

## La hocartite, $\text{Ag}_2\text{SnFeS}_4$ , une nouvelle espèce minérale

PAR R. CAYE, Y. LAURENT, P. PICOT, R. PIERROT,

Centre scientifique et technique du B. R. G. M., Orléans

ET C. LÉVY,

Laboratoire de Minéralogie et Cristallographie, associé au C. N. R. S., Faculté des sciences de Paris.

**Résumé.** — Un nouveau sulfure d'argent, étain et fer a été découvert dans le minerai de Tacama (Bolivie). Sa composition chimique, obtenue à la microsonde électronique (4 analyses) correspond étroitement à la formule  $\text{Ag}_2\text{SnFeS}_4$  et en fait l'équivalent argentifère de la stannite. Son diagramme de poudre, voisin de celui de la stannite a pu être indicé dans le système quadratique avec comme paramètres  $a = 5,74$  et  $c = 10,96$ . Sa couleur en section polie est gris brunâtre légèrement différente de celle de la stannite et très proche de celle de la canfieldite. Les courbes de dispersion des pouvoirs réflecteurs ont été établies ; elles montrent que le minéral est uniaxe négatif. Le nom de hocartite est proposé en l'honneur du professeur R. Hocart.

**Abstract.** — A new silver, tin, iron sulphide has been discovered in an ore from Tacama (Bolivia). Its chemical composition obtained with the electron microprobe (4 analyses) corresponds closely to the formula  $\text{Ag}_2\text{SnFeS}_4$  and makes it the argentiferous equivalent of stannite. Its powder diagram, similar to that of stannite, has been indexed in the tetragonal system with the parameters  $a = 5.74$  and  $c = 10.96$  Å. Its colour in polished section is brownish grey, slightly different from that of stannite and very near to that of canfieldite. The dispersion curves of reflectivity have been established. They show that this mineral is uniaxial negative. The name hocartite is proposed in honour of R. Hocart.

### I. — HISTORIQUE ET ÉTYMOLOGIE.

Ce minéral a été découvert pour la première fois par l'un de nous (P. Picot) dans un échantillon de würtzite de Tacama (Bolivie). Il a été observé par la suite dans le minerai de Fournial (Cantal) et qualifié provisoirement de « stannite argentifère » (Périchaud, Picot, Pierrot, 1966) en attendant la description que nous présentons ici.

Le nom de hocartite est proposé en hommage à Raymond Hocart, Professeur de Minéralogie à la Faculté des sciences de Paris.

*Ce nouveau nom a été approuvé par la Commission française de Nomenclature puis soumis à la Commission internationale des Nouveaux Noms et des Noms de Minéraux qui l'a à son tour approuvé par 14 voix contre 0 et 1 abstention (n° 46, liste 1967, vote du 24 janvier 1968).*

### II. — CARACTÈRES OPTIQUES ET PHYSIQUES.

La hocartite n'a été observée qu'au microscope, sur sections polies de minerais. Elle se polit bien et sa dureté au polissage est la même que celle de la stannite avec laquelle elle ne marque aucune différence de relief.

Elle se présente, la plupart du temps, à l'intérieur de plages de stannite, en intercroissance de même orientation optique que la stannite (fig. 1). On la trouve plus rarement en plages homogènes dont la dimension varie de quelques dixièmes de millimètre à un millimètre.

Brun-gris en lumière naturelle, d'un pouvoir réflecteur apparent légèrement plus faible que celui de la stannite, elle manifeste un faible pléochroïsme de gris-brun à gris violacé ; son anisotropie est surtout visible entre nicols croisés (fig. 2) ou elle présente des teintes de polari-



FIG. 1. — Hocartite (en haut), légèrement plus foncée que la stannite qui l'englobe (à droite) et s'associe avec elle en lamelles orientées, LN  $\times$  200, immersion dans l'huile.



