

NOUVELLES ESPÈCES URANIFÈRES FRANÇAISES

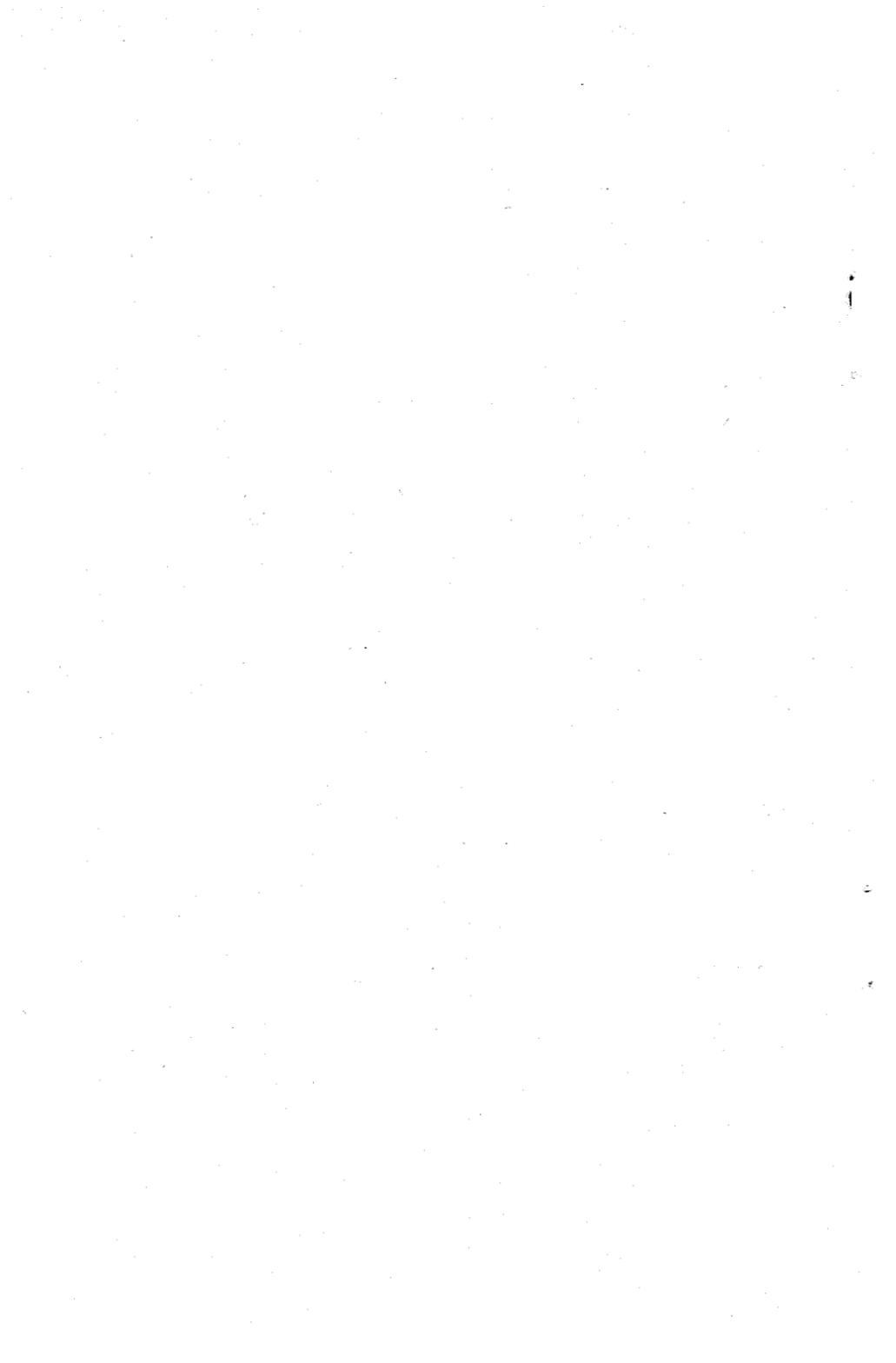
G. BRANCHE, J. CHERVET et C. GUILLEMIN

Rapport C. E. A. n° 128

1952

COMMISSARIAT A L'ÉNERGIE ATOMIQUE

Service de Documentation
Laboratoires du Fort de Châtillon
Fontenay-aux-Roses



NOUVELLES ESPÈCES URANIFÈRES FRANÇAISES

PAR G. BRANCHE, J. CHERVET, C. GUILLEMIN,

Laboratoire de Minéralogie du C. E. A.

Sommaire. — Dans ce travail, les auteurs étudient les nouveaux minéraux uranifères français : *parsonsite* et *renardite*, phosphates hydratés de plomb et d'uranium ; *kasolite* : silicate hydraté d'uranium et de plomb ; *uranopilite* : sulfate d'uranium hydraté ; *bayleyite* : carbonate d'uranium et de magnésium hydraté ; β *uranotile* : silicate d'uranium et de calcium hydraté. Pour tous ces minéraux, les auteurs donnent les caractères cristallographiques, optiques, et les analyses chimiques quantitatives.

Par contre, les espèces suivantes, très rares dans les gîtes français, n'ont pas permis d'effectuer d'analyses quantitatives. Ce sont : l'*ianthinite* : oxyde uraneux hydraté ; l' α *uranotile* : silicate d'uranium et de calcium hydraté ; la *bassétilite* : phosphate d'uranium et de fer hydraté ; la *phosphuranylite* : phosphate d'uranium hydraté ; la *becquerelite* : oxyde d'uranium hydraté ; la *curite* : oxyde d'uranium et de plomb hydraté.

Enfin, les auteurs présentent à la fin de cette étude un minéral primaire : la *brannerite*, titanate d'uranium complexe.

Lors de la création du Service de Minéralogie du C. E. A. les seuls minéraux secondaires d'uranium connus en France et dans les territoires de l'Union Française étaient l'autunite, la chalcolite et l'uranocircite. Depuis 1946, la prospection et l'exploitation de nouveaux gîtes ont fourni un certain nombre d'espèces uranifères jusqu'alors inconnues dans nos pays. Dans ce travail nous exposons seulement les caractéristiques des espèces uranifères françaises. Nous espérons arriver ainsi à une connaissance plus complète de ces minéraux qui sont encore peu connus du fait de leur rareté. Souvent une même espèce est désignée sous plusieurs noms, ou au contraire, les auteurs anciens ont réuni sous une même dénomination des espèces différentes.

Il faut souligner la difficulté du triage sur des minéraux qui n'atteignent que rarement 1 mm. et qui sont généralement mélangés avec toutes sortes d'autres espèces.

Nous n'avons pu effectuer qu'exceptionnellement des mesures d'angle du fait de la petitesse des cristaux et de l'imperfection des faces des plus grands individus. Les indices de réfraction ont été pris par les méthodes classiques, en utilisant pour les indices élevés les mélanges iodures et piperine et le mélange soufre et sélénium. La densité a été prise par une semi-microméthode hydrostatique avec tétrachlorure de carbone. L'analyse qualitative a été effectuée par microméthode, celle-ci pouvant seule donner une certitude pour ces espèces microscopiques. Nous n'avons pu entreprendre l'examen radiocristallographique faute d'installation de rayons X appropriée. Mais nous comptons pouvoir bientôt commencer cette étude.

Ce travail purement descriptif va servir de base à une étude plus vaste sur la genèse de ces minéraux secondaires et sur la signification qu'ils peuvent apporter à la connaissance d'un gîte.

Nous tenons à associer à ce travail tout le personnel du laboratoire de Minéralogie du C. E. A. qui nous a apporté sans arrêt une aide précieuse.

BAYLEYITE $Mg_2 UO_2 (CO_3)_3 \cdot 18 H_2O$.

Ce minéral fut récemment trouvé avec la swartzite : $Ca Mg (UO_2)(CO_3)_3 \cdot 12 H_2O$, l'andersonite : $Na_2 Ca UO_2 (CO_3)_3 \cdot 6 H_2O$ et le schroeckingerite sur le revêtement de gypse qui se trouve au niveau 100 de la mine de Hillside, Yavapai Co. Arizona. Ces espèces ont été décrites en détail dans le numéro de janvier-février 1951 de l'*American Mineralogist* (1). Nous avons reçu à la fin de 1950 des échantillons d'un minéral uranifère provenant de la mine d'Azgour (Maroc) et nous terminions l'étude de cette espèce nouvelle quand le travail américain est paru.

Faciès : monoclinique.

La bayleyite se présente en croûtes cristallines mélangées avec gypse et epsomite, les cristaux les mieux formés atteignent au maximum 0,4 mm. de longueur sur 0,1 mm. d'épaisseur. Certains dépassent le millimètre mais ils sont polysynthétiques, avec faces abondamment striées, les individus sont généralement aplatis et prennent une forme lancéolée, d'autres constituent de petits prismes trapus, mais ils sont difficiles à observer par suite de leur mélange intime avec l'epsomite.

