

Ianthinite et wyartite

PAR C. GUILLEMIN et J. PROTAS.

B. R. G. G. M., Paris. Laboratoire de Minéralogie-Cristallographie, Sorbonne, Paris.

Sommaire. — L'étude de la ianthinite, hydrate uranoso-uranique de formule $\text{UO}_2 \cdot 5 \text{UO}_3 \cdot 10,56 \text{H}_2\text{O}$ a permis de montrer l'existence d'une autre espèce : la wyartite, carbonate uranoso-uranique hydraté de calcium. Orthorhombique, $a = 11,25$; $b = 7,08$; $c = 20,98 \text{ \AA}$; $Z = 2$, de formule $\text{UO}_2 \cdot 6 \text{UO}_3 \cdot 2 \text{CO}_2 \cdot 3 \text{CaO} \cdot 12-14 \text{H}_2\text{O}$.
Ce minéral a été trouvé sur de l'uraninite à Shinkolobwé (Katanga).

Historique.

En 1926, Schoep décrivit, sous le nom de ianthinite, un minéral aciculaire, violet, se trouvant avec l'uraninite de Shinkolobwé (Katanga). Il donna les propriétés physiques et chimiques de ce minéral qu'il considérait comme un hydrate uraneux et dont il signalait la transformation en un produit jaune, qu'il croyait être de la « becquerelite » de formule « $\text{UO}_3 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$ ».

Dans une troisième publication, effectuée en 1930, Schoep détermina les constantes cristallographiques de la ianthinite, pour laquelle il proposait, en 1927, la formule $2 \text{UO}_2 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$.

En 1947, Schoep et Stradiot décrivirent, sous le nom d'« épiianthinite », le produit de transformation de la ianthinite, pour lequel, en 1954, J. W. Frondel et F. Cuttitta fournissent une description différente.

En 1955, C. Bignand étudia un spécimen étiqueté « ianthinite » (n° 2222, M. C. B.) portant des cristaux allongés lamellaires noir violacé. Il montra que ces cristaux étaient différents de minéraux aciculaires violets, trouvés au contact de la pechblende dans des gîtes français, lesquels étaient identiques à des composés artificiels de formule $\text{UO}_2 \cdot 84 \cdot x \text{H}_2\text{O}$ (« hydrates violets » d'Ebelmen).

Décrivant sous le nom de « ianthinite » le spécimen n° 2222, il lui attribua la composition, $2 \text{CO}_2 \cdot 3 \text{CaO} \cdot 7 \text{UO}_2 \cdot 83 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$, utilisant

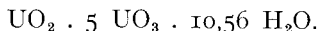
pour la commodité de la description, le terme de « ianthinite française » pour l'hydrate naturel de formule $\text{UO}_2 \cdot 84 \cdot x \text{H}_2\text{O}$.

La préparation par l'un de nous (C. G.) d'un ouvrage sur les minéraux uranifères du Haut-Katanga, nous amena à examiner d'autres spécimens étiquetés « ianthinite », provenant de Shinkolobwé (1) qui se révélèrent tous identiques à l'hydrate naturel $\text{UO}_2 \cdot 84 \cdot x \text{H}_2\text{O}$. On avait donc confondu, sous le nom de ianthinite, deux espèces distinctes. Ce fait avait déjà été pressenti par Vaes (1958) qui distinguait deux faciès différents : *en cristaux finement aciculaires qui ont été l'objet des premières déterminations, puis en cristaux plats, allongés, longs souvent de quelques millimètres, en association parallèle suivant l'aplatissement.*

Il était donc permis de considérer que Schoep avait décrit, sous le nom de ianthinite, le minéral aciculaire violet de formule $\text{UO}_2 \cdot 84 \cdot x \text{H}_2\text{O}$ et que la « ianthinite » de Bignand était une espèce nouvelle dont nous avons pu compléter la description et pour laquelle nous proposerons le nom de wyartite en l'honneur de J. Wyart membre de l'Institut, professeur de Minéralogie à la Sorbonne.

