Zeitschrift: Archives des sciences et compte rendu des séances de la Société

Herausgeber: Société de Physique et d'Histoire Naturelle de Genève

Band: 48 (1995)

Heft: 3: Archives des Sciences

Artikel: Redéfinition de la lindackerite : sa formule chimique, ses données cristallographiques et optiques

Autor: Sarp, Halil / Dominik, Bogna

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-740258

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 14.12.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Archs Sci. Genève	Vol. 48	Fasc. 3	pp. 239-250	Décembre 1995

REDÉFINITION DE LA LINDACKERITE: SA FORMULE CHIMIQUE, SES DONNÉES CRISTALLOGRAPHIQUES ET OPTIQUES

PAR

Halil SARP* & Bogna DOMINIK*

(Ms soumis le 14.08.1995, accepté après révision le 13.11.1995)

ABSTRACT

Redefinition of the lindackerite: new chemical formula and new crystallographical, optical data. - Lindackerite, an inadequately described mineral, has been redefined (decision of the CNMMN 9 january 1995) and the correct data of the mineral are presented here.

Revised chemical formula is: $(Cu,Co)_5(AsO_4)_2(AsO_3{\cdot}OH)_2{\cdot}10H_2O$. It is the Cu equivalent of geigerite. The mineral is triclinic with a = 8.035(2), b = 10.368(4), c = 6.453(2)Å, α = 79,60(3), β = 84,83(3), γ = 86,17(3)°, space group P1 or P1, V = 525.9(2)Å^3 and Z = 1. The calculated density is 3.37 g/cm^3. The strongest lines in the X-ray diffraction pattern are: 10,2(100)(010); 8,02(70)(100); 5,158(30)(101); 4,001(40)(121)(200); 3,668(60)(121)(021)(210); 3,264(30)(201); 3,154(60)(211); 3,064(40)(220)(211)(112); 2,923(30)(022)($\bar{1}$31); 2,665(50)(300)(112)(122); 2,613(40)(212)(310).

Optically it is biaxial (+) with $2V_{meas.}$ = 74°, $2V_{calc.}$ = 72°, α = 1,632(2), β = 1,662(2), γ = 1,725(5) at 590 nm. Dispersion r<v is strong.

Optical orientation is $\beta \wedge a$ = 21,3° on {010}, $\beta \wedge a$ = 34,4°on {001}.

Key-words: Pradetite discredited, new data of the Lindackerite.

INTRODUCTION

En octobre 1991, nous avons envoyé, pour homologation à la commission internationale des nouveaux minéraux (CNMMN), l'étude d'un probable nouveau minéral provenant de la mine de Cap Garonne (Var, France). Ce minéral de formule chimique $(Cu,Co)_5(AsO_4)_2(AsO_3OH)_2{\cdot}10H_2O$ et de système cristallin triclinique est isotypique de la geigerite $Mn_5(AsO_4)_2(AsO_3OH)_2{\cdot}10H_2O$ décrite par GRAESER *et al.* (1989). La geigerite est elle-même isotypique de la chudobaite $(Mg,Zn)_5(AsO_4)_2(AsO_3{\cdot}OH)_2{\cdot}10H_2O$.

*Département de Minéralogie, Muséum d'Histoire naturelle, CP 6434, CH-1211 Genève 6.

En janvier 1992, la CNMMN a approuvé ce nouveau minéral sous le nom de pradetite en l'honneur de la commune de Pradet où se trouve la mine de Cap Garonne. Quelques mois plus tard, nous avons eu l'occasion d'étudier un minéral nommé lindackerite rencontré à la mine Elias (Joachimstal, République Tchèque). Cette espèce a été décrite par VOGL (1853) qui lui a attribué la formule $Cu_6Ni_3(AsO_4)_4(SO_4)(OH)_4{\cdot}5H_2O$ à partir des analyses réalisées par le chimiste autrichien Joseph Lindacker. Le nom de lindackerite avait été donné par Haidinger (1893) dans une note de rédaction en se fondant sur la description de VOGL (1853). En 1921, Larsen étudia les propriétés optiques de cette dernière. PALACHE *et al.* (1951) (in Dana's system of mineralogy, 7e édition) proposent le système monoclinique au lieu du système orthorhombique initialement publié et ils concluent que le statut de l'espèce est à confirmer par d'autres études. En 1956 Guillemin réalise l'étude radiocristallographique de la lindackerite; il obtient une maille monoclinique et une formule chimique: $H_2(Cu,Co,Ni)_5(AsO_4)_4{\cdot}8\text{-}9H_2O$.