Les cristaux prismatiques sont assez déliquescents et l'atmosphère humide du laboratoire provoque une véritable dissolution de leurs faces, ce qui empêche toute tentative de détermination des angles.

Propriétés physiques.

Fracture conchoïdale. La coloration varie du blanchâtre au jaune d'œuf, parfois avec une légère teinte verdâtre. Pousière à peine jaunâtre. Éclat terne à vitreux suivant l'état d'hydratation.

Le minéral présente une fluorescence nette dans les teintes vert jaunâtre, cependant moins intense que celle de l'autunite.

Propriétés optiques : Biaxe négatif. Allongement négatif. Angle d'extinction de 8° , $\pm 1^\circ$.

Indices de réfraction : $n_p = 1,453$, $n_m = 1,492 \pm 0,002$, $n_g = 1,498$. Densité prise sur 106 mg. de produit : 2,05.

Propriétés chimiques.

Analyse qualitative : par voie microchimique sur quelques cristaux très purs.

CO_2 - UO_3 - MgO - SO_3 - H_2O , traces de Fe, traces de Ca.

Le minéral est très soluble dans l'eau, à chaud il se dissout en quelques instants. Il perd très facilement son eau au tube fermé en laissant un résidu orangé.

Analyse quantitative :

Prise 230 mg. pour $\text{MgO-UO}_3\text{-SO}_3\text{-CaO-CO}_2$.

— 120 mg. pour l'eau.

Résultats :

- I. Analyse minéral d'Azgour,
- II. Analyse bayleyite de Hillside mine (1),
- III. Analyse bayleyite de Hillside mine (1),
- IV. Composition théorique correspondant à la formule :



	I	II	III	IV
MgO.....	9.2	9.03	8.97	9.80
CaO.....	3.4	3.42	2.75	—
Na ₂ O.....	—	—	0.19	—
K ₂ O.....	—	—	0.09	—
UO ₃	30.6	30.80	32.42	34.78
H ₂ O.....	37.6	35.19	36.60	39.38
CO ₂	12.2	14.60	15.36	16.04
SO ₃	6.6	4.43	3.95	—
insoluble....	—	2.27	0.45	—
	99.6	99.74	100.78	100.00

Il faut admettre une contamination par le gypse, car il n'existe que des traces de calcium dans les cristaux isolés ; en comptant tout le calcium comme provenant du gypse, la proportion de SO_3 combiné sera de 4.9 %, les 1.7 % de SO_3 restant peuvent être soit un constituant du minéral, soit venir d'une immixtion avec l'epsomite. Afin de déterminer si le minéral pouvait contenir SO_3 , nous avons essayé d'introduire ce radical dans la molécule de cristaux artificiels.

Synthèse du minéral.

Les proportions des substances à employer sont les suivantes :

Mg(NO ₃) ₂ · 6 H ₂ O.....	5.13 gr.
(NO ₃) ₂ UO ₂ · 6 H ₂ O.....	5.02 gr.
CO ₃ K ₂	4.14 gr.

On ajoute lentement la solution d'uranium à celle de CO_3K_2 , en présence de phénolphtaléine. Il faut arriver à une solution à peine rose, on verse alors cette solution dans celle de nitrate de magnésium. Si la phénolphtaléine se décolore, on se sert de la solution de CO_3K_2 pour revenir à la teinte rose. On laisse cristalliser lentement à la température ambiante et l'on obtient ainsi de bons cristaux assez grands (plus de 2 cm.), présentant rarement des inclusions liquides.

Nous avons essayé d'introduire le radical SO_3 dans la molécule, en remplaçant soit le nitrate de magnésium par du sulfate, soit le nitrate d'uranium par du sulfate d'uranium. Le sulfate de magnésium a dans ce cas un effet inhibiteur sur la cristallisation, mais en ne mettant qu'une partie de magnésium sous forme de sulfate on obtient des cristaux de bayleyite ne contenant pas de SO_3 , conjointement avec des cristaux de sulfate de magnésium. Il apparaît donc impossible d'intégrer SO_3 dans la molécule.

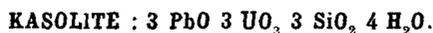
Étude aux rayons X.

Les résultats des études radiocristallographiques de M. Gay, qui montrent l'identité du minéral d'Azgour avec la bayleyite, seront publiés dans une note ultérieure.

Gisements.

Se trouve dans une galerie supérieure de la mine, en efflorescence sur la dolomie, avec de l'epsomite qui lui est postérieure. Les croûtes cristallines peuvent former des surfaces de plusieurs décimètres carrés.

Il faut signaler la présence à Azgour de pechblende comme minéral primaire d'uranium.



Cette espèce minérale fut découverte en assez grande quantité dans la mine de Shinkolobwe, Katanga, par Schoep qui en a donné une description détaillée (3). On l'a ensuite

retrouvée à Wolsendorf en Bavière, mais en petits cristaux mal définis.

Les premiers échantillons de minerai provenant de Grury (Saône-et-Loire) présentaient à côté de cristaux de chalcopite des agrégats fibroradiés d'un minéral jaune d'ocre qui fut déterminé en 1947 comme étant de la kasolite. De nombreux échantillons ont été trouvés par la suite dans cette mine.

Faciès : monoclinique.

Plusieurs types :

1° Cristaux prismatiques allongés suivant l'axe b parfois fixés par une face latérale et biterminés. Ces cristaux très répandus atteignent au maximum 2 mm. de longueur. Ils possèdent des faces peu réfléchissantes.

Les faces p (001), h^1 (100) et m (110) ont cependant été déterminées avec certitude tandis que les formes d 1/2 (111) et a 1/2 (111) sont peu nettes.

On observe parfois des figures d'accroissement.

2° Cristaux aplatis sur p (001), prenant une forme aciculaire. La kasolite se trouve aussi en agrégats fibroradiés, en masses pesant quelques dizaines de grammes, hérissées de pointements cristallins. Parfois des lamelles très aplaties forment des rosettes à la surface des fractures de la gangue.

Propriétés physiques.

Clivage p parfait et facile, difficile suivant h^1 et g^1 . Dureté : 4 à 5.

Coloration et éclat : la plupart des spécimens ont une couleur jaune d'ocre plus ou moins forcée, rarement jaune citron ou rouge orange.

Il faut signaler l'existence à Grury d'une kasolite de couleur vert épidote, passant parfois au noir, en cristaux du type I; elle est très rare et montre par l'analyse qualitative une forte proportion de Fe_2O_3 . On trouve aussi une variété finement aciculaire gris verdâtre plus répandue.

Translucide à opaque, éclat gras dans la cassure. La couleur de la poudre varie du jaune pâle au brun clair, celle de la variété verte du vert bouteille au gris verdâtre.

Propriétés optiques : Pléochroïsme nul. Biaxe positif. Entre nicols croisés extinction droite. Signe d'allongement négatif. Biréfringence faible dans la lame de clivage (001).

Indices de réfraction : $n_p = 1.90$, $n_m = 1.91$, $n_g = 1.95$ pour la kasolite jaune d'ocre.

Indices de la kasolite verte : $n_p = 1.90$, $n_m = 1.91$, $n_g = 1.96$.

La densité déterminée sur 91 mgr. de cristaux jaune d'ocre est de 5.83 (densité de la kasolite de Kasolo : 5.962).

Propriétés chimiques.

La kasolite est très soluble dans les acides, avec production de bulles gazeuses. L'analyse qualitative montre la présence de $PbO-SiO_2-UO_3-Fe_2O_3-H_2O$ traces de Na_2O , BaO , CuO .

Analyse quantitative : une prise de 769 mgr. du minéral séparé par tri à la pince est dissoute dans l'acide chlorhydrique au 1/2. L'insoluble est filtré, la silice est ensuite insolubilisée dans le filtrat. On filtre et on calcine SiO_2 . On fait ensuite barboter H_2S dans le filtrat, on filtre le précipité et on dose $PbO-CuO$.

Le filtrat est oxydé avec de l'acide nitrique et de l'eau de brome et l'on effectue la précipitation du fer en présence de carbonate d'ammonium. Après ébullition du filtrat, on précipite l'uranium sous forme d'uranate d'ammonium en utilisant l'ammoniac gazeux. On filtre, calcine et on pèse U_3O_8 . Le baryum sera dosé dans le filtrat sous forme de sulfate, puis le sodium après élimination des sels ammoniacaux.

L'eau est déterminée par la méthode de Penfield sur une prise séparée de 230 mgr.

Résultats :

- I. Kasolite de Grury,
- II. Kasolite de Kasolo, par Schoep (3).

