^{1/2} - h^1 = (122)(100)$	—	67°48'

Cristal n° 2 (fig. 42). — Terminé à une seule extrémité et présentant un groupement parallèle suivant $h^1 = (100)$. Les stries de la zone prismatique sont bien moins fortement marquées que dans l'échantillon précédent. Les faces sont aussi mieux développées et, d'autre part, l'aplatissement suivant $h^1 = (100)$ est très prononcé. Comme prisme on ne rencontre que $m = (110)$. Les pyramides prédominantes sont $\varepsilon = b^{1/2} b^1 g^{1/4} = (124)$ et $\omega = b^1 b^{1/2} g^{1/2} = (122)$. Les faces de la pyramide $b^1 = (112)$ sont de développement très irrégulier et disparaissent même fréquemment.

Il existe encore un macrodôme $a^4 = (104)$, de très petite dimension, puis un large brachydôme $e^{1/2} = (021)$. On trouve la base $p = (001)$, assez large. Les angles, mesurés au goniomètre de Malard, sont les suivants :

Angles.	Observé.	Calculé.
$m - m = (110)(\bar{1}\bar{1}\bar{0})$	80°20'	80°10'
$a^4 - p = (104)(001)$	15°50'	15°40'
$b^1 - h^1 = (112)(100)$	63°14'	63°6'
$b^{1/2} b^1 g^{1/4} - p = (124)(001)$	28°45'	28°47'
$b^{1/2} b^1 g^{1/4} - h^1 = (124)(100)$	75°34'	75°46'
$b^{1/2} b^1 g^{1/4} - b^{1/2} b^1 g^{1/4} = (124)(\bar{1}\bar{2}\bar{4})$	48°49'	48°54'
$b^1 b^{1/2} g^{1/2} - p = (122)(001)$	47°40'	47°41'
$b^1 b^{1/2} g^{1/2} - h^1 = (122)(100)$	67°44'	67°48'
$b^1 b^{1/2} g^{1/2} - b^1 b^{1/2} g^{1/2} = (122)(\bar{1}\bar{2}\bar{2})$	79°8'	78°57'
$e^{1/2} - p = (021)(001)$	61°59'	62°6'

Topaze rose.

Le cristal étudié était très fortement strié dans la zone prismatique et les faces terminales mal formées; aussi les mesures au goniomètre de Mallard sont-elles, pour certaines faces, très approximatives, par suite de la difficulté qu'il y a à obtenir de bonnes images réfléchies. J'ai alors repris l'étude de ce cristal au goniomètre théodolite du prof. V. Goldschmidt, et j'ai pu de la sorte mettre en évidence la présence de nombreuses faces vicinales situées dans les zones principales.

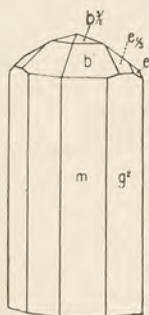


Fig. 43. — **Topaze rose**; Tokowaïa, cristal prismatique.

Le cristal (fig. 43) mesure 24 mm. suivant l'axe prismatique et 5 mm. de plus grande dimension transversale; il pèse 1,4676 gr. et a une densité $D = 3,3489$. La dureté est de 8.

La zone prismatique, fortement striée, présente les faces $m = (110)$ et $g^2 = (120)$. La pyramide prédominante est $b^1 = (112)$, puis viennent $b^1 b^{1/2} h^{1/2} = e_{1/2} = (123)$ et enfin

$b^{3/2} = (113)$ très réduite.

Comme dôme, on trouve $e^1 = (011)$, de développement très inégal.

Le cristal ne présente ces formes terminales qu'à une seule extrémité; de l'autre côté, on observe le pinacoïde $p = (001)$ et le clivage p y est très évident.

Les angles, mesurés au goniomètre de Mallard, sont les suivants :

Angles.	Observé.	Calculé.
$m m = (110) (\bar{1}\bar{1}0)$	$55^{\circ}36'$	$55^{\circ}43'$
$m g^2 = (110) (120)$	$18^{\circ}45'$	$18^{\circ}44'$
$e^1 e^1 = (011) (0\bar{1}1)$	$86^{\circ}49'$	$87^{\circ}18'$

	Angles.	Observé.	Calculé.
$e^1 m$	$= (011)(110)$	$71^\circ 20'$	$71^\circ 11'$
$e^1 g^2$	$= (011)(120)$	$60^\circ 0'$	$59^\circ 54'$
$b^1 b^1$	$= (112)(\bar{1}\bar{1}2)$	$89^\circ 36'$	$91^\circ 10'$
$b^1 \bar{b}^1$	$= (112)(1\bar{1}2)$	$39^\circ 42'$	$39^\circ 0'$
$\bar{b}^1 b^1$	$= (112)(\bar{1}12)$	$77^\circ 35'$	$78^\circ 20'$
$b^1 e^1$	$= (112)(011)$	$41^\circ 48'$	$42^\circ 33'$
$b^{3/2} b^{3/2}$	$= (113)(\bar{1}\bar{1}3)$	$69^\circ 12'$	$68^\circ 28'$
$e_{1/3} e_{1/3}$	$= (123)(\bar{1}\bar{2}3)$	$82^\circ 6'$	$82^\circ 24'$
$e_{1/3} e_{1/2}$	$= (123)(1\bar{2}3)$	$57^\circ 1'$	$57^\circ 10'$
$e_{1/3} e_1$	$= (123)(011)$	$29^\circ 40'$	$29^\circ 0'$
$e_{1/3} b^1$	$= (123)(112)$	$12^\circ 6'$	$13^\circ 33'$
$e_{1/3} b^{3/2}$	$= (123)(113)$	$12^\circ 54'$	$13^\circ 21'$

$$a : b : c = 0,5285 : 1 : 0,9539$$

On remarque la mauvaise concordance des angles observés et calculés, pour les faces de pyramides principalement.

Les mesures ont été alors reprises au goniomètre théodolite de Goldschmidt et chaque face examinée dans ses détails. Pour ceci, l'éclairage se fait à l'aide d'un pinceau cylindrique très étroit, et l'image réfléchie est alors dessinée, puis, pour chaque image, on repérera un certain nombre de points, choisis aux endroits les plus lumineux ou aux parties anguleuses. J'ai repéré de la sorte 70 points qui se répartissent comme suit :

N ^{os} 1 à 10	région des faces	(112), (113), (123)
N ^{os} 11 à 22	» » »	($\bar{1}\bar{1}2$), ($\bar{1}\bar{1}3$), ($\bar{1}\bar{2}3$)
N ^{os} 23 à 35	» » »	($\bar{1}12$), ($\bar{1}13$), ($\bar{1}23$)
N ^{os} 36 à 60	» » »	($\bar{1}\bar{1}2$), ($\bar{1}\bar{1}3$), ($\bar{1}\bar{2}3$)
N ^{os} 61 et 62	faces (011) et (0 $\bar{1}$ 1)	
N ^{os} 63 à 70	faces de la zone prismatique.	

La figure 44 donne la projection gnomonique des formes observées, avec les figures lumineuses. Les faces y sont notées d'après les conventions du prof. V. Goldschmidt :

$$\frac{1}{3} = (113) ; \quad \frac{1}{3} \frac{2}{3} = (123) ; \quad \frac{1}{2} = (112) ; \quad 01 = (011)$$

$$\infty = (110) ; \quad \infty 2 = (120)$$

Le tableau suivant donne les coordonnées φ et q pour chaque point lumineux. q est déduit directement de la lecture h du cercle horizontal, par soustraction de la correction du zéro, de $10^{\circ}0'$. φ est déduit de la lecture v du cercle vertical, en prenant comme angle méridien initial $v_0 = 55^{\circ}1'$ d'après les mesures des faces 61 ($v_0 = 54^{\circ}59'$) et 62 ($v_0 + 180 = 235^{\circ}3'$).



No	v	h	φ	ρ	No	v	h	φ	ρ
1	113°54'	53°4'	58°53'	43°4'	36	357°18'	53°13'	302°17'	43°13'
2	112 24	45 31	57 23	35 31	37	10 38	51 25	315 37	41 25
3	99 54	51 4	44 53	41 4	38	358 46	45 33	303 45	35 33
4	109 12	52 44	54 11	42 44	39	355 21	53 16	300 20	43 16
5	105 48	52 18	50 47	42 18	40	358 4	51 5	303 3	41 5
6	113 3	49 43	58 2	39 43	41	355 25	54 58	300 24	44 58
7	106 30	47 38	51 29	37 38	42	2 18	52 38	307 17	42 38
8	93 32	49 4	38 31	39 4	43	7 54	51 48	312 53	41 48
9	87 36	48 3	32 35	38 3	44	2 14	50 44	307 13	40 44
10	88 4	51 9	33 3	41 9	45	5 25	50 24	310 24	40 24
11	175 23	52 58	120 22	42 58	46	7 28	49 41	312 27	39 41
12	177 31	45 6	122 30	35 6	47	10 21	50 30	315 20	40 30
13	191 3	50 45	136 2	40 45	48	14 21	49 43	319 20	39 43
14	178 12	51 26	123 11	41 26	49	12 15	48 39	317 14	38 39
15	183 13	47 36	128 12	37 36	50	9 15	48 0	314 14	38 0
16	184 19	52 2	129 18	42 2	51	20 58	48 16	325 57	38 16
17	195 26	48 58	140 25	38 58	52	3 22	47 47	308 21	37 47
18	190 45	47 42	135 44	37 42	53	2 27	45 35	307 26	35 35
19	180 2	45 23	125 1	35 23	54	1 28	44 57	306 27	34 57
20	199 15	48 1	144 14	38 1	55	359 30	44 22	304 29	34 22
21	176 20	46 38	121 19	36 38	56	357 12	45 1	302 11	35 1
22	175 55	48 58	120 54	38 58	57	356 46	47 15	301 45	37 15
23	293 32	52 52	238 31	42 52	58	356 8	50 30	301 7	40 30
24	291 26	45 1	236 25	35 1	59	358 4	48 13	303 3	38 13
25	278 57	51 0	223 56	41 0	60	359 18	47 28	304 17	37 28
26	291 10	50 51	236 9	40 51	61	54 59	53 36	0	43 36
27	293 48	49 12	238 47	39 12	62	235 3	53 12	180	43 12
28	292 5	47 53	237 4	37 53	63	191 34	100	136 33	90
29	284 46	48 26	229 45	38 26	64	172 12	100	117 11	90
30	286 32	52 18	231 31	42 18	65	116 56	100	61 55	90
31	275 33	49 38	220 32	39 38	66	98 20	100	43 19	90
32	271 13	48 26	216 12	38 26	67	11 17	100	316 16	90
33	266 50	48 5	211 49	38 5	68	352 48	100	297 47	90
34	265 35	45 48	210 34	35 48	69	297 27	100	242 26	90
35	266 46	50 34	211 45	40 34	70	278 40	100	223 39	90

On remarquera sur la figure 44 que les faces vicinales sont à peu près disposées suivant certaines zones. Les écarts observés, qui sont cause des mauvais résultats obtenus par la méthode ordinaire, doivent provenir d'une déviation des faces et de perturbations consécutives d'une corrosion du cristal. Ce dernier présente en effet sur plusieurs faces des traces évidentes de corrosion.