Le minéral que nous avons étudié sous le nom de lindackerite était l'échantillon original (n° 106.611, Muséum d'Histoire naturelle de Paris) qui avait servi à l'étude de GUILLEMIN (1956); c'est donc la lindackerite type. Notre étude terminée, nous avons constaté que nos résultats cristallographiques, chimiques et optiques étaient entièrement identiques à ceux de pradetite que la CNMMN avait approuvée quelques mois auparavant et qu'ils ne correspondaient en aucun cas aux données de la lindackerite étudiée par GUILLEMIN (1956). En avril 1992, nous nous sommes donc adressés à la CNMMN en présentant les données de la pradetite, les données que nous avons obtenues sur la lindackerite type et les données de GUILLEMIN (1956) sur cette dernière. Le contenu de ce rapport prouvait que l'étude de Guillemin (seules études sérieuses existant sur ce sujet dans les rubriques scientifiques) n'était pas correcte; et c'est à cause de cela que la CNMMN a approuvé le minéral de la mine de Cap Garonne avec le nom de pradetite. Nous avons alors demandé la discréditation du nom de lindackerite. En mai 1992, nous avons également fait part de ce problème à M. Guillemin qui nous a répondu en juin 1992 qu'il n'était pas responsable de l'étude cristallographique du minéral, effectuée par M. Reira. A partir de cette date et jusqu'en octobre 1994, il y a eu 20 échanges de correspondance avec la CNMMN. Discuter de leur contenu dans cette publication nous amènerait trop loin. Finalement, la CNMMN nous a demandé de publier le nouveau minéral pradetite en nous indiquant que nous avions dépassé le délai de deux ans. Cela nous a étonné. En novembre 1994, nous avons dû rappeler à la CNMMN que nous avions demandé la discréditation du nom de lindackerite et que nous attendions la décision avant de publier la pradetite. En très peu de temps, en janvier 1995, nous avons reçu la décision de la CNMMN. En voici le résumé: "Le nom de lindackerite est un nom historique; comme la pradetite n'a pas encore été publiée et que l'auteur est capable de renommer un autre minéral avec le nom de pradetite, il devrait effectuer sa publication avec le titre: redéfinition de la lindackerite."

Nous respectons cette décision et cette philosophie. Dans cette note, nous redéfinissons donc la lindackerite.

Propriétés physiques et optiques

Le minéral de Cap Garonne (pradetite) se présente sous deux habitus: l'un en agrégats fibreux formés de cristaux individuels très allongés (0,3 mm x 0,05 mm x 0,15 mm); l'autre en grains hypidiomorphes équidimensionels (~ 0,2 mm). Les formes observées sont {010} et {001}; le clivage {010} est parfait (fig. 1). Ces cristaux sont associés avec olivenite, chalcanthite, antlérite, covelline et tennantite sur un gangue de quartz. Leur couleur est verte, vert clair à cendre; ils sont transparents et ont un éclat vitreux. Leur poussière est blanche et possèdent une fracture conchoïdale. Ils sont cassants. Nous n'avons pas observé de macle. La dureté n'a pas pu être mesurée. Ils sont solubles dans HCl et non fluorescents aux U.V. Le minéral est optiquement biaxe (+) avec $2V_{mes.}$ = 75(4)°, $2V_{calc.}$= 72° avec α = 1,634(2), β = 1,662(2), γ = 1,720(5) à 590 nm. La dispersion est forte avec r<v. L'orientation optique est: $\beta \wedge a$ = 20,5° sur {010}, $\beta \wedge a$ = 35° sur {001} (fig. 2). Le pléochroïsme est faible avec γ = vert clair, α et β incolore. La

