

## La roubaultite $\text{Cu}_2(\text{UO}_2)_3(\text{OH})_{10} \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ , une nouvelle espèce minérale

PAR FABIEN CESBRON ET ROLAND PIERROT,

Laboratoire de Minéralogie-Cristallographie de la Faculté des sciences de Paris,  
associé au C. N. R. S. et Direction du Service géologique national B. R. G. M., Orléans

ET THÉODORE VERBEEK,

Union Minière Explorations and Mining Corporation Ltd, Toronto, Canada.

**Résumé.** — La roubaultite  $\text{Cu}_2(\text{UO}_2)_3(\text{OH})_{10} \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  provient de la zone d'oxydation du gisement uranifère de Shinkolobwe, Katanga, où elle est accompagnée par la becquerellite, la vandenbrandéite, la soddyite et la cuprosklodowskite.

La symétrie est triclinique  $P\bar{1}$  ou  $P\bar{1}$  avec  $a = 7,73 \text{ \AA}$ ,  $b = 6,87 \text{ \AA}$ ,  $c = 10,87 \text{ \AA}$ ,  $\alpha = 86^\circ 29'$ ,  $\beta = 134^\circ 12'$ ,  $\gamma = 93^\circ 10'$  et  $Z = 1$ . Les raies principales du diagramme de poudre sont : 7,74 (9)  $\bar{1}01$ ; 6,88 (8)  $010$ ; 5,55 (10)  $100$ ; 3,448 (8)  $10\bar{3}\bar{2}12$ ; 3,326 (8)  $\bar{1}21$ ; 3,175 (8)  $\bar{2}11$ .

La roubaultite est biaxe positive avec  $n'_p = 1,700$ ;  $n'_m = 1,800$ ;  $n'_g = 1,83$ . L'étude de la dispersion des pouvoirs réfracteurs conduit à des indices égaux à 1,843 et 1,782 pour  $\lambda = 580 \text{ nm}$ . Il existe un clivage parfait  $\{100\}$  et un clivage moyen  $\{010\}$ ; la densité calculée est égale à  $5,02 \text{ g/cm}^3$ .

L'analyse chimique donne :  $\text{CuO} = 13,5 \%$ ,  $\text{SeO}_2 = 0,3 \%$ ,  $\text{UO}_3 = 71,6 \%$ ,  $\text{H}_2\text{O} = 14,8 \%$ , total =  $100,2 \%$ .

Ce minéral est nommé en l'honneur du professeur Marcel Roubault et conservé dans la collection de l'École nationale supérieure des Mines de Paris.

**Abstract.** — Roubaultite,  $\text{Cu}_2(\text{UO}_2)_3(\text{OH})_{10} \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ , was found in the oxidation zone of the uranium deposit at Shinkolobwe, Katanga, with becquerellite, vandenbrandeite, soddyite and cuprosklodowskite.

The symmetry is triclinic  $P\bar{1}$  or  $P\bar{1}$  with  $a = 7.73 \text{ \AA}$ ,  $b = 6.87 \text{ \AA}$ ,  $c = 10.87 \text{ \AA}$ ,  $\alpha = 86^\circ 29'$ ,  $\beta = 134^\circ 12'$ ,  $\gamma = 93^\circ 10'$  and  $Z = 1$ . The strongest lines of the X-ray powder diagram are : 7.74 (9)  $\bar{1}01$ , 6.88 (8)  $010$ , 5.55 (10)  $100$ , 3.448 (8)  $10\bar{3}\bar{2}12$ , 3.226 (8)  $\bar{1}21$ , 3.175 (8)  $\bar{2}11$ .

Roubaultite is biaxial (+) with  $n'_p = 1.700$ ;  $n'_m = 1.800$  and  $n'_g = 1.83$ ; the study of reflectivities leads to the refractive indices 1.843 and 1.782 for  $\lambda = 580 \text{ nm}$ . Crystals present a perfect cleavage  $\{100\}$  and an imperfect cleavage  $\{010\}$ ; the calculated specific gravity is  $5.02 \text{ g/cm}^3$ .

The chemical analysis gave :  $\text{CuO} = 13.5 \%$ ,  $\text{SeO} = 0.3 \%$ ,  $\text{UO}_3 = 71.6 \%$ ,  $\text{H}_2\text{O} = 14.8 \%$ , sum =  $100.2 \%$ .