(1) Nous remercions bien vivement M. CAHEN, directeur du Musée du Congo Belge pour le prêt de nombreux spécimens.

IANTHINITE



Matériel.

Spécimens fournissant des diagrammes de Debye-Scherrer identiques (1) :

- n° 1 : ianthinite, n° 2684, Shinkolobwé (Kantanga) (M. C. B.) ;
- n° 2 : ianthinite, n° 2689, Shinkolobwé (Kantanga) (M. C. B.) ;
- n° 3 : ianthinite, n° 2688, Shinkolobwé (Kantanga) (M. C. B.) ;
- n° 4 : « épiianthinite », n° 2710, Shinkolobwé (Kantanga) (M. C. B.) ;
- n° 5 : ianthinite, n° 1389, Shinkolobwé (Kantanga) (L. M. S. P.) ;
- n° 6 : « ianthinite française », n° DL 55, Margnac II (Hte-Vienne) (L. M. S. P.) ;
- n° 7 : ianthinite, n° BUI 58, Les Brosses par Grury (Saône-et-Loire) (E. N. S. M. P.).

Propriétés cristallographiques.

Orthorhombique. Les paramètres ont été déterminés sur des lamelles de clivage provenant des spécimens n°s 1 et 5. Suivant l'orientation de Palache (1934), le plan de clivage est (001) et nous avons :

$$\begin{aligned} a &= 11,52 \pm 0,05 \text{ \AA} \\ b &= 7,15 \pm 0,02 \text{ \AA} \\ c &= 30,3 \pm 0,1 \text{ \AA} \end{aligned}$$

d'où : $a : b : c = 1,611 : 1 : 4,238$ $Z = 4$.

Avec cette orientation, les rapports trouvés par Schoep, à partir de mesures goniométriques, deviennent (en triplant c) :

$$a : b : c = 1,500 : 1 : 3,894.$$

L'écart pour c est considérable, il paraît pouvoir être attribué à l'imprécision des mesures goniométriques.

Propriétés physiques.

Cristaux rarement isolés, atteignant parfois 2 mm de longueur, souvent polysynthétiques. Prismes ou aiguilles allongés suivant [010] avec parfois aplatissement (001). En croûtes formées

de cristaux aciculaires, en veïnules à structure fibrolamellaire, en rosettes fibroradiées, en enduits résultant d'un enchevêtrement d'aiguilles capillaires. Clivage parfait (001) servant de plan de glissement (lamelles flexibles), clivage net suivant (100), plan de séparation perpendiculaire à l'allongement. Cassure conchoïdale à lamellaire. Couleur noir-violet, violet, violet pourpre, gris violacé. Éclat vitreux à submétallique, parfois soyeux. Translucide. Poussière gris brun violacé. Dureté 2 à 3.

La densité, mesurée par la méthode hydrostatique sur 70 mg de cristaux triés à la loupe binoculaire, est de $5,16 \pm 0,05$.

Propriétés optiques.

Biaxe négatif avec $2V = 58 \pm 5^\circ$. Extinction droite. Signe d'allongement négatif. Très fortement pléochroïque.

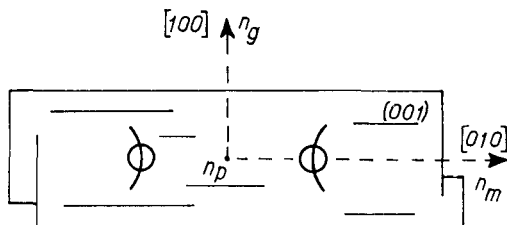


FIG. 1. — Propriétés optiques de la ianthinite.

- n_p suivant $c = 1,685 \pm 0,002$ (incolore)
- n_m suivant $b = 1,91 \pm 0,01$ (pourpre)
- n_g suivant $a = 1,93 \pm 0,01$ (violet).

Toutes ces mesures ont été effectuées sur des lamelles de clivage parfaitement homogènes, provenant de masses fibrolamellaires de ianthinite sans traces d'altération. Les cristaux géodiques montrent généralement au microscope un liséré peu visible de schoepite, ce qui peut conduire à des mesures d'indice erronées.

