

L'henritermiérite, une nouvelle espèce minérale

PAR C. GAUDEFROY,

Service d'études des gîtes minéraux, Division de la géologie du Maroc, Rabat,

M. ORLIAC ET F. PERMINGEAT,

Laboratoire de minéralogie et cristallographie, Faculté des sciences de Toulouse, associé au C. N. R. S.

ET A. PARFENOFF,

Centre scientifique et technique du Bureau de recherches géologiques et minières, Orléans.

Résumé. — L'henritermiérite est quadratique, I_{41}/acd , $a = 12,39$, $c = 11,91 \pm 0,01$ Å, $Z = 8$. Principales raies du diagramme de poudre (lequel est indicé) : 4,37 F, 3,09 F, 2,98 F, 2,75 FFF, 2,516 FF. Grains brun giroflée de quelques dixièmes de mm à éclat vitreux, constamment maclés suivant (101) avec 4 secteurs. Pas de clivage, cassure conchoïdale $d_{mes.} = 3,34$, $d_{calc.} = 3,40$. Uniaxe ou anormalement biaxe + avec 2 V faible. Biréfringence et extinctions irrégulières. $n_o = 1,765$ (jaune pâle) $n_e = 1,800 \pm 0,005$ (jaune citron). Des essais chimiques, spectrographiques et à la microsonde, et une analyse chimique sur 1 g soigneusement trié conduisent à la formule : $Ca_3(Mn_{1,5}, Al_{0,5})[(SiO_4)_2/(OH)_4]$ qui est du type de celle des hydrogrenats. Les analyses thermiques différentielles et thermopondérales situent le début de la décomposition vers 500°. Trouvée dans le gîte de manganèse de Tachgagalt (Anti-Atlas, Maroc), associée à la marokite, la hausmannite et la calcite. Dédiée au professeur Henri Termier.

Abstract. — The new mineral henritermierite is tetragonal, I_{41}/acd , $a = 12,39$, $c = 11,91 \pm 0,01$ Å, $Z = 8$. The strongest X-ray lines are (powder diagram indexed) : 4.37 (s), 3.09 (s), 2.98 (s), 2.75 (vvs), 2.516 (vs). It occurs in clove or apricot-brown grains, some tenths of a mm ; vitreous luster ; commonly twinned on (101) giving 4 sectors ; no cleavage, fracture conchoidal. $d_{mes.} = 3,34$, $d_{calc.} = 3,40$. Uniaxial or abnormally biaxial (+) with 2 V small. Irregular birefringence and extinctions $n_o = 1,765$ (very pale yellow) $n_e = 1,800 \pm 0,005$ (lemon yellow). Chemical, spectrographic and microprobe tests, and a chemical analysis on 1 g of carefully selected material gave the formula $Ca_3(Mn_{1,5}, Al_{0,5})[(SiO_4)_2/(OH)_4]$, which is of hydrogarnet type. Differential thermal and thermogravimetric analysis show that decomposition begins at about 500° C. Occurrence in the manganese deposit of Tachgagalt (Anti-Atlas, Morocco), associated with marokite, hausmanite and calcite. Name in honour of professeur Henri Termier.

I. — HISTORIQUE ET ÉTYMOLOGIE.

Le minéral a été observé pour la première fois en 1962 dans des échantillons du minerai de manganèse de Tachgagalt (Anti-Atlas, Maroc), au cours de l'étude des minéraux spéciaux qu'il renferme : marokite, gaudefroyite, jouravskite, despujolsite.

Nous proposons de le désigner sous le nom de *henritermiérite* (prononcer (cf. M. H. Hey, 1962) :

änritermiëritö) en hommage à Henri Termier, professeur à la Sorbonne, qui consacra vingt ans de sa carrière (1925-1946) à la géologie marocaine (1), fonda le Service géologique du Maroc

(1) On trouvera une liste des publications de H. Termier consacrées au Maroc (en collaboration avec M^{me} H. Termier à partir de 1942) dans la *Bibliographie analytique des Sciences de la Terre, Maroc et régions limitrophes* par J. Ph. Morin (1965) (*Notes Mém. Serv. Géol.*, Rabat, n° 182).

(1940) et créa la section d'Études des gîtes minéraux (1942).