The name is for professor Marcel Roubault; type material is preserved at the collection of École nationale supérieure des Mines de Paris.

### HISTORIQUE ET ÉTYMOLOGIE.

Ce nouveau minéral a été déterminé sur un échantillon ancien provenant de la zone d'oxydation du gisement de Shinkolobwe et conservé pendant plusieurs années au laboratoire de Géologie

de l'Union minière du Haut-Katanga à Jadotville (actuellement Likasi). Cet échantillon a été prélevé par Th. Verbeek et nous a permis d'entreprendre la description de ce minéral.

Nous tenons à remercier vivement MM. J. Derriks et G. Demesmaeker, respectivement Direc-

teur et Géologue en chef de l'Union minière S. A. ainsi que la direction de cette société pour avoir bien voulu autoriser cette publication.

Le nom de roubaultite est proposé pour cette nouvelle espèce minérale en l'honneur du Professeur Marcel Roubault, membre de l'Institut, Directeur de l'École nationale supérieure de géologie appliquée et de prospection minière de Nancy qui a été le pionnier et l'organisateur des recherches de l'uranium en France (1).

#### DESCRIPTION DE LA ROUBAULTITE.

##### Caractères macroscopiques.

La roubaultite se présente en petites rosettes d'environ 3 mm de diamètre, composées de cristaux aplatis sur (100), parfois épais, et formant une surface crêtée; elle est vert tendre (vert d'herbe à vert pomme), brillant avec un éclat légèrement gras dans la cassure (fig. 1), la vandenbrandeite,  $\text{CuO} \cdot \text{UO}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ , également présente sur l'échantillon est au contraire vert bouteille à vert bleuâtre et ne peut être confondue avec la roubaultite. L'unique échantillon de Shinkolobwe en notre possession et montrant ce

minéral, est un fragment de  $9 \times 5 \times 3$  cm : riche en pechblende massive et noir de poix, fortement coloré en jaune rouge, orange et vert, soit par la gummite, soit par les minéraux secondaires d'uranium, il est caractéristique des échantillons de la zone d'oxydation de Shinkolobwe. En dehors de la roubaultite qui n'est représentée que par trois rosettes, on peut noter sur cet échantillon la présence de becquerelite, vandenbrandeite, soddyite et cyprosklodowskite avec des enduits noirs d'hétérogénite.

##### Propriétés cristallographiques.

La roubaultite est triclinique; le groupe spatial est  $P\bar{1}$  ou  $P1$ .

Les paramètres suivants ont été obtenus par les méthodes du cristal tournant et de Weissenberg :

$$\begin{aligned} a &= 7,73 \pm 0,03 \text{ \AA} & \alpha &= 86^\circ 29' \pm 20' \\ b &= 6,87 \pm 0,03 \text{ \AA} & \beta &= 134^\circ 12' \pm 20' \\ c &= 10,87 \pm 0,04 \text{ \AA} & \gamma &= 93^\circ 10' \pm 20' \end{aligned}$$

Le diagramme de poudre obtenu, avec un double monochromateur, a été indiqué; il est donné dans le tableau I.