Les zones les plus importantes sont $[11\bar{1}]$, $[\bar{1}11]$, $[1\bar{1}1]$, $[\bar{1}\bar{1}\bar{1}]$, $[1\bar{1}0]$, $[\bar{1}\bar{1}0]$, $[60\bar{2}]$ et $[602]$; les faces qui s'y trouvent communiquent aux figures lumineuses leur allure triangulaire. Puis viennent $[0\bar{3}\bar{2}]$, $[0\bar{3}2]$, $[0\bar{2}\bar{1}]$, $[0\bar{2}1]$, $[3\bar{1}0]$, $[\bar{3}\bar{1}0]$, correspondant aux petites ramifications des figures lumineuses.

En plaque mince, la coloration est à peine marquée et le polychroïsme inappréciable.

Le plan des axes optiques est parallèle à $g^1 = (010)$ et la bissectrice aiguë positive est disposée suivant l'axe du prisme. Les constantes optiques, déterminées en lumière rouge (Li), jaune (Na) et verte (Tl), sur une section taillée suivant $p = (001)$, sont les suivantes :

$$\begin{aligned} \text{Li:} \quad n_g &= 1,6362 & n_m &= 1,6287 & n_p &= 1,6270 \\ n_g - n_p &= 0,0092 & n_g - n_m &= 0,0075 & n_m - n_p &= 0,0017 \\ & & 2V_{\text{calculé}} &= 50^{\circ}55' \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Na:} \quad n_g &= 1,6379 & n_m &= 1,6308 & n_p &= 1,6293 \\ n_g - n_p &= 0,0086 & n_g - n_m &= 0,0071 & n_m - n_p &= 0,0015 \\ & & 2V_{\text{calculé}} &= 49^{\circ}22' \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tl:} \quad n_g &= 1,6396 & n_m &= 1,6328 & n_p &= 1,6314 \\ n_g - n_p &= 0,0082 & n_g - n_m &= 0,0068 & n_m - n_p &= 0,0014 \\ & & 2V_{\text{calculé}} &= 48^{\circ}49' \end{aligned}$$

L'angle $2V$ des axes optiques a été mesuré à l'aide de l'appareil de Wulffing, puis $2V$ a été calculé d'après l'indice n_m trouvé précédemment :

Li :	$2E = 85^{\circ}10'$	$2V = 49^{\circ}6'$
Na :	$2E = 84^{\circ}50'$	$2V = 48^{\circ}52'$
Tl :	$2E = 84^{\circ}34'$	$2V = 48^{\circ}40'$

La dispersion des axes optiques se fait donc avec $\varrho > v$ et l'on a pour les constantes de la dispersion :

$$n_g^{Tl} - n_g^{Li} = 0,0034 ; \quad n_g^{Tl} - n_g^{Na} = 0,0017 ; \quad n_g^{Na} - n_g^{Li} = 0,0017$$

$$n_m^{Tl} - n_m^{Li} = 0,0041 ; \quad n_m^{Tl} - n_m^{Na} = 0,0020 ; \quad n_m^{Na} - n_m^{Li} = 0,0021$$

$$n_p^{Tl} - n_p^{Li} = 0,0044 ; \quad n_p^{Tl} - n_p^{Na} = 0,0021 ; \quad n_p^{Na} - n_p^{Li} = 0,0023$$

$$(n_g - n_p)^{Tl} - (n_g - n_p)^{Li} = -0,0010 ; \quad (n_g - n_p)^{Tl} - (n_g - n_p)^{Na} = -0,0004$$

$$(n_g - n_p)^{Na} - (n_g - n_p)^{Li} = -0,0006$$

$$(n_g - n_m)^{Tl} - (n_g - n_m)^{Li} = -0,0007 ; \quad (n_g - n_m)^{Tl} - (n_g - n_m)^{Na} = -0,0003$$

$$(n_g - n_m)^{Na} - (n_g - n_m)^{Li} = -0,0004$$

$$(n_m - n_p)^{Tl} - (n_m - n_p)^{Li} = -0,0003 ; \quad (n_m - n_p)^{Tl} - (n_m - n_p)^{Na} = -0,0001$$

$$(n_m - n_p)^{Na} - (n_m - n_p)^{Li} = -0,0002$$

$$2V_{obs.}^{Tl} - 2V_{obs.}^{Li} = -0^{\circ}26' ; \quad 2V_{obs.}^{Tl} - 2V_{obs.}^{Na} = 0^{\circ}12'$$

$$2V_{obs.}^{Na} - 2V_{obs.}^{Li} = 0^{\circ}14'$$

En comparant ces chiffres aux valeurs obtenues pour des topazes de divers gisements, on voit que les indices de réfraction et la dispersion sont très élevés; par contre, l'angle des axes optiques est particulièrement faible. Il est curieux de remarquer que la valeur minimum $2E(Na) = 71^{\circ}13'$ a été trouvée par Des Cloizeaux sur une topaze de Mugla, rose également. (Nouv. rech., Inst. France, 1867, 18, 612.)

Spessartine, Tokowaïa.

J'ai étudié, d'une part, de petits cristaux de 4 à 6 mm.; d'autre part, deux gros cristaux de 20 à 25 mm. La couleur est le jaune miel un peu brunâtre.

La forme prédominante est tantôt le trapézoèdre $a^2 = (211)$, tantôt le dodécaèdre rhomboïdal $b^1 = (110)$. Ces deux formes coexistent en effet presque toujours. On remarque encore parfois de petites faces du cube $p = (100)$ (fig. 45). Les faces du trapézoèdre présentent des stries parallèlement à leurs intersections avec les faces du dodécaèdre rhomboïdal. Les gros cristaux sont constitués par un groupement de quatre à six cristaux complètement et irrégulièrement interpénétrés, du type ci-dessus.

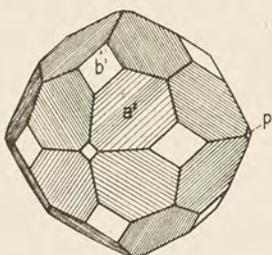


Fig. 45. — Spessartine ; Tokowaïa.

Les angles, mesurés au goniomètre de Mallard, sont les suivants :

Angles.	Observé.	Calculé.
$b^1 b^1 = (110)(011)$	59°58'	60°0'
$b^1 b^1 = (110)(1\bar{1}0)$	90°6'	90°0'
$b^1 p = (110)(100)$	45°0'	45°0'
$a^2 a^2 = (211)(112)$	33°30'	33°33'
$a^2 a^2 = (211)(21\bar{1})$	48°16'	48°11'
$a^2 b^1 = (211)(110)$	29°58'	30°0'
$a^2 p = (211)(100)$	35°24'	35°16'

La densité, prise sur quatre petits cristaux du poids total de 3,3053 gr., est $D = 4,0632$.

Les indices de réfraction ont été mesurés pour les radiations rouge (Li), jaune (Na), verte (Tl) sur un prisme d'angle réfringent $A = 29^{\circ}29'31''$:

$$\text{Li : } n = 1,7981$$

$$\text{Na : } n = 1,8038$$

$$\text{Tl : } n = 1,8078$$

D'où, pour la dispersion :

$$n^{\text{Tl}} - n^{\text{Li}} = 0,0097 ; \quad n^{\text{Tl}} - n^{\text{Na}} = 0,0040 ; \quad n^{\text{Na}} - n^{\text{Li}} = 0,0057$$

La composition chimique est la suivante :

SiO_2	=	35,12
Al_2O_3	=	20,40
Fe_2O_3	=	2,06
FeO	=	6,78
MnO	=	33,16
CaO	=	2,10
MgO	=	0,15
		—
		99,77

Je comparerai, dans le tableau ci-dessous, les constantes obtenues pour les spessartines de Tsilaisina (Madagascar), d'Ambatofotsikely (Madagascar) et de Tokowaïa (Oural).

Gisements :	Tsilaisina.	Ambatofotsikely. (inclusions dans l'oligiste)	Ambatofotsikely. (accompagnant le quartz)	Tokowaïa.
	SiO ₂ = 35,76	36,31	—	35,12
	TiO ₂ = 0,10	—	—	—
	Al ₂ O ₃ = 21,06	20,39	—	20,40
	Fe ₂ O ₃ = 1,78	1,26	—	2,06
	FeO = —	15,02	—	6,78
	MnO = 39,40	25,24	—	33,16
	CaO = 1,23	0,83	—	2,10
	MgO = 1,46	0,15	—	0,15
	100,79	99,20	—	99,77
	D = 4,0586	4,1577	4,2274	4,0632
	n^{Li} = 1,7989	1,8088	1,8090	1,7981
	n^{Na} = 1,7998	1,8142	1,8145	1,8038
	n^{Tl} = 1,8046	1,8172	1,8195	1,8078
	$n^{\text{Tl}} - n^{\text{Li}} = 0,0057$	0,0084	0,0105	0,0097
	$n^{\text{Tl}} - n^{\text{Na}} = 0,0048$	0,0030	0,0050	0,0040
	$n^{\text{Na}} - n^{\text{Li}} = 0,0009$	0,0054	0,0055	0,0057

Il y a à remarquer que la spessartine de Tokowaïa a des propriétés intermédiaires entre celles de Tsilaisina et d'Ambatofotsikely, si ce n'est que la teneur en Fe₂O₃ et en CaO est assez élevée. La dispersion y est aussi notablement plus forte que dans les autres variétés, abstraction faite de la spessartine accompagnant le quartz.

