

La picotpaulite TlFe_2S_3 , une nouvelle espèce minérale

PAR ZDENEK JOHAN, ROLAND PIERROT ET HENRI-JEAN SCHUBNEL,
Direction du Service géologique national, B. R. G. M., Orléans

ET FRANÇOIS PERMINGEAT,

Laboratoire de minéralogie et de cristallographie, associé au C. N. R. S., Faculté des Sciences, Toulouse.

Résumé. — La picotpaulite, TlFe_2S_3 , a été trouvée à Allchar (Yougoslavie). Orthorhombique $mmmC---$, $a = 5,40$; $b = 10,72$; $c = 9,04$ Å; $Z = 4$; $d_x = 5,20$. En section polie, blanc crème, pouvoir réflecteur : 30,3-24,8 (4 200 Å), 30,8-24,2 (5 200 Å), 33,7-25,6 (6 400 Å), fortement anisotrope. Microdureté (Vickers) 41 kg/mm² (15 g). Macles pseudo-hexagonales suivant (120). Analyses chimiques (micro-sonde électronique) : Tl : 46,8 (47,8); 2,8 (1,9); Fe : 28,6 (28,2); S : 24,1 (23,9); totaux 102,3 (101,8). Les raies les plus intenses du diagramme de poudre sont : 4,26 (9); 3,80 (7); 3,33 (7); 2,912 (10) Å.

Nommé en l'honneur de Picot Paul.

Abstract. — Picotpaulite, $\text{Tl}_2\text{Fe}_2\text{S}_3$, was found at the Allchar ore deposit in Yugoslavia. Orthorhombic, $mmC---$ with $a = 5,40$; $b = 10,72$; $c = 9,04$ Å; $Z = 4$; $d_{calc.} = 5,20$. In polished sections it is creamy-white, strongly anisotropic. Reflectivity : 30.3-24.8 (4 200 Å), 30.8-24.2 (5 200 Å), 33.7-25.6 (6 400 Å). Microhardness (Vickers) : 41 kg/mm² (15 g) pseudo-hexagonal twins (120). Chemical analyses (electron microprobe) : Tl : 46.8 (47.8); Pb : 2.8 (1.9); Fe : 28.6 (28.2); S : 24.1 (23.9); totals 102.3 (101.8). The strongest lines of the X-ray powder pattern are : 4.26 (9); 3.80 (7); 3.33 (7); 2.912 (10) Å.

Named in honor of Picot, Paul.

INTRODUCTION.

Ce nouveau minéral a été découvert au cours de l'étude de minerais riches en réalgar, pyrite, lorandite et raguinite provenant du gisement d'Allchar (Yougoslavie) et collectés en septembre 1965 par J. Mantiene, C. Marion et T. Ivanov. Il s'agit en fait du minéral « inconnu » signalé au cours de la description de la raguinite : « la raguinite, associée à la pyrite, se présente en pseudomorphoses de cristaux d'un minéral non encore identifié dont l'étude se poursuit » (Y. Laurent *et al.*, 1969, page 39).

Nous proposons pour cette nouvelle espèce le nom de picotpaulite (prononcer, cf. Hey 1962, Piköpolitö) en l'honneur de Picot Paul, spécialiste des minéraux métalliques et chef du Laboratoire d'étude des minéraux primaires au B. R. G. M. (Direction du Service géologique national, Orléans).

La description a été approuvée par la Commission française de nomenclature puis soumise à la Commission internationale des nouveaux noms et des noms de minéraux qui l'a, à son tour approuvée par 15 voix contre 0, nouveau nom par 13 voix contre 1 et 1 abstention (vote du 5/10/70, n° 31, liste 1970).

PROPRIÉTÉS PHYSIQUES ET OPTIQUES.

