

## L'imitérite, $\text{Ag}_2\text{HgS}_2$ , nouvelle espèce minérale ; propriétés et structure cristalline

par JEAN-JACQUES GUILLOU\*, JACQUES MONTHEL\*\*, PAUL PICOT\*\*,  
FRANÇOIS PILLARD\*\*, JEAN PROTAS\*\*\* et JEAN-CLAUDE SAMAMA\*

\* Laboratoire de Caractérisation des Gîtes Minéraux, Ecole Nationale Supérieure de Géologie de Nancy, Institut National Polytechnique de Lorraine, B.P. 452, 54001 Nancy Cedex, France.

\*\* Bureau de Recherches Géologiques et Minières, B.P. 6009, 45060 Orléans Cedex, France.

\*\*\* Laboratoire de Minéralogie-Cristallographie, Université de Nancy I, E.R.A. C.N.R.S. n° 162, B.P. 239, 54506 Vandœuvre Cedex, France.

**Résumé.** — L'imitérite,  $\text{Ag}_2\text{HgS}_2$ , est un nouveau minéral du gîte d'Imiter, Jbel Sarhro, Anti-Atlas, Maroc, d'où il tire son nom. Gris blanc en lumière réfléchie naturelle, avec un pleochroïsme allant du bleuâtre au rosâtre, il présente une forte anisotropie du bleu au brun roux. Le pouvoir réflecteur dans l'air va de 38,3-33,4 % [ $\lambda(\text{nm})$  440] à 27,4-25,3 % [ $\lambda(\text{nm})$  800]. La microdureté Vickers (VHN 100) est 86. Monoclinique, groupe spatial  $P2_1/c$ ,  $a = 4,0394(8)$ ,  $b = 8,0050(6)$ ,  $c = 6,5812(8)$  Å,  $\beta = 107,12(2)^\circ$ ,  $V = 203,3(1)$  Å<sup>3</sup>. Masse volumique calculée  $\rho = 7,846(4)$  g.cm<sup>-3</sup>. La structure cristalline a été déterminée par diffraction des rayons X ( $R = 0,0352$  pour 552 réflexions observées) et confirme la formule déterminée par analyse à la microsonde électronique. Dans l'imitérite,  $\text{Hg}^{2+}$  est en coordination linéaire comme dans le cinabre, et l'argent en coordination triangulaire plane comme dans l'acanthite.

**Mots-clés :** imitérite, nouveau minéral, mercure, argent, sulfure, structure cristalline, Imiter, Maroc.

*Imiterite,  $\text{Ag}_2\text{HgS}_2$ , a new mineral species : properties and crystal structure.*

**Abstract.** — Imiterite  $\text{Ag}_2\text{HgS}_2$  is a new mineral from the Imiter Mine, Jbel Sarhro, Anti-Atlas, Morocco, from which its name is derived. In reflected light, it is white grey, with a pleochroism from bluish to pinkish. Its anisotropy is strong, from blue to reddish brown. Reflectance in air is comprised between 38.3 and 33.4 % for  $\lambda = 440$  nm and between 27.4 and 25.3 for  $\lambda = 800$  nm. The Vickers microhardness (VHN 100) is 86. Monoclinic, space group  $P2_1/c$ ,  $a = 4.0394(8)$ ,  $b = 8.0050(6)$ ,  $c = 6.5812(8)$  Å,  $\beta = 107.12(2)^\circ$ ,  $V = 203.3(1)$  Å<sup>3</sup>. Calculated specific gravity  $\rho = 7.846(4)$  g.cm<sup>-3</sup>. The crystal structure was determined by X-ray diffraction ( $R = 0.0352$  for 552 independent observed reflections) and confirmed the formula obtained from microprobe analysis. In imiterite,  $\text{Hg}^{2+}$  is linearly coordinated as in cinnabar whereas  $\text{Ag}^+$  is in a plane triangular coordination as in acanthite.

**Key words :** imiterite, new mineral, mercury, silver, sulfide, crystal structure, Imiter, Morocco.

### INTRODUCTION - CADRE GÉOLOGIQUE ET ASSOCIATIONS

Le gisement d'Imiter (Grappe, 1976) se situe dans le "Précambrien II" (Choubert, 1963 ; Leblanc, 1975) du Jbel Sarhro (Anti-Atlas oriental), à mi-chemin entre Boulmane et Tinerhir. Les minéralisations exploitées, à argent et mercure, se sont mises en place en quatre étapes (Guillou *et al.*, 1981, 1984).

Une première minéralisation stratoïde, essentiellement pyriteuse, permet de rattacher Imiter au groupe des gîtes exhalatifs du Précambrien II (PII) de l'Anti-Atlas. Il s'agit de fins lits sulfurés distribués dans des métapélites et des méta-volcanites. La minéralisation est surtout compo-

sée de pyrite. Il s'y ajoute de la sphalérite, de l'argentite et de la chalcopyrite.

Des dépôts fissuraux postérieurs tapissent les fractures de l'encaissant lithifié et métamorphisé par l'intrusion de granitoïdes à la fin du PII. Un premier lacis de veinules à pyrite est relayé et recoupé par un second lacis de filonnets polymétalliques. Frangés de cristaux de chlorite, ces veinules et filonnets contiennent dans le premier cas de la pyrite, dans le second une association à pyrite, sphalérite, chalcopyrite, galène, arsénopyrite, argentite et polybasite.