FIG. 2. — Hocartite dans argyrodite-canfieldite (granulée par corrosion à la lumière) les gris plus ou moins foncés sont dus à l'orientation différente des cristaux de hocartite et permettent de distinguer nettement les lamelles de macles polysynthétiques, LP  $\times$  145.

sation orangées et verdâtres, analogues (bien que moins intenses) à celles de l'énergite. Elle est fréquemment mâclée polysynthétiquement comme la stannite.

Nous avons mesuré les pouvoirs réflecteurs de la hocartite dans différentes longueurs d'onde jalonnant, tous les 200 Å, la partie visible du spectre comprise entre 4 200 et 6 400 Å. Nous avons utilisé l'appareillage à photomultiplica-

teur avec lequel, l'un de nous (C. Lévy, 1967) a établi les courbes de dispersion des pouvoirs réflecteurs des sulfures complexes de cuivre (stannite, renierite, etc.).

TABLEAU I.

**Hocartite. — Dispersion des pouvoirs réflecteurs.**

		4 200	4 400	4 600	4 800	5 000	5 200	5 400	5 600	5 800	6 000	6 200	6 400
1		23,6	24,1	24,4	24,5	24,2	24,0	24,0	24,0	24,0	23,8	24,0	23,8
2		23,2	24,0	24,2	24,4	24,1	24,1	24,0	23,8	23,8	24,0	24,1	23,3
3	$R_o$	24,4	25,0	24,6	24,8	24,3	24,4	24,2	24,0	23,8	24,0	24,5	23,5
	$R'_e$	24,4	23,4	23,6	22,6	22,8	22,9	22,8	22,8	22,6	22,8	22,9	23,3
4	$R_o$	23,2	24,0	24,2	24,2	23,8	24,0	23,8	23,8	23,7	24,2	23,7	22,4
	$R'_e$	23,2	23,0	22,8	22,7	22,4	22,6	22,6	22,4	22,2	22,3	22,5	22,4
5		24,4	24,2	24,2	24,6	24,6	24,2	24,3	24,2	24,1	24,1	24,0	22,4
6		23,2	23,9	23,8	24,4	24,4	24,4	23,8	23,8	23,6	24,0	23,4	23,2

1, 2, 3, 4 : hocartite, Tacama, Bolivie ; 5 : hocartite, Chocaya, Bolivie ; 6 : hocartite, Fournial, France

Les résultats sont présentés dans le tableau I et exprimés sous forme de courbe sur la figure 3. La forme des courbes (A), qui sont presque des droites horizontales, montre que le minéral est très peu coloré et n'apparaît violacé que par rapport à la stannite verdâtre.

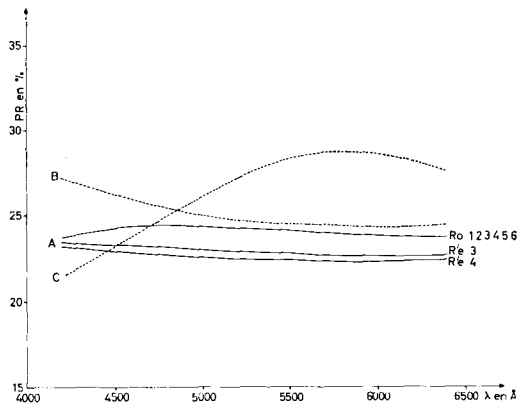


FIG. 3. — Courbes de dispersion des pouvoirs réfracteurs de la hocsartite (courbes : A).

B : courbe de dispersion des pouvoirs réfracteurs d'une canfieldite.

C : courbe de dispersion des pouvoirs réfracteurs d'une stannite.

La courbe  $R_o$  (fig. 3) représente les mesures de l'un des deux pouvoirs réfracteurs effectuées sur plusieurs plages de hocsartite de Tacama (dont deux sont isotropes) et d'une plage isotrope d'hocsartite de Fournial, mesures qui se confondent, montrant ainsi que le minéral est uniaxe et de signe optique négatif ( $R_o > R_e$ ). Les courbes  $R'_e$  représentent respectivement les valeurs des pouvoirs réfracteurs minimaux obtenues sur des plages non isotropes. Pour comparaison la courbe C représente le pouvoir réfracteur  $R_o$  d'une stannite (uniaxe positif), et la courbe B montre la dispersion du pouvoir réfracteur d'une canfieldite.

