

# Contribution à l'étude des scories de hauts fourneaux

Autor(en): **Galopin, Raymond**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische mineralogische und petrographische Mitteilungen  
= Bulletin suisse de minéralogie et pétrographie**

Band (Jahr): **10 (1930)**

Heft 2

PDF erstellt am: **11.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-11631>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

## Contribution à l'étude des scories de hauts fourneaux

par *Raymond Galopin*

### SOMMAIRE

Nous avons examiné un ensemble de scories de hauts fourneaux de provenances diverses et avons étudié les minéraux qui les constituent. Parmi ces minéraux se trouvent ceux que l'on rencontre couramment dans les roches basiques et dans les scories. Ce sont: la magnétite, les spinelles, la fayalite, l'åkermanite.

D'autres minéraux ont des propriétés nouvelles mais assez voisines de celles de l'olivine et de la mélilite pour qu'on puisse les considérer comme étant de la famille de ces dernières. Dans l'état de nos connaissances actuelles, nous pouvons admettre que ces minéraux nouveaux sont des mélanges isomorphes dont nous avons quelques termes voisins. Enfin, les scories étudiées ont encore fourni deux minéraux aux propriétés entièrement nouvelles.

### INTRODUCTION

Les scories de hauts fourneaux présentent des variations de constitution dues aux différences de conditions physiques dans lesquelles elles se sont formées, telles que pression, refroidissement rapide ou lent, etc... Elles sont sujettes aussi à de notables différences de composition dépendantes de la nature de la gangue accompagnant le minerai.

Une étude systématique d'un ensemble de scories de provenances diverses avait des chances d'apporter quelques faits nouveaux et de permettre quelques conclusions intéressantes. C'est cette étude qui nous a été proposée par M. le Professeur DUPARC, qui de plus, nous a remis tous les éléments nécessaires pour la mener à bien. Je le prie d'agréer ici tous mes sincères remerciements.

Il est évident que les conditions dans lesquelles les minéraux de scories prennent naissance ne peuvent se comparer tout à fait à celles qui régissent leur formation dans la nature, mais on ne peut nier leur parallélisme. Cela suffit à justifier une étude telle que celle qui fait le sujet du présent travail.

Nous avons examiné une série de scories provenant des hauts fourneaux de Westphalie; cette série désignée par la lettre S comprend les échantillons dont nous connaissons l'origine. La deuxième série inscrite sous la lettre A provient de France: nous n'avons pas d'indication relative à leur nature. Dans tout cet ensemble nous avons distingué trois catégories distinctes:

La première groupe des scories entièrement minéralisées ou n'ayant qu'un faible résidu vitreux; la deuxième comprend des scories chez lesquelles la partie minéralisée est en proportion sensiblement égale à la partie vitreuse et les scories chez lesquelles le résidu vitreux est très important mais où les minéraux formés sont bien déterminables. Enfin la troisième catégorie réunit les scories entièrement vitreuses et celles chez lesquelles la partie dévitrifiée est si petite ou si imprégnée de verre que sa détermination est impossible.

Les deux premières catégories sont intéressantes par leur composition et leur structure. Quant à la troisième, elle présente des structures variées non sans intérêt.

Le premier chapitre de notre travail sera consacré à l'étude des minéraux observés dans les scories des deux premières catégories. Le deuxième chapitre, décrira les structures des trois catégories.<sup>1)</sup>

Les minéraux rencontrés dans les scories entièrement minéralisées et chez celles renfermant un fort résidu vitreux sont sensiblement les mêmes. C'est pour cela que nous ne distinguerons pas nettement les deux premières catégories dans l'étude qui va suivre. Nous nous contenterons de signaler au fur et à mesure la nature de la scorie renfermant le minéral cité.

Les minéraux du système cubique ne se rencontrent que rarement et presque exclusivement comme éléments accessoires. Ce sont principalement des spinelles et du fer ou de la magnétite. Nous les indiquerons au cours de notre travail lorsque nous les rencontrerons.

Passant maintenant à l'étude des autres minéraux, nous décrirons dans un premier paragraphe ceux déjà connus, et en quelque sorte classiques dans les scories de hauts fourneaux. Le deuxième paragraphe comprendra les minéraux qui, par leurs caractères, principalement les propriétés optiques, diffèrent sensiblement de ceux que nous connaissons, mais qui cependant peuvent être considérés comme faisant partie de la famille de ceux du paragraphe précédent.

---

<sup>1)</sup> Voir R. GALOPIN, Contribution à l'étude des scories de Hauts Fourneaux. Thèse Genève 1930.

Enfin, les minéraux aux propriétés tout à fait nouvelles feront l'objet du troisième paragraphe.

Les indices de réfraction ont été déterminés par la méthode de BECKE au moyen des liquides d'indices croissants. Les valeurs des biréfringences que nous donnons sont les moyennes de plusieurs déterminations effectuées sur diverses sections orientées.

### 1. MINÉRAUX CONNUS IDENTIFIÉS

#### Coupe S 9 — Scorie d'étuve (Schweisschlacke) Duisburg

Le minéral, bien cristallisé, se présente au microscope sous forme de sections carrées ou rectangulaires, parfois en hexagones irréguliers ou en losanges; leurs dimensions varient entre 0.3 et 1 mm. Inégalement réparties dans de vastes espaces vacuolaires, ces sections sont imprégnées à leur périphérie par un verre brun foncé. Toute la masse est mouchetée de petits grains de magnétite. Ce minéral a un fort indice de réfraction et possède un clivage et des cassures bien marqués. Il s'éclaire de vives teintes de polarisation aux nicols croisés (fig. 1).

Ses propriétés optiques sont les suivantes:

Biaxe négatif; indice moyen de réfraction  $n = 1.86$ .

$$\begin{aligned} n_g - n_p &= 0.0508 \\ n_m - n_p &= .0426 & - 2V &= 47^\circ \\ n_g - n_m &= .0078 \end{aligned}$$

Les trois sections principales sont à extinction droite, nous avons donc un minéral du système orthorhombique.

L'allongement est selon  $n_m$ .

La clivage facile	perpendiculairement à	$n_p$
„ difficile	„	à $n_m$
„ trace	„	à $n_g$

Angle réel mesuré sur section  $S_{nm} = 131^\circ$  couleur jaune pâle mais pas de polychroïsme appréciable.

L'ensemble de ces propriétés permet d'identifier notre minéral avec la fayalite. WINCHELL,<sup>1)</sup> en effet, donne pour celle-ci les valeurs suivantes:

$$n_g - n_p = 0.050 \quad - 2V = 49^\circ.$$

Plan des axes optiques parallèles à (001), la bissectrice aiguë  $n_p$  normale à (010)

Clivage facile	selon	010 ( $\perp n_p$ )
„ difficile	„	001 ( $\perp n_m$ )
„ traces	„	100 ( $\perp n_g$ )

<sup>1)</sup> WINCHELL, Optical mineralogy, édition 1909 et 1927, Tome II.

ROSENBUSCH<sup>2)</sup> qui donne le même orientation mesure pour 110 : 110 un angle de 130° 3', notre minéral est donc bien de la fayalite.