Tous ces dépôts sont recoupés par une brèche tectonique minéralisée orientée E-W. Cette brèche s'amortit à la hauteur des lentilles conglomératiques de base du Précambrien III. Plus

généralement la fracturation du socle PII se répercute mal dans l'importante couverture volcanique PIII. C'est-à-dire que l'époque de formation de la brèche se situe entre la première fracturation de PII et l'arrêt de la profonde érosion qui l'affecte sur une hauteur de plusieurs milliers de mètres pour atteindre le niveau structural des granitoïdes intrusifs. L'imitérite se trouve dans ce remplissage bréchique (Figure 1),

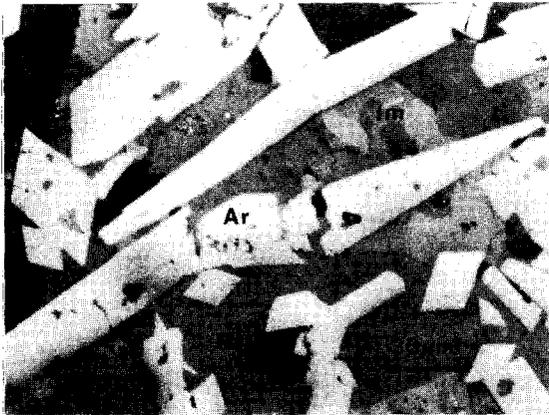


FIG. 1. — *Lumière polarisée, nicols décroisés. Echantillon 13a, niveau -90, travers-banc nord.* Dans cette minéralisation de brèche, l'imitérite (Im) et la polybasite (Po) cimentent de l'arséno-pyrite (Ar) cataclastée.

*Polarized light, uncrossed polarizers. Sample 13a, level -90, north cross-cut.* Breccia-type mineralization where imiterite (Im) and polybasite (Po) include cataclastic arsenopyrite (Ar).

soit après la sphalérite qu'elle semble remplacer (Figure 2) soit en inclusions dans la galène (Figure 3), soit encore associée aux argents noirs (polybasite). Ce type de remplissage contient encore de l'arséno-pyrite, de la chalcopryrite, de la gersdorffite, de l'ullmanite, un peu de cuivres gris (schwartzite et freibergite), des argents noirs (stéphanite, polybasite), de l'argentite, de la stromeyerite et beaucoup d'amalgame (konsbergite) dans une gangue carbonatée. On peut l'interpréter comme une remobilisation hydrothermale ou, compte-tenu de la proximité immédiate de la surface topographique à la fin du PII, comme l'effet d'un épisode de cimentation suivi d'une phase hydrothermale liée à la mise en place du volcanisme PIII.

Des phénomènes récents d'oxydation et de

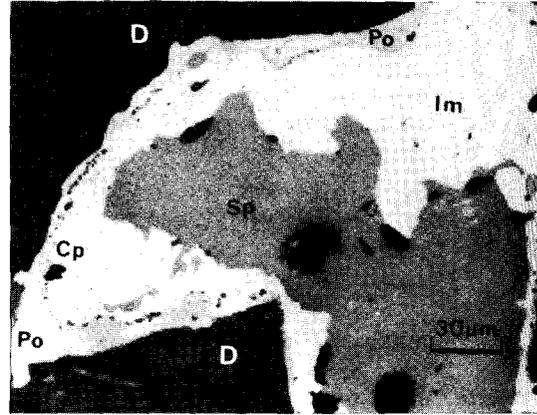


FIG. 2. — *Lumière naturelle. Echantillon 13b, niveau -90, travers-banc nord.* Plage de sphalérite (Sp) auréolée d'abord d'imitérite (Im) à inclusions marginales de chalcopryrite (Cp), puis de polybasite (Po) et enfin de dolomite (D).

*Normal light. Sample 13b, level -90, north cross-cut.* Sphalerite (Sp) surrounded first by imiterite (Im) with marginal chalcopryrite inclusions (Cp), then by polybasite (Po) and at last by dolomite (D).

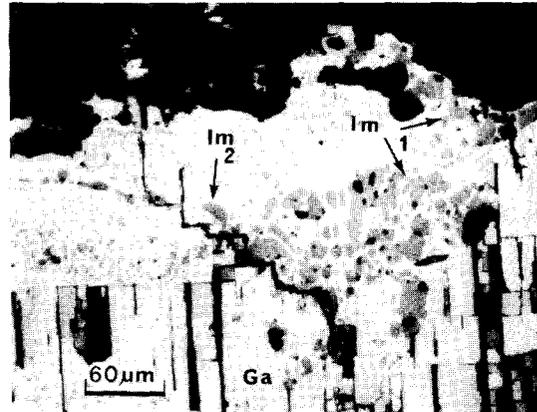


FIG. 3. — *Lumière naturelle. Echantillon 9, niveau -90, travers-banc sud.* Les inclusions d'imitérite (Im) dans la galène (Ga) se groupent dans un secteur marginal du cristal (1) ou s'alignent sur une microfissure (2).

*Normal light. Sample 9, level -90, south cross-cut.* Imiterite inclusions (Im) in galena (Ga). They are localized near the margins of the crystal (1) or along a microfissure (2).

cimentation se surimposent aux minéralisations précédentes.