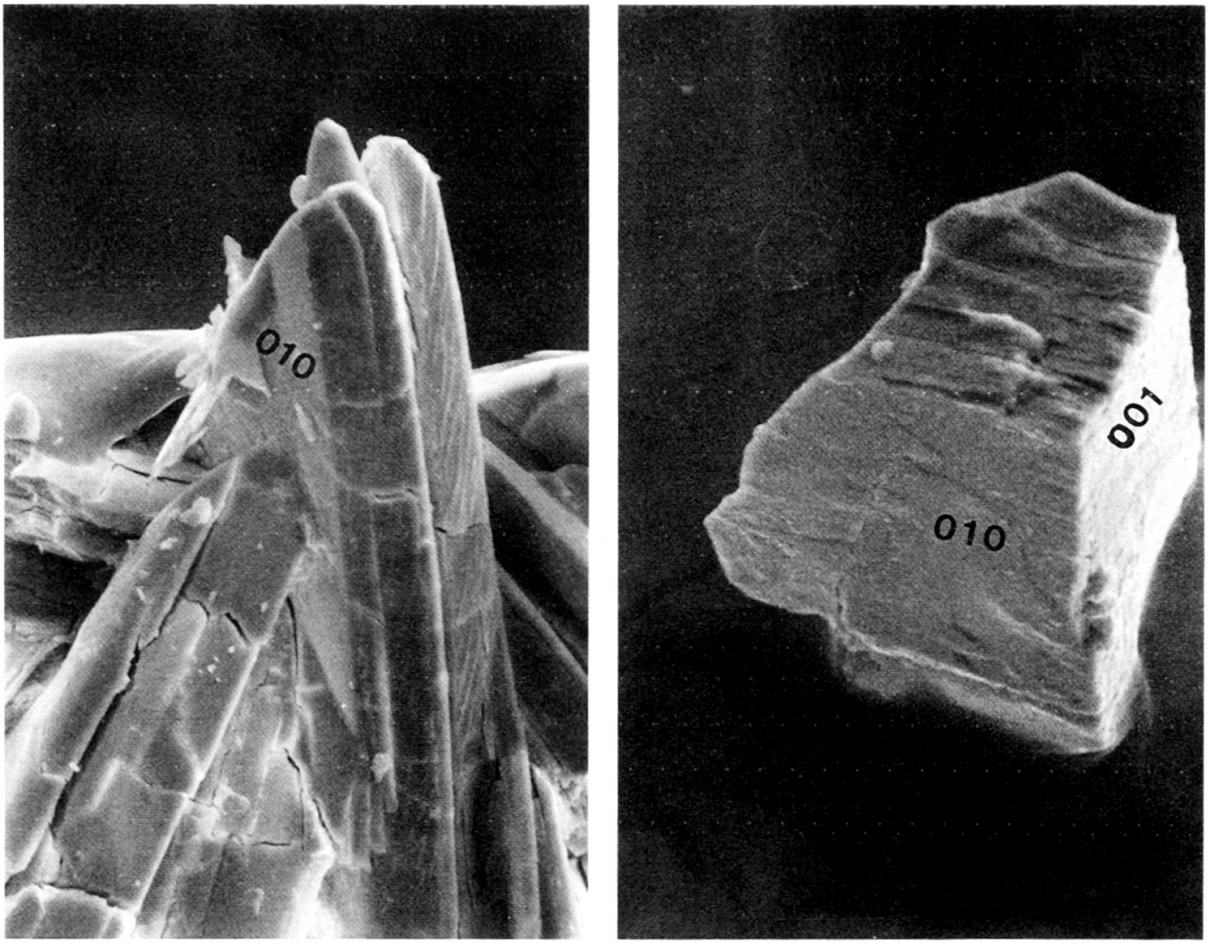

FIG. 1.

Deux habitus du minéral de Cap Garonne. A gauche, agrégats de cristaux allongés; à droite, un cristal hypidiomorphe équidimensionel. 700x. (Photographies prises par le Dr Jean Wüest, avec le microscope à balayage du Muséum d'Histoire naturelle de Genève.)

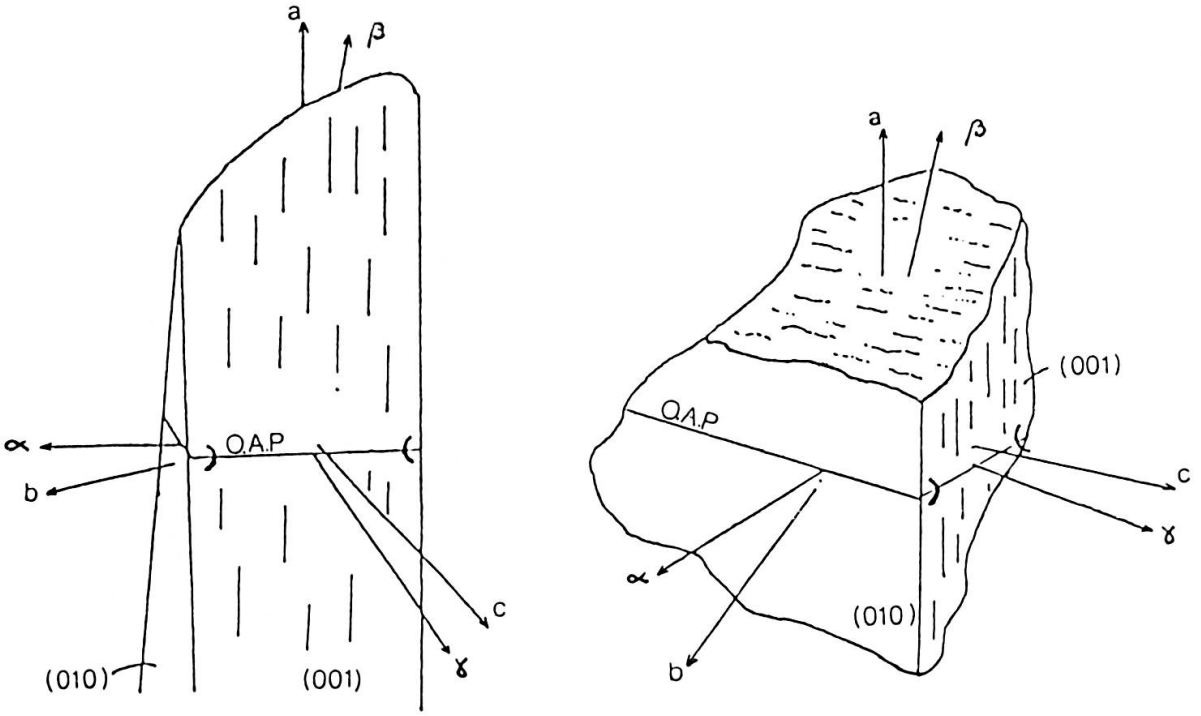

FIG. 2.

L'orientation optique du minéral de Cap Garonne sur ses deux habitus.

densité mesurée avec les liqueurs denses, est de 3,33(1) g/cm^3. La densité calculée est égale à 3.31(1) g/cm^3. Le calcul de la relation de Gladstone-Dale en utilisant les constantes de MANDARINO (1981) donne une compatibilité excellente avec 1–Kp/Kc = –0 021.

La lindackerite type de GUILLEMIN (1956) que nous avons étudiée forme des empilements ou agrégats (0.7 mm) de cristaux. Ces derniers sont formés par des cristaux très aplatis (0,03 mm d'épaisseur, 0,3 mm de longueur) sur l'axe b ou par des cristaux massifs d'égales dimensions (fig. 3). Les formes observées sont {010}, {001} et {101}. Le clivage {010} est parfait. Ces cristaux sont associés avec annabergite, érythrite, lavendulan et gypse. De couleur vert pomme, ils sont transparents et possèdent un éclat vitreux et ont une poussière blanche. Ils sont cassants avec une fracture conchoïdale. La dureté n'a pas pu être déterminée. Ils sont solubles dans HCl et non fluorescents aux U.V. Le minéral est optiquement biaxe (+) avec $2V_{mes.}$ = 74(5)°, $2V_{calc.}$ = 72(3)° avec α = 1,632(2), β = 1,662(2), γ = 1,725(5) à 590 nm. La dispersion est forte avec r<v. L'orientation optique est: $\beta \wedge a$ = 21,3°sur {010}, $\beta \wedge a$ = 34,4° sur {001} (fig. 4). Le pléochroïsme est faible avec γ = vert clair, α et β = incolore. La densité mesurée avec les liqueurs denses est de 3,35(2) g/cm^3. La densité calculée est égale à 3,37(1) g/cm^3. Le calcul de la relation de Gladstone-Dale en utilisant les constantes de MANDARINO (1981) donne une compatibilité excellente avec 1–Kp/Kc = –0,020. La lindackerite étudiée est rarement maclée par contact sur {010}.