Oligiste, Tokowaïa.

Le cristal étudié mesure de 2 à 3 cm. de plus grande dimension ; il est de couleur gris foncé à noir de fer. La cassure est un peu

conchoïdale. La dureté est de 6 et la poussière brun rouge. La densité prise sur ce cristal, du poids de 30,1194 gr., est $D = 5,2614$.

L'aplatissement suivant la base est bien marqué (fig. 46). Les formes prédominantes sont :

la base $a^1 = (0001)$ bien développée ;
l'isocéloèdre $e_3 = d^{1/2} d^1 b^1 = (2243)$
très constant ;

le rhomboèdre direct $p = (10\bar{1}1)$ encore assez conséquent ;

le rhomboèdre inverse $e^{1/2} = (01\bar{1}1)$ de développement très irrégulier.

Les paramètres adoptés sont ceux de Kokscharoff :

$$a : c = 1 : 1,3656$$

Les angles ont été mesurés au goniomètre d'application.

Angles.	Observé.	Calculé.
$p a^1 = (10\bar{1}1)(0001) =$	$57^\circ 30'$	$57^\circ 37'$
$p p = (10\bar{1}1)(\bar{1}101) =$	—	$94^\circ 0'$
$e^{1/2} a^1 = (01\bar{1}1)(0001) =$	$57^\circ 30'$	$57^\circ 37'$
$e^{1/2} p = (01\bar{1}1)(10\bar{1}1) =$	$50^\circ 0'$	$49^\circ 57'$
$e_3 p = (22\bar{4}3)(0001) =$	$61^\circ 30'$	$61^\circ 13'$
$e_3 e_3 = (22\bar{4}3)(4\bar{2}23) =$	$52^\circ 0'$	$51^\circ 59'$
$e_3 p = (22\bar{4}3)(10\bar{1}1) =$	$26^\circ 0'$	$25^\circ 59'$

Rutile, Tokowaïa.

J'ai étudié deux échantillons de rutile ; le premier est un cristal très allongé, de 3,5 cm. suivant l'axe prismatique, pour 3 à 4 mm. de section transversale. Les faces du prisme sont très fortement

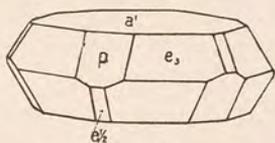


Fig. 46. — Oligiste ; Tokowaïa.

striées et même cannelées. Le cristal est brun rougeâtre et opaque, mais près des arêtes il laisse passer une lumière d'un brun rouge, un peu orangé. La densité, prise sur le poids de 1,5601 gr., est $D = 4,1226$, soit donc assez faible.

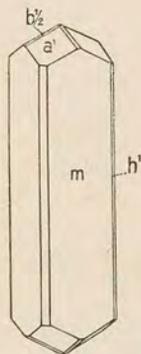


Fig. 47. - Rutile;
Tokowaïa, cristal
prismatique.

A part le prisme $m = (110)$, on trouve le dôme $a' = (101)$ prédominant, puis de très petites faces de $b^1 = (112)$ et de $h^1 = (100)$, venant tronquer les arêtes $a' a'$ et $m m$ (fig. 47).

Le second échantillon est trapu; il mesure de 1 à 1,5 cm. et présente la macle en roue caractéristique. La cristallisation y est très défectueuse, mais on peut encore cependant identifier la zone prismatique. On y trouve $m = (110)$ prédominant, puis $h^2 = (310)$ assez bien développé et finalement $h^1 = (100)$, sous forme de très étroites facettes. La densité prise sur ce second échantillon, du poids de 5,5223 gr., est $D = 4,2395$.

Les paramètres adoptés sont ceux de Miller :

$$a : c = 1 : 0,6442$$

Les angles, mesurés au goniomètre à réflexion de Mallard, sont les suivants :

Angles.	Observé.	Calculé.
$m m = (110) (\bar{1}\bar{1}0)$	$90^{\circ}0'$	$90^{\circ}0'$
$m h^1 = (110) (100)$	$45^{\circ}0'$	$45^{\circ}0'$
$a^1 a^1 = (101) (011)$	$45^{\circ}8'$	$45^{\circ}2'$
$a^1 a^1 = (101) (\bar{1}01)$	$65^{\circ}39'$	$65^{\circ}34'$
$a^1 b^1 = (101) (112)$	$22^{\circ}33'$	$22^{\circ}31'$
$b^1 b^1 = (112) (\bar{1}\bar{1}2)$	$49^{\circ}3'$	$48^{\circ}58'$
$m h^2 = (110) (310)$	$26^{\circ}40'$	$26^{\circ}34'$

Quartz, Tokowaïa.

Les cristaux qui m'ont été remis présentent un développement dissymétrique très particulier, donnant l'apparence monoclinique. Les formes développées sont celles communément rencontrées pour le quartz :

le rhomboèdre $p = (10\bar{1}1)$, très variable;

le rhomboèdre $e^{1/2} = (01\bar{1}1)$, très variable également;

le prisme $e^2 = (10\bar{1}0)$, généralement très peu développé.

Je distinguerai deux habitus bien différenciés :

(I) **Habitus monoclinique, prismatique** (fig. 48).

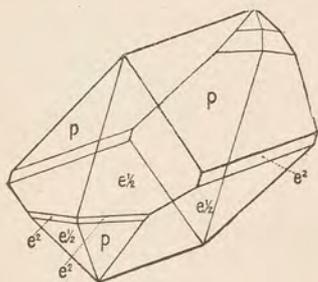


Fig. 48. — Quartz; Tokowaïa, habitus monoclinique prismatique.

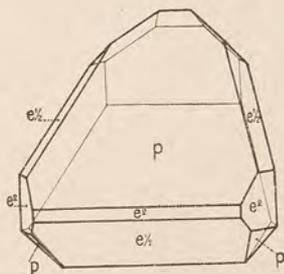


Fig. 49. — Quartz; Tokowaïa; habitus monoclinique tabulaire.

Les faces $(10\bar{1}1)$, $(01\bar{1}1)$ et leurs parallèles $(\bar{1}01\bar{1})$, $(0\bar{1}1\bar{1})$ sont très bien développées et leurs arêtes d'intersection jouent le rôle d'arêtes prismatiques. Les faces $(\bar{1}101)$, $(1\bar{1}01)$, $(\bar{1}10\bar{1})$ et $(1\bar{1}0\bar{1})$ sont de taille moyenne. Par contre, $(\bar{1}011)$, $(0\bar{1}11)$, $(01\bar{1}1)$ et $(10\bar{1}1)$ sont très petites, ainsi que les six faces de prisme.

L'un de ces cristaux prismatiques mesure 32 mm. suivant l'arête $[(10\bar{1}1)(01\bar{1}1)]$ et 13 mm. suivant une direction transversale.

(II) **Habitus monoclinique, tabulaire** (fig. 49).

Les faces $(10\bar{1}1)$ et $(\bar{1}01\bar{1})$ sont très larges et jouent le rôle de faces d'aplatissement. Les autres faces des rhomboédres p et $e^{1/2}$ sont petites, de même les faces prismatiques e^2 , à l'exception toutefois de $(\bar{1}100)$ et $(1\bar{1}00)$, qui sont assez bien développées.

L'un des cristaux étudiés mesurait 14 mm. sur 16 mm. pour la face d'aplatissement et 6 mm. d'épaisseur.

A part ce développement dissymétrique, les caractères sont tout à fait normaux. La densité, notamment, prise sur deux cristaux du poids de 9,6125 gr., est $D = 2,6478$.

Les angles mesurés au goniomètre d'application sont les suivants :

	Angles.	Observé.	Calculé.
$pp = (10\bar{1}1)(\bar{1}101)$		86°	$85^\circ 46'$
$pe^2 = (10\bar{1}1)(10\bar{1}0)$		38°	$38^\circ 13'$
$pe^{1/2} = (10\bar{1}1)(01\bar{1}1)$		46°	$46^\circ 16'$
$pe^2 = (10\bar{1}1)(01\bar{1}0)$		$66^\circ 30'$	$66^\circ 52'$

Grenat, Tokowaïa.

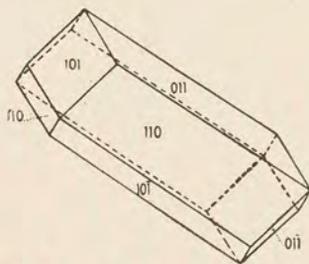


Fig. 50. — Grenat ; Tokowaïa, habitus prismatique.

J'ai étudié encore, appartenant à ce gisement, quelques cristaux de grenat, d'apparence dissymétrique également.

Ils ne sont pas transparents et sont de couleur brun noirâtre assez foncé ; on peut cependant, sur certaines parties un peu craquelées, observer, à l'aide d'une source lumineuse très intense, une coloration rouge foncé de la lumière transmise.

La seule forme rencontrée est le dodécaèdre rhomboïdal $b^1 = (110)$, avec les angles dièdres de 120° .

L'habitus est nettement prismatique par suite du développement des faces (110) , (011) , $(\bar{1}01)$, $(\bar{1}\bar{1}0)$, $(0\bar{1}\bar{1})$, $(10\bar{1})$, toutes identiques et allongées selon l'axe ternaire.