	I	II
SiO ₂	8.6	9.42
PbO	32.6	36.20
UO ₃	46.8	49.28
BaO	1.7	—
H ₂ O.....	4.3	3.59
Fe ₂ O ₃	2.0	0.41
CuO	0.9	—
CaO	—	0.06
MgO.....	—	0.03
Na ₂ O	2.4	—
CO ₂	—	0.85
TeO ₃	—	n. d.
	99.3	99.84

L'analyse montre que le minéral de Grury bien que moins pur que celui de Kasolo possède une formule qui permet de l'identifier à la kasolite.

Gisements.

Grury (Saône-et-Loire), La Faye. C'est le gîte principal de ce minéral en France. Il y fut trouvé dès le début des travaux sous sa forme commune jaune d'ocre. A partir d'une certaine profondeur, l'on ne rencontre plus que la variété gris verdâtre en fines aiguilles. Le seul minéral d'uranium qui accompagne la kasolite est la chalcolite qui lui est postérieure.

Lachaux (Puy-de-Dôme) :

— Bigay : kasolite en petits cristaux jaune d'ambre très brillants avec chalcolite.

— Reliez : kasolite en fines aiguilles antérieures à la renardite.

Boko Songo. Présence de kasolite en croûtes presque amorphes.

PARSONSITE $2 \text{PbO} \cdot \text{UO}_3 \cdot \text{P}_2\text{O}_5 \cdot \text{H}_2\text{O}$.

Ce minéral fut découvert par Schoep (4) à Shinkolobwe (Katanga). Les dimensions microscopiques des cristaux d'ailleurs imparfaits ainsi que la présence d'inclusions argileuses ne lui ont pas permis d'en donner les caractères avec précision. La parsonsite a été ensuite retrouvée dans le gîte de Wolsendorf en très petites quantités. Dernièrement C. Frondell (5) l'a décrite à Ruggles Mine, New Hampshire, U. S. A. Malgré l'insuffisance du matériel à sa disposition, il a pu donner de nouvelles caractéristiques de cette espèce.

En France, nous avons déterminé la parsonsite à Lachaux, puis à Grury. Dans le premier de ces gîtes, très répandue, elle constitue une source importante d'uranium.

Faciès : monoclinique.

Nous pouvons distinguer 2 types :

1° cristaux prismatiques allongés suivant l'axe *c*, aplatis suivant la face (010), plus rarement suivant (100). Ils atteignent au maximum 3 mm. de longueur ; généralement

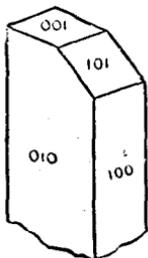


FIG. 1.

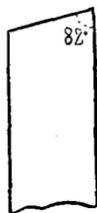


FIG. 2.



FIG. 3.

polysynthétiques ils ne se prêtent pas aux mesures. Ces cristaux peuvent couvrir des surfaces de plusieurs décimètres carrés, ou former des croûtes épaisses de 1 cm. ;

2° cristaux aciculaires avec formes indistinctes, réunis en fines incrustations veloutées.

La parsonsite se trouve aussi en groupements fibroradiés ou en masses amorphes de quelques grammes mélangées avec de la pyromorphite. Très rarement, elle se présente en cristaux lenticulaires sans forme distincte à la surface de l'opale.

Le type I montre les faces (001), (101), (100) et (010); la face (101) est souvent courbe, formée par la superposition de faces plus complexes (fig. 1).

Les angles mesurés au microscope sont représentés dans les figures 2 et 3.

Propriétés physiques.

Clivage assez difficile, parallèlement à (010). Fracture conchoïdale. Dureté : 3. Cristaux peu fragiles.

Coloration et éclat : varie du jaune pâle au brun vert, les échantillons les plus purs sont jaune miel. Souvent les cristaux présentent un noyau brun foncé, entouré d'une gaine jaune; il n'a pas été possible d'isoler les deux substances. Poussière blanc jaunâtre. Éclat gras, exceptionnellement adamantin; translucide à opaque.

Propriétés optiques : Biaxe négatif. La direction d'extinction γ fait avec l'axe c un angle de 11 à 26° (cette dernière mesure, dans un seul cas sur la parsonsite de Gourniaud). Au point de vue optique, dans tous les gîtes français on distingue deux types de parsonsite, l'un très répandu à un angle d'extinction de 18°, l'autre, plus rare, de 11°.

Cristaux non pléochroïques, jaune très pâle en lumière transmise. Indices de réfraction : $n_p = 1.85$, $n_g = 1.86$.

Densité prise sur 39.4 mgr. parsonsite de Reliez.....	5.72
— 48.1 — Gourniaud..	5.75
Densité prise sur 98 mgr. parsonsite de Rophin avec inclusions brunes	5.71

La densité est assez différente des valeurs déterminées par Schoep et par Frondell qui trouvent respectivement 6.23 et 5.37 sur des échantillons impurs.

La parsonsite n'est pas fluorescente.

Propriétés chimiques.

Analyse qualitative : présence des éléments suivants : $\text{PbO-UO}_3\text{-P}_2\text{O}_5\text{-H}_2\text{O}$. Le matériel analysé quantitativement montre en plus $\text{SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-Fe}_2\text{O}_3\text{-CaO}$, traces d'arsenic.

Analyse quantitative : on a effectué la séparation gravimétrique avec iodure de méthylène, puis une séparation magnétique. L'examen optique a montré qu'il ne restait que la parsonsite et des grains de quartz.

Mode opératoire :

Après pulvérisation, le minéral est dissous dans $\text{NO}_3\text{H } 1/1$, l'insoluble est filtré, desséché et pesé.

Le filtrat est évaporé à sec, repris deux fois avec HCl , puis avec HCl dilué, on filtre le résidu qui est ensuite traité avec une solution chaude à 20 % d'acétate d'ammonium. La pureté du résidu de la calcination (silice) est vérifiée par un double traitement à HF et SO_4H_2 .

Le filtrat résultant de l'insolubilisation de la silice est dilué à 2 N, il est saturé à froid par SO_2 qui est ensuite éliminé par chauffage modéré.

Après avoir porté le filtrat à ébullition on sature avec H_2S , on ajoute de l'eau froide pour assurer la bonne précipitation du plomb, le précipité est lavé avec de l'acide acétique à 5 % saturé d' H_2S .

Précipité de sulfures. Il est dissous dans NO_3H , le plomb est ensuite dosé sous forme de sulfate.

Le filtrat. On y ajoute NO_3H pour oxyder après avoir éliminé H_2S , on neutralise avec CO_3Na_2 , puis l'on ajoute trois grammes de ce sel en excès. On porte à ébullition : on obtient un précipité I et un filtrat II.

Filtrat II. L'uranium est dosé sous forme de phosphate. Après une légère acidification par HCl , on élimine complètement CO_2 , par ébullition. On ajoute 10 fois le poids d'uranium en phosphate de sodium et d'ammonium, puis l'on porte à ébullition. On ajoute de l'ammoniaque goutte à goutte jusqu'à début de précipitation. Ce précipité est dissous avec quelques gouttes d'acide nitrique. On ajoute ensuite 1 gr. de

thiosulfate de Na et on fait bouillir. On introduit ensuite 2.5 gr. d'acétate d'ammonium et l'on continue l'ébullition 10 minutes. Le précipité est calciné dans un creuset taré, le résidu est humecté avec NO_3H et évaporé au bain-marie. On calcine au rouge sombre et l'on obtient du pyrophosphate d'uranyle $\text{P}_2\text{O}_7 (\text{UO}_2)^2$.

Précipité I. Il est dissous dans HCl, on oxyde avec 1 cc d'acide nitrique, on sature avec de l'ammoniaque diluée versée goutte à goutte en s'arrêtant au virage du bleu de bromothymol, on revient en solution acide avec acide acétique, de telle sorte que la solution contienne 2 % d'acide acétique. On laisse digérer deux heures à froid en agitant très souvent.

On filtre le précipité contenant les phosphates de Fe et Al, on lave avec de l'eau chaude très légèrement acétique. Comme le précipité est peu abondant, on le calcine et on prend la moitié de son poids comme représentant la somme $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$.

La liqueur acétique qui contient le calcium est additionnée à froid d'oxalate d'ammonium, on dose volumétriquement le calcium.

Le phosphore et l'eau seront dosés sur des prises séparées, le phosphore en pyrophosphate de magnésium après une première précipitation sous forme de phosphomolybdate.

Résultats :

- 1° $\text{Pb}_2 (\text{UO}_2) (\text{PO}_4)_2, \text{H}_2\text{O}$;
- 2° parsonsite de Reliez ;
- 3° parsonsite de Ruggles mine, rapportée à 100 (5) ;
- 4° parsonsite de Kasolo, après déduction des impuretés et en rapportant à 100 (4).