#### Coupe S 16 b — Scorie d'acier (Stahleisen-Schlacke) Georg-marienhütte

La scorie apparaît sous le microscope comme un agrégat de sections rectangulaires dont les dimensions varient entre 0.8 et 1.5 mm. Cette masse est percée d'assez nombreuses vacuoles. Un verre brunâtre en lumière naturelle et presque complètement opaque aux nicols croisés imprègne largement le tout. Cette scorie est de notre deuxième catégorie, soit celle des scories semi-vitreuses.

Le minéral est uniaxe, positif, incolore en lumière naturelle; son indice de réfraction  $n = 1.64$ .

Sa biréfringence  $n_g - n_p = 0.0056$ .

La section, parallèle à l'axe optique, a un clivage facile, perpendiculaire à  $n_g$  et un aplatissement accentué selon la base. Le verre, en voie de dévitrification, donne naissance soit à de petits fragments de biréfringence moyenne, soit à de petits microlites vitreux parallèles et isotropes. Il est disposé souvent avec symétrie dans les sections du minéral.

Par ses propriétés optiques telles que son indice relativement fort, sa biréfringence faible et ses propriétés cristallographiques, ce minéral se rattache au groupe de la mélilite. Son signe optique étant positif, nous pouvons le considérer comme de l'åkermanite.

WINCHELL donne en effet pour ce minéral un indice  $N_e = 1.639$  et une biréfringence  $n_g - n_p = 0.006$ . Ses propriétés cristallographiques, c'est à dire son clivage et son aplatissement parallèles à la base, sont celles de la mélilite. L'åkermanite ne diffère de la mélilite que par son signe qui est positif et par sa biréfringence maxima un peu plus forte. Nous verrons d'ailleurs dans le paragraphe suivant à quelles variations sont sujets les minéraux de ce groupe.

## 2. MINÉRAUX POUVANT SE RAPPORTER A LA CLASSE DE LA MELILITE ET DE L'OLIVINE

### A — *Minéraux de la classe de la Mélilite*

Si nous examinons en premier lieu les scories qui ne renferment que des minéraux du groupe de la mélilite, nous constatons qu'elles

<sup>2)</sup> ROSENBUSCH, Physiographie der massigen Gesteine. Stuttgart 1907—1908.

appartiennent toutes à la catégorie des scories semi-vitreuses, et de plus avec une proportion de verre relativement forte que l'on peut estimer à 50 % de la masse.

#### Coupe S 6 — Scorie d'acier (Georgmarienhütte)

Le minéral a cristallisé en sections carrées et rectangulaires, les premières présentant quelques cassures, les secondes un clivage parallèle à l'allongement. Leurs dimensions varient entre 0.2 et 0.5 mm. Un verre brunâtre en lumière naturelle imprègne largement et parfois avec symétrie le minéral (fig. 2 et 3). Sous un fort grossissement, il montre une constitution faite d'aiguilles fines et serrées. D'assez nombreux espaces vacuolaires de l'ordre de grandeur des cristaux percent la masse de façon irrégulière.

Les propriétés du minéral sont les suivantes :

Uniaxe positif; indice moyen de réfraction  $n = 1.64$ .

Biréfringence  $n_g - n_p = 0.0047$ .

Un clivage facile et l'aplatissement sont perpendiculaires à l'axe optique  $n_g$ .

#### Coupe A 9

#### Coupe A 10

Dans ces scories le minéral a cristallisé en nombreuses petites sections rectangulaires de 0.02 à 0.04 mm. de longueur, qui parfois prennent une apparence ramifiée. Un verre jaunâtre en lumière naturelle mais complètement opaque aux nicols croisés empâte toutes les sections du minéral sans toutefois les imprégner. La séparation entre verre et partie minéralisée est tout à fait franche. On ne remarque que peu de vacuoles (fig. 4).

Le clivage facile est perpendiculaire à l'axe optique. L'allongement est ordinairement parallèle au clivage: dans de nombreuses sections il est cependant parallèle à l'axe optique, mais ces dernières sont vraisemblablement des fragments rompus selon les cassures transversales au clivage facile.

Les propriétés optiques sont les suivantes:

	Biréfringence $n_g - n_p$	Indice de réfraction $n$
Coupe A 9	0.0035	1.65
A 10	.0045	1.65

Les sections perpendiculaires à l'axe optique sont carrées.

## Coupes A 16

A 17

A 19

La masse est formée en majeure partie d'un verre brun clair en lumière naturelle et légèrement biréfringent aux nicols croisés, cela dû à de nombreux et imperceptibles points de dévitrification. Il n'y a que de petits espaces vacuolaires.

Ce verre imprègne le minéral, ne laissant libres dans les diverses sections que de minces parties et lui donnant ainsi des formes étoilées et ramifiées (fig. 5).

Les propriétés optiques sont les suivantes:

Uniaxe négatif	Biréfringence $n_g - n_p$	Indice de réfraction $n$
A 16	0.003	1.68
A 17	.0056	1.66
A 19	.0022	1.65

Le clivage facile est perpendiculaire à l'axe optique.

Si maintenant nous passons à l'étude des scories chez lesquelles d'autres minéraux accompagnent celui de la classe de la mélilite nous trouvons en premier lieu des scories de la catégorie non vitreuse ou presque sans résidu vitreux.

## Coupe A 18

Cette scorie est en apparence très semblable aux précédentes. Les sections du minéral, grandes de 0.6 mm. en moyenne sont imprégnées par un résidu vitreux brunâtre inégalement réparti, ce qui donne à la partie minéralisée une apparence déchiquetée et ramifiée. Ce résidu vitreux, quoique réparti dans toute la masse, est relativement peu important par rapport au volume minéralisé. De plus il renferme de nombreuses petites sections d'un minéral que nous étudierons dans le paragraphe 3. Les espaces vacuolaires sont petits mais nombreux (fig. 6).

Propriétés cristallographiques du minéral principal:

Uniaxe négatif. Clivage basal facile.

Biréfringence  $n_g - n_p = 0.008$ ; indice de réfraction  $n = 1.66$ .

## Coupe A 25 et A 15

Dans ces deux scories le minéral cristallise comme dans l'échantillon A 9 en petits rectangles, mais ne baigne pas dans un verre opaque.

Dans la scorie A 25, les sections du minéral se groupent contre de grandes aiguilles formées par un minéral biaxe que nous étudierons dans le paragraphe B; ces grandes aiguilles forment une sorte de squelette. On remarque de nombreux espaces vacuolaires de dimensions variables et un faible résidu vitreux en voie de dévitrification qui cimente la masse minéralisée (fig. 7).

Les sections du minéral principal de la coupe A 15 ont en moyenne une dimension de 0.2 mm. Elles sont entièrement prises dans une masse qui, en se dévitrifiant, a donné naissance à un autre minéral que nous étudierons plus loin. Il y a peu d'espaces vacuolaires.

Les propriétés optiques sont les suivantes:

Uniaxe négatif	Biréfringence $n_g - n_p$	Indice de réfraction $n$
A 25	0.007	1.65
A 15	.009	1.66

Le clivage et l'allongement sont perpendiculaires à l'axe optique.

#### Coupe S 7 — Scorie d'acier (Georgmarienhütte)

La masse est presque entièrement formée par un minéral uniaxe qui se présente en grandes sections soudées les unes aux autres et de dimensions variant de 1 à 3 mm. On remarque à divers endroits un agrégat de petites sections allongées de biréfringence moyenne qui sont celles d'un minéral biaxe négatif produit par la dévitrification d'un résidu vitreux. Il n'y a que de très rares espaces vacuolaires, mais par contre de très nombreuses inclusions noires et opaques en lumière naturelle.