Parmi les faces terminales (101) et sa parallèle $(\bar{1}0\bar{1})$ sont assez larges, tandis que $(1\bar{1}0)$, $(0\bar{1}1)$, $(\bar{1}10)$, $(01\bar{1})$ sont plutôt réduites. La terminaison rappelle donc tout à fait certaines hornblendes.

La densité prise sur un cristal de 4,8237 gr. est $D = 3,2260$; donc voisine de celle du grossulaire.

§ 2. — GISEMENT DE SYSSERT

Les divers minéraux de cette région que j'ai étudiés ne proviennent pas, à proprement parler, d'un gisement défini, mais ils ont été récoltés en divers points de la Datcha. Ce sont :

1. un mica palmé, du type muscovite;
2. une tourmaline noire, en relation avec les zones serpentineuses.

Mica palmé. Syssert.

Le cristal étudié mesure 140 mm. de longueur, sur 120 mm. de largeur et 5 mm. d'épaisseur.

Le dispositif palmé (fig. 51) est dû aux plans de glissement suivant (135) et $(\bar{1}\bar{3}\bar{5})$, mais il n'y a pas, comme dans le minéral analogue d'Ampatsakana (Madagascar), de région centrale distincte de la palme, constituant en quelque sorte la nervure centrale.

L'allongement se fait ici selon l'axe $[100]$ et les deux traces des plans de glissement se raccordent sous un angle de 60° . Le cristal est limité par les faces $m = (110)$ et $(1\bar{1}0)$

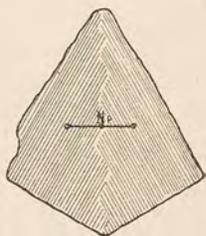


Fig 51. — Mica palmé; Sysseri.

et par des contours parallèles aux stries, donc perpendiculaires aux traces des faces m (soit en quelque sorte par $(\bar{1}30)$ et $(\bar{1}\bar{3}0)$).

La densité, prise par la méthode du flacon, sur un poids total de 17,5415 gr., est $D = 2,8160$.

La coloration est un gris jaune très pâle.

Le plan des axes optiques est perpendiculaire sur l'axe de symétrie de la palme, soit perpendiculaire à $g' = (010)$. L'axe n_p est pratiquement perpendiculaire sur le plan du clivage $p = (001)$ et la faible dispersion horizontale est accompagnée d'une dispersion des axes optiques, dans le sens $q > v$.

Les indices, mesurés au réfractomètre à demi-boule, sont les suivants :

$$\begin{array}{lll} \text{Pour Li:} & n_g = 1,5880 & n_m = 1,5831 & n_p = 1,5483 \\ n_g - n_p = 0,0397 & n_g - n_m = 0,0049 & n_m - n_p = 0,0348 \\ & 2V_{\text{calculé}} = 41^{\circ}8' \end{array}$$

$$\begin{array}{lll} \text{Pour Na:} & n_g = 1,5917 & n_m = 1,5870 & n_p = 1,5515 \\ n_g - n_p = 0,0402 & n_g - n_m = 0,0047 & n_m - n_p = 0,0355 \\ & 2V_{\text{calculé}} = 40^{\circ}0' \end{array}$$

$$\begin{array}{lll} \text{Pour Tl:} & n_g = 1,5946 & n_m = 1,5902 & n_p = 1,5541 \\ n_g - n_p = 0,0405 & n_g - n_m = 0,0044 & n_m - n_p = 0,0361 \\ & 2V_{\text{calculé}} = 38^{\circ}30' \end{array}$$

L'angle apparent des axes optiques a été mesuré à l'aide de l'appareil de Wülfing et l'angle $2V$ a été ensuite calculé à l'aide des valeurs de n_m ci-dessus.

$$\begin{array}{ll} \text{Li:} & 2E = 65^{\circ}59' ; \quad 2V = 40^{\circ}14' \\ \text{Na:} & 2E = 65^{\circ}16' ; \quad 2V = 39^{\circ}54' \\ \text{Tl:} & 2E = 65^{\circ}8' ; \quad 2V = 39^{\circ}34' \end{array}$$

Les constantes de la dispersion sont donc :

$$n_g^{Tl} - n_g^{Li} = 0,0066 ; \quad n_g^{Tl} - n_g^{Na} = 0,0029 ; \quad n_g^{Na} - n_g^{Li} = 0,0037$$

$$n_m^{Tl} - n_m^{Li} = 0,0071 ; \quad n_m^{Tl} - n_m^{Na} = 0,0032 ; \quad n_m^{Na} - n_m^{Li} = 0,0039$$

$$n_p^{Tl} - n_p^{Li} = 0,0058 ; \quad n_p^{Tl} - n_p^{Na} = 0,0026 ; \quad n_p^{Na} - n_p^{Li} = 0,0032$$

$$(n_g - n_p)^{Tl} - (n_g - n_p)^{Li} = 0,0008 ; \quad (n_g - n_p)^{Tl} - (n_g - n_p)^{Na} = 0,0003$$

$$(n_g - n_p)^{Na} - (n_g - n_p)^{Li} = 0,0005$$

$$(n_g - n_m)^{Tl} - (n_g - n_m)^{Li} = -0,0005 ; \quad (n_g - n_m)^{Tl} - (n_g - n_m)^{Na} = -0,0003$$

$$(n_g - n_m)^{Na} - (n_g - n_m)^{Li} = -0,0002$$

$$(n_m - n_p)^{Tl} - (n_m - n_p)^{Li} = 0,0013 ; \quad (n_m - n_p)^{Tl} - (n_m - n_p)^{Na} = 0,0006$$

$$(n_m - n_p)^{Na} - (n_m - n_p)^{Li} = 0,0007$$

$$2V_{obs.}^{Tl} - 2V_{obs.}^{Li} = -0^{\circ}40' ; \quad 2V_{obs.}^{Tl} - 2V_{obs.}^{Na} = -0^{\circ}20'$$

$$2V_{obs.}^{Na} - 2V_{obs.}^{Li} = -0^{\circ}20' ^1$$

Les caractères sont assez analogues à ceux du mica palmé d'Am-patsakana et la dispersion y est également forte.

Tourmaline noire. Sysseret.

Ce minéral se présente en prismes plus ou moins courts, parfois en groupements d'allure centro-radiées ou de disposition en éventail.

Les prismes peuvent mesurer au maximum jusqu'à 60 à 100 mm. de longueur, sur 10 à 15 mm. de diamètre. Ils sont de couleur

¹ La dispersion des axes optiques est calculée d'après les valeurs observées, les formules donnant $2V$ d'après les indices sont en effet beaucoup trop sensibles, même à la cinquième décimale.

noire, opaques, et les faces assez mal formées; j'ai cependant pu, au goniomètre d'application, reconnaître les angles de 120° d'un prisme hexagonal.

Les cristaux sont noyés dans une pâte constituée presque uniquement par de la chlorite (variété ripidolite) de caractères suivants :

Clivage $p = (001)$, plan des axes optiques perpendiculaire à $g^1 = (010)$. La bissectrice aiguë positive forme un angle de 1 à 2° avec la normale à $p = (001)$.

$n_g - n_p = 0,003$. La dispersion est moyenne et le polychroïsme est le suivant :

n_g incolore. n_p vert bleuâtre.

L'angle des axes optiques semble un peu variable, de 0 à 20° environ. On observe souvent des groupements centro-radiés ou en éventail, et la dimension des lamelles s'exagère fréquemment au voisinage de la tourmaline et de la magnétite, dont on trouve quelques petits octaèdres. On rencontre encore un peu de muscovite, à caractères habituels, moulant les cristaux de tourmaline. Ceux-ci se présentent en coupe mince, criblés d'une très grande quantité de petits grains idiomorphes d'épidote, et d'un peu de sphène.

Tourmaline. L'angle des axes optiques, observé en lumière convergente, est pratiquement nul; la dislocation est à peine perceptible et varie du reste suivant les sections.

Les indices de réfraction ont été déterminés au réfractomètre à demi-boule :

Pour Li :	$n_g = 1,6485$	$n_p = 1,6247$	$n_g - n_p = 0,0238$
Pour Na :	$n_g = 1,6515$	$n_p = 1,6281$	$n_g - n_p = 0,0234$
Pour Tl :	$n_g = 1,6549$	$n_p = 1,6320$	$n_g - n_p = 0,0229$

D'où pour la dispersion :

$$n_g^{\text{Ti}} - n_g^{\text{Li}} = 0,0064 ; \quad n_p^{\text{Ti}} - n_p^{\text{Li}} = 0,0073$$

$$(n_g - n_p)^{\text{Ti}} - (n_g - n_p)^{\text{Li}} = - 0,0009$$

$$n_g^{\text{Ti}} - n_g^{\text{Na}} = 0,0034 ; \quad n_p^{\text{Ti}} - n_p^{\text{Na}} = 0,0039$$

$$(n_g - n_p)^{\text{Ti}} - (n_g - n_p)^{\text{Na}} = - 0,0005$$

$$n_g^{\text{Na}} - n_g^{\text{Li}} = 0,0030 ; \quad n_p^{\text{Na}} - n_p^{\text{Li}} = 0,0034$$

$$(n_g - n_p)^{\text{Na}} - (n_g - n_p)^{\text{Li}} = - 0,0004$$

Polychroïsme : n_g = vert brun foncé, n_p = brun jaune pâle.

La densité, prise sur quelques fragments de cristaux, bien débarrassés de leur gangue, du poids total de 16,0958 gr., est $D = 3,1191$. Ce chiffre ne peut évidemment être rigoureusement exact, vu les inclusions de la tourmaline.

Quant à la masse verdâtre chloriteuse, sa densité, prise sur quelques fragments du poids de 8,3926 gr., est $D = 2,9752$ (ripidolite 2,96, présence de magnétite).

La composition chimique de la tourmaline, résultant de l'analyse d'un matériel trié à la loupe, puis purifié par les liqueurs lourdes, est la suivante :

SiO ₂	=	33,72
TiO ₂	=	2,52
Al ₂ O ₃	=	29,19
Fe ₂ O ₃	=	4,99
FeO	=	5,14
MnO	=	0,40
CaO	=	1,70
MgO	=	7,97
Li ₂ O	=	traces
K ₂ O	=	0,22
Na ₂ O	=	1,04
B ₂ O ₃	=	8,73
Fl	=	0,50
H ₂ O	=	2,40
Total	=	98,52

CHAPITRE III.