Propriétés chimiques.

Analyse qualitative :

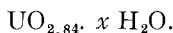
Le minéral montre seulement l'uranium comme élément métallique.

Analyse quantitative :

Comme l'a montré Bignand (1955), la ianthinite est identique à l'hydrate violet artificiel

(1) M. C. B. : Musée du Congo Belge.
 L. M. S. P. Laboratoire de Minéralogie de la Sorbonne, Paris.
 E. N. S. M. P. : École Nationale Supérieure des Mines de Paris.

obtenu par décomposition photochimique ou par réduction ménagée de sels d'uranyle. Il trouve pour ces produits la formule



Sur 70 mg du minéral, nous avons dosé l'eau par différence (calcination à 900°, l'uranium étant pesé sous forme d' U_3O_8). En recalculant l'analyse, nous trouvons :

$\text{UO}_{2,84}$	90,10
H_2O	9,90
	100,00

Soit : $\text{UO}_{2,84} \cdot 1,76 \text{H}_2\text{O}$ ou plutôt $\text{UO}_2 \cdot 5 \text{UO}_3 \cdot 10,56 \text{H}_2\text{O}$ avec $Z = 4,1$.

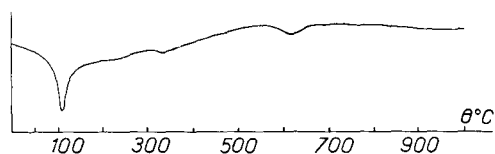


FIG. 2. — Courbe d'analyse thermique différentielle de l'ianthinite (123 mg ianthinite, 877 mg Al_2O_3).

La courbe d'analyse thermique différentielle montre un départ de l'eau d'hydratation entre 90 et 150°; le léger crochet exothermique situé vers 320° pourrait représenter l'oxydation de $\text{UO}_{2,84}$ en UO_3 ; le crochet endothermique à 630° est produit par la classique transformation de UO_3 en U_3O_8 .

Altération de l'ianthinite.

Bignand a montré que l'hydrate violet artificiel se transforme lentement en schoepite au contact de l'eau.

Tous les spécimens de ianthinite conservés en collection montrent une pseudomorphose superficielle en un produit jaune clair qui avait été considéré comme une espèce nouvelle, l'« épi-ianthinite », par Schoep et Stradiot (1947); tous les diagrammes de Debye-Scherrer que nous avons obtenus sur ce produit sont pratiquement identiques à ceux donnés par la schoepite. Nous proposerons donc de discréditer l'espèce « épi-ianthinite ».

Origine et gisements.

Étant donné sa facile oxydation en schoepite, la ianthinite n'a pu se former qu'en milieu

réducteur, dans les zones de minerais primaires ou dans la zone de cémentation. Dans les gîtes français, elle a été rencontrée dans des niveaux peu profonds.

La ianthinite est le premier produit de transformation de l'uraninite, les spécimens provenant de Shinkolobwé montrent souvent des remplissages de ianthinite qui, en surface, sont recouverts de schoepite avec d'autres minéraux secondaires; la ianthinite se transforme graduellement vers le noyau de l'échantillon en pechblende fibreuse qui est certainement une pseudomorphose de ianthinite; cette alternance milieu oxydant-milieu réducteur est caractéristique de la limite zone d'oxydation-zone de cémentation surtout dans des pays à climat tropical.

Shinkolobwé (Katanga).

Assez fréquente en remplissage de fissures dans l'uraninite, la ianthinite tapisse parfois de petites géodes, elle est transformée partiellement en schoepite et accompagnée par la becquerélite, la fourmariérite (?), la masuyite. Ces géodes renferment des cristaux de schoepite, bien individualisés, souvent traversés par des cristaux aciculaires de ianthinite.

Bigay, près de Lachaux (Puy-de-Dôme).