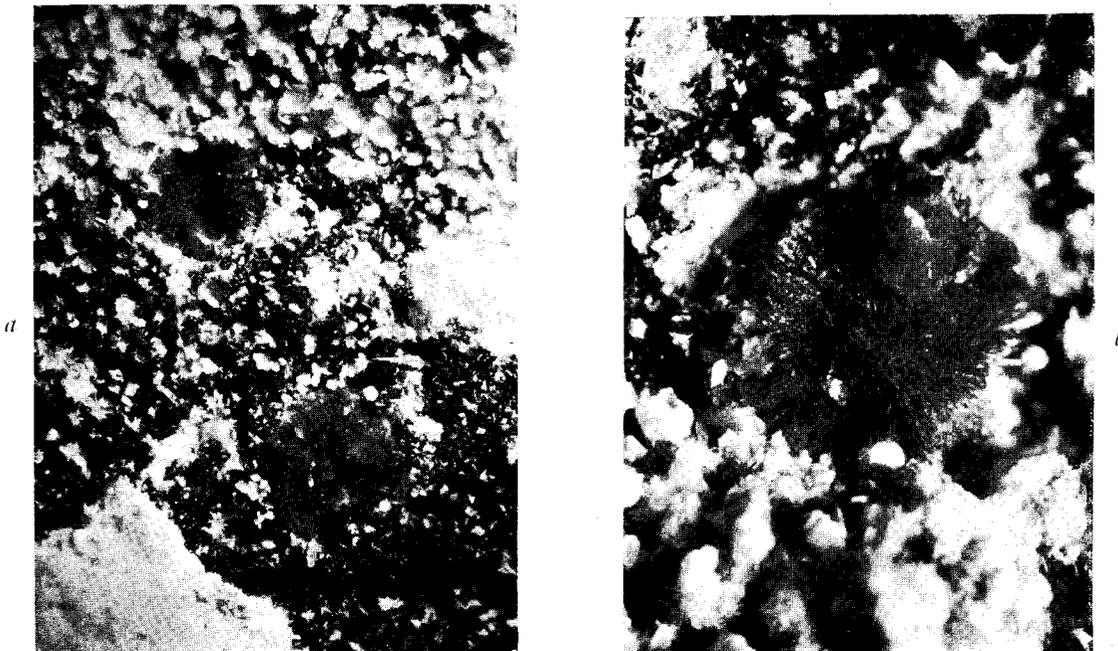


FIG. 1. — a) Rosettes de roubaultite sur fond de pechblende avec soddyite; b) détail d'une rosette de roubaultite.

(1) Description soumise à l'I. M. A. qui l'a acceptée par 15 voix contre 0 (liste 1970).

TABLEAU I.

## Diagramme de poudre de la roubaultite.

Méthode Seemann-Bohlin par transmission. Chambre de 180 mm de circonférence.  
Radiation  $\text{CuK}\alpha_1$ . Intensités relatives de 1 à 10.  $d =$  diffuse,  $d_{hkl}$  calculés avec :  $a = 7,73$ ,  $b = 6,87$ ,  
 $c = 10,87 \text{ \AA}$ ,  $\alpha = 86^\circ 29'$ ,  $\beta = 134^\circ 12'$ ,  $\gamma = 93^\circ 10'$ .

$d_{\text{mea.}}$	I	$d_{\text{calc.}}$	$h k l$	VANDENBRANDEITE ( $\text{CuO} \cdot \text{UO}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ )			
7,81	3	7,79	0 0 1	Présente étude :		Fiche ASTM n° 8-325	
7,74	9	7,72	$\bar{1}$ 0 1	mêmes conditions		d'après Frondel <i>et al.</i>	
6,88	8	6,86	0 1 0	que ci-dessus		1956	
5,55	10	5,54	1 0 0	5,96	7	5,98	30
4,42	5	4,39	$\bar{1}$ 1 2	5,45	3	5,47	30
4,14	5	4,13	1 1 $\bar{2}$	5,27	9	5,26	90
3,873	1	3,894-3,858	0 0 $\bar{2}$ -2 0 $\bar{2}$	4,44	10	4,44	100
3,500	7	3,507-3,487	1 0 1-2 0 $\bar{1}$	4,30	1	—	—
3,448	8	3,447-3,446	1 0 $\bar{3}$ - $\bar{2}$ 1 2	3,977	5	3,97	30
3,343	3	3,341	0 1 $\bar{2}$	3,843	7	3,85	40
3,226	8	3,200	$\bar{1}$ 2 1	3,757	3	—	—
3,203	5	3,175	0 2 1	—	—	3,49	10
3,175	8	3,155	$\bar{2}$ 1 1	3,412	8	3,40	40
3,114	1	3,126-3,118	1 1 1-1 $\bar{1}$ 1	—	—	3,25	20
3,086	3	3,070-3,063	1 2 $\bar{1}$ -2 1 $\bar{1}$	3,146	5	3,13	20
3,035	5	3,016	1 1 $\bar{3}$	3,00	1	—	—
3,003	3	2,991	2 1 $\bar{3}$	2,982	7	2,97	80
2,953	2	2,938	1 $\bar{2}$ 0	2,967	5	—	—
2,910	3	2,893	1 2 0	—	—	2,70	20
2,826	1	2,821	1 2 $\bar{2}$	2,645	3	—	—
2,782	3	2,770	2 0 0	2,604	7	2,59	70
2,602	d	2,615-2,596	0 2 2-0 0 3	2,569	3	—	—
2,504	2	2,505-2,498	$\bar{2}$ 2 3- $\bar{1}$ 2 3	2,561	3	—	—
2,477	2	2,477-2,471	1 0 2-2 1 $\bar{4}$	2,502	3	—	—
2,414	2	2,403-2,401	0 1 $\bar{3}$ -2 2 $\bar{1}$	...	...	2,40	20
2,374	1	2,369	1 2 $\bar{3}$	...	...	2,31	20
2,356	1	2,365-2,350	3 1 $\bar{3}$ -2 2 $\bar{3}$	...	...	...	...
2,253	1	2,244	3 1 $\bar{4}$	...	...	...	...
2,176	3	2,176-2,174	2 0 1-0 3 $\bar{1}$				
2,147	5	2,137	2 2 0				
2,069	d	2,071-2,068	$\bar{2}$ 1 5- $\bar{3}$ 1 5				
1,952	2	1,958-1,960	3 2 $\bar{2}$ - $\bar{2}$ 3 3				