## ÉTUDE CHIMIQUE

Les analyses chimiques de l'imitérite ont été effectuées à l'aide de la microsonde automatisée CAMEBAX (Service Interuniversitaire d'analyse par sonde électronique de l'Université de Nancy I) et avec les conditions analytiques suivantes :

- Courant échantillon : 8 nA
- Tension d'accélération : 15 kV
- Temps de comptage : 20 s
- Surface des plages balayées : 40×40 μm<sup>2</sup>
- Standards utilisés : Ag : métal, Hg : cinabre, S : pyrite.

Une vingtaine de plages ont été analysées, réparties sur trois échantillons prélevés en trois points distincts du niveau -90 de l'exploitation. Les comptages bruts ont été corrigés des effets de rétrodiffusion, absorption et fluorescence par une méthode ZAF intégrée à la chaîne de mesure de la microsonde CAMEBAX. Les résultats sont indiqués dans le tableau I. Ils conduisent à la formule idéale Ag<sub>2</sub>HgS<sub>2</sub>, confirmée par l'étude structurale. Outre Ag, Hg et S, les éléments suivants : Zn, Cu, Fe, Pb, Sb et As ont été dosés pour chaque plage analysée mais les teneurs mesurées sont inférieures à la limite de précision et ne sont pas significatives. C'est à notre connaissance la première fois qu'est rencontré un composé de ce type.

	Valeurs extrêmes	Moyenne (20 analyses)	Théorique pour Ag <sub>2</sub> HgS <sub>2</sub>	Rapports moléculaires
S	(12,83 - 13,81 %)	13,34 %	13,35 %	2,00
Hg	(41,46 - 43,93 )	42,64	41,75	1,02
Ag	(41,23 - 44,38 )	42,89	44,90	1,91
Total		98,87	100,00	

TABLEAU I. — Analyses à la microsonde électronique.

*Microprobe analyses.*

## PROPRIÉTÉS PHYSIQUES

La densité, calculée à l'aide des paramètres cristallographiques, est de 7,85. La microdureté Vickers est de 86 kg/mm<sup>2</sup> (P = 100 g).

Sous le microscope par réflexion, l'imitérite est de couleur blanc gris avec un net pléochroïsme allant du blanc gris bleuâtre au blanc gris rosâtre à brunâtre. Le poli est excellent, meilleur que celui de la polybasite qui lui est

souvent associée. Le pouvoir réflecteur est moyen, analogue à celui des cuivres gris. Le tableau II donne les réflectances de l'imitérite mesurées dans l'air.

Entre nicols croisés et sous la lampe à arc, l'anisotropie est forte, avec des teintes vives très caractéristiques, passant d'un bleu très pur à des brun roux au voisinage de l'extinction. La teinte bleue est très proche de celle observée dans la polarisation de la chalcostibite. Les plages d'imitérite, en général très pures, ne présentent ni macles, ni réflexions internes.

λ (nm)	R <sub>max</sub>	R <sub>min</sub>	λ (nm)	R <sub>max</sub>	R <sub>min</sub>	λ (nm)	R <sub>max</sub>	R <sub>min</sub>
400	-	-	540	32,1	29,5	680	29,7	27,9
420	33,8	29,8	560	31,5	29,2	700	29,4	27,5
440	38,3	33,4	580	31,1	28,9	720	29,3	27,4
460	36,4	32,1	600	30,8	28,8	740	28,9	26,9
480	34,8	31,3	620	30,5	28,6	760	28,8	26,8
500	33,7	30,6	640	30,3	28,5	780	29,3	27,0
520	32,8	29,9	660	29,9	28,2	800	27,4	25,3

TABLEAU II. — Pouvoirs réflecteurs de l'imitérite dans l'air. Lumière polarisée rectiligne, incidence normale, monochromateur à prisme, photomultiplicateur à cathode S<sub>20</sub>, témoin SiC, objectif et illuminateur à prisme, compensation d'obliquité par (R<sub>1</sub> + R<sub>2</sub>)/2. Largeur de bande du monochromateur : de 400 à 800 nm.

*Reflectances of imiterite in air. Plane polarized light. Incident beam orthogonal to the preparation. Prism monochromator. Photomultiplier with an S<sub>20</sub> cathode. SiC standard. Objective and illuminator equipped with prisms. Compensation for obliquity obtained by (R<sub>1</sub> + R<sub>2</sub>)/2. Band width of the monochromator : from 400 to 800 nm.*

## ÉTUDE CRISTALLOGRAPHIQUE ET DÉTERMINATION DE LA STRUCTURE

Le cristal utilisé est un éclat monocristallin prélevé par carottage sur une section polie présentant une plage homogène millimétrique d'imitérite identifiée au microscope métallographique. L'éclat monocristallin, sans forme définie, a une dimension maximale de 38 μm.

L'étude de la maille cristalline a été réalisée sur films par la méthode de Weissenberg puis sur diffractomètre automatique ENRAF-NONIUS CAD4F à partir de l'indexation automatique de réflexions dont les angles θ, ω, χ, φ ont été

déterminés à partir de deux séries de mesures, l'une avec la radiation  $K\alpha$  du cuivre, l'autre avec la radiation  $K\alpha$  de l'argent (Tableau III). Le groupe spatial a été déterminé à partir de films par la méthode de Weissenberg puis vérifié à l'aide de l'ensemble des réflexions enregistrées pour déterminer la structure.

