

# La kusuïte ( $\text{Ce}^{3+}$ , $\text{Pb}^{2+}$ , $\text{Pb}^{4+}$ ) $\text{VO}_4$ , nouveau minéral

par MICHEL DELIENS,

Musée royal de l'Afrique centrale, B 1980 Tervuren, Belgique,

et PAUL PIRET,

Laboratoire de Chimie Physique et de Cristallographie de l'Université. B 1348 Louvain-la-Neuve, Belgique.

**Résumé.** — La kusuïte se présente en cristaux bipyramidés noirs, avec la seule forme {101}. La densité calculée est de 5,30 g/cm<sup>3</sup>. La microdureté Vickers est de 440 kg/mm<sup>2</sup>. Optiquement (—),  $n_O$  et  $n_E > 2,0$ . La kusuïte est quadratique avec  $a = 7,35 \text{ \AA}$  et  $c = 6,56 \text{ \AA}$ ;  $a/c = 1/0,8925$ . Le groupe spatial est  $I_{41}/amd$ . Analyse quantitative à la microsonde électronique (2 mesures) :  $\text{V}_2\text{O}_5$  : 31,76, 31,83 ;  $\text{Ce}_2\text{O}_3$  : 35,20, 36,41 ;  $\text{PbO}$  : 17,22, 16,87 ;  $\text{PbO}_2$  : 18,46, 18,08 ; totaux : 102,64 et 103,19.  $\text{Pb}^{2+}$  et  $\text{Pb}^{4+}$  identifiés à l'ESCA. La formule est  $(\text{Ce}^{3+}, \text{Pb}^{2+}, \text{Pb}^{4+})\text{VO}_4$ . Les raies principales du diagramme de poudre sont : 3,678, 200 (100) ; 2,766, 112 (90) ; 1,891, 312 (70) ; 4,89, 101 (50) ; 2,594, 220 (40) et 1,638, 420 (40). Le minéral provient de Kusu (85 km au sud-ouest de Kinshasa, Zaïre) ; il est associé à d'autres vanadates, dans la zone d'oxydation du gisement. Le nom provient de la localisation. Les échantillons types sont conservés au département de Géologie et de Minéralogie du Musée royal de l'Afrique centrale, B 1980 Tervuren, Belgique.

**Mots clés :** Kusuïte, vanadate de cérium, Zaïre.

*Kusuïte, (Ce<sup>3+</sup>, Pb<sup>2+</sup>, Pb<sup>4+</sup>)VO<sub>4</sub> : a new mineral.*

**Abstract.** — Kusuïte occurs as black bipyramidal crystals with the only crystal form {101}. Specific gravity (calculated) is 5.30 g/cm<sup>3</sup>. Vickers microhardness is 440 kg/mm<sup>2</sup>. Optically (—) with  $n_O$  and  $n_E > 2.0$ . Kusuïte is tetragonal with  $a = 7.35 \text{ \AA}$  and  $c = 6.56 \text{ \AA}$ ; axial ratio  $a/c = 1/0.8925$ . The space group is  $I_{41}/amd$ . Quantitative electron probe analyse (2 measurements) gave :  $\text{V}_2\text{O}_5$  : 31.76, 31.83 ;  $\text{Ce}_2\text{O}_3$  : 35.20, 36.41 ;  $\text{PbO}$  : 17.22, 16.87 ;  $\text{PbO}_2$  : 18.46, 18.08 ; sum : 102.64 and 103.19.  $\text{Pb}^{2+}$  and  $\text{Pb}^{4+}$  identified by ESCA. Formula :  $(\text{Ce}^{3+}, \text{Pb}^{2+}, \text{Pb}^{4+})\text{VO}_4$ . The strongest powder lines are : 3.678, 200 (100) ; 2.766, 112 (90) ; 1.891, 312 (70) ; 4.89, 101 (50) ; 2.594, 220 (40) and 1.638, 420 (40). Kusuïte occurs at Kusu (85 km S-W from Kinshasa, Zaïre) in silicified limestone with other vanadium minerals of the oxidation zone. Named after the locality. Type specimens are deposited in the Geological and Mineralogical Dept. of the Musée royal de l'Afrique centrale, B 1980 Tervuren, Belgium.