La nouvelle espèce minérale a été approuvée par le Comité français de nomenclature puis par la Commission internationale des nouveaux noms et des noms de minéraux par 16 voix contre 1 et le nouveau nom par 14 voix contre 3 (vote du 10 décembre 1968).

2. — CARACTÈRES MACROSCOPIQUES.

Sur certains blocs de minerai de manganèse massif, noirs, ou brun foncé par suite de la présence d'oxydes de fer, on remarque des taches de couleur brun clair, de formes très irrégulières. A la loupe, on voit que ces taches sont dues à de petits grains (quelques dixièmes de millimètres) brun clair d'henritermiérite, formant des nuages plus ou moins denses dans la masse des oxydes de manganèse, tantôt seuls, tantôt accompagnés de calcite. Les grains sont souvent agglomérés. Ils ne montrent que rarement des faces planes et aucun cristal simple complet n'a été rencontré.

3. — CARACTÈRES CRISTALLOGRAPHIQUES.

L'henritermiérite est quadratique, groupe spatial $I4_1/acd$:

$$a = 12,39 \pm 0,01 \text{ \AA}, c = 11,91 \pm 0,01 \text{ \AA}, \\ c/a = 0,9612, V = 1828 \pm 5 \text{ \AA}^3, Z = 8.$$

Ces données cristallographiques, ainsi que la structure du minéral, ont été établies au *Laboratoire de minéralogie et cristallographie de la Faculté des sciences de Nancy*. La structure, qui est du type de celle des hydrogrenats, confirme la formule déduite de l'analyse chimique (cf. parag. 6) ; elle fait l'objet d'une publication conjointe (Aubry, Dusausoy, Laffaille et Protas, 1969).

Le *tableau 1* donne le diagramme de poudre de l'henritermiérite et les caractéristiques des plans de réflexion, avec équidistances calculées.

4. — CARACTÈRES PHYSIQUES.

Des mesures de densité par pesées, avec immersion dans le xylol, sur 1 g environ du produit pur trié pour l'analyse chimique ont donné $d_{mes.} = 3,34 \pm 0,02$.

Par immersion dans une colonne liquide à gradient de densité, les grains d'henritermiérite exempts d'inclusions lourdes d'oxydes de manganèse, se répartissent dans une large tranche dont la densité va de 3,30 à 3,40. Cependant les grains les plus légers sont riches en inclusions très fines et les grains les plus purs ont, semblait-il, une densité voisine de 3,36.

La densité calculée à partir de la formule chimique et du volume de la maille est : $d_x = 3,40$.

L'henritermiérite est cassante, à cassure conchoïdale ; elle ne présente pas de clivage.

TABLEAU I.

Diagramme de poudre de l'henritermiérite de Tachgagalt.

I	$d_{mes.}$	$d_{calc.}$	$h k l$	I	$d_{mes.}$	$d_{calc.}$	$h k l$	I	$d_{mes.}$	$d_{calc.}$	$h k l$
mf	6,21	6,195	0 2 0	ff	2,188	2,188	1 2 5	ff	1,488	1,488	0 0 8
mf	4,92	4,924	1 1 2	ff	2,069	2,065	0 6 0	fff	1,459	1,459	3 6 5
F	4,37	4,380	2 2 0	mf	2,002	2,008	1 6 1	f	1,384	1,385	4 8 0
f	3,28	3,273	1 3 2	fff	1,958	1,957	2 3 5	ff	1,371	1,374	0 8 4
F	3,09	3,097	0 4 0	fff	1,930	1,935	1 1 6	f	1,346	1,349	4 8 2
F	2,98	2,977	0 0 4	fff	1,894	1,890	0 2 6	ff	1,313	1,313	1 7 6
FFF	2,75	2,748	0 4 2	ff	1,762	1,764	4 4 4	ff	1,298	1,299	4 6 6
mF	2,684	2,683	0 2 4	f	1,717	1,717	3 4 5	fff	1,264	1,269	1 5 8
fff	2,607	2,598	2 3 3	fff	1,697	1,697	0 6 4	fff	1,190	1,190	2 10 2
FF	2,516	2,512	2 4 2	ff	1,669	1,671	0 4 6	ff	1,120	1,129	4 10 2
fff	2,459	2,462	2 2 4	f	1,650	1,651	4 6 2	fff	1,112	1,112	4 9 5
fff	2,428	2,426	3 4 1	ff	1,637	1,636	2 6 4	ff	1,097	1,095	8 8 0
fff	2,370	2,370	1 3 4	mF	1,614	1,613	2 4 6				
mf	2,254	2,259	2 5 1	fff	1,548	1,549	0 8 0				