La ianthinite a été trouvée dans des échantillons de quartz à pechblende et à pyrite du niveau — 40.

Le Limouzat-St-Priest-La Prugne (Loire).

La ianthinite en enduits veloutés ou en remplissage de fines fissures est fréquente dans ce gîte, avec pechblende et chalcopite, elle est parfois pseudomorphosée en pechblende.

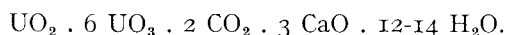
La Crouzille et Margnac II (Haute-Vienne).

Les Brosses par Grury (Saône-et-Loire).

Une lentille de pechblende, exploitée au niveau — 40 a fourni de nombreux spécimens de ianthinite; le minéral se présente directement au contact de la pechblende, en croûtes formées de cristaux aciculaires (1/2 mm) en enduits fibroradiés à veloutés. Sa couleur varie du violet noir au gris violacé; rarement pseudomorphosée en schoepite, elle est accompagnée de phosphuranyle, uranospalthite, α uranotile et d'un vanadate d'uranium de formation récente.

Wölsendorf (Bavière).

WYARTITE



Matériel¹.

- N° 1 : « ianthinite », n° 2222, Shinkolobwé (Katanga) (M. C. B.) ;
- n° 2 : wyartite, L. M. S. C. W. 58, Shinkolobwé (Katanga) (L. M. S. P.) ;
- n° 3 : wyartite, BQO 58, Shinkolobwé (Katanga) (E. N. S. M. P.) ;
- n° 4 : wyartite, BQK 58, Shinkolobwé (Katanga) (E. N. S. M. P.).

Propriétés cristallographiques.

Orthorhombique. Les paramètres (C. Bignand, 1955) sont :

$$\begin{aligned} a &= 11,25 \pm 0,03 \text{ \AA} \\ b &= 7,08 \pm 0,02 \text{ \AA} \\ c &= 20,98 \pm 0,05 \text{ \AA} \quad Z = 2 \end{aligned}$$

d'où l'on tire :

$$a : b : c = 1,588 : 1 : 2,963.$$

Propriétés physiques.

La wyartite se présente en cristaux géodiques, aplatis sur (001) et allongés suivant [010] avec les formes (001) (110) ?. La face (001) est fortement striée suivant [010]. Souvent polysynthétiques, les cristaux atteignent 2 mm et se groupent généralement en agrégats flabelliformes. Clivage (001) parfait, (010) net, plan de séparation suivant (100). Couleur noir à noir violacé, souvent verdâtre par altération. Pousière brun violacé. Éclat mat en surface, vitreux à submétallique sur les faces de clivage. Opaque à translucide.

$$D = 3 \text{ à } 4.$$

La densité trouvée par Bignand était de 4,94, mais il desséchait la wyartite à 50° et devait perdre de l'eau d'hydratation.

La densité, mesurée à 20°, par la méthode hydrostatique, sur 100 mg de produit, est de $4,69 \pm 0,05$.

(1) Nous remercions l'Union Minière du Haut-Katanga, pour les spécimens de wyartite qu'elle a bien voulu nous fournir.

Propriété optiques.

Biaxe négatif. $2V = 48^\circ$. Extinction droite, signe d'allongement négatif. Peu dispersif. Très fortement pléochroïque (ce phénomène est vraisemblablement lié, comme pour la ianthinite à la présence d'uranium tétravalent dans la structure).

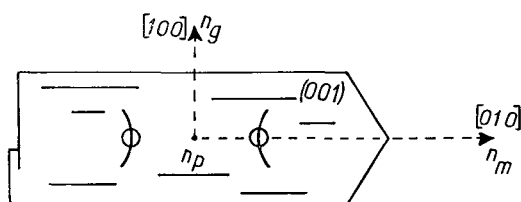


FIG. 3. — Propriétés optiques de la wyartite.

- n_p suivant c = non mesuré (gris)
- n_m suivant b = $1,89 \pm 0,02$ (violet)
- n_g suivant a = $1,91 \pm 0,02$ (bleu lavande)

Propriétés chimiques.