	I	II	III	IV
SiO_2	—	0.47	—	—
PbO	50.01	48.92	47.43	49.41
UO_3	32.06	34.75	34.68	32.59
P_2O_5	15.91	15.92	14.46	16.56
Fe_2O_3	—	0.32	—	—
CaO	—	0.42	—	—
H_2O	2.02	2.10	3.43	1.71
	<u>100.00</u>	<u>99.90</u>	<u>100.00</u>	<u>100.00</u>

La formule est donc bien $2 \text{PbO} \cdot \text{UO}_3 \cdot \text{P}_2\text{O}_5 \cdot \text{H}_2\text{O}$ et non pas comme le pense C. Frondell $2 \text{PbO} \cdot \text{UO}_2 \cdot \text{P}_2\text{O}_5 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$. Nous avons vérifié la teneur en eau en effectuant une analyse sur le minéral brunâtre de Rophin qui nous a donné 2.02 pour l'eau.

Gisements.

La parsonsité est très fréquente dans les gisements uranifères français. La principale localité, où elle forme un minerai exploité, est Lachaux (Puy-de-Dôme) : Rophin, Reliez, Bencherelle, Gourniaud, Gagnols, Bigay, Les Peux.

Elle se trouve dans les cavités d'une brèche siliceuse riche en opale, elle est accompagnée par la pyromorphite et la césurite qui lui sont antérieures et par la chalcolite qui est venue après elle.

Grury : La Faye. La parsonsité s'y trouve en cristaux généralement aciculaires, petits, elle présente rarement les formes de la parsonsité de Lachaux. Elle semble postérieure à la renardite et antérieure à la chalcolite.

RENARDITE $\text{PbO} \cdot 4 \text{UO}_3 \cdot \text{P}_2\text{O}_5 \cdot 9 \text{H}_2\text{O}$.

Ce minéral n'était connu qu'au Katanga dans la mine de Shinkolobwé (6). Il accompagnait rarement la chalcolite et la dumontite. Nous l'avons trouvé dans des échantillons de Grury. Il semble plus fréquent dans les gisements uranifères français qu'au Congo belge.

Faciès : orthorhombique.

On peut distinguer plusieurs types :

1° cristaux très aplatis suivant les faces h^1 (100) ; ils atteignent 1.5 mm. de longueur sur 0.7 mm. de largeur et 1.1 mm. d'épaisseur. Ils présentent les faces h^1 , g^1 (010) et a^1 (101) (fig. 4) ;

2° cristaux allongés suivant c , devenant parfois aciculaires et possédant les mêmes faces que le type précédent ;

3° cristaux allongés suivant l'axe a , implantés sur une face g^1 ;

4° exceptionnellement en prismes allongés suivant l'axe a sans faces a^1 (101), d'aspect quadratique (fig. 5).

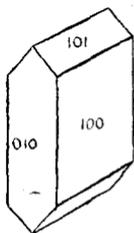


FIG. 4.

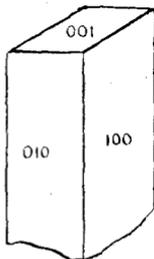


FIG. 5.

La renardite se présente souvent en croûtes dont on n'aperçoit l'aspect cristallin qu'à un très fort grossissement, elle peut aussi constituer des nodules fibroradiés ou des masses lamellaires sans formes nettes.

Propriétés physiques.

Clivage parfait suivant h^1 . Dureté de 3,5.

Cristaux transparents à opaques. La coloration varie assez largement du jaune d'or au brun avec prédominance des teintes verdâtres surtout pour les cristaux du type I. Éclat vitreux à adamantin.

Propriétés optiques: Biaxe négatif. Indices : $n_p = 1,716$, $n_m = 1,736$, $n_g = 1,740$; pléochroïsme intense suivant g^1 , jaune parallèlement au plan de clivage, incolore perpendiculairement à ce plan.

Densité : prise sur 39 mgr. de cristaux type I : 4,35.

Propriétés chimiques.

L'analyse qualitative montre les éléments suivants : P_2O_5 - PbO - UO_2 - H_2O et traces de Fe_2O_3 .

L'analyse quantitative fut effectuée avec la même méthode

que pour la parsonsite sur la substance séparée aux liqueurs denses. Prise de 224 mgr.

SiO ₂	0.7
PbO.....	12.3
P ₂ O ₅	8.0
UO ₃	67.6
Fe ₂ O ₃	0.9
Al ₂ O ₃	0.7
CaO.....	0.9
H ₂ O.....	8.7
	99.8

ce qui donne après déduction des impuretés et recalculon :

PbO : 12.73 UO₃ : 69.97 H₂O : 8.99 P₂O₅ : 8.31

résultat conduisant à la formule PbO 4 UO₃ P₂O₅ 9 H₂O.

Gisements.

Grury (Saône-et-Loire), La Faye. La renardite se trouve avec chalcrite, autunite, kasolite, généralement au voisinage de la galène altérée et de la pechblende terreuse. Très répandue dans le gîte, elle y forme un minerai.

Bauzot : avec autunite et uranotile sur la fluorine violette au voisinage de la pechblende.

Lachaux (Puy-de-Dôme) :

— Bigay : cristaux du type II avec chalcrite.

— Reliez : cristaux du type IV avec parsonsite, très rare.

— Saint-Rémy-sur-Durolles : avec chalcrite.

La Crouzille (Haute-Vienne) : avec uranotile sur la pechblende.

URANOPILITE 6 UO₃ SO₃. nH₂O.

Une grande confusion a régné pendant longtemps dans le groupe des sulfates d'uranium. Un grand nombre d'espèces avaient été décrites : johannite, gilpinitite, voglianite, uranochalcrite, urangrün, medjidite, zippeite, uranopilite, uraconite.

On les trouve souvent désignés sous les noms de uranocker, uranvitriol, uranblüthe.

Les seuls qui continuent à être considérés comme des espèces définies (Novacek) (7) sont la johannite ($\text{CuO } 2 \text{ UO}_3$ 2 SO_3 $7 \text{ H}_2\text{O}$) à laquelle doit être rattachée la gilpinitite ; l'uranopilite et la zippeite (2 UO_3 SO_3 $n \text{ H}_2\text{O}$). La voglianite et l'uranochalcite appartiennent, d'après Novacek, aux silicates du groupe de l'uranotile.

L'uranopilite est le plus fréquent de ces trois sulfates basiques hydratés. Elle se forme continuellement dans les mines d'uranium. Nous l'avons déterminée sur des échantillons de Grury (Saône-et-Loire), où nous avons pu en recueillir suffisamment pour en effectuer une étude complète.

Faciès : triclinique ?

L'uranopilite se trouve en efflorescences nodulaires, botryoidales atteignant parfois 5 mm. d'épaisseur, plus rarement en croûtes cristallines. Ces formations se distinguent aisément dans la mine, par leur couleur très vive tranchant sur le fond sombre du minerai altéré.

Ces concrétions résultent du groupement de très petits cristaux ne dépassant pas $1/10$ de mm. de longueur sur $1/30$ de mm. de largeur (taille exceptionnelle dans le gîte). Elles semblent généralement amorphes. Les cristaux sont tabulaires avec un clivage parfait (010), l'aplatissement a lieu parallèlement à cette direction ; ils sont terminés par une ou deux faces obliques d'angle variable.

Propriétés physiques.

La cassure est conchoïdale, la couleur jaune vert fluorescent, pour les échantillons fraîchement recueillis, devient assez rapidement jaune citron en perdant son éclat vitreux original.

Les cristaux isolés sont transparents et presque incolores. La substance a une fluorescence comparable à celle de l'autunite, surtout à l'état frais.

Propriétés optiques : L'extinction se fait sous un angle de 12° environ. Les autres propriétés optiques sont difficiles à déterminer du fait de l'extrême petitesse des cristaux.

Les indices de réfraction sont 1.621 pour n_p et 1.632 pour n_g , d'après Larsen et Novack ils varient entre 1.622 et 1.624 pour n_p . Les variations des propriétés optiques proviennent certainement des différences de composition et en particulier de la teneur en eau.

Propriétés chimiques.

Le minéral est insoluble dans l'eau distillée froide, légèrement soluble dans l'eau à ébullition. Il est très facilement attaqué par les acides dilués.

Présence des éléments UO_3 , SO_3 et H_2O .

Analyse quantitative : le minéral n'étant mélangé qu'avec de rares cristaux de gypse est particulièrement facile à trier.

En suivant la méthode classique d'analyse, on arrive aux résultats :

1° Uranopilite de Grury. Prise 230 mgr. et 130 mgr. pour l'eau.