Méthode Debye-Scherrer. Radiation $CuK\alpha$ filtrée. Chambre de 240 mm. d en \AA . d calculée (*Fac. sci. Nancy*) avec $a = 12,389 \text{ \AA}$, $c = 11,906 \text{ \AA}$. Intensités : FFF = très très forte, FF = très forte, F = forte, mF = moyenne forte, m = moyenne, mf = moyenne faible, f = faible, ff = très faible, fff = très très faible.

5. — CARACTÈRES OPTIQUES ET TEXTURE.

L'henritermiérite est brun clair (orangé 211 ou 212 ou jaune 246 du code Séguy), brun giroflée, abricot ou couleur de l'aile du papillon *Hypsa chloropyga*, à éclat vitreux. Les grains sont presque transparents lorsqu'ils sont exempts d'inclusions.

En plaques minces l'henritermiérite est transparente, faiblement pléochroïque de jaune très pâle suivant n_p , à jaune citron suivant n_o . Dans les lames un peu épaisses la couleur varie de jaune pâle à jaune d'or. Le relief est fort, donnant un aspect chagriné. Les extinctions sont toujours irrégulières, ce qui correspond sans doute au fait que les grains donnent couramment des figures de lumière convergente biaxes, souvent peu nettes, de signe positif, avec angle des axes faible et, semble-t-il, variable. Les teintes de polarisation sont normales ; par contre, elles ne sont pas constantes sur toute la surface de la section d'un même grain, mais varient irrégulièrement d'un point à un autre, par exemple entre les rouge, jaune, vert et bleu du second ordre, donnant un *manteau d'arlequin*. Des mesures ont donné :

$$n_o = 1,765 \pm 0,005, \quad n_e = 1,800 \pm 0,005.$$

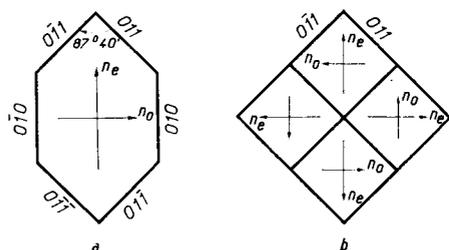


FIG. 1. — Cristaux d'henritermiérite en plaques minces : a) coupe verticale d'un prisme quadratique ; b) macle a^1 (011) à quatre secteurs.

Les grains constituent généralement des agrégats ; leur forme générale est tantôt quadrangulaire, tantôt pseudohexagonale (fig. 1 a) ; leur diamètre peut atteindre 0,5 mm, mais il est plus généralement de l'ordre de 0,2 mm.

Les macles sont très fréquentes mais elles apparaissent mal entre nicols croisés car les deux individus s'éteignent simultanément ou presque. En lumière naturelle, le pléochroïsme met en évidence l'opposition des orientations optiques : un individu est jaune pâle alors que l'autre est jaune citron. Les macles à quatre secteurs sont courantes (fig. 1 b).

De ces observations on peut déduire que l'henritermiérite tend à former des cristaux en prismes quadratiques, bipyramidés, courts, guère plus longs que larges (fig. 1 a), et que ces cristaux sont presque constamment maclés suivant a^1 (101). La macle s'explique du fait que a et c sont très voisins, et l'angle $(001) \wedge (101) = 43^\circ 52'$ rend compte des associations à quatre secteurs avec orientations optiques presque perpendiculaires (fig. 1 b).

Les agrégats d'henritermiérite remplissent les interstices entre les cristaux de marokite, de hausmannite et plus rarement de gaudefroyite. Ils sont généralement accompagnés de calcite, mais pas toujours. Ils sont très souvent associés à de petits octaèdres de hausmannite de toutes dimensions depuis le millimètre jusqu'au micron. Ces octaèdres se trouvent fréquemment en inclusions dans les grains d'henritermiérite et parfois ils dessinent, semble-t-il, des zones de croissance. Dans certains échantillons les grains présentent un noyau central, trouble, imprégné d'oxydes, entouré d'une couronne claire. Parfois le noyau est décoloré, presque isotrope, et constitué sans doute d'un produit d'altération.