SUR L'AMPHIBOLE DES DIORITES PEGMATITES DES GITES PLATINIFÈRES DE L'OURAL

§ 1. — GISEMENTS

Sur la presque totalité des gîtes platinifères de l'Oural on trouve dans des conditions toujours identiques des filons d'une diorite-pegmatite à éléments souvent gigantesques, qui a été décrite déjà par MM. Duparc et Pearce dans le deuxième volume de leurs « Recherches géologiques et pétrographiques sur l'Oural du Nord ». Ces roches, disposées en filons, dont l'épaisseur peut dépasser un mètre, traversent indifféremment les dunites massives ou les pyroxénites. Tantôt elles se rencontrent dans l'une seulement de ces deux roches, tantôt dans les deux simultanément. Ces pegmatites sont formées par des cristaux de hornblende verte non terminés, qui peuvent mesurer jusqu'à 0,30 m. de longueur et 0,10 de diamètre, et qui généralement restent de taille volumineuse, ils sont associés à un labrador blanc ou grisâtre souvent parfaitement frais. Généralement les filons ne sont pas très continus, mais peuvent être régionalement excessivement nombreux, à tel point que l'on pourrait penser *a priori*, que cette roche forme de gros dykes, par l'abondance de ses débris parmi les blocs qui proviennent du morcellement du sol en place.

Si l'on prend la succession des gîtes platinifères du Sud au Nord

de la chaîne de l'Oural, on trouve tout d'abord celui de l'Omoutnaïa, dans la Syssertskaya datcha. Ici, d'après les renseignements fournis par M. le professeur Duparc, les pegmatites en question sont abondantes et traversent exclusivement la dunite.

A Taguil il ne paraît pas en exister, car ces roches n'ont été signalées ni par M. Wissotsky, ni par M. Duparc.

A Barantcha, les diorites-pegmatites se rencontrent, mais cette fois dans les pyroxénites exclusivement, ce gîte ne comportant pas de dunites. Sur l'Iss, dans les deux gisements de Tswetli-Bor et de Véressowy-Ouwal elles font défaut également, alors que les roches filoniennes à hornblende, appelées Issites par M. Duparc, sont très abondantes dans les deux massifs dunitiques.

Par contre, au Kaménouchky, les pegmatites gigantoplasmatiques à hornblende jouent un rôle considérable. On les trouve dans les pyroxénites comme dans les dunites, mais c'est principalement dans ces roches qu'elles sont très abondantes. Aux sources de la Balchaïa-Kaménouchka, qui coule sur le flanc oriental du gisement dunitique des Kaménouchky, elles sont si abondantes que les cailloux de l'alluvion de cette rivière en sont presque exclusivement formés, et que, en certains endroits où l'on a abattu la forêt et où on a fouillé le sol, on ne trouve que des blocs de ces roches parmi quelques rares fragments de dunite. Il est évident qu'elles doivent former en cet endroit un véritable réseau de filons dans la dunite massive.

Au Koswinsky, aussi bien dans le gîte dunitique du Sosnowsky-Ouwal que dans celui qui forme l'éperon de cette montagne du côté du versant sibérien, M. Duparc n'a jamais rencontré de ces pegmatites, pas plus d'ailleurs que dans l'énorme culot de pyroxénites qui constitue le Koswinsky lui-même. Par contre, elles sont très abondantes dans le massif du Tilai-Kanjakowsky, principalement dans le voisinage du gîte dunitique platinifère primaire du Jow. Là elles ne sont jamais dans la dunite, mais bien dans les

pyroxénites, tout près de la dunité massive il est vrai. C'est aux sources mêmes de la rivière Poloudniéwaïa, qui s'avance dans la dunité, que l'on trouve les plus gros filons de ces roches. A une centaine de mètres en aval du contact de la dunité massive avec les pyroxénites, le lit de la rivière en a érodé un gros filon qui mesure plus de deux mètres d'épaisseur et qui se distingue par la dimension vraiment gigantesque de ses minéraux constitutifs.

Dans les massifs pyroxénitiques du Kazansky-Tokaïsky, à l'Est de la chaîne du Cérébriansky et du gisement de Jow, M. le professeur Duparc a tout récemment trouvé des pegmatites analogues traversant ici encore les pyroxénites. Ces filons se trouvent sur la crête même de la montagne et sont parfois exceptionnellement abondants.

A Gladkaïa-Sopka, le gisement dunitique qui vient au Nord de celui du Jow, à proximité du grand massif éruptif basique du Kumba-Zolotoï-Kamen, ne renferme pas de pegmatites à hornblende, mais ces roches se retrouvent à plusieurs reprises dans les gabbros et gabbros-diorites, qui forment les contreforts du Kumba, comme les Bruskowaïa, par exemple.

Plus au Nord, ces pegmatites ont été retrouvées par M. le professeur Lewinson Lessing dans le massif du Daneskin-Kamen, constitué par un culot pyroxénitique traversé par des boutonnières de dunité massive.

Enfin, plus loin encore vers le Nord, M. le professeur Duparc les a retrouvées dans le grand massif éruptif basique, qui constitue la chaîne de Tchistop, à l'Est des sources de la Wichera.

Ces pegmatiques ont donc une réelle généralité. Il est à remarquer que dans certaines localités les mêmes roches renferment encore de très grands cristaux de pyroxène, et que parfois la hornblende paraît manifestement y provenir de cet élément. C'est d'ailleurs ce que l'on peut nettement voir au Kaménouchky, où certains filons de ces diorites traversent à l'emporte-pièce les pyroxénites.

Dans l'étude des amphiboles de ces roches intéressantes, j'ai utilisé des pegmatites provenant de Kaménouchky, Poloudniéwaïa, Omoutnaïa et de l'Oural du Nord (Khoï-ekva et Tschistop), récoltées par M. le professeur Duparc au cours de ses explorations dans l'Oural.

§ 2. — PROCÉDÉS DE TRAVAIL

Pour chacune des amphiboles étudiées, j'ai fait tailler quatre préparations :

1° Une coupe quelconque, sur laquelle j'ai déterminé l'orientation optique et les caractères de l'ellipsoïde par la méthode de Fedoroff. J'ai toujours, parmi les diverses sections de la coupe, choisi celle qui était aussi quelconque que possible et qui pouvait me fournir les deux axes optiques, ou au moins l'un d'entre eux. Je donnerai dans chaque cas les coordonnées des axes d'élasticité ou des normales aux plans de clivage amenés en coïncidence avec l'axe J de la platine ; soit n° pour l'axe N et h° pour l'axe H. Pour éviter les causes d'erreur, je considérerai toujours les inclinaisons du disque central du côté de l'observateur, ce que je puis toujours faire en tournant au besoin de 180° autour de N. (L'axe J est dirigé vers l'observateur.) Les coordonnées n et h sont chaque fois la moyenne de 10 à 20 déterminations. Pour les coordonnées des axes optiques A et B dans le plan perpendiculaire à N_m (J_A et J_B), j'indiquerai chaque fois le sens d'inclinaison de la platine autour de J, inverse évidemment du sens de report sur l'hémisphère de Nikitin ou sur le canevas.

La figure 52 représente, comme exemple de détermination, les données obtenues par la hornblende de Kamenouchky (voir § 3).

Les biréfringences principales $n_g - n_p$, $n_g - n_m$, $n_m - n_p$ ont aussi été déterminées sur cette préparation, après avoir amené n_g ,

n_m ou n_p parallèle à l'axe du microscope et avoir placé les nicols à 45° de l'axe J. Le retard a été mesuré au compensateur de Babinet; quant à l'épaisseur, j'ai tenu à employer les deux méthodes, du duc de Chaulnes et du professeur Nikitin. Pour cette dernière, j'ai

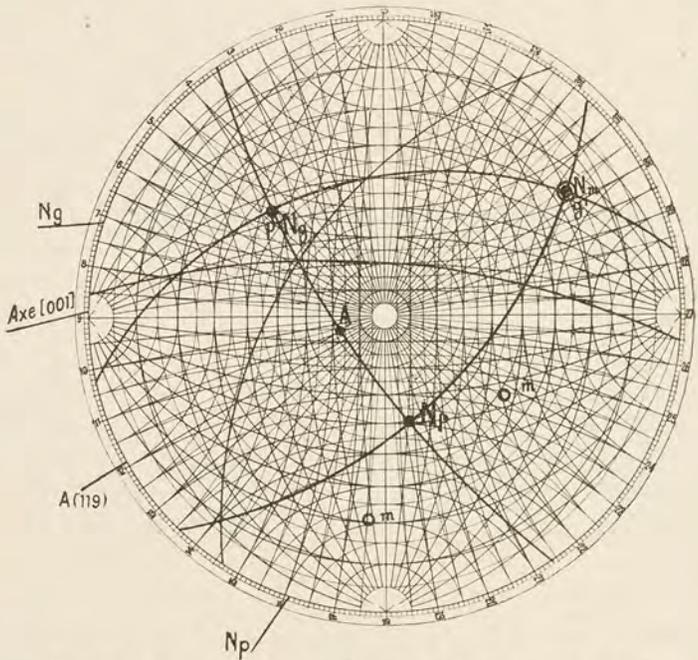


Fig. 52. — **Hornblende de Kamenouchky**; éléments optiques et cristallographiques relevés sur le canevas stéréographique de Fedoroff.

toujours choisi une cassure aussi large que possible et j'ai mesuré la largeur pour divers angles d'inclinaison φ , en faisant chaque fois une série de lectures. La formule $E = \frac{d \cos \varrho}{\sin (\varphi + \varrho)}$ donne alors

des séries de valeurs très concordantes, si l'on a eu soin de bien repérer la position de l'oculaire micrométrique pour laquelle on a déterminé la valeur d'une division du tambour de la vis micrométrique.