Le diagramme de poudre a été indexé à l'aide des paramètres trouvés précédemment (Tableau IV). Les paramètres obtenus à partir des distances réticulaires observées diffèrent légèrement de ceux obtenus à partir du monocristal ( $a = 4,043(4)$  ;  $b = 7,953(5)$  ;  $c = 6,574(4)$  Å ;  $\beta = 107,06(4)^\circ$ ).

L'enregistrement des intensités diffractées a été réalisé sur un diffractomètre ENRAF-NONIUS CAD4F à l'aide du rayonnement  $\lambda(\text{AgK}\alpha) =$

hkl	$d_{\text{mes}}(\text{Å})$	$d_{\text{calc}}(\text{Å})$	$1/I_o$	$I_{\text{calc}}$	hkl	$d_{\text{mes}}(\text{Å})$	$d_{\text{calc}}(\text{Å})$	$1/I_o$	$I_{\text{calc}}$
011	4,88	4,94	3	2,2	132	1,959	1,960	3	0,2
020	4,00	4,00	2	1,5	211	1,958	1,958	3	1,6
110	3,466	3,476	5	0,9	200	1,925	1,930	0,5	0,2
111	3,466	3,455	5	4,1	122	1,898	1,892	2,5	1,6
002	3,138	3,144	3	2,6	023	1,860	1,857	2	1,4
012	2,916	2,926	2,5	2,1	221	1,803	1,803	1	0,9
102	2,882	2,889	2,5	3,3	140	1,777	1,777	2	1,5
120	2,768	2,779	10	4,7	141	1,774	1,774	2	0,3
121	2,767	2,767	3,6	3,6	220	1,739	1,739	1,5	0,7
111	2,746	2,749	10	10	222	1,728	1,728	1,1	1,1
112	2,707	2,718	2,5	3,3	211	1,672	1,672	0,4	0,4
022	2,461	2,472	8	1,7	133	1,663	1,661	2,5	1,4
031	2,456	2,456	7,6	7,6	213	1,653	1,653	1,5	1,5
122	2,340	2,343	2	1,4	104	1,635	1,633	0,5	1
131	2,197	2,190	2,5	1,7	142	1,464	1,464	3,5	1,2
013	2,029	2,027	2	1,6	202	1,467	1,464	3,5	0,8
					024	1,463	1,463	0,5	0,5

TABLEAU IV. — Diagramme de poudre de l'imitérite. Chambre de Debye-Scherrer, rayon : 57,3 mm. Radiation :  $\text{CuK}\alpha$ , filtre : Ni. Distances réticulaires en Å. Intensités estimées visuellement. Les distances réticulaires et les intensités calculées dans une échelle arbitraire ont été obtenues à partir des résultats de l'affinement de la structure cristalline à l'aide du programme LAZY-PULVERIX (Yvon *et al.*, 1977).

*Powder pattern of imiterite.* Debye-Scherrer camera, radius : 57.3 mm. Ni filtered,  $\text{CuK}\alpha$  radiation. Reticular distances in Å. Visual intensities. Reticular distances and intensities, calculated in an arbitrary scale, were obtained from the crystal structure results with the program LAZY-PULVERIX (Yvon *et al.*, 1977).

0,5609 Å obtenu à partir d'un monochromateur de graphite, afin de minimiser les effets de l'absorption ( $\mu_{\text{Rmax}}(\text{AgK}\alpha) = 0,95$ ). La stabilité expérimentale a été contrôlée périodiquement à l'aide de deux réflexions de contrôle qui n'ont mis en évidence aucune variation significative de l'intensité. Les conditions de mesure sont rappelées au tableau III. Les 552 réflexions conservées ont été corrigées par le facteur de Lorentz et de polarisation, puis de l'absorption à l'aide de la méthode proposée par Walker et Stuart (1983).

La structure cristalline a été résolue par méthode directe à l'aide du programme MULTAN 78 (Main *et al.*, 1978). L'interprétation des cartes de Fourier obtenues à partir de l'ensemble de signes présentant la meilleure figure de mérite a permis de placer successivement les atomes Hg, Ag et S. Les paramètres structuraux ont été affinés par la méthode des moindres carrés à