2° Uranopilite de Saint-Just Cornwall (1).

3° Uranopilite de Jachimov (7).

4° Uranopilite de Jachimov (7).

	I	II	III	IV
UO_3	80.7	79.89	81.20	80.19
CaO.....	—	1.63	0.18	0.60
SO_3	3.8	4.24	4.04	4.15
H_2O	15.1	13.98	14.03	13.81
PbO.....	—	0.08	—	—
Fe_2O_3	—	traces	—	1.17
	<u>99.6</u>	<u>99.82</u>	<u>99.45</u>	<u>99.92</u>

Novacek a montré que la présence du calcium venait de l'association intime du gypse avec l'uranopilite.

Les analyses conduisent à la formule $6 UO_3 SO_3 \cdot nH_2O$. Novacek trouve $n = 16$ ou 17 dans la majorité des cas, mais

il a analysé des produits se trouvant depuis longtemps dans l'atmosphère sèche d'un musée.

D'après notre analyse, la formule est $6 \text{UO}_3 \cdot \text{SO}_3 \cdot 18 \text{H}_2\text{O}$. Schulze signale d'ailleurs l'existence d'uranopilite contenant 16,59% d'eau, d'où la formule : $6 \text{UO}_3 \cdot \text{SO}_3 \cdot 20 \text{H}_2\text{O}$.

Gisements.

Grury : La Faye. Nous l'avons observé en concrétions très peu adhérentes à la gangue sur les parois d'une descenderie. Elle se trouve aussi à la base des haldes.

La Crouzille (Haute-Vienne). Elle a été découverte sur des tas de minerais riche en pechblende, exposés à l'air humide.

β URANOTILE $\text{CaO} \cdot 2\text{UO}_2 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$.

L'uranotile appelé aussi uranophane est connu depuis 1870 à Wolsendorf. Il a depuis été trouvé dans de nombreux gîtes d'uranium. En 1935, le nom de bêta uranotile fut donné par Novacek (7) à un nouveau minéral de Jachimov qui avait une formule chimique identique à l'uranotile mais était différent au point de vue des propriétés physiques. Ce minéral a été retrouvé aux U. S. A. à Bedford, New York et Spruce mine, Mitchell Co., Caroline du Nord ainsi qu'à Wolsendorf, en Bavière (8).

Nous l'avons déterminé dans de nombreux gîtes français.

Faciès : monoclinique.

Plusieurs types peuvent être distingués dans les gisements français.

1° Prismes allongés, avec développement égal des faces (010) et (100), la face (001) peut disparaître et être remplacée par une face de l'orthodôme d'angle 48° qui est très proche de la face (103) de la sklodowskite. La face (100) montre des stries verticales très nettes qui correspondent au clivage facile (010). Les faces très brillantes présentent cependant de nom-

breuses figures d'accroissement et ne permettent pas de bonnes mesures des angles du prisme. Les cristaux ne dépassent pas 2 mm. de longueur sur 0.5 de largeur (fig. 6 et 7).

2° Cristaux lamellaires très fortement aplatis sur (010), ne possédant jamais les faces du dôme; ils atteignent au plus 1 mm. sur 0.2 mm. et 0.1 mm. d'épaisseur. Ils sont beaucoup plus rares que les autres formes.

3° Le β uranotile se trouve aussi en lamelles aplaties et en nodules fibroradiés dans les fractures de la gangue.

Les cristaux sont généralement groupés en gerbes divergentes et forment parfois des masses de quelques grammes. Exceptionnellement le minéral est amorphe.

Les cristaux du type I souvent zonés peuvent aussi présenter des macles sur (100) rappelant la macle de Carlsbad (fig. 8).

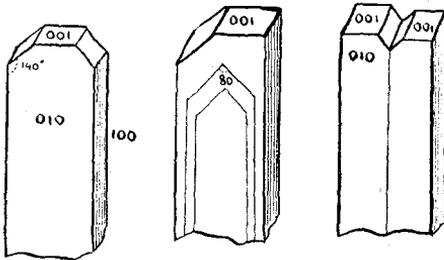


FIG. 6.

FIG. 7.

FIG. 8.

Propriétés physiques.

Clivage très net suivant g^1 , fracture conchoïdale. Dureté 4. Les cristaux sont très fragiles.

Coloration et éclat. La couleur est jaune d'or à jaune brunâtre, le plus souvent jaune miel. Transparent à opaque. Éclat adamantin à mat pour les variétés amorphes. Poussière jaunâtre.

Propriétés optiques : Biaxe. Allongement positif. Sur (100) : extinction parallèle aux axes verticaux.

Sur (010) : extinction oblique.

Très forte dispersion en lumière blanche, n_g fait avec c un angle de $40^\circ \pm 2^\circ$.

Les couleurs d'interférence sont anormales.

Indices de réfraction : $n_p = 1.665$, $n_m = 1.687$, $n_g = 1.695$.

Densité : sur 169 mg : 3.98 à 0.01.

Propriétés chimiques.

L'analyse qualitative met en évidence les éléments suivants : SiO_2 , UO_3 , CaO , H_2O .

Le β uranotile de Saint-Rémy-sur-Durolles montre en plus des traces de plomb et de fer.

Le minéral est facilement soluble dans les acides avec faible dégagement de gaz (CO_2).

Analyse quantitative. La faible quantité de matière à notre disposition ne nous a pas permis de doser l'eau qui est évaluée par différence.

Résultats :

1° formule théorique,

2° uranotile de Jachimov (Novacek) (8),

3° uranotile type I de Bigay, Lachaux (Puy-de-Dôme).

	I	II	III
SiO_2	14.02	13.11	13.1
UO_3	66.81	66.29	66.5
CaO	6.55	7.32	6.1
H_2O	16.22	12.87	14.3
CO_2	—	traces	—
	<u>100.00</u>	<u>99.59</u>	<u>100.0</u>

Gisements.

— Lachaux, Bigay : on rencontre les trois types de β uranotile. Ils sont toujours au voisinage de la pechblende et souvent accompagnés par l' α uranotile qui est postérieur au β uranotile. C'est dans ce gîte que se trouvent les meilleurs échantillons de ce minéral qui y est relativement répandu.

Gourniaud : β uranotile avec α uranotile comme à Bigay.

Saint-Rémy-sur-Durolles : β uranotile en masses fibreuses, jaune très clair ; la densité est faible (3.47) mais il s'avère que les cristaux sont recouverts par une mince couche d'opale. Les indices sont identiques à ceux du β uranotile de Bigay.

La Crouzille : β uranotile avec renardite sans que l'on puisse préciser l'ordre d'apparition.

BASSETITE $\text{Fe}(\text{UO}_2)_2(\text{PO}_4)_2 \cdot n\text{H}_2\text{O} (?)$.

Ce minéral fut découvert par Hallimond (9) sur des échantillons provenant de Wheal Basset, Cornouailles. Il en donna une description très complète au point de vue cristallographique et optique mais ne pouvant effectuer d'analyses, il pensait que c'était une variété polymorphe d'autunite. Meixner (10) remarquant la non-fluorescence du minéral chercha dans sa molécule un élément métallique de poids atomique élevé et il trouva du Fe sans trouver de Ca. Il pensa que l'on se trouvait devant une autunite ferrifère. Seule une étude radiocristallographique jointe à une analyse quantitative pourrait résoudre cette question.

Nous avons découvert ce minéral dans le gîte de La Crouzille où accompagné d'autunite il se trouve sur des échantillons de minerai de surface.

Faciès : monoclinique.

Se trouve en cristaux lamellaires aplatis sur b (010), avec un fort allongement suivant l'axe c , les individus atteignent 5 mm. de longueur sur une épaisseur de 1 à 2/10 mm. et une largeur de 1 mm. Les faces g^1 (010) montrent de nombreuses stries dues au clivage et présentent de nombreuses figures d'accroissement. Faces g^1 (010) et ($\bar{1}$ 01).

Propriétés physiques.

Clivage perpendiculaire à l'axe b , très facile, cassure conchoïdale. Dureté 2.

Couleur blanc jaunâtre à jaune pâle, poussière incolore. Éclat mat à vitreux.

Minéral biaxe négatif. Extinction oblique. Angle d'extinction de 3° . Allongement positif. Plan des axes optiques perpendiculaires à g^1 , n_p parallèle à b .

Indices $n_p = 1.560$, $n_m = 1.574$, $n_g = 1.581$.

Densité prise sur cristal isolé avec liqueur dense : 3.08.

Propriétés chimiques.

Analyse qualitative. Se dissout avec facilité dans les acides. Présente les éléments suivants : P_2O_5 - UO_3 - H_2O avec traces de Fe. Il faut remarquer que ce minéral ne contient pour ainsi dire pas de fer, alors que Meixner affirme le contraire.