La même section a ensuite été transportée sur un microscope ordinaire et l'épaisseur mesurée à l'aide d'un objectif à immersion à huile de cèdre par la méthode du duc de Chaulnes. Les résultats obtenus s'écartent rarement de plus de 0,001 mm. à 0,0015 mm. de la moyenne fournie par l'autre méthode.

J'ai également déterminé la position des plans de clivage $m = (110)$ ($1\bar{1}0$), $g^1 = (010)$ et $p = (001)$, ce qui m'a permis de mesurer l'angle d'extinction, compris entre n_g et l'arête prismatique.

Quant à l'angle $2V$ des axes optiques, il est donné directement lorsque l'axe N_m peut être amené en coïncidence avec J .

Les coordonnées indiquées correspondent à des angles corrigés de la réfraction, au moment même de la détermination, à l'aide du diagramme de Nikitin, d'après l'indice moyen des amphiboles.

Les mesures ont été faites en lumière monochromatique du sodium, quelques mesures préliminaires en lumière blanche m'ayant montré trop peu de précision, vu la dispersion.

2° Une section parallèle au plan des axes optiques, sur laquelle j'ai mesuré directement l'angle d'extinction et noté le polychroïsme.

3° Une section perpendiculaire à la bissectrice aiguë n_p , sur laquelle j'ai déterminé, outre le polychroïsme et la dispersion, l'angle $2H$ des axes optiques, à l'aide de l'appareil de Wulffing; cet angle $2H$ a été mesuré dans de l'huile de cèdre d'indice $\mu = 1,5150$ et l'angle $2V$ a ensuite été calculé à l'aide de l'indice n_m . Sur cette même section j'ai déterminé au réfractomètre à demi-boule les trois indices principaux n_g , n_m , n_p .

4° Une section perpendiculaire à la bissectrice obtuse n_g , sur laquelle j'ai déterminé également les indices principaux.

L'angle des axes optiques a finalement été encore obtenu par le calcul à l'aide de n_e , n_m , n_p . Quant à la densité, elle a été déterminée par la méthode du flacon sur du matériel trié par les liqueurs lourdes et finalement au microscope binoculaire.

§ 3. — HORNBLLENDE DE KAMENOUCHKY

Densité déterminée sur un poids total de 3,4293 gr. : $D = 3,2236$.

Section quelconque (fig. 52) :

$$\begin{array}{llll} n_1 = 304,0 & h_1 = 17,0 & J = N_m & J_A = 5^\circ \text{ gauche} \\ n_2 = 46,6 & h_2 = 35,2 & J = N_g & \\ \text{par construction : } n_3 = 193,1 & h_3 = 50 & J = N_p & \end{array}$$

Relevé des clivages¹ :

$$\begin{array}{lll} n = 236,3 & h = 38,4 & J = m \\ n = 175,2 & h = 20,8 & J = m \\ n = 304,3 & h = 17,0 & J = g^1 \end{array}$$

Plan des cassures :

$$n = 47,5 \quad h = 37,0 \quad J = p$$

Le deux clivages m se coupent sous un angle de 124° et leur intersection, donnant l'arête prismatique, forme un angle de $18^\circ,5$ avec N_g . Le plan de symétrie $N_g N_p$ contient encore la normale p au plan de cassures (001), située à 16° de l'arête prismatique.

On trouve encore un clivage assez fin, parallèle au plan $N_g N_p$ et qui n'est autre que $g^1 = (010)$.

¹ Les coordonnées indiquées sont toujours celles des pôles des plans.

L'angle des axes optiques, déduit de la position d'un seul axe optique, est $2V = -84^\circ$.

$n_g - n_m = 0,011$ $n_g - n_p$ et $n_m - n_p$ ne peuvent être mesurés, car les axes n_m et n_g sont trop inclinés sur la normale à la section.

Section parallèle au plan des axes optiques :

Angle d'extinction de 19° pour N_g par rapport à la trace du clivage m .

Section normale à la bissectrice aiguë :

Dispersion inclinée plutôt faible, accompagnée d'une dispersion des axes optiques dans le sens $q < v$.

$$n_g = 1,6817 \quad n_m = 1,6710 \quad n_p = 1,6579$$

$$2H = 95^\circ 24' \quad \text{d'où} \quad 2V = 84^\circ 13'$$

Section normale à la bissectrice obtuse :

$$n_g = 1,6818 \quad n_m = 1,6712 \quad n_p = 1,6580$$

Résumé :

Système monoclinique, plan des axes optiques $\parallel g^1 = (010)$, n_g à $18^\circ,7$ de l'arête prismatique dans l'angle ph^1 obtus de 74° . Clivages faciles $m = (110)$ ($1\bar{1}0$), difficile suivant $g^1 = (010)$, cassures $p = (001)$. Signe optique —.

Polychroïsme : $n_g =$ vert bleuâtre.

$n_m =$ vert jaunâtre, un peu brunâtre.

$n_p =$ vert jaune pâle.

$$n_g = 1,68175 \quad n_m = 1,67110 \quad n_p = 1,65795$$

$$2V_{\text{calculé}} = -83^\circ 58'$$

$$2H = 95^\circ 24' \quad \text{d'où} \quad 2V_{\text{obs.}} = -84^\circ 13'$$

$2V_{\text{observé}}$ d'après la méthode de Fedoroff = $-84^\circ,0$

Calculé: $n_g - n_p = 0,02380$ $n_g - n_m = 0,01065$ $n_m - n_p = 0,01315$
 Observé: — $n_g - n_m = 0,011$ —

Dispersion inclinée faible et dispersion des axes optiques avec $\rho < v$.

Le dosage de quelques éléments a fourni les chiffres suivants :

SiO₂ = 40,35
 TiO₂ } = 23,38
 Fe₂O₃ }
 Al₂O₃ = 9,82
 CaO = 12,10
 MgO = 12,37

§ 4. — HORNBLÉNDE DE POLOUDNIEWAÏA

Densité déterminée sur un poids total de 2,6349 gr. : D = 3,2243.

Section quelconque :

$n_1 = 356,8$ $h_1 = 0$ $J = N_m$ $J_A = 25,0$ droite
 $n_2 = 267,4$ $h_2 = 14,8$ $J = N_g$
 par construct. : $n_3 = 86,2$ $h_3 = 75,0$ $J = N_p$

Relevé des plans de clivage et de cassure :

$n = 356,8$ $h = 0$ $J = g^1$
 $n = 267,3$ $h = 16,2$ $J = p$
 $n = 42,0$ $h = 48,5$ $J = m$
 $n = 132,5$ $h = 48,5$ $J = m$

Les deux clivages m se coupent sous un angle de 124° et l'arête prismatique d'intersection est à 17° de N_g.

Clivage $p = (001)$, dont la normale est à $15^{\circ},7$ de l'arête prismatique. Clivage peu marqué parallèle à $N_g N_p = g^t = (010)$.

Angle des axes optiques $2V = -80^{\circ}$.

N_p peut être amené parallèle à l'axe du microscope, d'où $n_g - n_m = 0,01090$.

Section parallèle au plan des axes optiques :

N_g forme un angle de $18^{\circ},5$ avec la trace du clivage prismatique.

Section normale à la bissectrice aiguë :

Dispersion inclinée assez marquée et dispersion des axes optiques avec $\varrho < v$.

$$n_g = 1,6823 \quad n_m = 1,6719 \quad n_p = 1,6580$$

$$2H = 82^{\circ}34' \quad \text{d'où} \quad 2V = 78^{\circ}30'$$

Section normale à la bissectrice obtuse :

$$n_g = 1,6819 \quad n_m = 1,6720 \quad n_p = 1,6578$$

Résumé :

Système monoclinique, plan des axes optiques $\parallel g_1 = (010)$, n_g à $17^{\circ},7$ de l'arête prismatique dans l'angle ph^t obtus de $74^{\circ},3$. Clivages faciles m avec $(110)(1\bar{1}0) = 124^{\circ}$, difficile suivant $g^t = (010)$, cassures $p = (001)$. Signe optique —.

Polychroïsme : $n_g =$ vert.

$n_m =$ vert brunâtre.

$n_p =$ brun verdâtre pâle.

$$n_g = 1,68210 \quad n_m = 1,67195 \quad n_p = 1,65790$$

$$2V_{\text{calculé}} = -80^{\circ}44'$$

$$2H = 82^{\circ}34' \quad \text{d'où} \quad 2V_{\text{obs.}} = -78^{\circ}30'$$

$$2V_{\text{observé}} \text{ d'après la méthode de Fedoroff} = -80^{\circ},0$$

$$\text{Calculé : } n_g - n_p = 0,02420 \quad n_g - n_m = 0,01015 \quad n_m - n_p = 0,01405$$

$$\text{Observé : } \quad \quad \quad n_g - n_m = 0,01090 \quad \quad \quad -$$

Dispersion inclinée et dispersion des axes optiques avec $\varrho < v$.

§ 5. — HORNBLLENDE DE L'OMOUTNAÏA

Densité déterminée sur un poids total de 9,4625 gr. : $D = 3,2259$.

Section quelconque :

$$\begin{aligned} n_1 &= 13,3 & h_1 &= 15,0 & J &= N_p \\ n_2 &= 279,0 & h_2 &= 17,0 & J &= N_m & J_A &= 33,0 \text{ gauche} \\ \text{par construct.} : n_3 &= 143,6 & h_3 &= 67,0 & J &= N_g \end{aligned}$$

Relevé des plans de clivage :

$$\begin{aligned} n &= 339,8 & h &= 4,0 & J &= m \\ n &= 215,3 & h &= 12,0 & J &= m \end{aligned}$$

Les deux clivages m forment un angle de $124^\circ,5$ et N_g est à 20° de l'arête prismatique.

$2V = -81^\circ$, d'après la position d'un axe optique. En amenant N_g suivant l'axe du microscope, on trouve :

$$n_m - n_p = 0,0130$$

Section parallèle au plan des axes optiques :

N_g forme un angle de 19° avec la direction de l'arête prismatique.