Imitérite $\text{Ag}_2\text{HgS}_2$ ; M = 480,46 g	
Monoclinique $P2_1/c$ (conditions de présence : $h0l : l = 2n, 0k0 : k = 2n$ )	
Maille déterminée à l'aide de 18 réflexions ( $18^\circ < \theta < 41^\circ$ )	Maille déterminée à l'aide de 13 réflexions ( $5^\circ < \theta < 11^\circ$ )
Rayonnement $\text{CuK}\alpha$ $\lambda = 1,5405$ Å	Rayonnement $\text{AgK}\alpha$ $\lambda = 0,55941$ Å
$a = 4,039(1)$	$a = 4,041(2)$
$b = 8,0052(6)$ ; $\beta = 107,11(2)^\circ$	$b = 8,004(2)$ ; $\beta = 107,15(3)^\circ$
$c = 6,580(1)$ Å	$c = 6,586(2)$ Å
$V = 203,3$ Å <sup>3</sup> (1)	$V = 203,5$ Å <sup>3</sup> (3)
Masse volumique calculée	
$\rho = 7,846(4)$ g.cm <sup>-3</sup>	$\rho = 7,838(9)$ g.cm <sup>-3</sup>
Valeurs moyennes pondérées	
$\langle a \rangle = 4,0394$ (8)	
$\langle b \rangle = 8,0050$ (6)	
$\langle c \rangle = 6,5812$ (8)	
$\langle \beta \rangle = 107,122$ (16)	
$F(000) = 412$ ; $\mu = 250,66$ cm <sup>-1</sup> (AgK $\alpha$ )	
Tube à anticathode d'argent. Monochromateur : graphite	
Angle d'émergence : $6,2^\circ$ ; Mode de balayage : $\omega$	
Domaine de mesure : $0 < \theta < 30^\circ$ ( $\sin\theta/\lambda$ ) <sub>max</sub> = $0,894$ Å <sup>-1</sup> ; $(-7 < h < 7, 0 < k < 14, 0 < l < 14)$	
Nombre de réflexions indépendantes : 1056	
Nombre de réflexions observées avec $\sigma(I)/I > 0,3$ : 552	
Nombre de paramètres affinés : 26	
$\Delta V/\sigma(V)$ au dernier cycle d'affinement $< 0,01$	
Facteur statistique $S = (\sum w  F_o - F_c ^2) / \sum w = 1,67$	
Indice résiduel $R = 0,0352$	
Indice résiduel pondéré $R_w = (\sum w^{1/2}  F_o - F_c ) / \sum w^{1/2} F_o = 0,0202$	
Pondération $w = 1/\sigma^2(F)$ (le facteur d'appareillage n'intervient pas pour les 552 réflexions conservées)	
Paramètre d'extinction $x = 57(7) \cdot 10^{-5}$	
Hauteur maximale du pic résiduel de densité électronique en fin d'affinement $\Delta\rho = 2,39$ eÅ <sup>-3</sup>	

TABLEAU III. — Données cristallographiques, conditions expérimentales d'enregistrement et facteurs de résolution de la structure.

*Crystal data, experimental conditions used during the recording and resolution factors of the structure.*

l'aide du programme SHELX (Sheldrick, 1976). Les facteurs de diffusion atomique utilisés sont extraits des Tables Internationales de Cristallographie (1974), sous forme de développement polynomial pour les ions Ag<sup>+</sup>, Hg<sup>2+</sup> et S<sup>0</sup>. Les corrections de diffusion anormale ont été appliquées à tous les atomes (Tables Internationales de Cristallographie, 1974).

L'affinement des positions atomiques, des paramètres d'agitation thermique anisotrope et d'un paramètre d'extinction  $x$  défini par l'expression  $F' = F(1 - x F^2 / \sin \theta)$  avec pondération  $w = 1/\sigma^2(F_0)$  où  $\sigma^2(F_0)$  est l'erreur statistique de comptage conduit aux indices  $R = 0,0352$  et  $R(w) = 0,0202^*$ . Le tableau V rassemble les coordonnées atomiques obtenues et le tableau VI les principales distances interatomiques.

	x	y	z	$B_{eq}(\text{Å}^2)$
Hg	0	0	0	1,47(1)
Ag	0,6297(2)	0,1511(1)	0,4081(1)	2,40(2)
S	0,2014(5)	0,3705(2)	0,2338(2)	1,11(5)

TABLEAU V. — Coordonnées atomiques,  $B$  équivalents et écarts-types ( $R = 0,0352$ ).  $B_{eq}$  est calculé à l'aide de la relation :  $B_{eq} = 4/3 \sum_i \sum_j \beta_{ij} \bar{a}_i \bar{a}_j$ .

Atomic coordinates, equivalent  $B$  and standard deviations in parentheses ( $R = 0,0352$ ).  $B_{eq}$  is obtained from the relation :  $B_{eq} = 4/3 \sum_i \sum_j \beta_{ij} \bar{a}_i \bar{a}_j$ .

## DESCRIPTION DE LA STRUCTURE

La résolution de la structure confirme l'existence de la phase Ag<sub>2</sub>HgS<sub>2</sub>. De plus, la qualité des résultats obtenus montre que le minéral a une composition chimique certainement très proche de la formule idéale comme cela a été signalé dans la partie chimique. La structure cristalline de l'imitérite rassemble les caractères essentiels des structures cristallines des pôles constituants, cinabre HgS et acanthite Ag<sub>2</sub>S.

La figure 4 représente une vue stéréoscopique de l'empilement atomique.

\* Les listes des facteurs de structures observés et calculés et des paramètres thermiques anisotropes sont disponibles sur simple demande auprès de l'un des auteurs (J.P.).

Hg - S	2 x 2,375(2)	Ag - S	2,495(2)		
- S	2 x 3,330(2)	- S	2,600(2)		
- S	2 x 3,350(2)	- S	2,654(2)		
- Ag	2 x 3,1419(7)	- S	3,130(3)		
- Ag	2 x 3,3354(7)	- S	3,360(3)		
		- Ag	3,026(2)		
		- Hg	3,1419(8)		
		- Hg	3,335(2)		
Couche A		Couche B		Couche -B	
S - S	2 x 4,039(1)	S - S	3,814(2)	S - S	3,670(4)
	2 x 4,349(2)		4,173(4)		3,814(2)
	2 x 4,646(2)		4,751(5)		4,894(5)
Angles dans [HgS <sub>6</sub> ]			Angles dans [AgS <sub>3</sub> ]		
S3-c	Hg1 S1	82,06(4)	S1	Ag1 S3+a	137,55(5)
S3-c	Hg1 S2	97,94(4)	S4+a-b	Ag1 S3+a	88,63(7)
S3-c	Hg1 S3	88,01(6)	S1	Ag1 S4+a-b	131,52(5)
S3-c	Hg1 S4+a-b	91,98(6)			
S1	Hg1 S3-a-c	91,87(4)			
S1	Hg1 S4+a-b	88,12(4)			