BECQUERELITE $2 UO_3 \cdot 3 H_2O$ (?).

Un seul échantillon de ce minéral est connu en France. Il provient de Bigay et fut trouvé à l'origine des travaux sur ce gîte. Il se présente en rares croûtes cristallines de $2/10$ de mm. d'épaisseur, formées de cristaux prismatiques translucides, de couleur ambrée, d'éclats résineux. La becquerelite est orthorhombique, biaxe négatif, pléochroïque. Indices : $n_p = 1.75$ parallèlement à c , $n_m = 1.87$ parallèlement à b , $n_g = 1.88$, parallèlement à a .

Clivage très facile perpendiculairement à l'allongement. L'analyse qualitative montre une forte proportion de UO_3 et H_2O mais aussi une certaine quantité de PbO . Un cristal parfaitement isolé donne une réaction nette pour cet élément. La becquerelite est en contact direct avec la pechblende.

CURITE $2 PbO \cdot 5UO_3 \cdot 4 H_2O$.

Nous avons déterminé ce minéral sur un petit échantillon de Malakialine (Madagascar), nous n'avons encore pu le caractériser en France, les masses d'oxydes orangés d'uranium

trouvées à La Crouzille n'étant jamais cristallisées et donnant des résultats aberrants à l'examen tant optique que chimique. Le spécimen malgache montre de très petites aiguilles rouge orangé de 1/30 de mm. de longueur sur moins d'un centième de mm. d'épaisseur. Les indices en sont $n_p = 2.05$, $n_m = 2.08$ et $n_g = 2.12$. L'analyse qualitative montre seulement PbO UO_3 et H_2O , ce qui permet de rattacher ce minéral à la curite.

IANTHINITE $2UO_2 \cdot 7H_2O$ (?).

Cette espèce très rare fut découverte par Schoep (11) dans le gîte de Shinkolobwe au Katanga. Intimement liée à la pechblende elle remplit à l'intérieur de celle-ci des petites fractures ; les cristaux ont une couleur violette très foncée caractéristique. La ianthinite fut ensuite retrouvée dans le gîte de Wolsendorf (12) Bavière.

Nous l'avons découverte en France dans deux gisements, mais sa rareté et sa facilité d'altération ne nous ont pas permis d'en effectuer une étude complète.

Faciès : orthorhombique.

Deux types dans les gîtes français.

1° Cristaux prismatiques, avec faces du prisme très imparfaites. Très allongés, ils sont très petits (0.2 mm. sur 0.03 mm.), les faces ne peuvent donc être déterminées.

2° Cristaux aciculaires atteignant parfois 1 mm. de longueur, groupés en nodules, en touffes avec un aspect velouté. On ne peut déterminer aucune face sur ces cristaux capillaires. La ianthinite forme aussi des placages très minces fibroradiés.

Propriétés physiques.

Biaxe négatif, extinction droite. Pléochroïsme intense : noir perpendiculairement à l'allongement, orange parallèlement. Biréfringence élevée. Nous n'avons pu obtenir l'indice n

$$n_m = 1.88, \quad n_g = 1.91.$$

La couleur des cristaux du type I est noire avec des reflets violacés. Les cristaux du type II sont d'un beau violet améthyste au sortir de la mine, mais ils perdent rapidement cette couleur pour devenir marron, puis gris, enfin jaunâtre ; il y a oxydation par l'air de l'uranium tétravalent en uranium hexavalent.

Propriétés chimiques.

L'analyse qualitative montre seulement la présence des éléments UO_2 , H_2O et Fe_2O_3 . Le minéral infusible devient noir et opaque à la calcination. Traité par de l'eau oxygénée à chaud, il jaunit. Sa solution sulfurique au $1/5$ réduit énergiquement le permanganate.

Gisements.

Lachaux (Puy-de-Dôme) : Bigay.

On trouve les deux types de cristaux soit au voisinage immédiat de la pechblende, soit sur celle-ci. Ils ne sont accompagnés d'aucun autre minéral si l'on excepte leur produit de décomposition jaunâtre.

La Crouzille : Niveau — 45.

La pechblende en cet endroit est très riche en minces veines violacées de ianthinite qui la recourent comme dans la pechblende du Katanga. Très rarement, la ianthinite forme des petites pelotes cristallines semblables à celle de Bigay.

PRODUIT DE DÉCOMPOSITION DE LA IANTHINITE : ÉPIANTHINITE (?).

Schoep et Stradiot (13) ont décrit succinctement sous le nom d'épiianthinite un minéral résultant de la décomposition de l'ianthinite. Le produit analogue que nous avons à Bigay a les caractéristiques suivantes : minéral orthorhombique, pléochroïque dans le jaune, allongement négatif, avec indices compris entre 1.72 et 1.83. Ce minéral se forme rapidement par exposition à l'air des cristaux de ianthinite.

PHOSPHURANYLITE

La phosphuranylite a été décrite par Genth en 1879, provenant de Mitchell Co Caroline du Nord. Cette première description était très incomplète ; Frondell (14) en 1950 en donne de nouvelles caractéristiques et un certain nombre de gîtes ; la connaissance de l'espèce est encore très imprécise et il est assez difficile de déterminer le minéral avec certitude.

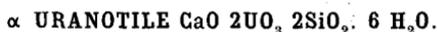
Nous l'avons rencontré sur de l'autunite de La Crouzille. Jusqu'à présent il n'était connu qu'en minces lamelles écaillieuses à la surface des granites et pegmatites. A La Crouzille, sans montrer de formes nettes, il apparaît cependant plus individualisé, formant des croûtes assez épaisses et parfois de petits nodules fibroradiés avec quelques terminaisons cristallines ; exceptionnellement il se trouve en petits cristaux rectangulaires, lamellaires, dont il est impossible de donner une caractéristique, du fait de leur petitesse ($2/10 \times 1/10$ mm).

Minéral de couleur jaune d'or, ressemblant à la renardite, surtout lorsqu'il cristallise en lamelles rectangulaires, la couleur de la poussière est jaune pâle. Dureté : 3. Les propriétés optiques sont les suivantes : Biaxe négatif. Allongement positif. Pléochroïque.

$$n_p = 1.690, \quad n_g = 1.715.$$

Légère fluorescence orangée. Densité : un cristal isolé a une densité supérieure à l'iode de méthylène de densité 3.31.

La phosphuranylite se dissout avec un léger dégagement de gaz dans les acides, l'analyse qualitative montre les éléments suivants : P_2O_5 -CaO- UO_3 - H_2O .



Connu depuis 1870 et assez répandu, ce minéral a été déterminé par nous dans la plupart des gîtes d'uranium français.

Faciès : orthorhombique.

L' α uranotile se présente en cristaux bacillaires atteignant 2 mm. groupés en rosettes de plusieurs mm. de diamètre, parfois il forme des croûtes fibroradiées de 1/2 cm. d'épaisseur. Il se trouve plus rarement en nodules sans structure visible, d'aspect amorphe.

Propriétés physiques.

Clivage parfait perpendiculairement à l'allongement, cassure conchoïdale, dureté : 3.

Coloration et éclat : la couleur varie du blanc jaunâtre pâle au jaune orange, avec le plus souvent une teinte jaune citron. La poussière est incolore à jaunâtre. Éclat vitreux à terne pour les variétés amorphes.

Minéral biaxe négatif, pléochroïque (jaune suivant l'allongement, incolore perpendiculairement à cette direction), l'angle d'extinction est peu différent de 3°. Indices $n_p = 1.641$, $n_m = 1.664$, $n_g = 1.668$. Densité : prise sur 80 mg : 3.68.

Propriétés chimiques.

Seule l'analyse qualitative a pu être effectuée, elle montre la présence des éléments : SiO_2 - UO_3 - CaO - H_2O , traces de P_2O_5 , CO_2 .

Le minéral est facilement soluble dans les acides avec dégagement de gaz en laissant un squelette de silice.

Nous disposons bien de nombreux échantillons d'uranotile mais nous nous sommes aperçus que les cristaux étaient mêlés à de l'opale et qu'il n'y avait aucun moyen d'effectuer un tri avec certitude, l'opale formant une mince couche à la surface des cristaux ; ce qui peut expliquer la densité assez faible que nous avons obtenue.

Gisements.

Lachaux (Puy-de-Dôme), Bigay. Les plus beaux échantillons de France et peut-être du monde proviennent de ce gîte.

Les croûtes du mélange uranotile et opale dépassent parfois le demi-centimètre sur une surface de 10 ou 20 cm². L'opale étant très fluorescente, les spécimens sont particulièrement spectaculaires. L' α uranotile se trouve dans des géodes en cristaux aciculaires sur le β uranotile. C'est un minéral commun dans le gîte.