### III. — CARACTÈRES CRISTALLOGRAPHIQUES.

Un diagramme de poudre a pu être obtenu en prélevant sous le microscope une plage pure de hocsartite. Les résultats ont été confirmés par plusieurs diagrammes, certains réalisés sur des associations de hocsartite avec de la stannite ou de la blende.

Nous présentons, dans le tableau II, les valeurs des distances interréticulaires obtenues.

Nous y avons joint à titre de comparaison, celles de la stannite. Le diagramme a pu être indicé dans le système quadratique avec  $a = 5,74 \pm 0,03$  et  $c = 10,96 \pm 0,05$  Å. La comparaison des diagrammes de la stannite et de la hocsartite (tab. II) montre que ce dernier minéral se rattache, du point de vue structural, au groupe des sulfures à liaison tétraédrique : blende, chalcopryrite, stannite, etc.

### IV. — CARACTÈRES CHIMIQUES.

La composition chimique n'a pu être connue que grâce à l'utilisation de la microsonde électronique, étant donné les dimensions des plages observées qui n'ont jamais dépassé le millimètre. Nous présentons dans le tableau III les analyses de quatre plages de hocsartite de Tacama (Bolivie) ; celle de Fournial est en grains trop fins pour permettre des dosages corrects bien qu'elle ait montré une composition analogue. La hocsartite se caractérise immédiatement par une forte teneur en argent et en étain ; le calcul en nombre d'atomes, sur la base de 8 atomes par unité formulaire aboutit, en faisant la moyenne des 4 analyses, à la formule  $\text{Ag}_{1,66}\text{Cu}_{0,14}\text{Sn}_{1,10}\text{Fe}_{0,67}\text{Zn}_{0,31}\text{S}_{4,12}$ . Cette formule en raison du faible nombre d'atomes de cuivre et de zinc présents dans des positions correspondant vraisemblablement à Ag et Fe peut être simplifiée en  $\text{Ag}_2\text{SnFeS}_4$ . La hocsartite apparaît ainsi comme l'équivalent argentifère de la stannite  $\text{Cu}_2\text{SnFeS}_4$  (1).

### V. — RAPPORTS DE LA HOCARTITE AVEC LES AUTRES MINÉRAUX.

Du point de vue chimique, le minéral le plus voisin est la canfieldite  $\text{Ag}_8(\text{Sn}, \text{Ge})\text{S}_6$ . Mais en plus du fait que la structure de la canfieldite est tout à fait différente de celle des sulfures « tétraédriques », sa composition chimique se distingue nettement de celle de la hocsartite par l'absence de fer, la teneur beaucoup plus forte en argent (74 % au lieu de 36 %) et beaucoup plus faible en étain (7 % au lieu de 27 %) ainsi qu'on peut le voir sur le tableau III.

Du point de vue structural, si la hocsartite possède une structure analogue à celle de la

(1) G. H. Moh en 1960 a réussi à obtenir par synthèse un composé voisin de formule  $\text{AgCuFeSnS}_4$  qui laissait présager l'existence du composé  $\text{Ag}_2\text{FeSnS}_4$  non encore synthétisé.

TABLEAU II. — Diagramme de poudre de la hocartite.