TABLEAU VI. — Principales distances interatomiques (Å) et angles (°) dans l'imitérite. Les écarts-types sont entre parenthèses. Les atomes numérotés 1, 2, 3, 4 sont définis par les opérations de symétrie : 1 : x,y,z ; 2 :  $\bar{x}, \bar{y}, \bar{z}$  ; 3 : x, 1/2-y, 1/2+z ; 4 :  $\bar{x}, 1/2+y, 1/2-z$ .

Main interatomic distances (Å) and angles (°) in imitérite. Standard deviations in parentheses. The atomic numbering scheme is defined by the following symmetry operations : 1 : x,y,z ; 2 :  $\bar{x}, \bar{y}, \bar{z}$  ; 3 : x, 1/2-y, 1/2+z ; 4 :  $\bar{x}, 1/2+y, 1/2-z$ .

L'ion mercurique Hg<sup>2+</sup> est situé dans un environnement octaédrique déformé d'atomes de soufre (Tableau VI) avec deux distances Hg-S courtes ( $2 \times 2,375(2)$  Å) correspondant à la formation de liaisons linéaires S-Hg-S et quatre distances Hg-S longues ( $2 \times 3,330(2)$  et  $2 \times 3,350(2)$  Å). Cet environnement est analogue à celui rencontré dans le cinabre HgS où, par comparaison, ces distances valent respectivement 2,36, 3,10 et 3,30 Å (Wells, 1975). Dans le cinabre, les liaisons Hg-S réalisent un enchaînement hélicoïdal infini -S-Hg-S- qui n'existe plus dans l'imitérite. Signalons enfin, l'existence d'interactions Hg-Ag ( $2 \times 3,1419(8)$  et  $2 \times 3,335(2)$  Å).

Les ions Ag<sup>+</sup> sont en coordinence triangulaire plane comme dans l'un des sites occupés par l'argent dans l'acanthite, phase stable de l'argentite Ag<sub>2</sub>S (Figure 4). Ag<sup>+</sup> présente en effet trois distances courtes avec le soufre (2,495(2), 2,599(2) et 2,654(2) Å) (Tableau VI) et s'écarte de 0,224(5) Å du plan formé par les trois atomes de soufre. Dans l'acanthite, ces trois distances

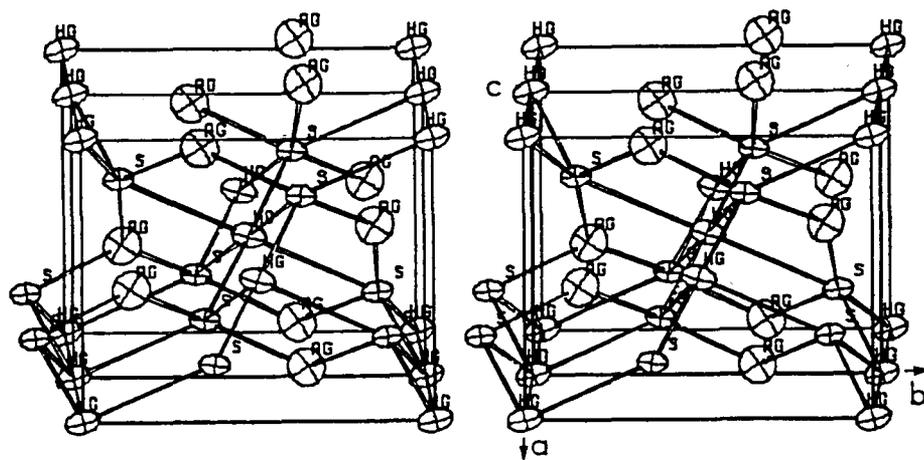


FIG. 4. — *Vue stéréoscopique (Johnson, 1965) de l'empilement atomique. Les ellipsoïdes d'agitation thermique sont tracés à 50 % de probabilité.*

*Stereoscopic view (Johnson, 1965) of the atomic structure. The thermal ellipsoids are drawn at 50 % probability.*

valent respectivement 2,50, 2,61 et 2,69 Å (Wyckoff, 1963). Deux autres distances Ag-S plus longues (3,310(2) et 3,360(2)) ainsi que des interactions complémentaires Ag-Ag (3,026(2) Å) et Ag-Hg (3,1419(8) et 3,335(2) Å) complètent l'environnement de cet ion.