Propriétés cristallographiques:

Uniaxe positif. Clivage et allongement perpendiculaires à l'axe optique. Biréfringence  $n_g - n_p = 0.0022$ .  
Indice de réfraction  $n = 1.64$ .

#### Coupe S 3 a — Scorie d'acier (Georgmarienhütte)

La scorie est bien cristallisée. Un très faible résidu vitreux sous forme de petits faisceaux et de petites aiguilles est réparti dans la masse. Celle-ci est compacte et grenue. Le minéral est de la classe de la mélilite, cristallise en quantité sensiblement égale avec un minéral biaxe. Ces deux minéraux sont intimement liés et leurs grains de la même dimension (environ 0.2 à 0.8 mm.). Les espaces vacuolaires sont nombreux.



Propriétés du minéral:

Uniaxe négatif; allongement et clivage perpendiculaires à l'axe optique. Biréfringence  $n_g - n_p = 0.0082$ .

Indice de réfraction = 1.66.

Coupe S 10	Scorie d'acier	(Georgmarienhütte)
„ S 12	„ de fonderie	„
„ S 15	„ „ „	„

Ces scories sont semi-vitreuses. Le minéral de la classe de la Mélilite cristallise autour des vacuoles en grandes sections aplaties, formant une sorte de squelette contre lequel vient cristalliser en petites aiguilles courtes un minéral biaxe. Le verre imprègne fortement toutes les sections du minéral uniaxe, tantôt en leur centre, tantôt à leur périphérie et cela avec symétrie.

La coupe S 15 ne contient que très peu du minéral biaxe. Les dimensions des aiguilles du minéral uniaxe varient de 0.75 à 2 mm.

Les propriétés de ce minéral sont les suivantes:

Clivage facile et allongement perpendiculaires à l'axe optique.

	Uniaxe	$n_g - n_p$	Indice n
Coupe S 10	+	0.0029	1.64
„ S 12	+	.0020	1.64
„ S 15	+	.0046	1.64

Nous remarquerons que dans tout cet ensemble de scories notre minéral se présente sous une forme cristallographique constante. Par contre ses propriétés optiques, ainsi que son signe, sont sujets à des variations relativement grandes. Toutefois, autant par ses propriétés cristallographiques que par sa basse biréfringence et son indice de réfraction plutôt élevé, il est à considérer comme appartenant au groupe de la mélilite. Notre minéral, en effet, cristallise dans le système quadratique comme le montre la section toujours carrée, perpendiculaire à l'axe optique. Quant à ses propriétés optiques elles varient dans les limites habituelles de cette classe.

Ces variations ressortent clairement dans le tableau suivant:

Coupe No.	$n_g - n_p$	Signe optique	Signe de l'allongement
A 15	0.009	—	+
S 3a	.0083	—	+
A 18	.008	—	+
A 25	.0075	—	+
A 17	.0056	—	+
A 10	.0045	—	+

Coupe No.	ng — np	Signe optique	Signe de l'allongement
A 9	.0035	—	+
A 16	.003	—	+
A 19	.0022	—	+
S 12	.0020	+	—
S 7	.0022	+	—
S 10	.0029	+	—
S 15	.0046	+	—
S 6	.0047	+	—
S 16 (Akermanit)	.0056	+	—

La ménilite, de biréfringence 0.005, et de signe négatif, ainsi que la gehlénite, de biréfringence 0.011 et de signe négatif également, se trouvent couramment dans les scories et dans les roches éruptives très basiques. On rencontre aussi une ménilite positive que l'on a nommé âkermanite. En réalité, la nature de ces trois corps est plus complexe et déjà VOGT a émis l'hypothèse que la ménilite est un mélange isomorphe de gehlénite ( $\text{Ca}_2\text{Al}_2\text{SiO}_7$ ) et d'âkermanite ( $\text{Ca}_2\text{MgSi}_2\text{O}_7$ ). Certains minéraux artificiels montrent des signes et des biréfringences variables; VOGT<sup>1)</sup> est arrivé dans ses travaux à la conclusion que l'âkermanite pure et son mélange avec la gehlénite jusqu'à une proportion de 30 % de celle-ci est de signe positif; pour une proportion croissante de gehlénite allant jusqu'à 100 % le mélange devient négatif. Il est monoréfringent pour la proportion de 60 % d'âkermanite.

Cette étude a été reprise en détail par MM. FERGUSON et BUDDINGTON<sup>1)</sup> qui ont réalisé artificiellement une série isomorphe de gehlénite et d'âkermanite; ils en ont étudié les propriétés optiques qui se résument dans ce tableau emprunté à leur publication.

Gehlénite %	Akermanite %	Biréfringence	Signe opt.	Elongation
100	0	0.011	—	$\gamma$
80	20	.007	—	$\gamma$
60	40	.004	—	$\gamma$
50	50	.001	—	$\gamma$
40	60	.001	+	$\alpha$
30	70	.003	+	$\alpha$
25	75	.004	+	$\alpha$
10	90	.006	+	$\alpha$
0	100	.007	+	$\alpha$

<sup>1)</sup> VOGT, Beiträge zur Kenntnis der Gesetze der Mineralbildung in Schmelzmassen... Kristiania 1892—96.

<sup>1)</sup> FERGUSON and BUDDINGTON, The Binary System Akermanite-Gehlenite. Jour. Am. Sci. CC, 1920, p. 13.

Le mélange monoréfringent est réalisé entre 50 et 60 % d'akermanite. En comparant les propriétés des divers termes de la série artificielle obtenue par MM. FERGUSON et BUDDINGTON avec celles des minéraux des scories, nous sommes frappés de leur concordance, et pouvons considérer ces derniers comme de nouveaux termes de la série. Le fait que ces mélanges isomorphes se forment dans des proportions variées, dans les scories de hauts fourneaux, permet de supposer qu'on pourra un jour les trouver dans la nature.

#### B — *Minéraux de la classe de l'Olivine*

Durant l'étude de l'ensemble de nos scories, nous avons très fréquemment rencontré un minéral biaxe et de biréfringence moyenne ayant l'apparence et des propriétés cristallographiques constantes. Ce n'est que par l'examen de ses propriétés optiques que nous avons constaté qu'il ne s'agissait nullement d'un minéral unique. Nous avons trouvé en effet, dans les diverses scories, des valeurs assez variables pour la biréfringence et un signe optique tantôt positif, tantôt négatif.

Le minéral de signe négatif se trouve dans trois scories de la première catégorie, scories avec faible résidu vitreux.

##### Coupe S 7 — Scorie d'acier

Dans ce spécimen décrit plus haut le minéral accompagne celui de la classe de la mélilite. Produit de dévitrification de résidu vitreux, il se présente en agrégats de petites sections allongées, localisées entre les grandes sections du minéral uniaxe. Le verre n'est pas entièrement dévitrifié et il reste de nombreuses inclusions noires et opaques qui, aux nicols croisés, donnent au minéral une apparence déchiquetée.

Ses propriétés sont les suivantes :

Biaxe négatif. Indice moyen de réfraction  $n = 1.67$ .

$$n_g - n_p = 0.022$$

$$n_m - n_p = .015$$

$$n_g - n_m = .0068$$

$$2V = -67^\circ$$

Les contours arrondis et dentelés de ces sections ne permettent pas de déterminer les propriétés cristallographiques, nous avons constaté cependant que son allongement se faisait selon nm.