La picotpaulite a été seulement observée sur sections polies, en plages microscopiques ne dépassant pas 0,5 mm et incluses dans le réalgar. Les propriétés optiques sont voisines de celles de la raguinite; la couleur est blanc crème et, par comparaison directe, la raguinite paraît nettement plus colorée et plus rosâtre; les pouvoirs réflecteurs des deux minéraux sont très voisins. Le pléochroïsme est fort, mais moins que celui

TABLEAU I.

Dispersion des pouvoirs réflecteurs de la picotpaulite en fonction de la longueur d'onde.

Les pouvoirs réflecteurs sont exprimés en pour cent avec une marge d'erreur de $\pm 0,3$ s'élargissant un peu aux deux extrémités du spectre (mesures de R. Caye, B. R. G. M.).

	420	440	460	480	500	520	540	560	580	600	620	640
R'g	30,3	32,1	32,4	32,1	31,3	30,8	31,1	31,5	32,0	32,6	33,2	33,7
R'p	24,6	25,5	25,8	25,3	24,7	24,2	24,5	24,5	24,6	24,8	25,2	25,6

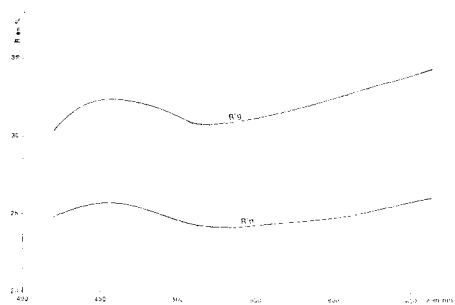


FIG. 4.

de la raguinite ; le pouvoir réflecteur minimal R_p est suivant $a [100]$.

Entre nicols croisés, les effets d'anisotropie

tions pseudo-hexagonales à quatre secteurs (fig. 1 et 2). Ces macles ressemblent à celles de la marcasite, de la sternbergite et d'autres minéraux orthorhombiques comme l'aragonite. On n'a pas observé de clivages.

La microdureté n'a pas pu être mesurée avec précision par suite de l'exigüité des plages ; elle est voisine de 41 kg/mm² (dureté Vickers pour une charge de 15 g). Il a également été impossible d'isoler de la picotpaulite pour effectuer une mesure de densité ; la densité calculée est $d_x = 5,20$.

Des mesures de pouvoir réflecteur effectuées dans une série de longueur d'ondes comprises entre 4 200 et 6 400 Å (témoin SiC) sont consignées dans le tableau I et exprimées sous forme de courbes sur la figure 4.



FIG. 1. — Picotpaulite d'Allchar, dans une gangue de réalgar ; la macle à 4 secteurs, avec contour pseudo-hexagonal, est expliquée sur la fig. 3. — Section polie, N. C., $\times 220 \times$, immersion.

sont intenses dans des teintes gris violacé peu caractéristiques et moins colorées que celles de la raguinite.

On observe la présence presque constante de macles (120) par pénétration donnant des sec-

PROPRIÉTÉS CRISTALLOGRAPHIQUES.

La picotpaulite se présente en cristaux parfois intacts (fig. 1 et 2), mais le plus souvent pseudo-morphosés profondément (fig. 5) ou totalement,

en raguinite. Ils ont un contour pseudo-hexagonal mais ils sont tantôt aplatis, presque en tablettes, tantôt en bipyramides tronquées (cf. Laurent *et al.*, 1969, fig. 1). Des mesures goniométriques ont été effectuées sur des pseudomor-

tion entre les deux individus interpénétrés se fait entre les plans (140) de l'un et (110) de l'autre, dont l'angle théorique n'est que de 2° 39' ; un coin maclé, formant bec, s'intercale souvent dans la jonction. Les faces prismatiques extérieures,



FIG. 2. — Picotpaulite d'All-char dans une gangue de réalgar; macle (120). — Section polie, N. C., × 200 ×, immersion.

phoses en raguinite, après métallisation sous vide pour rendre les faces plus réfléchissantes ; malgré le peu de précision des mesures, la concordance avec les angles calculés à partir des paramètres cristallins est satisfaisante (tabl. II).

donnant le contour pseudo-hexagonal, sont des combinaisons de (110) et (100) de l'un ou l'autre des individus (fig. 3), auxquelles s'ajoutent parfois (010) et (140). Les bases (001) et les dômes (014) sont assez fréquents tandis que les pyramides (232), (234) et (236) ne sont que très rarement reconnaissables.