La description générale de la structure est facilitée en considérant les caractères suivants :

a) Les atomes de soufre s'empilent de façon à

réaliser un système à deux couches -A-B- parallèles au plan (001) qui ne sont pas sans rappeler un empilement hexagonal compact. Cependant ces couches sont légèrement plissées et subissent un glissement les unes par rapport aux autres parallèlement à [100] à cause de l'angle  $\beta$ . Les douze anions proches voisins d'un atome de soufre (Figure 5) sont à des distances distribuées entre 4,039(1) et 4,646(2) Å pour les six atomes voisins dans une même couche, entre 3,670(4)

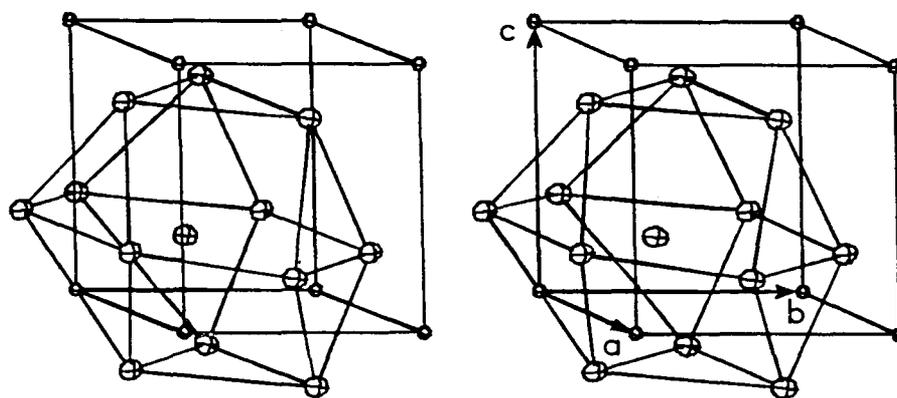


FIG. 5. — *Vue stéréoscopique (Johnson, 1965) du proche environnement anionique d'un atome de soufre définissant l'empilement hexagonal compact déformé. Les ellipsoïdes d'agitation thermique sont tracés à 50 % de probabilité.*

*Stereoscopic view (Johnson, 1965) of the anionic neighbouring of a S atom building a distorted hexagonal close packing. The thermal ellipsoids are drawn at 50 % probability.*

et 4,894(5) Å pour les six atomes de soufre situés dans les deux couches adjacentes (Tableau VI).

b) L'empilement des atomes de soufre peut être décomposé en deux sous-unités constituées d'octaèdres non réguliers (Figure 6). La maille

crystalline contient deux octaèdres de type I et deux octaèdres de type II. Les octaèdres de type I sont centrés par les ions  $\text{Hg}^{2+}$ ; les octaèdres de type II sont vides mais deux de leurs faces, opposées, sont centrées par des atomes d'argent. La figure 6a décrit les polyèdres compris entre

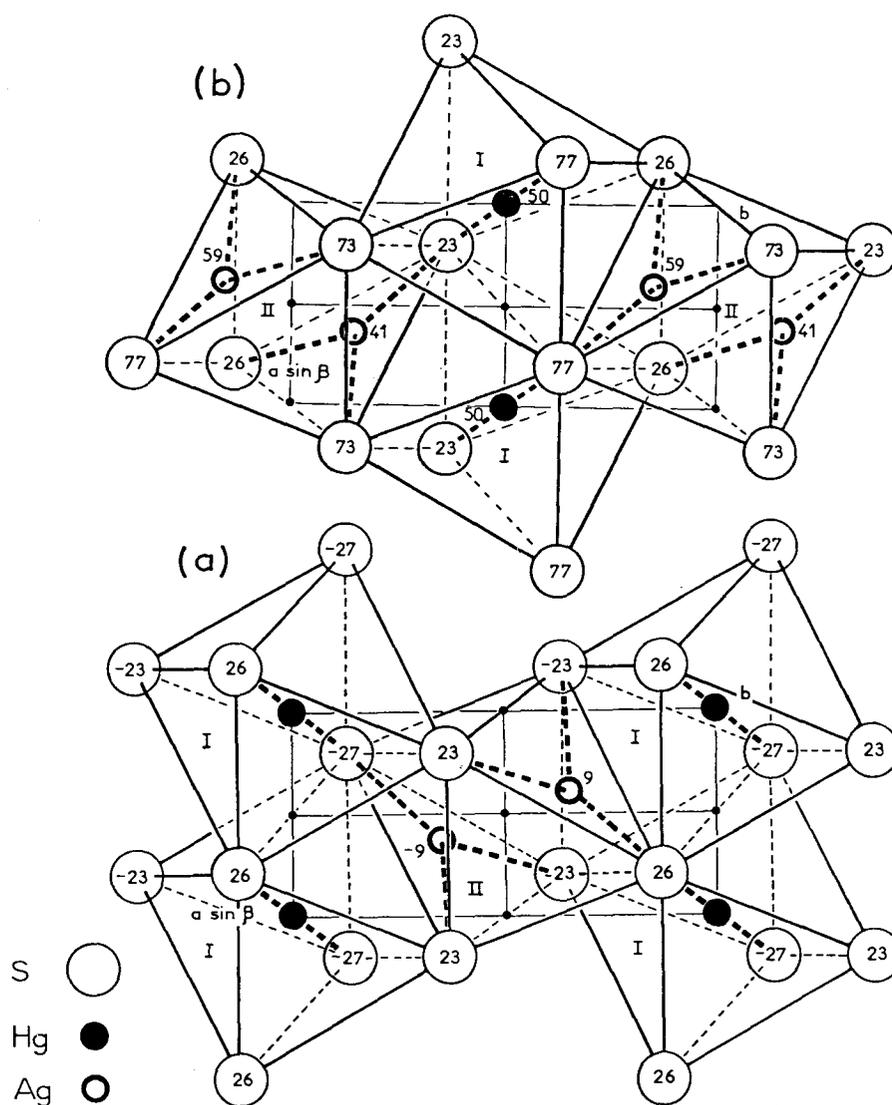


FIG. 6. — Projection de la structure long de  $\bar{c}$ . a) entre  $z = -1/4$  et  $z = 1/4$ ; b) entre  $z = 1/4$  et  $z = 3/4$ . L'empilement des atomes de soufre a été décomposé en sous-unités octaédriques (I et II). Les distances interatomiques les plus courtes métal-anion sont visualisées en tirets épais.