##### Coupe S 14 — Scorie basique des fours Martin (Osnabrück)

Toute la masse compacte, grenue est formée par le minéral biaxe négatif. Il a cristallisé en petites sections pour la plupart allongées

dont les dimensions varient entre 0.1 et 0.7 mm. La masse n'a pas de résidu vitreux mais est très riche en grains de magnétite uniformément répartis. De plus le tout est percé de vacuoles de grandeur variable et plus ou moins espacées (fig. 8).

Les propriétés de ce minéral sont:

Biaxe négatif. Indice moyen de réfraction  $n = 1.67$ .

$$\begin{array}{ll} ng - np = 0.0262 & \\ ng - nm = .0078 & 2V = -66^{\circ} 8' \\ nm - np = .0190 & \end{array}$$

Les sections ont un allongement de signe variable, elles possèdent des cassures irrégulières qui tendent à être perpendiculaires au plan des axes optiques. Les contours sont arrondis, il est de ce fait impossible de prendre les angles des faces. Nous avons cependant mesuré sur une section Sng un angle de  $102^{\circ}$  dont np est la bissectrice.

#### Coupe S 8 — Scorie d'acier (Georgmarienhütte)

Le minéral cristallise en grandes sections de formes variées et dont les dimensions sont comprises entre 0.8 et 3 mm. Leurs contours sont irréguliers et finement découpés; ces plages présentent des cassures qui tendent parfois à être parallèles entre elles, et qui d'autres fois sont absolument quelconques. Entre ces grandes sections, relativement serrées, se trouvent, à part quelques rares espaces vacuolaires, un faible résidu vitreux fortement imprégné d'aiguilles et de petites sections dévitrifiées du même minéral. On remarque, en outre, répartis dans la masse, de nombreux agrégats de petits grains de spinelles (fig. 9).

Les propriétés cristallographiques sont les suivantes:

Biaxe négatif; indice moyen de réfraction:  $n = 1.68$ .

$$\begin{array}{ll} ng - np = 0.0263 & \\ ng - nm = .0081 & 2V = -67^{\circ} \\ nm - np = .0183 & \end{array}$$

L'allongement est de signe variable, parfois positif; les cassures sont irrégulières.

Le minéral de signe positif forme chez deux scories la totalité de l'élément cristallisé. Ces deux scories sont de la catégorie non vitreuse.

## Coupe S 13 — Scorie de fonderie (Georgmarienhütte)

S 5 — Scorie d'acier

»

Comme dans la S 14, le minéral cristallise en petites sections de 0.04 à 0.6 mm. formant une masse compacte et grenue qui est percée de très nombreuses vacuoles dont les dimensions varient entre 0.03 à 1 mm. de diamètre. Le tout est parsemé des grains noirs d'un résidu vitreux opaque et d'un peu de magnétite.

Les propriétés optiques sont les suivantes:

Biaxe positif; indice moyen de réfraction:  $n = 1.67$ .

	$n_g - n_p$	$n_g - n_m$	$n_m - n_p$	$2V$
S 13	0.0253	0.0149	0.0099	+ 79° 44'
S 5	.0211	.0139	.0068	+ 70° 15'

Au point de vue cristallographique, il cristallise dans les deux scories sous la même apparence:

Pas ou peu de cassures quelconques. Allongement de signe variable. Il ne présente pas d'angle mesurable; par contre, sur certaines sections, on remarque des petites lamelles parallèles ayant diverses teintes de polarisation. Ces lamelles, qui s'éteignent sous des angles d'extinction différents, ont tout à fait l'apparence de macles polysynthétiques.

Dans d'autres scories non vitreuses et semi-vitreuses le minéral étudié se trouve accompagné par ceux du groupe de la mélilite. Nous ne reviendrons pas sur les descriptions de ces échantillons qui ont été données sommairement au paragraphe précédent.

## Coupe S 3 — Scorie d'acier (Georgmarienhütte)

Les deux minéraux sont bien cristallisés et intimement mêlés. Les sections du minéral biaxe sont irrégulières et présentent parfois des lamelles de macles polysynthétiques. Leurs dimensions varient entre 0.07 et 0.5 mm. Ces fragments présentent quelques résidus vitreux en gouttelettes brunâtres et opaques.

Les propriétés optiques sont les suivantes:

Biaxe positif. Indice moyen de réfraction:  $n = 1.67$ .

$n_g - n_p = 0.0205$	
$n_g - n_m = .0146$	$2V = + 64° 37'$
$n_m - n_p = .0058$	

Pas de clivage, cassures difficiles et irrégulières. Allongement selon  $n_m$  peu accentué. Angle mesuré sur section  $S_{np} = 105°$  avec bissectrice  $n_m$ .

Coupe S 10 — Scorie d'acier (Georgmarienhütte)

Coupe S 12 — Scorie de fonderie „

Dans ces deux scories d'écrites plus haut, le minéral accompagne celui de la classe de la mélilite, dont il entoure les grandes sections de ses petits fragments allongés. Ceux-ci ont des dimensions variant entre 0.2 et 1 mm. en moyenne.

Dans la scorie S 10 il est reparti d'une façon beaucoup plus générale dans toute la masse, aussi bien autour que dans les sections de l'autre minéral. Alors que dans ce dernier il reste un mince résidu vitreux, transparent et incolore en lumière naturelle, le minéral étudié est moucheté d'inclusions noires et opaques. Les espaces vacuolaires sont nombreux et l'on remarque de très fréquentes macles polysynthétiques.

Les propriétés cristallographiques sont les suivantes:

Biaxe positif. Indice moyen de réfraction:  $n = 1.67$ .

S 10	0.0207	0.0147	0.0065	+ 68° 10'
S 12	.0203	.0150	.0055	+ 61° 30'

L'allongement est de signe variable (selon nm). Sur une section Sng nous avons mesuré un angle de 120°, dont nm est la bissectrice.

#### Coupe A 25.

Dans cette scorie, que nous avons décrite plus haut, le minéral biaxe cristallise en aiguilles allongées de 0.05 à 0.1 mm. de large et de 0.25 à 0.6 de long. Elles s'entrecroisent formant ainsi un sorte de squelette contre lequel se groupent les petites sections rectangulaires du minéral de la classe de la mélilite. Les espaces vacuolaires sont nombreux et de grande dimension ils représentent un bon 40 % du volume total (fig. 7).

Contrairement à ce que nous avons généralement observé, le minéral uniaxe est entièrement dépourvu de verre, alors que le minéral biaxe en est imprégné légèrement sur toute sa surface. Ce résidu est brun pâle.

Propriétés cristallographiques:

Biaxe positif; indice moyen de réfraction:  $n = 1.67$ .

ng — np = 0.0123	
ng — nm = .0081	2 V = + 71° 30'
nm — np = .0042	

Sa biréfringence est sensiblement plus faible que celle observée jusqu'ici. L'allongement est selon nm, l'aplatissement perpendiculaire à np. Il n'y a que de rares et inégales cassures.

Si, maintenant, nous jetons un coup d'oeil d'ensemble sur les diverses propriétés des minéraux rencontrés dans cette seconde série de scories, nous constatons qu'elles sont assez homogènes.

L'apparence, les caractères cristallographiques, les valeurs de l'indice et de la biréfringence permettent de les considérer comme étant de la classe de l'olivine.