Gourniaud : même faciès qu'à Bigay mais les échantillons sont plus rares.

Nous l'avions encore déterminé dans les gîtes de Saint-Rémy-sur-Durolles avec chalcopite, La Vaufranche (Allier) et Bauzot (Issy-l'Évêque) où il se trouve sur de grandes surfaces intimement mélangé avec de l'autunite.

A la suite de l'étude de ces minéraux secondaires, nous décrirons une espèce primaire :

BRANNERITE (Si, Ti)₂O₁₆. (U, Fe, Pb, Ca, Y, Sn...)₂.

La brannerite, espèce uranifère, très rare, n'a été trouvée jusqu'ici qu'en fragments de cristaux prismatiques ou en cristaux roulés dans les placers aurifères de Kelly Gulch, Custer Co, Idaho U. S. A. (2). On ne l'avait jamais rencontrée en place.

Nous l'avons déterminée dans des échantillons provenant des mines de molybdène de Château-Lambert dans les Vosges.

Le minéral se présente en baguettes prismatiques de 2 à 3 cm. de longueur dont l'épaisseur ne dépasse pas 3 à 4 mm. Ces baguettes présentent souvent des torsions et des fractures recimentées par du quartz.

Propriétés physiques.

Cassure conchoïdale. Dureté : 5.

Coloration et éclat : les cristaux sont recouverts par un mince enduit couleur jaune grisâtre terne. Ils sont noirs avec reflet brunâtre et vif éclat résineux. En fines aiguilles le minéral est translucide et de couleur brun jaunâtre. La poussière est d'un brun verdâtre foncé.

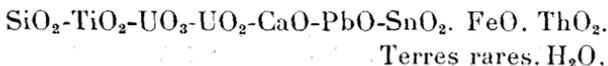
Isotrope. La mesure des indices de réfraction est rendue délicate par l'opacité presque complète du minéral surtout dans le milieu soufre et sélénium

$$(n = 2.23 \pm 0.01 \text{ (Na)}).$$

La brannerite de Kelly Gulch a un indice de 2.30 en lumière de Na. Densité : sur 40 mg. de cristaux très purs : 4.95 à 0.01. Le produit analysé avait une densité de 4.82.

Propriétés chimiques.

Analyse qualitative : le minéral en poudre très fine est difficilement soluble dans l'acide nitrique concentré et l'eau régale. Il se dissout lentement dans l'acide sulfurique concentré à chaud.



Il est possible qu'une faible partie du fer soit sous sa valence maxima.

Analyse quantitative : prise de 234 mg. de minéral séparé par tri à la pince. Finalement broyé il est désagregé par fusion avec du bisulfate de potassium. La masse de fusion refroidie est reprise par une solution aqueuse à 20 % d'acide tartrique.

Après chauffage modéré, on ajoute de l'eau acidulée avec acide sulfurique. On chauffe en agitant continuellement jusqu'à parfaite dissolution du culot de fusion. On obtient un précipité blanc (*résidu I*) qui est filtré et lavé à l'eau chaude (*filtrat I*).

Résidu I : on le calcine en creuset de platine, puis on le pèse et on traite par acide sulfurique et acide fluorhydrique pour déterminer SiO_2 . Le résidu est repris par une solution d'acétate d'ammonium pour dissoudre le sulfate de plomb qui est dosé par électrolyse. Le résidu du traitement à l'acétate est fondu avec du bisulfate de potassium et l'étain est dosé sous forme de sulfure.

Filtrat I : on le traite par H_2S , ce qui donne un *précipité II* et un *filtrat II* (dans le cas présent, pas de précipité).

On ajoute de l'acide sulfurique au filtrat et on évapore

jusqu'à fumées blanches. Puis l'on ajoute NO_3H fumant goutte à goutte pour détruire l'acide tartrique. Le résidu est dilué avec de l'eau distillée et l'oxydation est complétée par addition d'eau de brome et par ébullition. On ajoute 5 gr. de carbonate d'ammonium et on fait barboter un courant d'ammoniac dans la solution chaude. On obtient un *précipité III* et une *solution III*.

Filtrat III : dosage de CaO par l'oxalate d'ammonium.

Précipité III : ce précipité contient les terres rares, le thorium, l'uranium, le fer et le titane.

On le dissout dans HCl , la solution est amenée à contenir 5 % d' HCl . On ajoute alors un égal volume de solution saturée froide d'acide oxalique. Laisser reposer une heure, agiter fortement et laisser de nouveau une nuit. Le précipité est recueilli sur filtre et lavé avec de l'eau acidulée par NO_3H contenant 1 % d'acide oxalique. On obtient un *précipité IV* et un *filtrat IV*.

Précipité IV : la séparation du thorium et des terres rares est effectuée par l'eau oxygénée. On sépare ensuite terres ceriques et terres yttriques par la méthode des sulfates.

Filtrat IV : le filtrat est évaporé jusqu'à apparition de fumées blanches après addition de SO_4H_2 . On détruit l'acide oxalique par NO_3H fumant. Après refroidissement, on dilue et neutralise par CO_3Na_2 , en mettant 3 gr. de ce sel en excès. On fait bouillir la solution, on dilue et on fait bouillir de nouveau. Le précipité est recueilli sur filtre et lavé avec une solution de CO_3Na_2 ; on le dissout dans HCl et on recommence la précipitation. On obtient un *précipité V* et un *filtrat V*.

Filtrat V : on chasse CO_2 après acidification, par ébullition, et l'on précipite l'uranium sous forme d'uranate d'ammonium qui est calciné et pesé.

On vérifie par dissolution de U_3O_8 et nouvelle précipitation.

Précipité V : on le dissout dans HCl dilué, on traite par H_2S pour réduire le fer, après addition de 4 fois le poids des oxydes en acide tartrique; la solution est rendue ammoniacale; on fait barboter H_2S dans la solution chaude et on filtre. On recommence l'opération après avoir dissous le précipité de

sulfure de fer, qui sera ensuite dosé par la méthode classique. Les filtrats contenant la totalité du titane sont réunis, on détruit l'acide tartrique comme précédemment, on précipite le titane par l'ammoniaque. On calcine et on pèse.

L'eau est dosée sur une prise de 107 mg. par la méthode de Penfield.

Résultats :

1° minéral de Château-Lambert, 2° brannerite de Kelly Gulch.

	1°	2°
SiO ₂	3.3	0.6
PbO.....	3.2	0.2
SnO ₂	1.3	—
ThO ₂	0.3	4.4
Y ₂ O ₃	1.8	3.9
Ce ₂ O ₃	0.4	—
FeO.....	5.4	2.9
TiO ₂	35.2	39.0
U ₃ O ₈	43.3	UO ₃ 33.5
		UO ₂ 10.3
CaO.....	2.7	2.9
H ₂ O.....	3.7	2.0
	<u>100.6</u>	BaO..... 0.3
		SrO..... 0.1
		ZrO ₂ 0.2
		CO ₂ 0.2
		<u>100.2</u>

La comparaison des analyses montre que les deux minéraux ont une composition sensiblement analogue. Dans la brannerite de Château-Lambert une partie du titane peut être remplacée par du silicium, l'eau est de l'eau d'hydratation, fréquente dans les minéraux métamictes. Le fort pourcentage en plomb est normal, étant donné la coexistence du minéral avec une uraninite, elle-même très riche en plomb; les minéraux plombifères n'existant pas dans le gîte, on peut supposer raison-

nablement que la majeure partie du Pb de la brannerite est du plomb d'uranium. Le peu de matière à notre disposition ne nous a pas permis de déterminer le rapport UO_2/UO_3 .

La formule de la brannerite peut être la suivante :



Gisement.

La brannerite se trouve dans le quartz filonien blanc grisâtre à éclat gras, souvent recouvert d'un enduit brun de produits ferrugineux. Elle est accompagnée par de petits cristaux d'uraninite (cuboctaèdres de 2/10 de mm.) et par la molybdénite ; le minéral semble très rare dans le gîte et très localisé.

Il faut souligner la rareté des titanates d'uranium à faible teneur en éléments mineurs : brannerite, delorenzite, davidite.