Dans tous les spécimens essayés, l'analyse qualitative par voie microchimique montre la présence des constituants suivants : UO_2 - UO_3 - CO_2 - CaO . Nous avons vérifié que le diagramme de Debye-Scherrer de la wyartite n'est identique à aucun des diagrammes de carbonates d'uranium connus.

Une analyse spectrographique effectuée sur le spécimen n° 4 ne révèle que des traces de Mg. La recherche du Na, Sr, Ba a été négative.

Analyse quantitative.

1° Analyse C. Bignand, recalculée en ajoutant 1,2 % d'eau perdue entre 20 et 60° (spécimen n° 1).

2° Analyse sur wyartite n° 3, contenant moins de 5 % de produit d'altération (microdosage du CO_2 par absorption, dosage de l' UO_2 par volumétrie).

3° Analyse partielle sur wyartite n° 2 (de 5 à 10 % de produit d'altération).

	1	2	3
UO_3	70,6 0,246	70,7 0,247	82,0 (UO_3 total)
UO_2	10,7 0,040	10,1 0,037	—
CaO	6,7 0,120	6,3 0,111	6,0
CO_2	3,6 0,075	3,4 0,069	—
H_2O	8,4 0,467	9,7 0,539	—
	100,0	100,2	

Les rapports UO_3/UO_2 sont de 6,1 pour la wyartite n° 1 pratiquement pas altérée et de 6,5 pour le spécimen n° 3. Nous avons donc considéré que nous avons $UO_2 \cdot 6 UO_3$, ce qui nous conduit aux formules :

$UO_2 \cdot 6 UO_3 \cdot 2,9 CaO \cdot 1,8 CO_2 \cdot 11,4 H_2O$
 $Z = 1,95$ pour l'analyse n° 1.

$0,9 UO_2 \cdot 6,1 UO_3 \cdot 2,7 CaO \cdot 1,7 CO_2 \cdot 13,3 H_2O$
 $Z = 1,93$ pour l'analyse n° 2.

La wyartite est donc bien un composé défini, contenant CO_2 et CaO dans sa structure.

Déshydratation de la wyartite.

La courbe d'analyse thermique différentielle du spécimen n° 3 montre deux départs d'eau

dont les maxima se situent à 80° et à 160° , ils correspondent à une transformation en produits de structure différente (diag. 2 et 3, tab. II). On

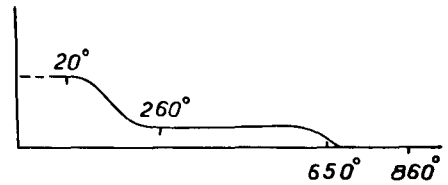


FIG. 4. — Courbe de déshydratation de la wyartite.

remarque ensuite un faible crochet exothermique à 280° qui doit correspondre à l'oxydation $UO_2 \rightarrow UO_3$ (diag. 4, tab. II). L'examen de la courbe de déshydratation permet de penser que la

TABLEAU I.

Diagrammes de Debye-Scherrer.

Intervalles réticulaires en Å . $CuK\alpha = 1,5405$.

1. — ianthinite, Shinkolobwé (Katanga) n° 1389 (L. M. S. P.),
2. — ianthinite, Les Brosses, Grury (Saône-et-Loire) n° BUI. 58 (E. N. S. M. P.),
3. — schoepite (« épiianthinite »), Shinkolobwé (Katanga) n° 1389 (L. M. S. P.),
4. — wyartite, Shinkolobwé (Katanga) n° 2222 (M. C. B.) (diagramme BQE. 58).