Le tableau 1 résume et compare les propriétés optiques du minéral de Cap Garonne et de la lindackerite type de cette étude avec celles de la lindackerite type étudiée par GUILLEMIN (1956). Il est intéressant de noter que les indices de réfraction obtenus par Guillemin sont corrects mais l'orientation optique est erronée.

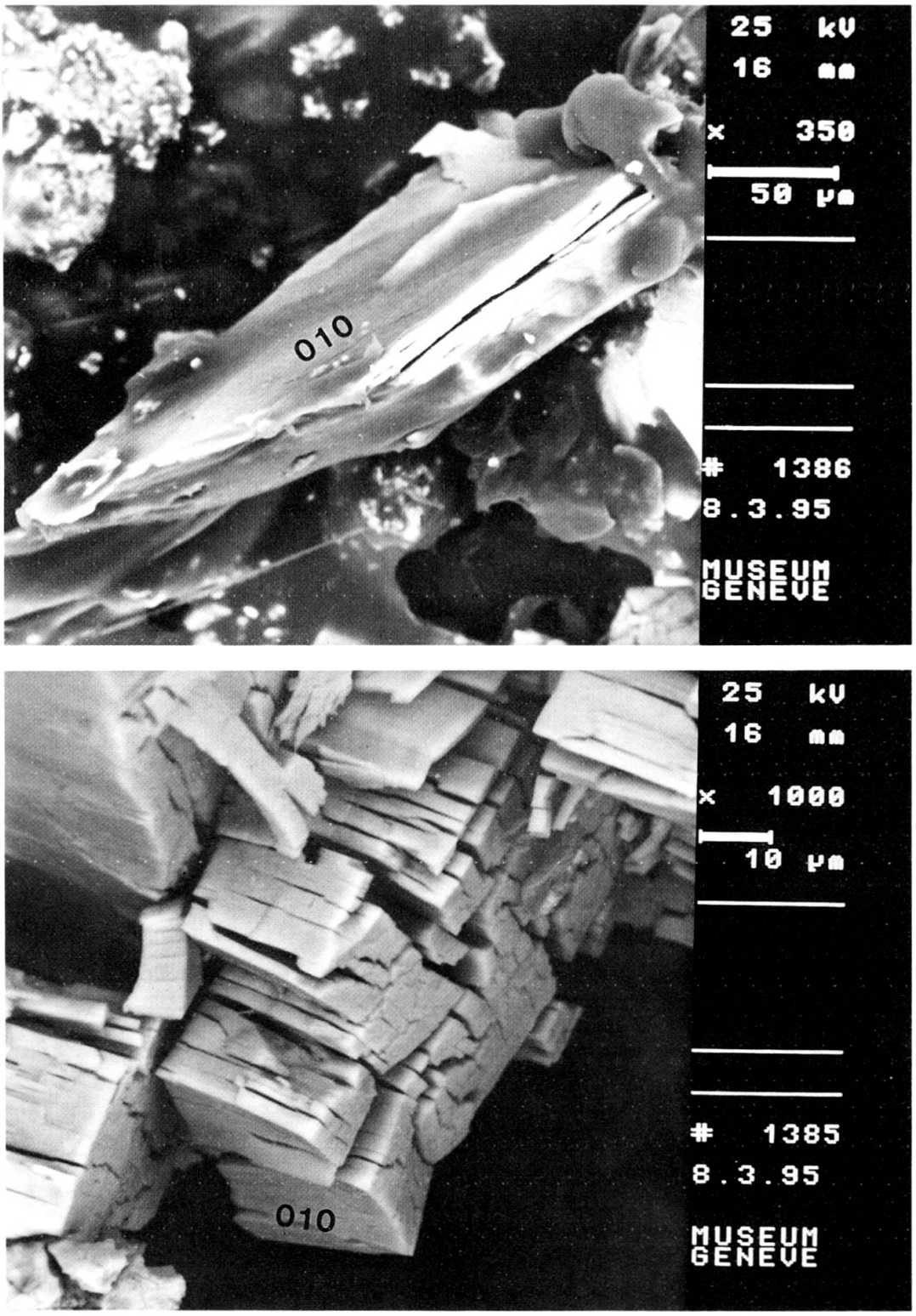

FIG. 3.

Deux habitus de la lindackerite type. En haut, un cristal allongé et aplati sur l'axe b; en bas des cristaux massifs d'égales dimensions. (Photographies prises par le Dr Jean Wüest, avec le microscope à balayage du Muséum d'Histoire naturelle de Genève.)