**Key words :** Kusuïte, cerium vanadate, Zaïre.

## INTRODUCTION.

Le gisement de Kusu (S 4° 59', E 14° 55') est situé sur la rivière Senge, à 85 km au sud-ouest de Kinshasa, dans le Bas-Zaïre. Les roches de la région appartiennent à la partie supérieure de l'Ouest congolien constituée du Schisto-calcaire, du Mpioka et de l'Inkisi.

La minéralisation de Kusu est essentiellement vanadifère et accessoirement cuprifère. Le sulfure primaire (chalcopyrite) est localisé dans un banc silicifié de la partie supérieure du faisceau de la Lukunga appartenant au Schisto-calcaire. Les vanadates sont accumulés dans un chapeau de fer lenticulaire au contact du Schisto-calcaire et du Mpioka. Les minéralisations reconnues dans cette région du Bas-Zaïre sont liées à la présence de failles recoupant les roches de l'Ouest congolien.

Associés à la chalcopyrite primaire, les minéraux suivants ont été reconnus dans le chapeau de fer : azurite, brackebushite, chalcocite, chervetite, chryso-colle, cuprite, desclozite, diopside, heyite, malachite, mottamite, planchéite, vanadinite, ainsi que la kusuïte.

## CARACTÈRES MACROSCOPIQUES.

La kusuïte se présente en cristaux bipyramidés, isolés ou maclés, atteignant au maximum 1 mm dans leur plus grande dimension (fig. 1). Les faces pyra-

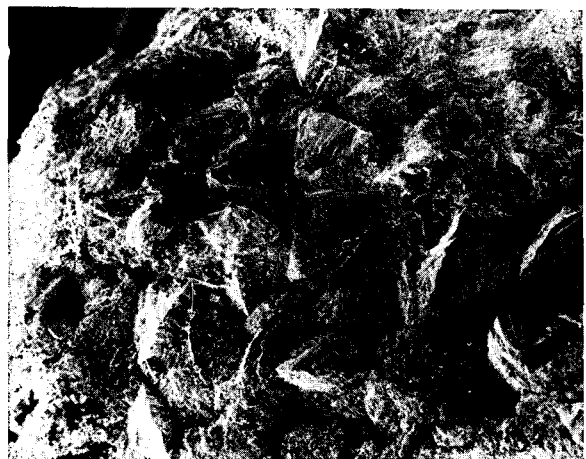


FIG. 1. — Cristaux de kusuïte  $\times 50$  (Siemens, Autoscan).

midales sont légèrement courbes et généralement striées. La couleur est noir anthracite; l'éclat est comparable à celui de l'obsidienne. La trace sur porcelaine est brun rouille. La seule forme présente est {101}.  $(001) \wedge (101) = 41^{\circ}45'$ .

Les cristaux de kusuïte sont soit inclus dans des cristaux plus grands de mottramite verte, soit ancrés sur les faces cristallines de la mottramite, soit encore directement associés à la roche calcaire silicifiée et cavernueuse de la zone d'oxydation.

#### PROPRIÉTÉS OPTIQUES.

En coupe mince, la kusuïte est transparente, de couleur jaune miel; elle ne présente pas de pléochroïsme. On ne distingue aucun clivage particulier. Le minéral est uniaxe négatif. Les indices de réfraction  $n_E$  et  $n_O$  sont supérieurs à 2,0. La biréfringence est forte. En section polie, la kusuïte a un pouvoir réflecteur maximum de 21 % et minimum de 17 % (mesures effectuées en lumière jaune :  $\lambda = 5,890 \text{ \AA}$ ). La microdureté Vickers est de 440 kg/mm<sup>2</sup> pour un poids de 100 g (moyenne de 4 mesures), ce qui correspond environ à une dureté de 4,5 dans l'échelle de Mohs.