Au point de vue des propriétés cristallographiques, il est difficile de déterminer avec sûreté le système dans lequel ils cristallisent. Toutes les sections orientées que nous avons étudiées, à quelques exceptions près, avaient des contours arrondis ou déchiquetés et ne donnaient ainsi aucune ligne directrice à laquelle on puisse rapporter l'extinction. De plus, l'absence de clivage et les cassures quelconques ne permettent non plus aucune mesure d'angle d'extinction. Nous remarquons cependant que, pour les quelques angles de face mesurés sur des sections orientées, la direction d'extinction  $ng$ ,  $np$  ou  $nm$  est toujours bissectrice de l'angle; nous avons donc à faire à des extinctions droites.

Cependant nous ne pouvons affirmer avec certitude que nos minéraux cristallisent dans le système orthorhombique. Mais si nous l'admettons et si nous adoptons l'orientation optique donnée par ROSEBUSCH pour l'olivine, nous constatons que les quelques angles mesurés sur des sections orientées ont des valeurs très voisines de celles données par cet auteur.

L'orientation optique est la suivante:

$ng \perp$  à (100);  $np \perp$  à (010);  $nm \perp$  à (001).

Le plan des axes optiques est donc dans  $p$  (001).

Dans la coupe S14 sur une section perpendiculaire à  $ng$  ( $Sng$ ) nous avons mesuré entre deux faces un angle réel de  $102^\circ$  dont l'indice  $np$  est la bissectrice. ROSEBUSCH donne pour les faces  $021:0\bar{2}1$  un angle des normales de  $99^\circ 6'$ ,  $nm$  étant bissecteur; nous en déduisons pour l'angle des faces  $021:02\bar{1}$  dont l'indice  $np$  est la bissectrice, une valeur de  $99^\circ 6'$  angle réel, soit  $2^\circ 54'$  inférieur à notre angle mesuré.

Sur une section perpendiculaire à  $ng$  dans la coupe S10 nous avons trouvé un angle des faces de  $120^\circ$  ayant  $nm$  comme bissectrice. ROSEBUSCH donne pour les faces  $011:0\bar{1}1$  un angle des normales = à  $60^\circ 47'$  soit un angle réel de  $119^\circ 13'$ .

Enfin dans la coupe S3a, sur une section perpendiculaire à  $np$  ( $Sn_p$ ), nous avons un angle réel de  $105^\circ$  ayant  $nm$  comme bissectrice. ROSEBUSCH donne comme angle des faces  $101:\bar{1}01$  une valeur de  $103^\circ 6'$ .

Nous ne pouvons pas attacher une trop grande valeur à ces données angulaires, car nous avons dit que les contours brisés et arrondis des diverses sections rendaient leurs mesures délicates. Nous ne pouvons omettre toutefois de signaler le rapport certain de ces valeurs avec celles des faces de l'olivine.

Quant aux autres caractères cristallographiques tels que l'absence de clivage, les cassures difficiles et irrégulières, l'allongement presque constant selon nm (exception faite des coupes S 8 et S 14), ils montrent aussi des propriétés voisines de celles qui caractérisent la classe de l'olivine. En ce qui concerne les propriétés optiques de ces divers minéraux, le tableau suivant fait ressortir clairement les variations auxquelles ils sont sujets.

Coupe No.	ng — np	ng — nm	nm — np	Signe opt.	2 V
S 8	0.0263	0.0081	0.0183	—	67°
S 14	.0262	.0078	.0190	—	66° 8'
S 7	.0220	.0068	.0158	—	67° 4'
S 13	.0253	.0149	.0099	+	79° 44'
S 5	.0211	.0139	.0068	+	70° 15'
S 10	.0207	.0147	.0064	+	68° 10'
S 3	.0205	.0146	.0058	+	64° 37'
S 12	.0203	.0150	.0055	+	61° 30'
A 25	.0123	.0081	.0042	+	71° 30'

De cet ensemble de valeurs nous pouvons retirer trois termes moyens qui représenteraient trois minéraux différents.

1 — Un minéral biaxe négatif dont la biréfringence ng — np serait de 0.0248 et l'angle  $2V = -66^{\circ} 43'$ .

2 — Un minéral biaxe positif de biréfringence ng — np = 0.0123 et d'angle des axes  $2V = +71^{\circ} 30'$ .

3 — Une série enfin de trois minéraux dont la biréfringence croît parallèlement à l'angle des axes optiques soit:

Coupe	ng — np	2 V
S 13	0.0253	79° 44'
S 5	.0211	70° 15'
S 10, 3 et 12	.0205	64° 46' (val. moyenne)

Si ces valeurs peuvent se comparer à celles rencontrées chez certains minéraux de la classe de l'olivine, elles ne permettent pas de les déterminer comme telles.

Nous savons que les péridots donnent avec une grande facilité des mélanges isomorphes et qu'on peut suivre les variations des mélanges à l'aide de celles des propriétés optiques. WINCHELL indique en effet que le mélange de forstérite ( $Mg_2SiO_4$ ) avec la fayalite



( $\text{Fe}_2\text{SiO}_4$ ) fait varier l'angle des axes optiques  $2V$  de  $+85^\circ$  à  $-47^\circ$  pour des proportions allant de 0 à 100 % de fayalite, il passe par une valeur de  $2V = 90^\circ$  pour 12 % de forstérite. La biréfringence de son côté croît régulièrement de 0.035 à 0.051.

D'autre part, comme MAGNUSSON<sup>1)</sup> l'indique, le mélange de fayalite, de forstérite, et de téphroïte ( $\text{Mn}_2\text{SiO}_4$ ) éprouve une augmentation dans l'angle des axes et une diminution de biréfringence à mesure que le fer est remplacé par le magnésium et le manganèse. Le tableau suivant le montre clairement.

$\text{Fe}_2\text{SiO}_4$ %	$\text{Mn}_2\text{SiO}_4$ %	$\text{Mg}_2\text{SiO}_4$ %	$2V$	$ng - np$
100	0	0	$47^\circ$	0.051
87	7.3	5.7	$51^\circ 18'$	.050
65,7	26,8	7.5	$54^\circ$	.042
50.9	46.7	2.4	$56^\circ$	—
0	92.2	7.8	$65^\circ 18'$	.038

En considérant les orthosilicates de fer de magnésium, de calcium, de manganèse, et les silicates doubles qui forment la classe des péridots, on conçoit facilement que les mélanges peuvent varier à l'infini. Les scories de hauts fourneaux, qui prennent naissance dans un milieu favorable à de tels mélanges, fournissent et fourniront sans doute encore de nombreux minéraux de composition complexe et variée. Sans analyse il n'est pas possible de donner les formules chimiques des minéraux nouveaux, à moins toutefois que leurs propriétés optiques viennent s'interpoler dans une série déjà connue de mélanges isomorphes, comme cela a été le cas dans la série de la mélilite. L'analyse chimique même n'est pas toujours un moyen infaillible, car le résidu vitreux qui empâte ou imprègne la partie minéralisée vient fausser les résultats obtenus.

Pour déterminer la nature d'un minéral nouveau, nous ne pouvons que rapporter ses valeurs à celles d'un autre déjà connu. Ainsi pour le minéral positif dont les trois termes différents forment une série, nous pouvons tout au plus constater qu'en prenant des valeurs moyennes, soit une biréfringence  $ng - np = 0.0223$  et un angle des axes  $2V = 71^\circ 48'$ , elles sont voisines de celles de shannonnite ( $\text{Ca}_2\text{SiO}_4$ ) dont  $ng - np = 0.028$  et  $2V = +64^\circ$ .