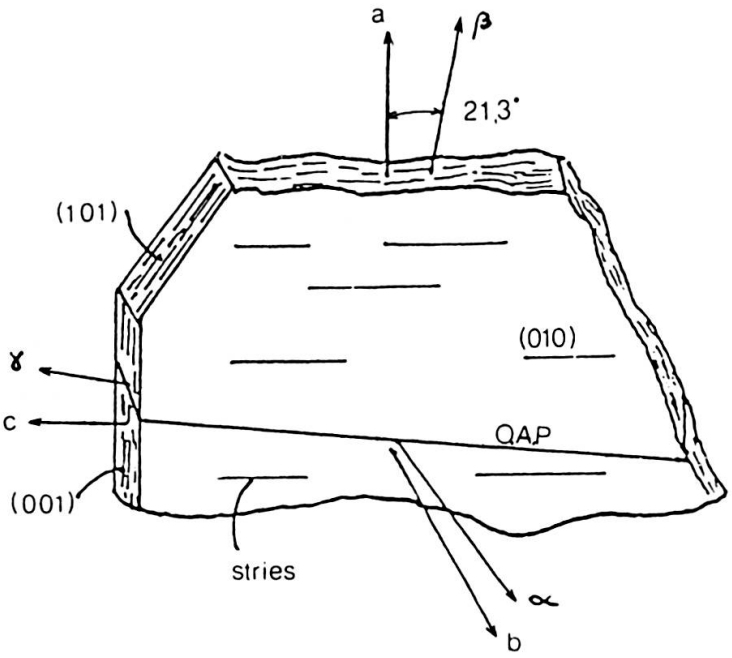

FIG. 4.

L'orientation optique de la lindackerite type.

Composition chimique

La composition chimique a été déterminée à l'aide d'une microsonde électronique Cameca SX 50. Les investigations qualitatives ont révélé la présence de Cu, As, Co pour le minéral de Cap Garonne et un petit peu de Ni en plus pour la lindackerite type de Guillemin. Les conditions expérimentales suivantes ont été utilisées pour l'analyse quantitative du minéral de Cap Garonne: tension accélératrice 15 kV, courant de sonde 5,5 nA, diamètre du faisceau 6 µ. Pour la lindackerite type, ces conditions étaient 20 kV, 5,6 nA et 10 µ respectivement. Les standards utilisés ont été GaAs, Cu pur, Co et Ni purs.

Comme le minéral est détruit sous la sonde, les analyses ont été effectuées en déplaçant l'échantillon; cette technique diminue au minimum la destruction du minéral. Le tableau 2 rassemble les résultats obtenus avec le minéral de Cap Garonne, la lindackerite type de cette étude et l'analyse chimique effectuée par GUILLEMIN (1956) sur la lindackerite type.

La formule empirique calculée du minéral de Cap Garonne sur la base de 26 oxygènes comme dans le cas de la geigerite qui est son isotype est:

$(Cu_{4,36}Co_{0,47})_{\Sigma 4,83}As_{4,06}H_{22,03}O_{26}$ ou

$(Cu.Co)_{4,83}(AsO_4)_{2,03}[(AsO_3)_{2,03}(OH)_{1,55}]\cdot 10,2H_2O$.

Cela donne idéalement

$(Cu\cdot Co)_5(AsO_4)_2(AsO_3\cdot OH)_2\cdot 10H_2O$.

La formule empirique calculée de la lindackerite type de cette étude, sur la base de 26 oxygènes comme dans le cas du minéral de Cap Garonne, est:

$(Cu_{4,90}.Co_{0,18}.Ni_{0,07})_{\Sigma 5,15}As_{4,05}H_{21,42}O_{26}$ ou
$(Cu.Co)_{5,15}(AsO_4)_{2,02}[(AsO_3)_{2,03}.(OH)_{2,21}]\cdot 9,61H_2O$.
Idéalement la formule devient
$(Cu.Co)_5(AsO_4)_2(AsO_3\cdot OH)_2\cdot 10H_2O$. La formule donnée par GUILLEMIN (1956) de la lindackerite type est $H_2(Cu.Co.Ni)_5(AsO_4)_4\cdot 8\text{-}9H_2O$. Cette dernière figure sur la carte de J.C.P.D.S 11-166 comme $Cu_5As_4O_{15}\cdot 9H_2O$.

Données radiocristallographiques

Les diagrammes de poudre du minéral de Cap Garonne et de la lindackerite type ont été effectués avec une caméra de Gandolfi (114,6 mm de diamètre, radiation CuKα). Ces deux diagrammes sont totalement identiques et possèdent une quarantaine de raies de diffraction. Mais ils diffèrent du diagramme de poudre de la lindackerite type donné par GUILLEMIN (1956) et donc du fichier J.C.P.D.S. 11-166 où n'existent que 11 raies de diffraction. L'étude d'un monocristal a été effectuée au moyen d'une caméra de précession. Une maille triclinique a ainsi été obtenue pour le minéral de Cap Garonne dont les dimensions ont été affinées par la méthode des moindres carrés à partir du diagramme de poudre. Ainsi a = 8,033(9), b = 10,374(7), C = 6,446(5)Å, α = 79,62(13)°, β = 84,95(13)°, γ = 86,21(14)°, V = 525,6(1)A^3. Le groupe d'espace est P1 ou $P\bar{1}$. Le rapport a:b:c calculé à partir de la dimension de la maille élémentaire est: 0,7743:1:0,6214. Avec Z = 1 et la formule chimique, la densité calculée $d_{calc.}$ vaut 3,31(1) g/cm^3.

Pour la lindackerite type que nous avons étudiée avec la caméra de précession, nous avons également obtenu une maille triclinique avec a = 8,035(2), b = 10,368(4), c = 5,453(2)Å, α = 79,60(3)°, β = 84,83(3)°, γ = 86,17(3)°, V = 525,9Å^3. Ces dimensions ont été affinées par la méthode des moindres carrés à partir du diagramme de poudre. Le groupe d'espace est donc P1 ou $P\bar{1}$. Le rapport a:b:c calculé à partir de la dimension de la maille élémentaire est 0,7750:1: 0,6224. Avec Z = 1 et la formule chimique, la densité calculée $d_{calc.}$ vaut 3,37(1) g/cm^3.