Projection of the structure along  $\bar{c}$ . a) between  $z = -1/4$  and  $z = 1/4$ ; b) between  $z = 1/4$  and  $z = 3/4$ . The sulfur atom packing has been split up into two octahedral subunits (I and II). The shortest metal-anion interatomic distances are visualized with thick broken lines.

les niveaux  $z = -1/4$  et  $z = 1/4$ . Les polyèdres de la couche supérieure (Figure 6b) s'obtiennent par le jeu du miroir  $c // (010)$  en  $y = 1/4$  et  $3/4$ . Les octaèdres I et II ont une face commune parallèle à (001). Les octaèdres de type I (et ceux de type II) forment des files parallèles à [100] par l'intermédiaire d'arêtes opposées communes. Des files mixtes d'octaèdres I et II existent également dans les directions [110], [1 $\bar{1}$ 0], [011] et [0 $\bar{1}$ 1] par mise en commun d'arêtes opposées.

### NOMENCLATURE ET CONSERVATION

La dénomination du minéral rappelle le gîte où il a été localisé pour la première fois. Les échantillons types composés de sections polies contenant de l'imitérite sont conservés dans la collection de l'Ecole des Mines de Paris et au Bureau de Recherches Géologiques et Minières à Orléans-la-Source. La description et la dénomination du minéral ont été approuvées par la

Commission des nouveaux noms de minéraux de l'I.M.A. en juillet 1983. (Description : 16 voix contre 0 ; dénomination : 16 voix contre 0).

### REMERCIEMENTS

Les auteurs expriment leurs remerciements au Bureau de Recherches et de Participations Minières de Rabat (Maroc) et à la Société des Mines d'Imiter (Maroc) qui sont à l'origine de cette étude, à MM. Kohler et Claude, du Service Interuniversitaire d'Analyse par Microsonde Electronique de l'Université de Nancy I qui ont réalisé les analyses chimiques des minéraux, à M. Caye du Bureau de Recherches Géologiques et Minières pour la détermination des caractères optiques en lumière réfléchie et à M. Menaert, Laboratoire de Minéralogie et Cristallographie, Université de Nancy I, pour la réalisation de l'étude cristallographique préliminaire et sa longue patience dans la recherche du cristal utilisé pour déterminer la structure.

### RÉFÉRENCES

- CHOUBERT, G. (1963). — Histoire géologique du Précambrien de l'Anti-Atlas. Tome I. Notes et Mémoires du Service Géologique, n° 162, Maroc.
- GRAPPE, J. (1976). — L'ancien gisement d'argent d'Imiter (Djebel Sarhro, Maroc). Thèse Docteur-Ingénieur de l'Université Claude-Bernard, Lyon I.
- GUILLOU, J.J., MONTHEL, J. et SAMAMA, J.C. (1981). — Etude des minéralisations de la mine d'Imiter (Maroc). B.R.P.M.-E.N.S.G. Rapport interne.
- GUILLOU, J.J., MONTHEL, J., SAMAMA, J.C. et TIANI, A. (1984). — Morphologie et chronologie relative des associations minérales du gisement mercuro-argentifère d'Imiter (Anti-Atlas, Maroc) (à paraître). B.R.P.M.-B.R.G.M.-E.N.S.G.
- International Tables for X-Ray Crystallography (1974). — Vol. IV, The Kynoch Press, Birmingham, England.
- JOHNSON, C.K. (1965). — ORTEP, Report ORNL 3794, Oak-Ridge Nat. Lab., Oak Ridge, Tenn.
- LEBLANC, M. (1975). — Ophiolites précambriennes et gîtes arséniés de cobalt (Bou Azzer, Maroc). Mémoire hors-série du Centre Géologique et Géophysique de Montpellier.
- MAIN, P., WOOLFSON, M.M., LESSINGER, L., GERMAIN, G. et DECLERCQ, J.P. (1978). — MULTAN 78. A System of Computer Programs for the Automatic Solution of Crystal Structures from X-Ray Diffraction Data. Université de York, Grande Bretagne et Louvain-la-Neuve, Belgique.
- SHELDRICK, G. (1976). — Program for Crystal Structure Determination, Cambridge.
- WALKER, N. and STUART, D. (1983). — An Empirical Method for Correcting Diffractometer Data for Absorption Effects. *Acta Cryst.*, A39, 158-166.
- WELLS, A.F. (1975). — Structural Inorganic Chemistry, 4th edition, p. 923, Clarendon Press, Oxford.
- WYCKOFF, R.W.G. (1963). — Crystal Structures, 2nd edition, Vol. I, Interscience, John Wiley, New York.
- YVON, K., JEITSCHKO W. and PARTHE, E. (1977). — LAZY PULVERIX, a Computer Program, for Calculating X-Ray and Neutron Diffraction Powder Patterns. *J. Appl. Cryst.*, 10, 73-74.