TABLEAU II.

Coordonnées des faces observées sur les cristaux de picotpaulite pseudomorphosés en raguinite.

Faces	observées		calculés	
001	-	0°0'	-	0°00'
100	90°0'	90°0'	90°00'	90°00'
010	0°0'	90°0'	0°00'	90°00'
110	63°20' ± 30'	90°0'	63°16'	90°00'
140	20°10' ± 30'	90°0'	25°24'	90°00'
110	74°40' ± 2°	90°0'	75°52'	90°00'
014	0° 0'	11°40' ± 15'	0°00'	11°54'
232	53° 0' ± 30'	64°10' ± 30'	52°55'	64°32'
234	53° 0' ± 1°	45°40' ± 1°	52°50'	46°23'
236	53°30' ± 1°	35°40' ± 1°	52°56'	34°59'

Les cristaux à contours pseudo-hexagonaux sont en réalité des édifices maclés, constitués par deux individus avec interpénétration, comme le démontrent les sections polies (fig. 1 et 2). La macle est du type pseudo-mériédrie (loi de Friedel) donnant un édifice pseudo-quadratique puisque $b \approx 2 a$; le plan de macle et d'accolement est (120) qui est à 44° 47' de (010). La jonc-

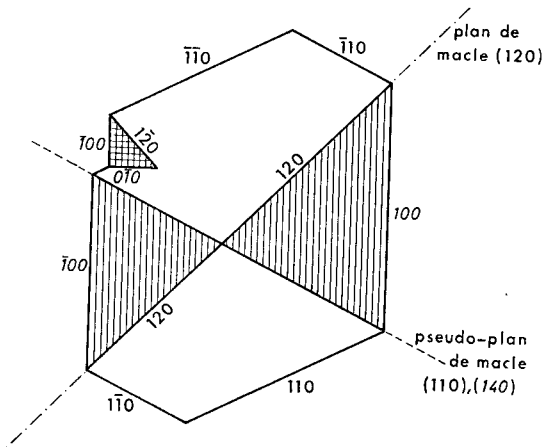


FIG. 3.

Un cristal isolé de la gangue a permis d'obtenir des diagrammes de cristal tournant et de Weissenberg (radiation $\text{CuK}\alpha$ -filtre Ni) montrant la symétrie orthorhombique avec les paramètres suivants :

$a = 5,40 \pm 0,02$, $b = 10,72 \pm 0,05$,
 $c = 9,04 \pm 0,04$ Å ;
 $a : b : c = 0,504 : 1 : 0,844$; le volume de la
 maille est $V = 524 \pm 6$ Å³.

$$Z = 4 (d_x = 5,20).$$

Les extinctions systématiques observées sur les diagrammes de Weissenberg montrent que la picotpaulite présente une maille à base centrée avec un symbole de diffraction $mmmC$ ---. Les groupes spatiaux possibles sont les suivants : D_{2h}^6-C222 ; $C_{2v}^{11}-Cmm2$; $C_{2v}^{14}-Amm2$ et $D_{2h}^{19}-Cmmm$.

Le diagramme de poudre indexé avec les paramètres ci-dessus est donné dans le tableau III.

TABLEAU III.

Diagramme de poudre de la picotpaulite.

Radiation CuK_{α} , filtre Ni, chambre de 240 mm de circonférence intensités relatives de 1 à 10 ; d calculé avec les paramètres orthorhombiques suivants : $a = 5,40$; $b = 10,72$; $c = 9,04$.