Pour cette lindackerite type, GUILLEMIN (1956) a trouvé une maille monoclinique au rétigraphe avec a = 3,95, b = 8,02, c = 6,277A, β = 100.3° et V = 195,6Å^3. Avec Z = 0,94-0,96, la densité calculée étant 3,39-3,46 g/cm^3. Signalons qu'avec cette maille, il est impossible d'indexer le diagramme de poudre obtenu par Guillemin de même que les diagrammes de poudre du minéral de Cap Garonne et celui de la lindackerite type que nous avons étudiée. Nous pensons que cette maille incorrecte obtenue par Guillemin est due à une erreur d'orientation du minéral. Dans le tableau 3, nous résumons, pour comparaison, ces données radiocristallographiques; dans le tableau 4, la comparaison porte sur les diagrammes de poudre.

CONCLUSION

Cette étude démontre que les données de GUILLEMIN (1956) sur la lindackerite type n'étaient pas correctes; en aucun cas la CNMMN ne pouvait comparer les données optiques, chimiques et radiocristallographiques du minéral de Cap Garonne (pradetite)

avec celles de la lindackerite type de Guillemin. C'est pour cette raison que la CNMMN a approuvé le minéral de Cap Garonne avec le nom de pradetite. Puis, un peu plus tard, nous avons étudié la lindackerite type de Guillemin dont les données que nous avons obtenues étaient identiques à celle de la pradetite que la CNMMN avait approuvée auparavant. Immédiatement, avant de publier ces résultats sur la pradetite, nous nous sommes adressés à la CNMMN pour demander que le nom de lindackerite soit discrédité. Le procédure a été assez longue et la plupart des membres de la CNMMN a voté contre la discréditation du nom de lindackerite. Ces membres se sont fondés sur les faits suivants:

1. L'auteur n'a pas encore publié la pradetite;
2. le nom de lindackerite est un nom "historique";
3. l'auteur a démontré l'identité de la pradetite et de la lindackerite (qui n'avait pas été définie clairement) et qu'il est capable de donner le nom de pradetite à un autre nouveau minéral.

En conclusion, les données de la pradetite et celle de la lindackerite type de cette étude remplacent les données erronées de la lindackerite type de GUILLEMIN (1956) (décision de la CNMMN, 1995). Signalons également que nous venons de retrouver ce minéral à la mine de Salsigne (près de Carcassonne, département de l'Aude, France), sous forme de parfaits cristaux prismatiques (fig. 5), pendant l'étude d'un nouveau minéral qui est actuellement à la CNMMN pour l'homologation.

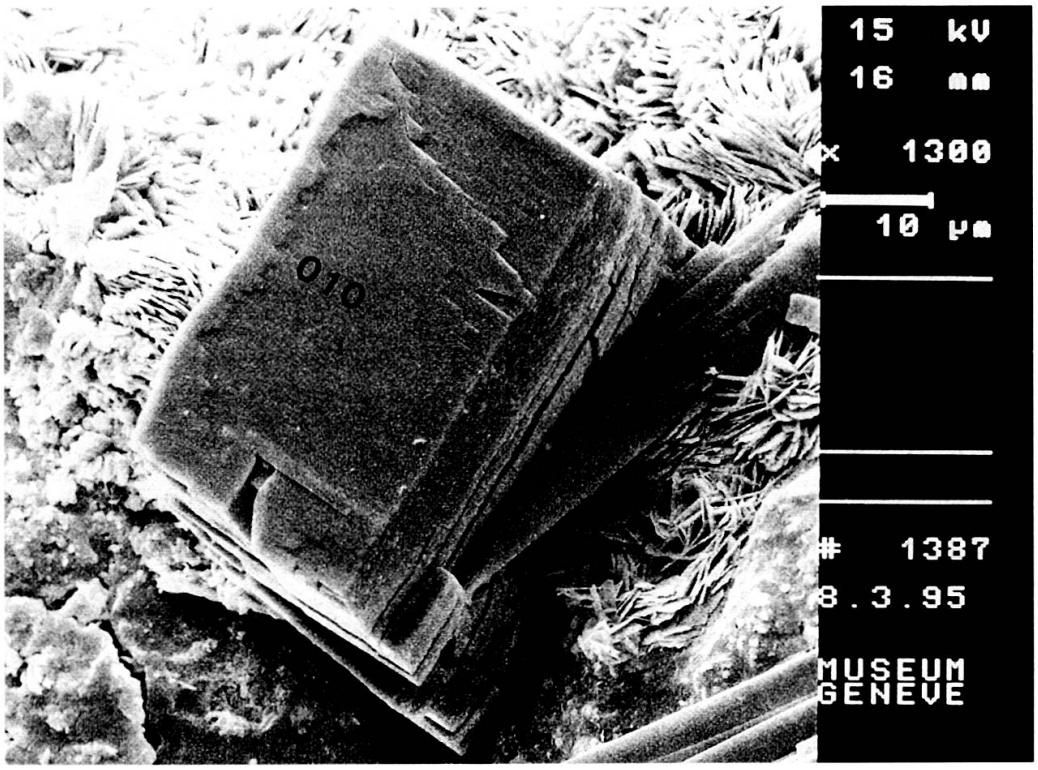

FIG. 5.

Un cristal parfait de lindackerite de la mine de Salsigne. (Photographie prise par le Dr Jean Wüest, avec le microscope à balayage du Muséum d'Histoire naturelle de Genève.)