La forstérite a une biréfringence de 0.035 et un angle des axes  $2V = +85^\circ$ . Ces deux valeurs sont supérieures à celles du premier terme de notre série; il n'y a rien d'impossible à ce que la forstérite se place en tête de nos différents termes et joue un rôle parallèle

<sup>1)</sup> H. MAGNUSSON, Geol. För. Förh. Stockholm, XL, 1918, p. 601.

à celui de la fayalite dans les mélanges isomorphes de MAGNUSSON, cités plus haut. On est donc autorisé à penser que soit la forstérite, soit la shannonnite, soit les deux réunies entrent dans la composition de notre minéral, qui serait ainsi un mélange isomorphe dont nous avons cinq termes voisins. Mais ceci hâtons-nous d'ajouter n'est qu'une simple hypothèse.

Le minéral négatif dont nous avons trois termes rapprochés, a des valeurs moyennes qui peuvent se comparer à celles de la téphroïte, de biréfringence 0.038 et d'angle des axes  $2V = -65^\circ$  et à celles de la monticellite ( $\text{Ca Mg SiO}_4$ ) de biréfringence  $n_g - n_p = 0.0174$  et  $2V = -75^\circ$ . Ces deux minéraux entrent vraisemblablement dans la composition de celui observé.

Quant au deuxième minéral positif, sa biréfringence assez basse ne permet pas de le rapporter à d'autres termes connus.

La matière exposée dans les premiers paragraphes demande en guise de conclusion quelques remarques.

En premier lieu nous constatons que l'origine de la scorie n'a guère d'influence sur la nature des éléments minéralisés qui la composent. En effet, des minéraux très voisins par leurs propriétés se trouvent indifféremment dans des scories provenant des diverses phases de la métallurgie. Tel est le cas pour les minéraux des scories S 10 (scorie d'acier) et S 12 (scorie de fonderie) ou pour les minéraux des scories S 14 (scorie basique de fours Martin) et S 8 (scorie d'acier). D'autre part, dans les scories de même provenance, celles d'acier par exemple, on trouve indifféremment des minéraux de la classe de la mélilite et de l'olivine.

Remarquons également que des scories ne contenant que des minéraux du groupe de la mélilite sont toujours semi-vitreuses alors que celles ne contenant que ceux du groupe de l'olivine sont toujours non vitreuses. Ces deux minéraux réunis se trouvent indifféremment dans les deux catégories; dans ce cas, celui de la classe de l'olivine semble, en général, avoir cristallisé après l'autre.

Les minéraux aux propriétés très proches se rencontrent presque toujours dans les scories aux structures semblables ou voisines. C'est le cas des minéraux des coupes A 16, A 17, A 19 ou S 10 et S 12. La structure semble bien être l'image des conditions dans lesquelles les scories ont pris naissance et dans lesquelles les minéraux ont pu cristalliser.

## 3. MINÉRAUX NOUVEAUX

Parmi les minéraux rencontrés dans les diverses scories deux d'entre eux possèdent des propriétés cristallographiques et optiques qui ne permettent pas de les rapporter à des minéraux connus ni même de les placer dans une famille minérale.

## Coupe A 18 et A 15

Ces deux coupes ont été décrites plus haut, nous n'y reviendrons pas. Disons seulement que le résidu vitreux en se dévitrifiant partiellement a donné naissance à un minéral uniaxe positif. Il se présente en très petites sections renfermant encore de nombreuses inclusions vitreuses. Allongées, aplaties elles ont un aspect fibreux et micacé.

Les propriétés cristallographiques sont les suivantes :

Uniaxe positif; indice moyen de réfraction:  $n = 1.62$ .

L'allongement est négatif, le clivage difficile est parallèle à l'allongement (clivage p). On remarque quelques cassures transversales. Le minéral est non polychroïque et incolore.

	ng — np
A 18	0.0413
A 15	.0420

## Coupe S 11 — Scorie de cuivre

La masse vitreuse, incolore en lumière naturelle et opaque aux nicols croisés, se dévitrifie en aiguilles brunâtres et de biréfringence moyenne. Ces aiguilles sont groupées en bouquets, en éventail ou parallèlement. Ces amas sont disposés d'une façon quelconque dans la masse et enchevêtrés. Ces aiguilles de longueur très variable (0.15 à 0.6 mm.) donnent en lumière convergente l'image d'un minéral biaxe positif; mais leur finesse et le grand nombre d'inclusions brunes empêchent leur étude approfondie. Dans cette masse semi-vitreuse percée d'assez nombreuses petites vacuoles se trouvent d'abondants grains de spinelle.

Un autre minéral biaxe positif s'est nettement séparé de la masse vitreuse dans laquelle il a bien cristallisé en sections légèrement colorées en lumière naturelle et présentant un peu de polychroïsme. Ces sections allongées, dont les dimensions sont en moyenne de 0.3 mm. de longueur sur 0.15 de largeur, représentent environ le 20 % de la masse (fig. 10).

## Planche I

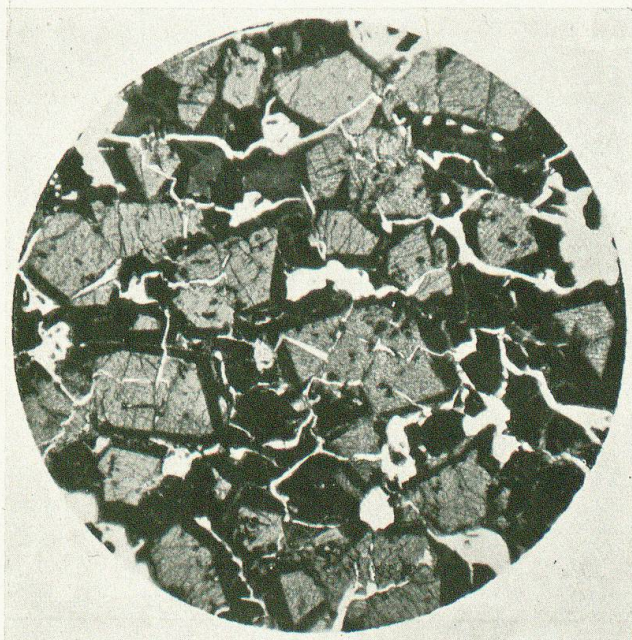


Fig. 1 — (S 9).

Scorie à Fayalite, vue en lumière naturelle. En noir, le résidu vitreux et les grains de magnétite. Grossissement 20 fois.