I	d_{mes}	d_{calc}	hkl
5	5,40 Å	5,40 Å	100
5	4,53	4,53	002
9	4,26	4,26	111
7	3,80	3,81	120
4	3,46	3,46	022
7	3,33	3,325	031
(2)	(3,166)	(traie du réalgar)	
10	2,912	2,913	122
		2,905	013
4	2,706	2,704	200
5	2,556	2,559	113
5	2,513	2,518	211
5	2,410	2,415	220
4	2,311	2,306	042
		2,306	033
		2,130	222
		2,121	133
		2,121	142
3	2,037	2,037	051
		2,035	024
3	1,934	1,947	151
		1,845	124
4	1,803	1,803	240
1	1,785	1,787	060
		1,785	015
5	1,716	1,748	055
		1,744	311
5	1,730	1,729	044

PROPRIÉTÉS CHIMIQUES.

L'analyse qualitative à la microsonde électronique a montré la présence de Tl, Fe, Pb et S à l'exclusion de tout autre élément de nombre atomique supérieur à 5 (bore).

Deux analyses quantitatives réalisées à la microsonde électronique sur deux cristaux différents de picotpaulite ont fourni les résultats consignés dans le tableau IV. Les témoins utilisés pour doser Tl, Fe, S et Pb ont été respectivement la lorandite ($TlAsS_2$), la pyrite et la galène.

Les résultats analytiques correspondent bien à la formule $TlFe_2S_3$ avec parfois un faible remplacement du thallium par le plomb.

TABLEAU IV.

Analyse de la picotpaulite d'Allchar.

1-2. — Analyses de deux cristaux différents de picotpaulite à la microsonde électronique par R. Giraud (B. R. G. M.).

3-4. — Nombre d'atomes par unité formulaire calculé pour les analyses 1 et 2 respectivement et sur la base d'un total égal à 6.

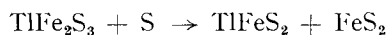
5. — Composition théorique pour $TlFe_2S_3$.

	1	2	3	4	5
Tl	46,8	47,8	0,91	0,93	49,6
Pb	2,8	1,9	0,05	0,04	-
Fe	28,6	28,2	2,04	2,03	27,0
S	24,1	23,9	3,00	3,00	23,4
TOTAL	102,3	101,8	6	6	100

CONDITIONS DE GISEMENT.

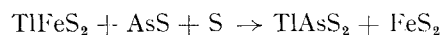
Le gisement d'Allchar (Yougoslavie) est bien connu pour ses minéraux de thallium : lorandite, vrbaitte et raguinite ($TlFeS_2$). Une description détaillée de ce gisement a été publiée à l'occasion de la description de la raguinite (Y. Laurent *et al.*, 1969). La picotpaulite se trouve dans la zone à lorandite, en particulier dans les échantillons riches en pyrite et en raguinite.

La transformation de la picotpaulite en raguinite, conduisant à des pseudomorphoses totales, est bien mise en évidence sur la photo de la figure 5. A propos de la raguinite (Laurent *et al.*, 1969), on avait déjà émis l'hypothèse que cette transformation s'était faite sous l'influence d'une venue postérieure riche en soufre et s'accompagnait de formation de pyrite ; on peut la schématiser par la réaction :



picotpaulite + soufre \rightarrow raguinite + pyrite.

Le soufre aurait encore provoqué une réaction entre le réalgar et la raguinite, avec formation de lorandite et de pyrite :



raguinite + réalgar + soufre \rightarrow
lorandite + pyrite.

Ainsi s'expliquent très bien : les associations étroites de raguinite et de pyrite dans les pseudomorphoses de picotpaulite, les associations de raguinite et de lorandite, les structures résiduelles de raguinite soulignées par la pyrite dans la lorandite, ainsi que la rareté de la raguinite dans les échantillons où le réalgar ne s'accompagne pas de lorandite.