1		2		3		4	
7,63	FF	7,61	FFF	7,37	FF	10,39	FF
5,90	fff	5,93	f	3,69	f	8,57	fff
5,35	fff	5,35	ff	3,59	mF	7,63	ff
—	—	4,29	fff	3,51	m	5,18	F
3,81	m	3,81	m	3,23	F-FF (l)	4,68	ff
—	—	3,72	fff	2,56	fm (l)	4,33	ff
3,59	fm	3,59	m	2,08	fff	3,745	ff
—	—	3,46	f	2,03	f	3,53	m
3,35	fm	3,35	m	1,963	f	3,46	m
3,24	m	3,22	FF	1,840	fff	3,35	m
—	—	3,13	f	1,789	ff	3,27	F
2,95	ff	2,98	m	1,739	fff	3,16	f
2,69	ff	2,67	f	1,632	fff (l)	2,93	m
2,61	f	2,61	f	1,562	fff	2,91	f
2,53	f	2,53	f	—	—	2,59	fm
2,39	ff	2,38	f	—	—	2,52	ff
2,30	fff	—	—	—	—	2,46	f
2,24	fff	2,24	ff	—	—	2,21	f
2,15	ff	2,14	f	—	—	2,05	f
2,07	ff	2,07	ff	—	—	1,995	ff
2,03	f	2,02	m	—	—	1,963	ff
1,992	ff	1,990	f	—	—	1,922	ff
1,956	ff	1,956	ff	—	—	—	—
1,929	f-ff	1,922	f	—	—	—	—
1,899	f-ff	1,901	f	—	—	—	—
1,842	fff	1,837	f	—	—	—	—
1,794	f-ff	1,788	f	—	—	—	—
1,746	f-ff	1,740	f	—	—	—	—
1,681	f	1,678	mf	—	—	—	—
—	—	1,639	f	—	—	—	—
—	—	1,623	f	—	—	—	—
—	—	1,593	f	—	—	—	—
1,582	ff	1,578	f	—	—	—	—

TABLEAU II.

Diagrammes de Debye-Scherrer.

Intervalles réticulaires en $\text{Å} \cdot \text{CuK}\alpha = 1,5405$.

II-1 : wyartite, Shinkolobwé (Katanga), n° BQO.58 (E. N. S. M. P.),
 II-2 : wyartite, n° BQO.58 après chauffage 24 h à 60°,
 II-3 : wyartite, n° BQO.58 après chauffage 24 h à 150°,
 II-4 : wyartite, n° BQO.58 après chauffage 24 h à 400°,
 II-5 : wyartite altérée, n° BQK.58 (diagramme BQT.58).

1	2	3	4	5
10,375 FF	8,77 mF	6,62 FF	6,50 FF	10,39 f
8,60 f	8,24 FF	6,36 FF	6,31 FF	8,53 fm
7,61 fm	7,41 ff	5,90 } ff	5,63 mf	7,55 FF
		5,38 }		4,23 fff
5,71 fff	6,59 ff		5,54 mf	3,78 fm
5,205 F	4,68 ff (l)	4,63 } ff	4,20 f (l)	3,48 F } (l)
		4,15 }		3,25 m }
4,97 fff	4,33 m		3,56 mF	3,05 fm }
4,71 f	4,18 F	3,545 F (l)	3,29 mF (l)	2,60 fff }
4,31 f	3,92 mf	3,39 } mF (l)	3,22 } F	
		3,14 }	3,18 }	2,52 fff
3,71 ff	3,54 } m			2,26 fff
	3,44 }			2,00 } m (l)
3,55 mF		3,09 F	3,10 mF (l)	1,894 } m (l)
3,47 mF	3,26 } m	3,03 f	2,93 F (l)	
3,35 mF	3,20 }	2,96 F (l)	2,58 f	1,691 fff (l)
3,27 F-FF	3,04 f	2,37 mf	2,37 f	1,604 fff (l)
3,16 ff	2,98 f	2,32 m	2,29 f	
2,99 mF	2,80 f (l)	2,16 f (l)	2,12 f	
2,94 f	2,71 f	2,10 f(l)	2,09 f	
2,60 m	2,37 f (l)	2,00 m	1,99 f	
2,53 fff	2,10 f	1,91 mF (l)	1,88 f	
2,47 ff	2,07 f	1,70 m		
2,205 f				
2,050 f				
1,995 f				
1,964 f				
1,921 fff				

décarbonatation et la transformation $\text{UO}_3 \rightarrow \text{U}_3\text{O}_8$ sont marquées sur la courbe d'analyse thermique différentielle par le net crochet endothermique à 630°.