1				2		3		
$d_{obs.} (\text{Å})$	I	$d_{calc.} (\text{Å})$	$h k l$	$d_{obs.} (\text{Å})$	I	$d_{obs.} (\text{Å})$	I	$h k l$
5,48	1	5,49	0 0 2	5,39	1/2	5,37	1/2	0 0 2
5,08	2	5,09	0 1 1	4,87	2	4,85	1/2	0 1 1
4,06	2	4,05	1 1 0	3,81	2	—	—	—
3,26	10	3,27	1 1 2	3,12	10	3,12	10	1 1 2
3,08	1	3,09	1 0 3	—	—	—	—	—
2,87	4	2,87	0 2 0	2,71	5	2,71	3	0 2 0
2,74	3	2,73	0 0 4	—	—	—	—	0 0 4
2,54	1/2	2,50	0 2 2	2,43	1/2	2,46	1/2	0 2 2
2,50	1/2	2,50	1 2 1	—	—	2,38	1/2	1 2 1
2,27	1/2	2,26	1 1 4	2,20	1/2	2,21	1/2	1 1 4
2,26	1/2	2,26	2 0 3	—	—	—	—	—
2,19	1	2,19	0 0 5	—	—	—	—	—
2,03	5	2,03	2 2 0	—	—	—	—	—
1,98	8	1,98	0 2 4	1,916	9	1,922	7	0 2 4
1,72	7	1,725	3 1 2	1,634	8	1,642	4	1 3 2
1,666	3	1,660	1 1 6	—	—	1,626	3	0 3 3
—	—	—	—	—	—	—	—	1 1 6
1,630	2	1,628	2 2 4	1,568	2	1,570	1	2 2 4
1,626	2	1,628	3 1 3	—	—	—	—	—
1,442	1	1,439	3 0 5	1,445	1/2	—	—	—
1,435	1	1,439	4 0 0	1,359	1/2	1,368	2	0 4 0
1,374	1	1,365	2 0 7	—	—	—	—	—
1,370	1	1,365	0 0 8	—	—	1,347	2	0 0 8
1,321	1	1,317	3 0 6	—	—	—	—	—
1,314	1	1,317	3 3 2	—	—	—	—	—
1,288	1	1,286	2 3 5	—	—	—	—	2 3 5
1,287	3	1,286	1 3 6	1,244	4	1,245	3	1 3 6
—	—	—	—	—	—	—	—	1 4 3
1,283	1	1,286	4 2 0	—	—	—	—	—
1,166	1	1,163	1 1 9	—	—	—	—	—
1,162	3	1,163	2 4 4	1,107	3	1,114	3	2 4 4
1,159	1/2	1,163	3 3 5	—	—	—	—	—
1,135	1/2	1,131	2 2 8	—	—	—	—	—
1,128	1/2	1,131	4 0 6	—	—	—	—	—

1 : hocartite (Bolivie). Debye-Scherrer, chambre de 240 mm de circonférence, radiation  $\text{CuK}\alpha$ . Intensités visuelles comparatives de 1/2 à 10.

2 : stannite (Bolivie). Mêmes conditions opératoires que ci-dessus.

3 : stannite (Bolivie) *in* : Berry, L. G. et Thompson, R. M. (1962).

TABLEAU III. — Analyse de la hocartite.

	1	A	2	B	3	C	4	D	5	6
Sn.....	28,0	1,15	26,6	1,10	25,5	1,07	25,0	1,06	6,94	27,83
Ge.....	—	—	—	—	—	—	—	—	1,82	—
Ag.....	36,0	1,62	36,0	1,64	36,0	1,67	36,0	1,68	74,10	—
Cu.....	1,8	0,14	1,8	0,14	1,8	0,14	1,8	0,14	—	31,52
Fe.....	7,7	0,67	7,7	0,68	7,5	0,67	7,6	0,69	—	12,06
Zn.....	4,0	0,30	4,0	0,30	4,2	0,32	4,2	0,32	0,21	—
S.....	27,0	4,12	26,9	4,14	26,4	4,13	26,0	4,11	16,22	28,59
Totaux..	104,5	8,00	103,0	8,00	103,4	8,00	100,6	8,00	100,75	100,00

1, 2, 3 et 4 : analyses à la microsonde électronique (R. Giraud, B. R. G. M.). Hocartite de Tacama.