On peut alors penser que, dans le gisement d'Allchar, la zone médiane, enveloppant la zone centrale à : stibine, pyrite, quartz et mispickel, et elle-même entourée par la zone externe à dolomie et opale, comportait un premier dépôt formé essentiellement de réalgar avec picotpaulite et sans doute de pyrite et d'autres minéraux de

sa composition chimique et son diagramme de poudre. Les minéraux de thallium sont peu nombreux ; ils ont été énumérés dans la description de la raguinite (Laurent *et al.*, 1969). Par ses propriétés cristallographiques et chimiques, on peut rapprocher la picotpaulite du groupe cubanite-sternbergite.



FIG. 5. — Pseudomorphoses partielles de cristaux de picotpaulite en raguinite. La picotpaulite résiduelle apparaît grise dans la partie centrale des cristaux et la raguinite blanche. — Section polie, N. C., $\times 220 \times$, immersion.

thallium. Ultérieurement, une venue riche en soufre a provoqué la formation : de raguinite et de pyrite, puis probablement aussi : d'orpiment aux dépens du réalgar et de la marcasite. Nous ne disposons pas de données nous permettant de situer exactement le dépôt de la vrbaïte ; cependant sa composition chimique, $Tl_4Hg_3Sb_2As_8S_{20}$, comportant, outre le thallium et l'arsenic, de l'antimoine et du mercure (Caye *et al.*, 1967) laisse à penser que la vrbaïte appartient à la phase initiale à réalgar et picotpaulite. Tout le thallium se serait trouvé dans le dépôt initial, sous forme de picotpaulite, tandis que la venue sulfurée postérieure aurait été exempte de thallium.

RAPPORTS AVEC LES AUTRES ESPÈCES MINÉRALES.

La picotpaulite se distingue facilement de toutes les autres espèces minérales connues par

CONSERVATION DES ÉCHANTILLONS TYPES.

Les échantillons types ayant servi à la présente étude sont déposés dans la collection de minéralogie de l'École nationale supérieure des Mines de Paris. Nous ne possédons actuellement que quelques sections polies contenant des petites plages de picotpaulite visibles au microscope.

REMERCIEMENTS.

Nous tenons à exprimer nos bien vifs remerciements à ceux qui nous ont aidé à définir les propriétés de la picotpaulite : MM. R. Caye, R. Giraud, C. Laforêt et F. Pillard (B. R. G. M.) et qui nous ont procuré les échantillons d'Allchar MM. J. Mantiene (B. R. G. M.), C. Marion (École nat. sup. Mines, Paris) et T. Ivanov (Institut de Géologie de Skopje, Yougoslavie).

Manuscrit reçu le 16 février 1970.

RÉFÉRENCES

- BERRY, L. G. et THOMPSON, R. M. (1962). — X-ray powder data for ore minerals : The Peacock Atlas, *Geol. Soc. Amer.*, Mem. 85.
- CAYE, R., PICOT, P., PIERROT, R. et PERMINGEAT, F. (1967). — *Bull. Soc. fr. Minéral. Cristallogr.*, 90, 185-191.
- PALACHE, C., BERMAN, H. et FRONDEL, C. (1944). — *Dana's system of mineralogy*, t. I.
- GUILLEMIN, C., PERMINGEAT, F. et PIERROT, R. (1949 à 1969). — Revue bibliographique des modifications apportées à la nomenclature minéralogique. *Bull. Soc. fr. Minéral. Cristallogr.*, t. 72 à 92.
- HEY, M. H. (1962 et 1963). — *Chemical index of minerals and Appendix*, British Museum, Londres.
- LAURENT, Y., PICOT, P., PIERROT, R., PERMINGEAT, F. et IVANOV, T. (1969). — *Bull. Soc. fr. Minéral. Cristallogr.*, 92, 38-48.
- STRUNZ, H. et TENNYSON, Ch. (1969). — *Mineralogische Tabellen*, 4^e éd., Leipzig.