Section normale à la bissectrice aiguë :

Dispersion inclinée et dispersion des axes optiques avec $\rho < v$.

$$\begin{aligned} n_g &= 1,68207 & n_m &= 1,67294 & n_p &= 1,66076 \\ 2H &= 92^\circ 54' & \text{d'où} & & 2V &= 82^\circ 7' \end{aligned}$$

Section normale à la bissectrice obtuse :

$$n_g = 1,68199 \quad n_m = 1,67290 \quad n_p = 1,66066$$

Résumé :

Système monoclinique, plan des axes optiques $\parallel g^1 = (010)$,
 n_g à $19^\circ,5$ de l'arête prismatique; clivages m avec $(110)(\bar{1}\bar{1}0)$
 $= 124^\circ,5$. Signe optique —.

Polychroïsme: $n_g =$ vert légèrement bleuâtre.

$n_m =$ vert jaunâtre.

$n_p =$ jaune verdâtre pâle.

$$n_g = 1,68203 \quad n_m = 1,67292 \quad n_p = 1,66071$$

$$2V_{\text{calculé}} = -81^\circ 38'$$

$$2H = 92^\circ 54' \quad \text{d'où} \quad 2V_{\text{obs.}} = -82^\circ 7'$$

$$2V_{\text{observé}} \text{ d'après la méthode de Fedoroff} = -81^\circ$$

Calculé: $n_g - n_p = 0,02132$ $n_g - n_m = 0,00911$ $n_m - n_p = 0,01221$

Observé: — — $n_m - n_p = 0,0130$

Dispersion inclinée et dispersion des axes optiques avec $\rho < v$.

§ 6. — **HORNBLENDE DE L'OURAL DU NORD: KHOÏ-EKVA**
(N° 37 A)

Densité déterminée sur un poids total de 4,3926 gr.: $D = 3,2360$.

Section quelconque:

$$n_1 = 165,8 \quad h_1 = 25,0 \quad J = N_g$$

$$n_2 = 276,0 \quad h_2 = 36,5 \quad J = N_p$$

$$n_3 = 50,0 \quad h_3 = 43,3 \quad J = N_m \quad J_A = 5,3 \text{ gauche.}$$

Relevé des plans de clivage:

$$n = 277,0 \quad h = 2,0 \quad J = m$$

$$n = 319,6 \quad h = 43,6 \quad J = m$$

§ 7. — HORNBLLENDE DE L'OURAL DU NORD : TSCHISTOP
(N° 54 B)

Densité déterminée sur un poids total de 3,2632 gr. : $D = 3,2134$.

Section quelconque :

$$\begin{array}{lll} n_1 = 85,2 & h_1 = 7,9 & J = N_p \\ n_2 = 352,7 & h_2 = 18,0 & J = N_g \\ \text{par construction : } n_3 = 198,3 & h_3 = 70,2 & J = N_m \end{array}$$

Relevé des plans de clivage et de cassures :

$$\begin{array}{lll} n = 112,8 & h = 28,0 & J = m \\ n = 271,8 & h = 24,2 & J = m \\ n = 354,4 & h = 18,2 & J = p \end{array}$$

$$mm = (110)(1\bar{1}0) = 124^\circ.$$

N_g à 18° de l'arête prismatique.

p à 16° de l'arête prismatique, d'où $ph^1 = (001)(100) = 76^\circ$.

N_m étant amené parallèle à l'axe du microscope, on a $n_g - n_p = 0,020$.

Section parallèle au plan des axes optiques :

N_g forme un angle de $18^\circ,5$ avec l'arête prismatique.

Section normale à la bissectrice aiguë :

Dispersion inclinée faible et dispersion des axes optiques avec $\varrho < v$.

$$\begin{array}{lll} n_g = 1,67988 & n_m = 1,67110 & n_p = 1,65840 \\ 2H = 90^\circ 33' & \text{d'où} & 2V_{\text{obs.}} = 80^\circ 12' \end{array}$$

Section normale à la bissectrice obtuse :

$$n_g = 1,67974 \quad n_m = 1,67116 \quad n_p = 1,65828$$

Résumé :

Système monoclinique, plan des axes optiques // $g^1 = (010)$, N_g à $18^\circ,2$ de l'arête prismatique dans ph^1 obtus; clivages m avec $(110)(1\bar{1}0) = 124^\circ$, $p = (001)$ avec $ph^1 = (001)(100) = 76^\circ$. Signe optique —.

Polychroïsme: $n_g =$ vert légèrement bleuâtre.

$n_m =$ vert jaunâtre.

$n_p =$ jaune vert très pâle.

$$n_g = 1,67981 \quad n_m = 1,67113 \quad n_p = 1,65834$$

$$2V_{\text{calculé}} = -78^\circ 58'$$

$$2H = 90^\circ 33' \quad \text{d'où} \quad 2V_{\text{obs.}} = 80^\circ 12'$$

Calculé: $n_g - n_p = 0,02147$ $n_g - n_m = 0,00868$ $n_m - n_p = 0,01279$

Observé: $n_g - n_p = 0,020$ — —

Dispersion inclinée et dispersion des axes optiques avec $\rho < v$.

§ 8. — **HORNBLLENDE DE L'OURAL DU NORD : TSCHISTOP**

(N° 60 B)

Densité déterminée sur un poids total de 3,0205 gr.: $D = 3,2241$.

Section quelconque :

$$n_1 = 266,0 \quad h_1 = 16,5 \quad J = N_m \quad J_A = 22^\circ \text{ gauche}$$

$$n_2 = 4,0 \quad h_2 = 26,8 \quad J = N_p$$

$$\text{par construction : } n_3 = 147,0 \quad h_3 = 58,0 \quad J = N_g$$

Relevé des plans de clivage et de cassures :

$$n = 204,8 \quad h = 2,0 \quad J = m$$

$$n = 329,9 \quad h = 14,5 \quad J = m$$

$$n = 265,9 \quad h = 16,5 \quad J = g^1$$

$$n = 357,5 \quad h = 7,6 \quad J = h^1$$

$$mm = (110)(\bar{1}\bar{1}0) = 124^\circ.$$

N_g à 20° de l'arête prismatique; $2V = -80^\circ$.

En amenant N_g parallèle à l'axe du microscope, on trouve

$$n_m - n_p = 0,013$$

Section parallèle au plan des axes optiques :

N_g est à 20° de la trace du clivage prismatique.

Section normale à la bissectrice aiguë :

Dispersion inclinée et dispersion des axes optiques avec $\rho < v$.

$$N_g = 1,68240 \quad n_m = 1,67430 \quad n_p = 1,65760$$

$$2H = 90^\circ 6' \quad \text{d'où} \quad 2V = 79^\circ 38'$$

Section perpendiculaire à la bissectrice obtuse :

$$n_g = 1,68224 \quad n_m = 1,67422 \quad n_p = 1,65766$$

Résumé :

Système monoclinique; plan des axes optiques $\parallel g^1 = (010)$, N_g à 20° de l'arête prismatique; clivages m avec $mm = (110)(\bar{1}\bar{1}0) = 124^\circ$, difficile suivant $g^1 = (010)$, cassures $h^1 = (100)$. Signe optique —.

Polychroïsme: $n_g =$ vert.

$n_m =$ vert brunâtre.

$n_p =$ vert jaune pâle.

$$n_g = 1,68232 \quad n_m = 1,67426 \quad n_p = 1,65763$$

$$2V_{\text{calculé}} = -77^\circ 14'$$

$$2H = 90^\circ 6' \quad \text{d'où} \quad 2V_{\text{obs.}} = -79^\circ 38'$$

Calculé: $n_g - n_p = 0,02069$ $n_g - n_m = 0,00806$ $n_m - n_p = 0,01263$

Observé: — — $n_m - n_p = 0,013$

Dispersion inclinée et dispersion des axes optiques avec $\rho < v$.

La composition chimique, déterminée sur du matériel trié à la loupe, est la suivante :

SiO ₂	=	41,99
TiO ₂	=	0,18
Al ₂ O ₃	=	11,23
Fe ₂ O ₃	=	17,08
FeO	=	0,32
MnO	=	0,06
CaO	=	12,42
MgO	=	13,74
Na ₂ O	=	1,03
K ₂ O	=	0,09
H ₂ O	=	<u>2,32</u>
Total	=	99,48

§ 9. — HORNBLLENDE DE LA WAGRANSKAYA-DATCHA

Je n'ai eu pour l'étude de ce minéral qu'une coupe de la roche, contenant un certain nombre de sections quelconques. J'ai déterminé d'une part les indices de réfraction à l'aide de deux sections quelconques (réfractomètre de Pearce), puis ensuite, par la méthode de Fedoroff, j'ai déterminé une section, quelconque également.

Mesure des indices de réfraction :

1^{re} section : $n_g = 1,68495$ $n = 1,67513$ $n = 1,67626$ $n_p = 1,66490$

2^e section : $n_g = 1,68485$ $n = 1,68402$ $n = 1,67614$ $n_p = 1,66456$

moyenne : $n_g = 1,68490$ $n_m = 1,67620$ $n_p = 1,66473$

Section quelconque :

$n_1 = 314,8$ $h_1 = 15,2$ $J = N_p$

$n_2 = 215,8$ $h_2 = 31,4$ $J = N_m$ $J_A = 30,5$ gauche

par construction : $n_3 = 66,5$ $h_3 = 44,4$ $J = N_g$

Relevé des plans de clivage :

$$n = 295,0 \quad h = 44,0 \quad J = m$$

$$n = 349,2 \quad h = 12,0 \quad J = m$$

$mm = (110)(1\bar{1}0) = 124^\circ$; N_g à 19° de l'arête prismatique,
 $2V = -83^\circ$.

En amenant $N_g \parallel$ axe du microscope, on obtient :

$$n_m - n_p = 0,012$$

Résumé :

Système monoclinique; plan des axes optiques $\parallel g^1 = (010)$,
 N_g à 19° de l'arête prismatique; clivages m avec $(110)(1\bar{1}0) = 124^\circ$.

Signe optique —.