#### DONNÉES RADIOCRISTALLOGRAPHIQUES.

On a enregistré des spectres de diffraction par les méthodes des poudres (tabl. I), de rotation oscillation autour de [010], de Weissenberg (plans  $h\ 0\ l$  et  $h\ 1\ l$ ) et de précession (plans  $h\ k\ 0$ ,  $h\ k\ 1$ ,  $h\ k\ 2$  et  $0\ k\ l$ ). La kusuïte est quadratique; les dimensions de la maille sont :  $a = 7,35 \pm 0,01 \text{ \AA}$  et  $c = 6,56 \pm 0,01 \text{ \AA}$ , avec  $a/c = 1,0,8925$ . Le volume de la maille est égal à 354,4 Å<sup>3</sup>. La densité calculée pour  $Z = 4$  est égale à 5,30 g/cm<sup>3</sup>.

Les conditions de présence des réflexions sont :

$$\begin{aligned} \text{pour } hkl : h + k + l &= 2n \\ hko : h, (k) &= 2n \\ okl : (k + l) &= 2n \\ hhl : (l = 2n) ; 2h + l &= 4n \end{aligned}$$

Il faut également, sauf pour quelques réflexions très faibles, que pour  $hkl : 2k + l = 2n + 1$  ou  $4n$ .

Le groupe spatial est donc  $I4_1/am\bar{d}$  (n° 141) et les atomes lourds sont en position spéciale : 4 Ce en (a) et 4 V en (b); les 16 atomes d'oxygène occupant les positions (h). La structure est donc la même que celle du zircon (type HO<sub>3</sub> du Strukturbericht) et des vanadates de lanthanides tétragonaux. Le volume de la maille correspond à celui des vanadates de cérium artificiels. Les valeurs des paramètres de la kusuïte et des vanadates de cérium artificiels sont les suivantes :

kusuïte (Ce<sup>3+</sup>, Pb<sup>2+</sup>, Pb<sup>4+</sup>) VO<sub>4</sub>  
 CeVO<sub>4</sub>, Milligan et Vernon (1952)  
 CeVO<sub>4</sub>, Durif (1956)  
 CeVO<sub>4</sub>, Schwarz (1956)  
 CeVO<sub>4</sub>, Nat. Bur. Standards (1961)

TABLEAU I.

#### Diagramme de poudre de la kusuïte (caméra de 114,6 mm, radiation CuK $\alpha$ , filtre de nickel).

hkl	Kusuïte			Cérium (III) vanadate A.S.T.M. 12-157	
	d(Å) <sub>obs.</sub>	I <sub>obs.</sub>	d(Å) <sub>calc.</sub>	d(Å)	I
101	4,89	50	4,89	4,89	30
200	3,675	100	3,675	3,70	100
211	2,933	10	2,930	2,948	10
112	2,766	90	2,774	2,761	65
220	2,594	40	2,599	2,615	20
202				2,441	5
301	2,451	30	2,494	2,500	16
103	2,386	20	2,095	2,070	10
321	1,941	10	1,947	1,950	10
312	1,891	70	1,896	1,899	50
400	1,632	25	1,637	1,649	16
213				1,611	4
411	1,719	10	1,720	1,729	2
420	1,630	40	1,643	1,653	10
303				1,627	4
104				1,624	4
402				1,600	2
332	1,589	15	1,532	1,5301	12
204	1,492	15	1,498	1,4875	10
501	1,432	10	1,433	1,4429	4
224	1,381	10	1,387	1,3795	10
512	1,317	10	1,320	1,3248	10
440				1,3075	4
600	1,223	5	1,225	1,2332	4
503,211				1,2208	6
413				1,2090	2
511				1,1950	2
532	1,175	5	1,177	1,1815	5
602				1,1697	4
603,324	1,160	5	1,161	1,1505	10

#### COMPOSITION CHIMIQUE.

L'examen qualitatif de la kusuïte à la microsonde électronique (appareil A. M. X. de la firme Applied Research Laboratories) a mis en évidence la présence de cérium, de plomb et de vanadium, à l'exclusion de tout autre cation (le lanthane notamment, accompagnateur habituel du cérium, est absent de la kusuïte).

Les résultats de l'analyse quantitative à la microsonde électronique de deux grains de kusuïte sont rassemblés au tableau II. Les standards suivants ont été utilisés : pour le cérium, Ce<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub> et CeO<sub>2</sub> synthétiques; pour le vanadium, la vanadinite et V<sub>2</sub>O<sub>5</sub> synthétique; pour le plomb, la galène et la wulfénite.