REMERCIEMENTS

Nous remercions Monsieur le Professeur H. Schubnel du Muséum d'Histoire naturelle de Paris qui nous a aimablement fourni la lindackerite type qui avait été étudiée par Guillemin. Nous remercions également Messieurs C. Gilles et M.J. Breton du laboratoire de microsonde du B.R.G.M. (Orléans) qui ont effectué les analyses chimiques.

RÉSUMÉ

La lindackerite qui n'avait pas été définie clairement a été redéfinie (décision de CNMMN du 9 janvier 1995). Les données correctes de ce minéral sont présentées ci-dessous.

La formule chimique révisée est: $(Cu,Co)_5(AsO_4)_2(AsO_3{\cdot}OH)_2{\cdot}10H_2O$. Il s'agit de l'équivalent cuprifère de la geigerite. Le minéral est triclinique avec a = 8,035(2), b = 10,368(4), c = 6,453(2) Å, α = 79,60(3), β = 84,83(3), γ = 86,17(3)°, groupe d'espace P1 ou P$\bar{1}$, V = 525,9(2)Å^3 et Z = 1. La densité calculée est de 3.37 g/cm^3. Les raies de diffraction les plus fortes sont:
10,2(100)(010); 8,02(70)(100); 5,158(30)(101); 4,001(40)(121)(200);
3,668(60)($\bar{1}$21)(0$\bar{2}$1)($\bar{2}$10); 3,264(30)($\bar{2}$01); 3,154(60)($\bar{2}$11); 3,064(40)($\bar{2}$20)($\bar{2}$11)(112);
2,923(30)(022)($\bar{1}$31); 2,665(50)(300)($\bar{1}$12)($\bar{1}$22); 2,613(40)(212)(310).

Optiquement la lindackerite est biaxe (+) avec $2V_{mes.}$ = 74°, $2V_{calc.}$ = 72°, α = 1,632(2), β = 1,662(2), γ = 1,725(5) à 590 nm. La dispersion est forte r<v. L'orientation optique est: $\beta\wedge a$ = 21,3° sur {010}, $\beta\wedge a$ = 34,4 °sur {001}.

Mots-clés: Pradetite discrédité, nouvelles données de la Lindackerite.

TABLEAU 1: Comparaison des propriétés optiques

	Minéral de Cap Garonne (cette étude)	Lindackerite type (cette étude)	Lindackerite type (Guillemin 1956)
α	1,634(2)	1,632(2)	1,627
β	1,662(2)	1,662(2)	1,659
γ	1,720(5)	1,725(5)	1,729
Biaxe	+	+	+
$2V_{mes.}$	75°	74°	68°
$2V_{calc.}$	72°	72°	
dispersion	r<v forte	r<v forte	
pléochroïsme	γ = vert clair $\alpha = \beta$ = incolore	γ = vert clair $\alpha = \beta$ = incolore	
orientation optique	$\beta\wedge a$ = 20,5° sur {010} $\beta\wedge a$ = 35° sur {001}	$\beta\wedge a$ = 21,3° sur {010} $\beta\wedge a$ = 34,4° sur {001}	Θ = 20° α = 14°

TABLEAU 2: Analyses chimiques

	Minéral de Cap Garonne (cette étude)		Lindackerite type (cette étude)		Lindackerite type (GUILLEMIN 1956)
	(1)	(2)	(3)	(4)	
CuO	33,04	32,75–33,47	36,47	35,23–38,80	34,5
As_2O_5	44,64	43,45–45,80	43,71	41,67–44,80	44,4
CoO	3,39	3,02– 4,05	1,24	1,0 – 1,83	2,3
NiO	–	– –	0,50	0,28– 0,94	1,5
FeO	–	– –	–	– –	0,2
H_2O	18,93*		18,08*		16,9

(1) Moyenne; (2) % extrêmes; (3) Moyenne; (4) % extrêmes; * par différence.

TABLEAU 3: Comparaison des données radiocristallographiques

	Minéral de Cap Garonne (cette étude)	Type Lindackerite (cette étude)	Type Lindackerite (GUILLEMIN 1956)
Système	Triclinique	Triclinique	Monoclinique
Groupe d'espace	P1 ou $P\bar{1}$	P1 ou $P\bar{1}$	–
a	8,033(9)	8,035(2)	3,95
b	10,374(7)	10,368(4)	8,02
c	6,446(5)Å	6,453(2)Å	6,277Å
α	79,62(13)	79,60(3)	–
β	84,95(13)	84,83(3)	100,3°
γ	86,21(14)°	86,17(3)°	–
V	525,6(1)$Å^3$	525,9(2)$Å^3$	–
Z	1	1	0,94-0,96
$d_{calc.}$	3,31(1) g/cm^3	3,37(1) g/cm^3	3,39–3,46 g/cm^3
$d_{mes.}$	3,33(1) g/cm^3	3,35(2) g/cm^3	3,27 g/cm^3