BIBLIOGRAPHIE

- (1) J. M. AXELROD, F. S. GRIMALDI, C. MILTON, J. MURATA. — Uranium minerals of Hillside Mine, Yavapai Co. Arizona. *Am. Miner.*, t. 36, pl. 24, 1951.
- (2) HESS and WELLS. — Franklin Institute, J. 189-225, 1920.
- (3) A. SCHOEP. — *Les minéraux du gîte uranifère du Katanga*. A. M. C. B., 1930.
- (4) A. SCHOEP. — Note sur la parsonsite, nouveau minéral radioactif. *C. R.*, Paris, t. 176, 1923, p. 471.
- (5) C. FRONDELL. — Studies of Uranium minerals : Parsonsite et Randidite. *Am. Miner.*, t. 35, p. 245, 1950.
- (6) A. SCHOEP. — La renardite, nouveau minéral radioactif. *Bull. Soc. Franç. Minér.*, t. 51, p. 247, 1928.
- (7) R. NOVACEK. — Study on some secondary uranium minerals. *Vestnik Kral. Ces. Spol. Nank. Tr. II Roc.*, 1936.
- (8) STEINOCHEK, R. NOVACEK. — On β Uranotile. *Am. Miner.*, 1939, t. 24, p. 324.
- (9) A. F. HALLIMOND. — On bassetite and uranospathite, new species hitherto classed as autunite. *Min. Mag.*, p. 224, 1915.

- (10) MEIXNER. — Étude chimique, optique de la fluorescence des minéraux d'uranium. *Chimie der Erde*, 1939-40, 12, p. 433.
- (11) SCHOEP. — Sur l'ianthinite. *Ann. Soc. Géol. Bel.*, t. 49, 1925-26, p. 188.
- (12) SCHOEP et SCHOLZ. — Minéraux du gîte de Wolsendorf. *Soc. Géol. Belg. Bull.* 41, p. 71, 1931.
- (13) SCHOEP et STRADIOT. — Paraschoepite et epiianthinite. *Am. Miner.*, t. 32, p. 344, 1947.
- (14) C. FRONDELL. — Studies of uranium minerals : Phosphuranylite. *Am. Miner.*, t. 35, p. 756, 1950.

Légendes des planches.

PLANCHE I.

- FIG. 1. — Parsonsite. Gourniaud. Lachaux (Puy-de-Dôme) ($\times 25$).
- FIG. 2. — Renardite. La Faye. Grury (Saône-et-Loire) ($\times 25$).
- FIG. 3. — Renardite. La Faye. Grury (Saône-et-Loire) ($\times 16$).
- FIG. 4. — Kasolite. La Faye. Grury (Saône-et-Loire) ($\times 15$).
- FIG. 5. — Kasolite avec figures d'accroissement. La Faye. Grury (Saône-et-Loire) ($\times 25$).
- FIG. 6. — Bayleyite. Azgour. Maroc ($\times 25$).

PLANCHE II.

- FIG. 7. — Bassetite. La Crouzille (Haute-Vienne) ($\times 25$).
- FIG. 8. — Uranopilite. La Faye. Grury (Saône-et-Loire) ($\times 15$).
- FIG. 9. — α Uranotile et β Uranotile. Bigay. Lachaux (Puy-de-Dôme) (25).
- FIG. 10. — Ianthinite. Bigay. Lachaux (Puy-de-Dôme) ($\times 25$).
- FIG. 11 et 12. — Brannerite. Château-Lambert (Vosges) ($\times 15$).
-

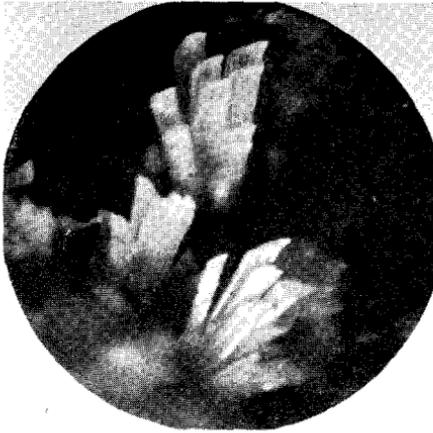


Fig. 1



Fig. 2

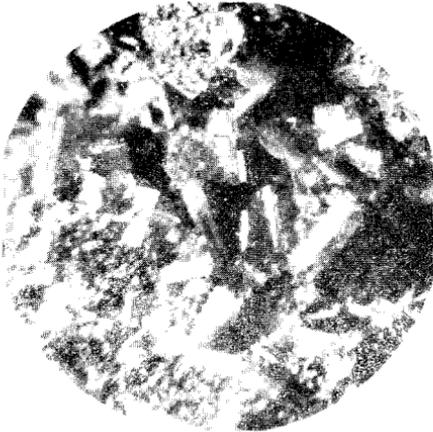


Fig. 3

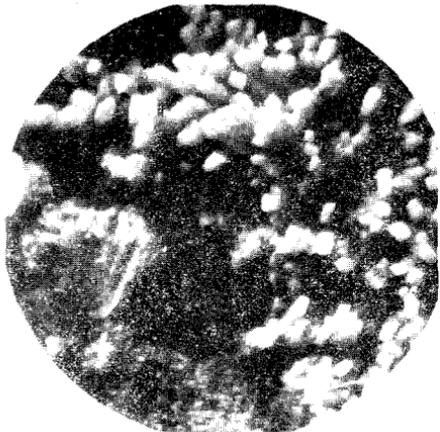


Fig. 4

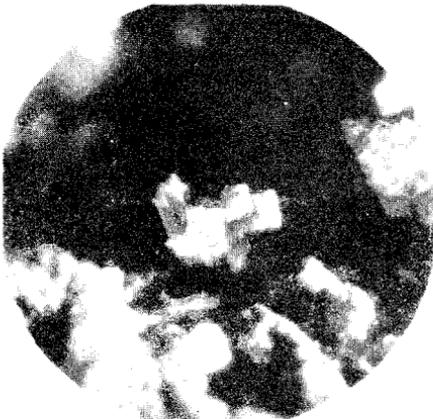


Fig. 5



Fig. 6

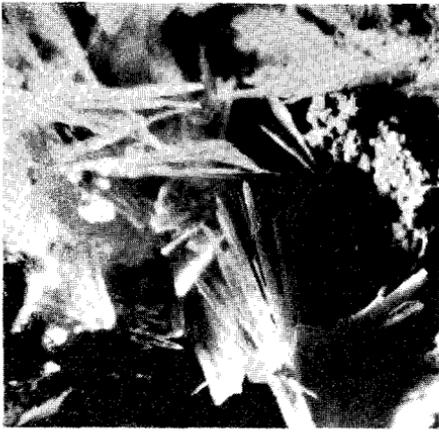


Fig. 7

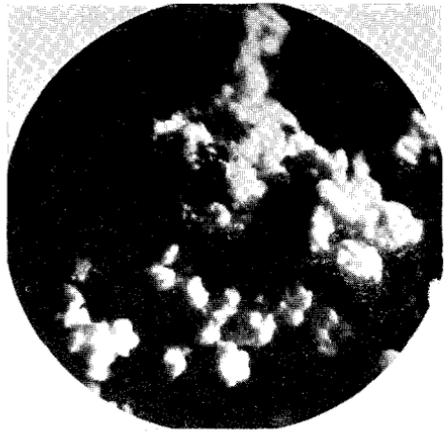


Fig. 8

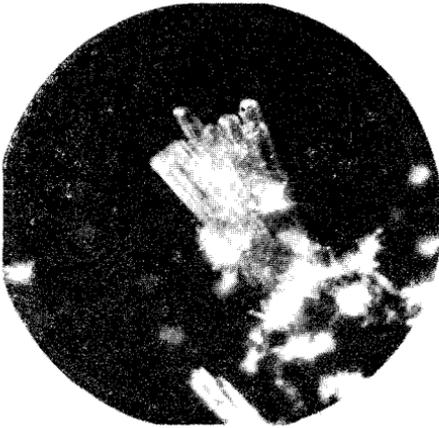


Fig. 9

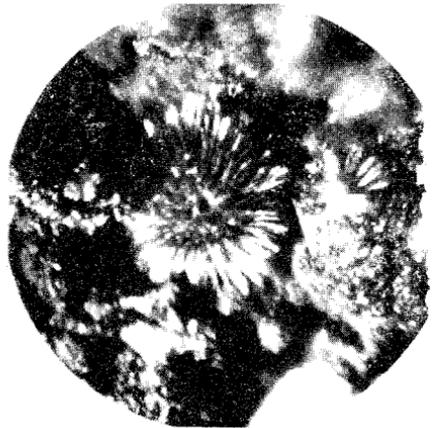


Fig. 10

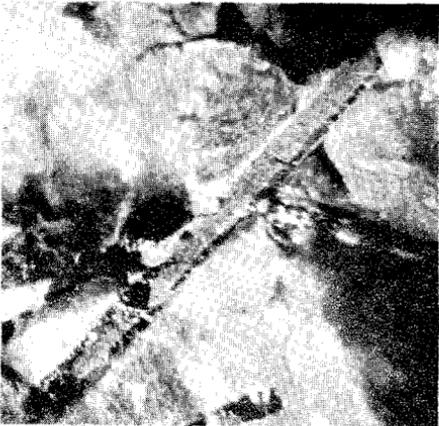


Fig. 11



Fig. 12