Polychroïsme: $n_g =$ vert bleuâtre foncé.

$n_m =$ vert brunâtre.

$n_p =$ vert jaune pâle.

$$n_g = 1,68490 \quad n_m = 1,67620 \quad n_p = 1,66470$$

$$\text{Calculé: } n_g - n_p = 0,02017 \quad n_g - n_m = 0,00870 \quad n_m - n_p = 0,01147$$

$$\text{Observé: } \quad n_m - n_p = 0,012$$

$$2V_{\text{calculé}} = -82^\circ 6'$$

$$2V_{\text{observé}} \text{ d'après la méthode de Fedoroff} = -83^\circ$$

Dispersion inclinée et dispersion des axes optiques avec $\varrho < v$.

§ 10. — CONCLUSIONS GÉNÉRALES

Il est à remarquer que les propriétés optiques de ces amphiboles sont extrêmement voisines et que cette série se rattache nettement aux hornblendes communes.

Elles peuvent être caractérisées par une biréfringence assez forte et un grand angle des axes optiques. Pour résumer les conclusions, je donnerai ci-dessous le tableau des propriétés, avec la moyenne de chacune des constantes, pour toute la série.

N° du §	D	$\frac{100}{n_g}$	$N_g [001]$	n_g	n_m	n_p	$n_g - n_p$		$n_g - n_m$		$n_m - n_p$		2V		n_g	n_m	n_p	Polychroïsme.
							Calc.	Obs.	Calc.	Obs.	Calc.	Obs.	Calc.	Obs.				
3	3,2236	—	18,7	1,68175	1,67110	1,65795	0,02380	—	0,01065	0,0110	0,01315	—	83°58'	84°13'	vert bleuaître	vert jaunâtre	vert jaune pâle	
4	3,2243	—	17,7	1,68210	1,67195	1,65790	0,02420	—	0,01015	0,0109	0,01405	—	80°44'	78°50'	vert	vert brunâtre	brun verdâtre pâle	
5	3,2259	—	19,5	1,68203	1,67292	1,66071	0,02132	—	0,00911	—	0,01221	0,0130	81°38'	82°7'	vert bleuaître	vert jaunâtre	jaune verdâtre pâle	
6	3,2360	—	20,0	1,68562	1,67510	1,66284	0,02278	—	0,01052	—	0,01226	—	85°37'	84°12'	id.	vert d'herbe	id.	
7	3,2134	—	18,2	1,67981	1,67113	1,65834	0,02147	0,020	0,00868	—	0,01279	—	78°58'	80°12'	id.	vert jaunâtre	id.	
8	3,2241	—	20,0	1,68232	1,67426	1,65763	0,02069	—	0,00806	—	0,01263	0,0130	77°14'	79°38'	vert	vert brunâtre	vert jaune pâle	
9	—	—	19,0	1,68490	1,67620	1,66470	0,02017	—	0,00870	—	0,01147	0,0120	82°6'	83°	vert bleuaître foncé	id.	id.	
Moy.	3,2245	—	19,0	1,68279	1,67324	1,66001	0,02206	0,020	0,00941	0,0103	0,01265	0,01267	81°28'	81°42'	—	—	—	

TABLE DES MATIÈRES

	Pages
INTRODUCTION	9
CHAPITRE PREMIER. — Minéraux des pegmatites de Madagascar.	
§ 1. — <i>Gisements</i>	11
§ 2. — <i>Etude des minéraux d'Ambatofotsikely, le quartz et la muscovite</i>	13
§ 3. — <i>Etude des minéraux d'Ambatofotsikely, les espèces radioactives, la monazite, la columbite, l'ampangabéite, etc.</i>	19
Monazite, 19; Columbite, 30; Euxénite, 40; Minéral noir brillant du groupe de l'euxénite, 46; Ampangabéite, 46; Strüvérite, 53; Ilménite, 56.	
§ 4. — <i>Détermination de la radioactivité</i>	57
Procédé photographique, 58; Procédé photométrique, 58; Procédé par l'électroscope, 66; Conclusions, 68.	
§ 5. — <i>Autres minéraux de la pegmatite d'Ambatofotsikely : oligiste, spessartine, gahnite</i>	70
Oligiste, 70; Spessartine, 75; Gahnite, 77.	
§ 6. — <i>Minéraux de divers gisements (Ambatofotsikely, Ambo-sitra, Betaimby, Antsongombato)</i>	79
Ocre rouge, 79; Zircon, 80; Bismuthite, 83; Gisement de Betaimby : oligiste, magnétite, 83; Oligiste, 86; Magnétite, 87; Mica palmé, Ampatsakana, 88; Tourmaline noire, Antsongombato, 90; Apatite bleue, Antsongombato, 92; Quartz d'Antsongombato, 94.	

CHAPITRE II. — Minéraux de l'Oural.

	Pages
§ 1. — <i>Gisement de Tokowaïa</i>	95
Brookite, 95; Topaze rose, 98; Spessartine, 104; Oligiste, 106; Rutile, 107; Quartz, 109; Grenat, 110.	
§ 2. — <i>Gisement de Syssert</i>	111
Mica palmé, 111; Tourmaline noire, 113.	

CHAPITRE III. — Sur l'amphibole des diorites-pegmatites
des gîtes platinifères de l'Oural.

§ 1. — <i>Gisements</i>	116
§ 2. — <i>Procédés de travail</i>	119
§ 3. — <i>Hornblende de Kamenouchky</i>	122
§ 4. — <i>Hornblende de Poloudniewaïa</i>	124
§ 5. — <i>Hornblende de l'Omoutnaïa</i>	126
§ 6. — <i>Hornblende de l'Oural du nord</i> : Khoï Ekva, n° 37 A	127
§ 7. — <i>Hornblende de l'Oural du nord</i> : Tschistop, n° 54 B	129
§ 8. — <i>Hornblende de l'Oural du nord</i> : Tschistop, n° 60 B	130
§ 9. — <i>Hornblende de la Waganskaya-Datcha</i>	132
§ 10. — <i>Conclusions générales</i>	133
Liste des figures	137

LISTE DES FIGURES

	Pages
1. — <i>Muscovite</i> ; objectif n° 0, oculaire, n° 2 ; trainées colorées et inclusions de magnétite	14
2. — <i>Monazite</i> ; aplatissement selon h^1 et allongement selon $h^1 g^1$	19
3. — <i>Monazite</i> ; aplatissement selon h^1 , avec allongement $p h^1$.	19
4. — <i>Monazite</i> ; forme avec clinodômes	20
5. — <i>Monazite</i> ; forme avec a_3 et ω	20
6. — <i>Monazite</i> ; développement disymétrique, allongement $p e^{1/2}$	21
7. — <i>Monazite</i> ; hémitropie normale sur h^1 , avec interpénétration	21
8. — <i>Monazite</i> ; projection gnomonique	22
9. — <i>Columbite</i> ; groupement centro-radié	30
10. — <i>Columbite</i> ; habitus cubique	31
11. — <i>Columbite</i> ; habitus prismatique	31
12. — <i>Columbite</i> ; troisième type	32
13. — <i>Columbite</i> ; quatrième type	32
14. — <i>Columbite</i> ; habitus disymétrique	33
15. — <i>Columbite</i> ; forme en carène	33
16. — <i>Columbite</i> ; groupements lamellaires sur g^1	33
17. — <i>Columbite</i> ; groupements sur g^1	34
18. — <i>Columbite</i> ; groupements sur h^1	34
19. — <i>Columbite</i> ; projection gnomonique	39
20. — <i>Euxénite</i> ; groupement centro-radié	41
21. — <i>Euxénite</i> ; habitus prismatique	42
22. — <i>Euxénite</i> ; habitus tabulaire	42
23. — <i>Euxénite</i> ; projection gnomonique	44
24. — <i>Ampangabéite</i>	47
25. — <i>Strüvérite</i> ; habitus hémimorphe	53
26. — <i>Strüvérite</i> ; habitus dodécaédrique	53

	Pages
27. — <i>Strüvérite</i> ; projection gnomonique	55
28. — <i>Impressions radioactives</i>	59
29. — <i>Relation entre l'intensité des impressions et la durée d'ex-</i> <i>position</i>	64
30. — <i>Oligiste</i> inclus dans la muscovite	71
31. — <i>Oligiste</i> ; type rhomboédrique	71
32. — <i>Oligiste</i> ; type prismatique basal	72
33. — <i>Oligiste</i> ; type rhomboédrique basal, avec scalénoèdres	72
34. — <i>Oligiste</i> ; type basal rhomboédrique	73
35. — <i>Oligiste</i> ; type tabulaire	73
36. — <i>Spessartine</i> associée au quartz	76
37. — <i>Zircon</i> ; cristal disymétrique ; projection sur (001)	80
38. — <i>Oligiste</i> ; Betaimby	86
39. — <i>Mica palmé</i> ; Ampatsakana	89
40. — <i>Apatite bleue</i> ; groupement sur quartz (Q) avec rubellite (R) et feldspath (F)	92
41. — <i>Brookite</i> ; n° 1, Tokowaïa	96
42. — <i>Brookite</i> ; n° 2, Tokowaïa	96
43. — <i>Topaze rose</i> ; Tokowaïa, cristal prismatique	98
44. — <i>Topaze rose</i> ; Tokowaïa, projection gnomonique et figures lumineuses	100
45. — <i>Spessartine</i> ; Tokowaïa	104
46. — <i>Oligiste</i> ; Tokowaïa	107
47. — <i>Rutile</i> ; Tokowaïa, cristal prismatique.	108
48. — <i>Quartz</i> ; Tokowaïa, habitus monoclinique prismatique	109
49. — <i>Quartz</i> ; Tokowaïa, habitus monoclinique tabulaire	109
50. — <i>Grenat</i> ; Tokowaïa, habitus prismatique	110
51. — <i>Mica palmé</i> ; Syssert	111
52. — <i>Hornblende de Kamenouchky</i> ; éléments optiques et cristal- lographiques relevés sur le canevas stéréographique de Fedoroff	120