A, B, C et D : nombre d'atomes sur la base d'un total égal à 8, déduites respectivement des analyses 1, 2, 3 et 4.

5 : Canfieldite d'Aullagas, Bolivie, *in* : Dana's System of Mineralogy.

6 : Stannite d'Oruro, Bolivie, *in* : Dana's System of Mineralogy.

stannite et par conséquent un diagramme de poudre très voisin, elle s'en distingue par des paramètres et une composition chimique nettement différents, en particulier par une grande richesse en argent compensant une très faible teneur en cuivre.

Les propriétés optiques de la hocartite sont également différentes de celles de la stannite et des autres sulfures de formule générale  $\text{Cu}_3\text{XS}_4$  (Lévy, 1967) ainsi que le montrent les courbes de dispersion des pouvoirs réflecteurs (fig. 3). Cette différence apparaît nettement au simple examen visuel lorsque les deux minéraux sont associés (absence, dans la hocartite, du ton « olivâtre » de la stannite). Par contre, la distinction dans les mêmes conditions de la hocartite et de la canfieldite est plus délicate ainsi que le laisse prévoir l'examen des courbes de dispersion des pouvoirs réflecteurs (fig. 3). Les deux minéraux se distinguent cependant nettement entre nicols croisés : la canfieldite est isotrope alors que les effets d'anisotropie de la hocartite sont très visibles (1).

(1) P. RAMDOHR nous a aimablement communiqué les minéraux qu'il avait observés en 1944 et dénommés stannite « III » et « IV » ; il pensait, en l'absence d'analyse chimique, qu'il pouvait éventuellement s'agir de hocartite ; l'examen comparatif des propriétés des stannites « III » et « IV » et de la hocartite a montré qu'il s'agissait en réalité d'espèces différentes.

## VI. — CONDITIONS DE GISEMENT.

La hocartite se présente en inclusions dans la blende ou la würtzite ou en intercroissance orientées avec la stannite. Nous l'avons rencontrée fréquemment dans des échantillons des gîtes boliviens et plus particulièrement ceux de Tacama, Hocaya et Colquechaca. On sait que ces gisements représentent un type tout à fait particulier par la présence de certains minéraux très rares tels que l'argyrodite, la canfieldite, etc. et surtout par l'association à une échelle très réduite de minéraux réputés de « haute » et de « basse température ». Il est intéressant de noter que la hocartite a été également découverte à Fournial (Cantal) seul gisement français à présenter des associations minérales du type bolivien ; ce gisement de Fournial est considéré comme gisement type pour la hocartite

## VII. — CONSERVATION DES ÉCHANTILLONS TYPES.

Les échantillons ayant servi à la présente étude sont conservés dans la Collection de Minéralogie de l'École nationale supérieure des Mines de Paris.

## BIBLIOGRAPHIE

- BERRY, L. G. et THOMPSON, R. M. (1962). — X-ray powder data for ore minerals, the Peacock Atlas. *Geol. Soc. Amer. Miner.*, 85.
- DANA'S SYSTEM OF MINERALOGY (1958). — 7<sup>e</sup> édition. Wiley. New York.
- FLEISCHER, M. (1966). — *Amer. Mineralogist*, 51, 1248.
- HEY, M. H. (1955). — *Chemical Index of Minerals and Appendix* (1963). 2<sup>e</sup> édition. British Museum. Londres (1963).
- LÉVY, C. (1967). — Contribution à la Minéralogie des sulfures de cuivre du type  $\text{Cu}_3\text{XS}_4$ . *Mémoires B. R. G. M.* n° 54).
- MOH, G. H. (1960). — *Neues Jb. Mineral. Abh. Dtsch.*, 94, 1125.
- PÉRICHAUD, J. J., PICOT, P. et PIERROT, R. (1966). — *Bull. Soc. fr. Mineral. Cristallogr.*, 89, 488.
- RAMDOHR, P. (1944). — *Abh. Preus. Akad. Wien, Math. nat. Kl.* n° 4.