TABLEAU 4: Comparaison des diagrammes de poudre

Minéral de Cap Garonne (Pradétite)				Lindackérite type (cette étude)				Lindackérite type (Guillemin 1956)		
hkl	dcalc.	dobs	Ivis	hkl	dcalc	dobs	Ivis	hkl	d	Ivis
010	10,191	10,2	100	010	10,185	10,2	100		10,2	100
100	7,991	8,01	60	100	7,992	8,02	70			
$\bar{1}10$	6,137	6,138	15	$\bar{1}10$	6,135	6,138	20		5,90	40
011	5,851	5,853	5	011	5,855	5,854	5			
101	5,156	5,151	30	101	5,164	5,158	30		4,98	10
$0\bar{1}1$	4,994	4,997	5	$0\bar{1}1$	4,995	4,995	5			
$\bar{1}01$	4,781	4,792	10	$\bar{1}01$	4,779	4,781	10			
$\bar{1}11$	4,509	4,507	10	$\bar{1}11$	4,506	4,508	10		4,52	10
120	4,400	4,397	<5	120	4,399	4,399	<5			
$\bar{1}20$	4,200	4,198	5	$\bar{1}20$	4,197	4,199	10			
200	3,996	4,001	50	121	3,996	4,001	40			
121	3,993			200	3,996				3,95	60
210	3,786	3,790	<5	210	3,787	3,787	5			
$\bar{1}21$	3,679	3,667	60	$\bar{1}21$	3,676	3,668	60			
$0\bar{2}1$	3,665			$0\bar{2}1$	3,665					
$\bar{2}10$	3,657			$\bar{2}10$	3,656					

201	3,502	3,504	5	201	3,506	3,503	<5		
030	3,397	3,404	35	030	3,395	3,399	25		
$\bar{1}\bar{2}1$	3,321	3,324	5	$\bar{1}\bar{2}1$	3,320	3,323	<5		
$\bar{2}01$	3,265	3,258	30	$\bar{2}01$	3,264	3,264	30	3,19	80
$\bar{2}11$	3,154	3,151	50	$\bar{2}11$	3,152	3,154	60		
$\bar{2}20$	3,069			$\bar{2}20$	3,067				
$\bar{2}11$	3,066	3,063	50	$\bar{2}11$	3,065	3,064	40	3,08	60
112	3,056			112	3,060				
022	2,926			022	2,927				
		2,923	25			2,923	30		
$\bar{1}31$	2,913			$\bar{1}31$	2,911			2,95	40
$\bar{1}02$	2,864			$\bar{1}02$	2,864				
		2,865	25			2,864	25		
$\bar{1}12$	2,864			$\bar{1}12$	2,864			2,86	40
$\bar{2}21$	2,812	2,810	<5	$\bar{2}21$	2,810	2,811	<5		
$\bar{3}00$	2,664			$\bar{3}00$	2,664				
$\bar{1}22$	2,662	2,674	40	$\bar{1}12$	2,662	2,665	50	2,67	40
$\bar{1}\bar{1}2$	2,662			$\bar{1}22$	2,661				
230	2,656			230	2,656				
		2,653	5			2,652	5		
$\bar{1}31$	2,645			$\bar{1}31$	2,644				
212	2,611			212	2,615				
		2,615	35			2,613	40		
310	2,610			310	2,611				
032	2,548			032	2,548				
040	2,548	2,544	10	040	2,546	2,545	15		
$\bar{3}10$	2,545			$\bar{3}10$	2,545				
$\bar{0}22$	2,497	2,493	10	$\bar{0}22$	2,498	2,496	15		
$\bar{2}31$	2,413			$\bar{2}31$	2,412				
		2,418	<5			2,413	<5		
$\bar{3}20$	2,412			$\bar{3}20$	2,412				
$\bar{3}01$	2,389			$\bar{3}01$	2,388				
$\bar{3}\bar{1}1$	2,386	2,387	15	$\bar{3}\bar{1}1$	2,388	2,387	20		
$\bar{2}12$	2,382			$\bar{2}12$	2,381				
$\bar{2}\bar{1}2$	2,276	2,271	5	$\bar{2}\bar{1}2$	2,276	2,274	10		
$\bar{2}41$	2,216	2,215	5	$\bar{2}41$	2,216	2,217	5		
$\bar{1}32$	2,073			$\bar{1}32$	2,073				
		2,067	5			2,067	5		
$\bar{1}23$	2,063			$\bar{1}23$	2,065				
$\bar{3}30$	2,046			$\bar{3}30$	2,045				
		2,039	5			2,041	5		
050	2,038			050	2,037				
213	1,960			213	1,963				
		1,957	10			1,957	10		
$\bar{3}12$	1,954			$\bar{3}12$	1,953				
223	1,924			223	1,927				
		1,922	<5			1,921	<5		
$\bar{3}31$	1,921			$\bar{3}31$	1,921				
$\bar{1}\bar{1}3$	1,908			$\bar{1}\bar{1}3$	1,908				
		1,903	<5			1,905	<5		
$\bar{3}12$	1,903			$\bar{3}12$	1,902				
$\bar{4}11$	1,878			$\bar{4}11$	1,879				
		1,874	<5			1,876	<5		
$\bar{3}22$	1,877			$\bar{3}22$	1,876				
								1,58	40

BIBLIOGRAPHIE

GRAESER S., SCHWANDER H., BIANCHI R., PILATI T. & GRAMACCIOLI M.C. (1989). Geigerite the Mn analogue of chudobaite: its description and crystal structure. *American Miner.* 74, 676–684.

GUILLEMIN C. (1956). Contribution à la minéralogie des arséniates, phosphates et vanadates de cuivre. *Bull. Soc. Fr. Miner. Crist.* 79, 7–153.

MANDARINO J.A. (1981). The Gladstone-Dale relationship: part IV. The compatibility concept and its application. *Can. Miner.* 19, 441–450.

PALACHE, BERMAN & FRONDEL (1951). *Dana's system of Mineralogy.* Seventh edition. Vol. II, p. 1007.

VOGL (1853). *Jb.Geol. Reichaust.* 4, 552.