## Propriétés physiques.

La roubaultite présente un clivage parfait (100) parallèle à l'aplatissement et un clivage moyen (010), la dureté est voisine de 3.

Par suite de la trop faible quantité de minéral la densité n'a pu être mesurée ; la densité calculée, en prenant comme contenu de la maille :

$$\text{I} [\text{Cu}_2 (\text{UO}_2)_3 (\text{OH})_{10} \cdot 5 \text{H}_2\text{O}] \text{ est } d_x = 5,02$$

cette valeur semble satisfaisante par rapport à la densité de la vandenbrandeite. En effet, on peut comparer le volume de la maille ( $393 \text{ \AA}^3$ ) et la masse moléculaire par maille [1197,5] de la roubaultite conduisant à  $d_x = 5,02$  avec celles de la vandenbrandeite ( $254 \text{ \AA}^3$ ) et  $2[401,6]$  conduisant à  $d_x = 5,22$ .

## Propriétés optiques.

Au microscope sur frottis, la roubaultite se résout soit en petits agrégats radiés de cristaux dispersifs et présentant d'importantes réflexions internes (pas d'extinction entre nicols croisés), soit en fins fragments pseudo-rectangulaires montrant souvent une extinction roulante. Les deux clivages conduisent à deux types de fragments observables au microscope : des fragments pseudo-rectangulaires montrant une forte biréfringence et un pléochroïsme intense d'incolore à jaune verdâtre ; les figures de lumière convergente sont très fugitives et difficilement interprétables (clivage parallèle au plan des axes optiques...). Des fragments pseudo-rectangulaires à biréfringence plus faible et sans pléochroïsme

visible, montrant un « angle d'extinction » de 20 à 24°. Les figures de lumière convergente sont des figures de bissectrice obtuse décentrée allant jusqu'à ne montrer qu'une seule branche d'hyperbole également décentrée.

L'ensemble des observations et des mesures faites sur frottis conduisent aux propriétés optiques suivantes :

Biaxe positif  $n'_p = 1,700 \pm 0,002$  incolore  
 $n'_m = 1,800 \pm 0,004$  incolore  
 $1,82 < n'_g \leq 1,83 - 1,84$  jaune vert.

Une « rosette » de roubaultite a été polie pour obtenir la courbe de dispersion des pouvoirs réflecteurs (fig. 2 et tabl. II) permettant le calcul des indices (R. Caye, 1970, sous presse). Là encore, les réflexions internes rendent les mesures difficiles ; cependant, en lumière monochromatique Na, les valeurs de  $n'_g$  et  $n'_m$  déduites des valeurs des P. R., respectivement de 1,843 et 1,782, sont en accord avec les indices obtenus directement par la méthode de Becke.

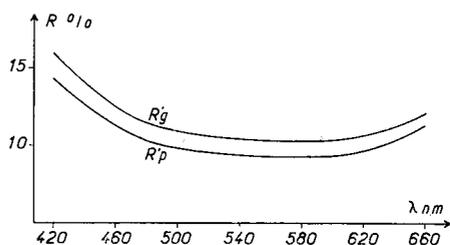


FIG. 2. — Courbes de dispersion des pouvoirs réflecteurs.

**Propriétés chimiques.**

Toutes les mesures, cristallographiques, physiques, optiques, etc., ont été effectuées sur des fragments de cristaux provenant de la même rosette de roubaultite. Un fragment de cette rosette a été analysé à la microsonde électronique ; l'analyse qualitative a permis de mettre en évidence la présence de Cu, U et traces de Se à l'exclusion d'autres éléments de nombre atomique supérieur à 5.