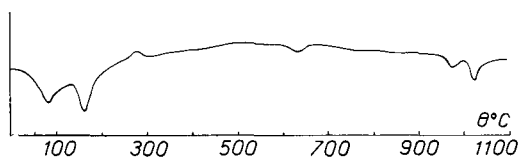


Fig. 5. — Courbe d'analyse thermique différentielle de la wyartite (100 mg wyartite, 900 mg Al_2O_3).

Altération.

La wyartite s'altère beaucoup moins facilement que la ianthinite ; on remarque cependant sur les lamelles du minéral un enduit finement

lamellaire jaune ; parfois les groupes flabelliformes de wyartite sont très altérés, prenant une teinte verdâtre à jaune verdâtre ; en triant les parties altérées, nous avons obtenu un produit qui nous a donné un diagramme de Debye-Scherrer montrant des raies de la wyartite et des raies que nous attribuons à la becquerélite (diag. 5, tab. II).

Gîtes.

Shinkolobwé (Katanga) :

La wyartite tapisse des cavités géodiques de l'uraninite, cette dernière étant parfois recoupée par des filonnets de ianthinite. Elle ne semble pas se trouver au contact direct de l'uraninite. Les spécimens 2 et 4 montrent des cubes d'uraninite qui, vers l'extérieur, sont transformés en un produit rouge plombifère voisin de la wölsendorfite, ce produit étant paramorphosé par la

wyartite. A la surface de celle-ci, on remarque parfois un enduit fin ou de très petits globules d'un carbonate d'uranium très soluble dans les acides ressemblant à la rutherfordite.

Spécificité de la wyartite.

Ses caractéristiques cristallographiques et chimiques sont différentes de tous les minéraux d'uranium connus. Avec la ianthinite, c'est un des deux seuls minéraux secondaires renfermant de l'uranium sous valence 4 ⁽¹⁾.

(1) Dans une publication récente, C. Frondel (Systematic

Ce travail est publié avec l'approbation du Comité de Nomenclature qui s'est réuni le 12 février 1959, conformément aux décisions du Conseil d'administration (séances du 12 juin 1952 et du 21 mai 1953).

mineralogy of uranium and thorium, *Geol. Survey Bull.*, n° 1064, 1958) trouve une ressemblance entre les diagrammes de poudres de la wyartite et d'un produit d'altération de la ianthinite, décrit par J. W. Frondel et F. Cuttitta en 1954. Nous pensons que ce produit est une ianthinite altérée superficiellement en schœpite, son diagramme de poudres étant pratiquement identique à celui de la ianthinite.

BIBLIOGRAPHIE

- BIGNAND, C. (1955). — *Bull. Soc. franç. Minér. Crist.*, **78**, 1-26.
- DESTAS, A., GUILLEMIN, C. et VAES, J. F. (1958). — Minéraux d'uranium du Haut-Katanga. Les Amis du Musée Royal du Congo Belge, Tervuren.
- GUILLEMIN, C. et PIERROT, R. (1956). — *Bull. Soc. franç. Minér. Crist.*, **79**, 182-183.
- FRONDEL, J. W. et CUTTITTA, F. (1954). — *Amer. Mineral.*, **39**, 1018-20.
- PALACHE, C. (1934). — *Amer. Mineral.*, **19**, 309-315.
- SCHOEP, A. (1926). — *Natuurwetensch. T., Belg.*, **7**, 97-9.
- SCHOEP, A. (1927). — *Ann. Soc. geol. Belg.*, **49**, B 310.
- SCHOEP, A. (1930). — Les minéraux du gîte uranifère du Katanga. *Mus. Congo Belge, Ann. Minér.*, **1**, fasc. II.
- SCHOEP, A. et STRADIOT, S. (1947). — *Amer. Mineral.*, **32**, 344-50.