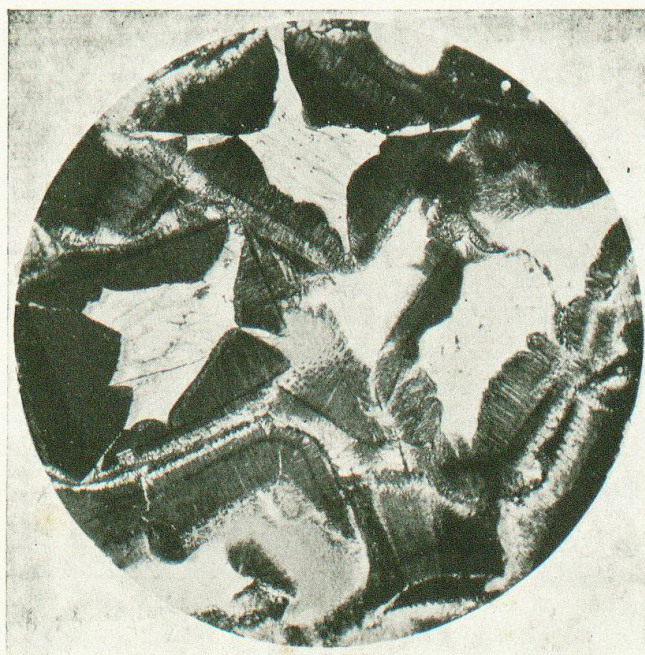


Fig. 2 — (S 6).

Vue en lumière naturelle. Sections d'un minéral du groupe de la mélilite montrant la disposition du verre. On remarque la formation en aiguilles parallèles de celui-ci. Grossissement 20 fois.

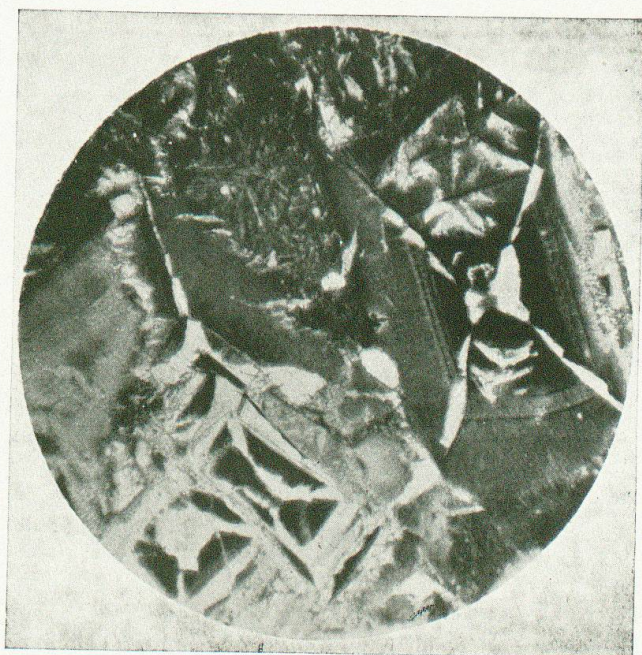


Fig. 3 — (S 16b).

Vue en lumière naturelle. Minéral de la classe de la mélilite avec de fortes imprégnations vitreuses. On remarque un amas de verre en voie de dévitrification sous formes d'aiguilles centro-radiées. Grossissement 20 fois.

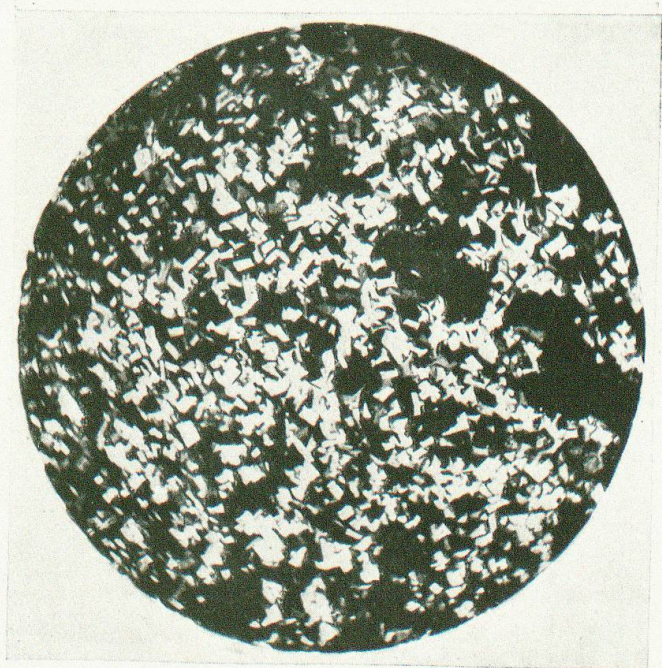


Fig. 4 — (A 9).

Vue aux nicols croisés. En noir le verre complètement opaque et les espaces vacuolaires. Grossissement 20 fois.

## Planche II

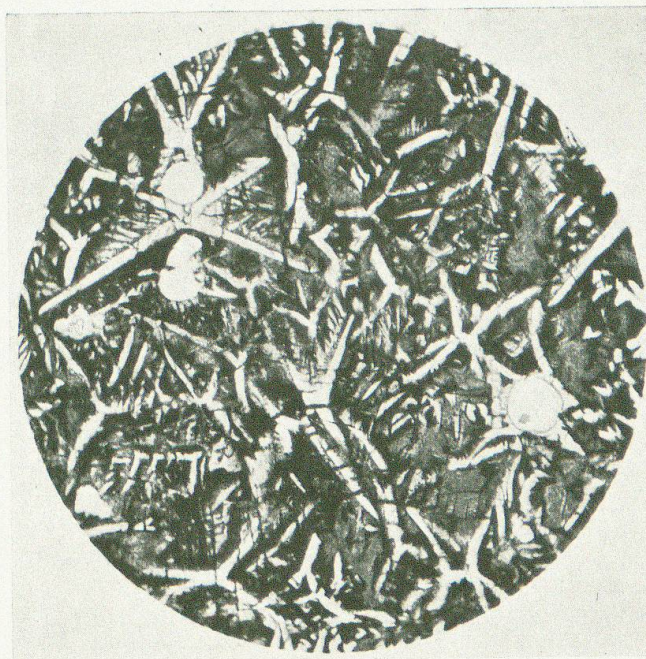


Fig. 5 — (A 16).

Vue en lumière naturelle. En foncé le résidu vitreux dans lequel le minéral orme des dessins clairs; quelques espaces vacuolaires arrondis. Grossissement 26 fois.

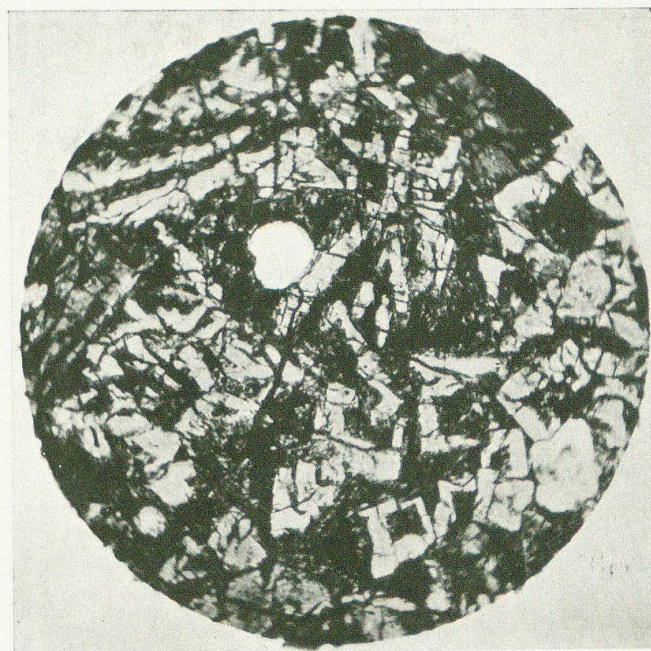


Fig. 6 — (A 18).