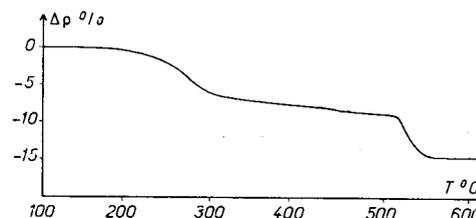


FIG. 3. — Courbe de déshydratation.

L'eau a été dosée avec une microbalance CAHN, la courbe de déshydratation est donnée par la figure 3. La teneur en H<sub>2</sub>O obtenue, soit 14,8 % a été utilisée pour effectuer les corrections sur les résultats quantitatifs de la microsonde électronique. De plus, une analyse thermique différentielle réalisée sur la roubaultite chauffée à 550° C montre deux pics endothermiques ; l'un à 935° correspondant à la fusion,

TABLEAU II.

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

λ en Å.....	4 200	4 400	4 600	4 800	5 000	5 200	5 400
R' <sub>g</sub> .....	10,0	14,1	12,5	11,5	11,00	10,65	10,45
n' <sub>g</sub> .....	2,195	2,078	1,978	1,916	1,885	1,864	1,852
R' <sub>p</sub> .....	14,3	12,7	11,3	10,3	9,9	9,6	9,4
n' <sub>p</sub> .....	2,085	1,990	1,903	1,843	1,817	1,800	1,787
λ en Å.....	5 600	5 800	6 000	6 200	6 400	6 600	6 800
R' <sub>g</sub> .....	10,3	10,3	10,4	10,7	11,3	12,1	13,7
n' <sub>g</sub> .....	1,843	1,843	1,849	1,867	1,903	1,953	2,053
R' <sub>p</sub> .....	9,35	9,3	9,4	9,7	10,3	11,4	13,1
n' <sub>p</sub> .....	1,784	1,781	1,787	1,806	1,843	1,910	2,016

Les pouvoirs réflecteurs R'<sub>g</sub> et R'<sub>p</sub> sont exprimés en pour cent avec une marge d'erreur de ± 0,3 s'élargissant un peu aux extrémités du spectre (mesures de R. Caye, B. R. G. M., Orléans).

l'autre, peu important, à 1010° correspondant à un départ d'oxygène.

Les pourcentages des différents éléments présents sont donnés dans le tableau III. Ils conduisent à la formule empirique :  $2\text{CuO} \cdot 3\text{UO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$  ; l'examen de la courbe de déshydratation montre que le départ de l'eau

commence vers 200° pour se terminer vers 500° ; puis une perte en poids assez rapide à partir de 520° et se terminant vers 560° doit correspondre à un départ de groupements (OH). Les pourcentages respectifs en  $\text{H}_2\text{O}$  et OH permettent d'écrire la formule sous la forme suivante :

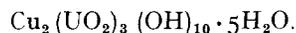


TABLEAU III.

## Analyse de roubaultite.

	1	2	3
CuO.....	13,5	2	13,28
SeO <sub>2</sub> ....	0,3	0,032	—
UO <sub>3</sub> ....	71,6	2,95	71,68
H <sub>2</sub> O.....	14,8*	9,70	15,04
Total ..	100,2		100,00

1) Analyse à la microsonde électronique (R. Giraud, B. R. G. M., Orléans).

2) Rapports molaires de l'analyse 1.

3) Composition théorique pour  $2\text{CuO} \cdot 3\text{UO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ .

\* L'eau a été obtenue avec une balance électromagnétique CAHN sur une prise de 4,72 mg.

## Comparaison avec les autres espèces minérales.

Le seul minéral voisin par la composition chimique est la vandenbrandeite ; les caractères macroscopiques, la couleur en particulier et le diagramme de poudre permettent de différencier sans ambiguïté la roubaultite de la vandenbrandeite ainsi d'ailleurs que des autres composés uranifères.

## Conservation des échantillons types.

Le montage en section polie utilisé pour l'analyse à la microsonde électronique ainsi que le fragment du minerai de Shinkolobwe contenant deux rosettes de roubaultite sont conservés dans la collection de Minéralogie de l'E. N. S. M. P.

*Manuscrit reçu le 16 juin 1970.*