L'examen de la kusuïte à l'E. S. C. A. ayant mis en évidence la présence de Pb<sup>2+</sup> et de Pb<sup>4+</sup> en quantités sensiblement équivalentes, le plomb mesuré à l'analyse quantitative a été réparti également entre PbO et PbO<sub>2</sub>.

Les formules suivantes, exprimées sur la base de

$a = 7,35 \text{ \AA}$ ,  $c = 6,56 \text{ \AA}$   
 $a = 7,34 \text{ \AA}$ ,  $c = 6,47 \text{ \AA}$   
 $a = 7,39 \text{ \AA}$ ,  $c = 6,50 \text{ \AA}$   
 $a = 7,40 \text{ \AA}$ ,  $c = 6,50 \text{ \AA}$   
 $a = 7,399 \text{ \AA}$ ,  $c = 6,496 \text{ \AA}$

TABLEAU II.

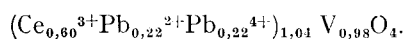
## Analyses chimiques

à la microsonde électronique de la kusuïte.

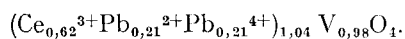
Grain 1	%	% corrigé	millimolec.	cations	anions	nombre d'ions sur la base de 4 oxygènes
V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	31,76	30,94	0,1701	0,3402	0,8505	0,98
Ce <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	35,20	34,30	0,1045	0,2090	0,3135	0,60
Pb <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	35,68	34,76	0,0751	0,1502	0,2253	0,44
Total	102,64	100,00				
PbO	17,22					0,22
PbO <sub>2</sub>	18,46					0,22
Grain 2						
V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	31,83	30,84	0,1695	0,3390	0,8475	0,98
Ce <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	36,41	35,28	0,1075	0,2150	0,3225	0,62
Pb <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	34,96	33,88	0,0733	0,1466	0,2199	0,42
Total	103,20	100,00				
PbO	16,88					0,21
PbO <sub>2</sub>	18,08					0,21

4 oxygènes, ont pu être déduites des deux analyses mentionnées au tableau II :

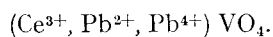
Première analyse :



Deuxième analyse :



Plus généralement, la formule de la kusuïte peut s'écrire :



## NOMENCLATURE.

Le nom du minéral dérive de Kusu, gisement de vanadium du Bas-Zaïre dans lequel ce minéral a été récolté. Le minéral a été approuvé par la Commission des Nouveaux Minéraux de l'I. M. A. (20-0) en septembre 1976.

Les échantillons types sont conservés dans la collection minéralogique du département de Géologie et de Minéralogie du Musée royal de l'Afrique centrale à B 1980 Tervuren, Belgique ; ils sont enregistrés sous le n° R. G. M. 5895.

## REMERCIEMENTS.

Les cristaux de kusuïte ont été découverts par M. G. Comblain (Musée royal de l'Afrique centrale) dans une collection récoltée par le syndicat Bamoco en 1956. Nous exprimons notre reconnaissance au Professeur P. de Béthume et à M. J. Wautier (Université catholique de Louvain) pour les analyses à la microsonde électronique, ainsi qu'à M. P. Cansesson pour l'analyse à l'E. S. C. A.

Reçu le 29 septembre 1976.

Accepté le 5 novembre 1976.

## BIBLIOGRAPHIE

- DURIF, A. (1956). — Structure et valences de VCeO<sub>4</sub>. *Acta crystallogr., Danem.*, 9, 471-472.
- MILLIGAN, W. O. et VERNON, L. W. (1952). — Crystal structure of heavy metal orthovanadates. *J. Phys. Chem., U. S. A.*, 56, 145-148.
- Nat. Bur. Standards (U. S.) (1961). — Mono. 25, sec. 1.
- SCHWARZ, H. (1963). — Die Phosphate, Arsenate und Vanadate der Seltenen Erden. *Z. Anorg. allg. Chem., Dtsch.*, 323, 44-56.