Vue en lumière naturelle. En noir quelques inclusions vitreuses. Grossissement 26 fois.

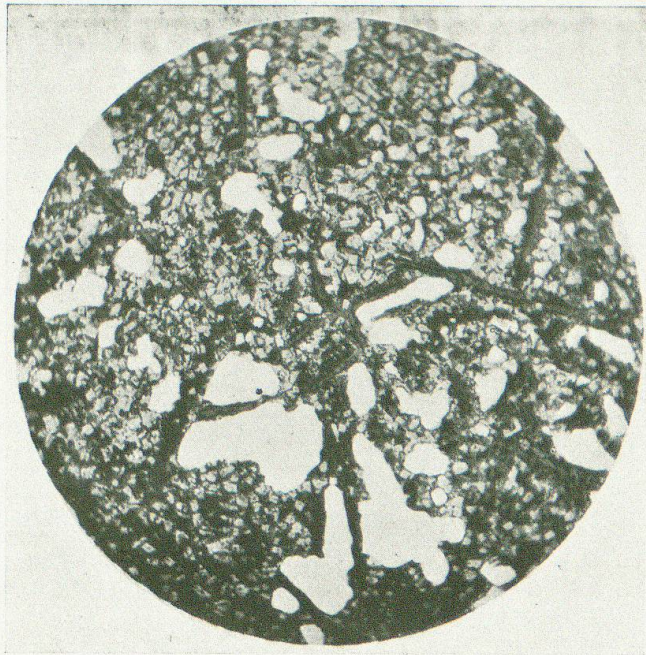


Fig. 7 — (A 25).

Vue en lumière naturelle. On remarque les aiguilles d'un minéral et les petites sections carrées de l'autre, entourées de verre. En blanc les vacuoles. Grossissement 20 fois.

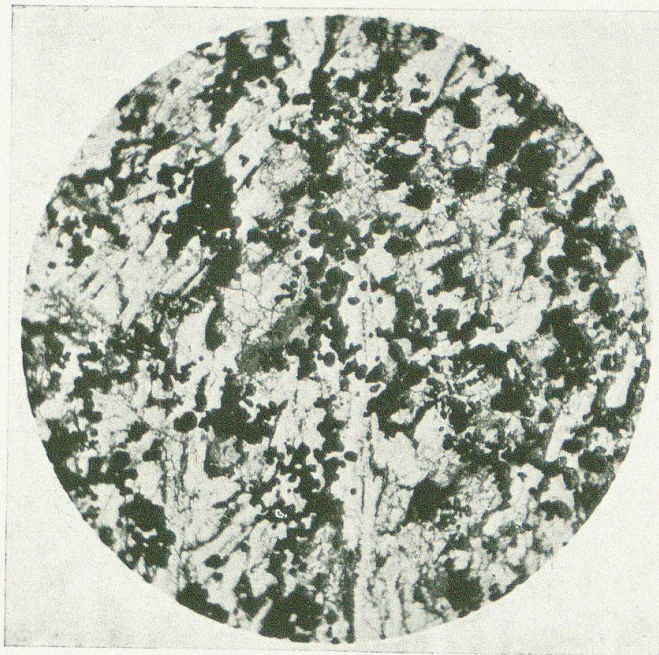


Fig. 8 — (S 14).

Vue en lumière naturelle. En noir grains de magnétite. Grossissement 20 fois.

### Planche III

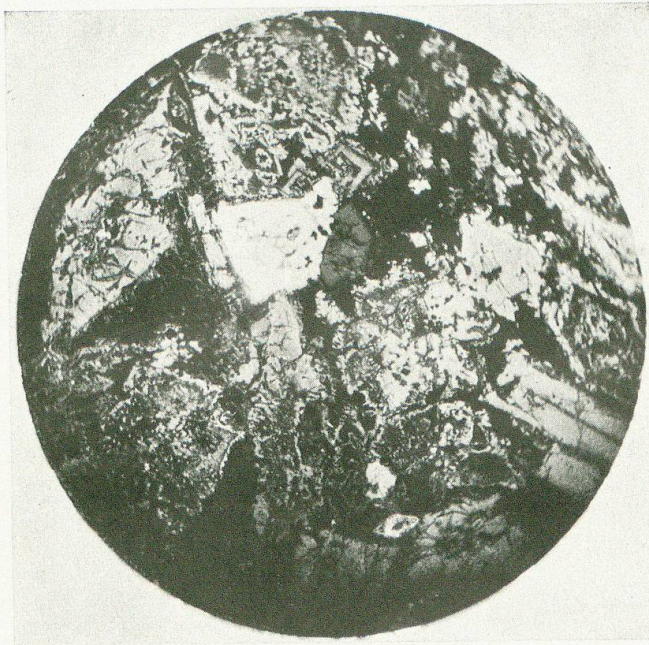


Fig. 9 — (S 8).

Vue aux nicols croisés. Grandes sections du minéral dans lesquelles on remarque des grains de spinelle en noir. Entre les sections, le verre et les espaces vacuolaires. Grossissement 20 fois.

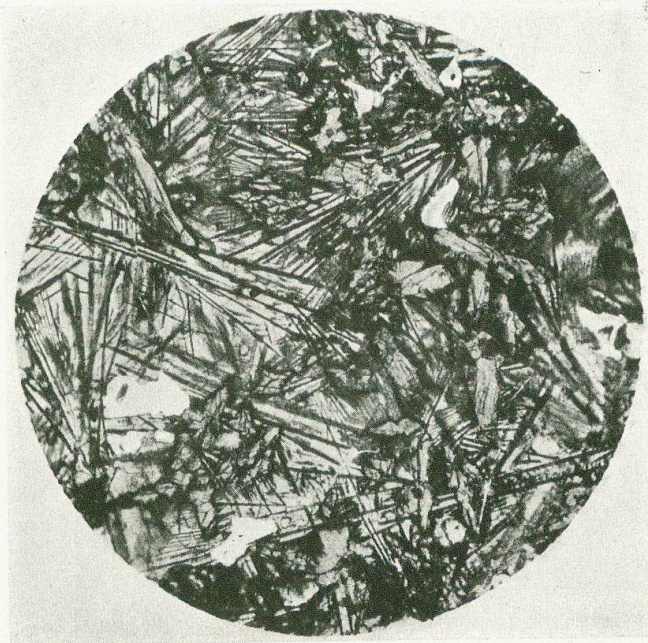


Fig. 10 — (S 11).

Vue en lumière naturelle. Masse vitreuse claire avec des aiguilles plus foncées. On voit les sections irrégulières du minéral et les grains presque noirs des spinelles. Grossissement 26 fois.



Leere Seite  
Blank page  
Page vide

Ses propriétés sont les suivantes:

Biaxe positif; indice moyen de réfraction:  $n = 1.70$ .

$$n_g - n_p = 0.0308$$

$$n_g - n_m = .0253 \quad 2V = + 32^\circ 34'$$

$$n_m - n_p = .0061$$

Allongé selon  $n_p$ , aplati perpendiculairement à  $n_m$ . En lumière naturelle coloré avec faible polychroïsme.

$n_g$  = jaune gris clair

$n_p$  = vert gris

$n_m$  = vert gris clair

Ce minéral est vraisemblablement un minéral caractéristique des scories de cuivre.

*Genève*, Laboratoire de Minéralogie de l'Université.

Manuskript eingegangen: 11. Juli 1930.