6. — CARACTÈRES CHIMIQUES.

a) Essais qualitatifs.

Lentement soluble à froid dans l'acide chlorhydrique, sans effervescence, l'henritermiérite se dissout très facilement à chaud en laissant un résidu de silice. Dans l'acide nitrique elle n'est attaquée que superficiellement en se recouvrant d'une pellicule noire de bioxyde de manganèse.

Des essais à la microsonde électronique ont montré que, parmi tous les éléments de nombre atomique supérieur à celui du béryllium, les seuls constituants sont : O, Al, Si, Ca et Mn, plus un peu de Fe. En outre, l'absence de Be, B et Li, a été constatée par un essai en spectrographie d'arc.

b) Analyses quantitatives.

1° Une analyse quantitative complète a été effectuée à la microsonde électronique sur un grain d'henritermiérite choisi pour sa pureté dans une plaque mince polie. Les résultats sont donnés dans le tableau 2 (col. 1) ; ils ne sont pas très précis, mais constituent un excellent contrôle de l'analyse chimique (tabl. 2, col. 2).

2° *Le tri de l'échantillon* utilisé pour l'analyse chimique a été effectué de la manière suivante. Un échantillon de minéral, riche en henritermiérite dispersée dans une masse de : braunite, hausmannite, marokite, calcite et barytine, a été soumis à un broyage ménagé. Ensuite, plusieurs opérations répétées de tamisage et de séparation aux liqueurs denses (bromoforme et iodure de méthylène) ont permis d'obtenir un « pré-concentré » de densité supérieure à 3,30 et de granulométrie comprise entre 0,050 et 0,125 mm. L'enrichissement a été poursuivi par des fractionnements électromagnétiques au séparateur « Frantz Isodynamic », par des coupures granulométriques de plus en plus serrées, et par des séparations densimétriques dans une colonne à gradient de densités comprises entre 3,00 et 3,60. La pureté du concentré final d'henritermiérite a été contrôlée au microscope sur des frottis, les grains ne présentant que peu d'inclusions extrêmement fines.

3° *Méthode d'analyse.* La solution chlorhydrique de 500 mg du minéral séché à 100° a été évaporée deux fois à sec pour insolubiliser la silice. Du filtrat, étendu à 500 cm³, on a prélevé deux fractions de 200 cm³; la première a été amenée presque à neutralité par addition de carbonate de sodium, traitée par l'acétate de sodium et portée à ébullition. Les acétates basiques repris par HCl ont été précipités à nouveau dans les mêmes conditions, filtrés puis redissous. Le fer et l'aluminium ont été dosés respectivement par colorimétrie et complexométrie sur des parties aliquotes de la solution ainsi obtenue.

La deuxième fraction de 200 cm³ a servi au dosage du calcium; celui-ci y a été séparé à l'état d'oxalate après élimination du manganèse par double précipitation au moyen de persulfate d'ammonium et d'ammoniaque.

Le manganèse total a été déterminé par trois méthodes différentes sur des prises d'essai spéciales : méthode au bismuthate, méthode au persulfate-arsénite, colorimétrie après oxydation au périodate. Les résultats ont été concordants à moins de 0,5 % près.

L'oxygène libérable a été dosé par l'acide oxalique sur 200 mg de minéral.

L'eau a été dosée deux fois par la méthode Penfield sur des prises d'essai de 100 mg environ.

La méthode d'analyse a été contrôlée sur des liqueurs synthétiques de composition identique à celle de la solution du minéral étudié.

4° *Calcul de la formule chimique.* Le tableau 2 (col. 2) donne les résultats de l'analyse chimique.

TABLEAU II.

**Analyses
de l'henritermiérite de Tachgalt.**

	1	2	3	4
SiO ₂	26,6	24,65	411	1,930
Al ₂ O ₃	5,5	5,95	58	0,273
Fe ₂ O ₃	1,0	0,95	6	0,026
MnO.....	20,9	22,38	315	1,479
O ₂	n. d.	2,56	80	—
CaO.....	35,1	35,45	633	2,973
H ₂ O ⁺	n. d.	7,85	436	2,048
H ₂ O ⁻	—	0,08	—	—
Total.....	89,1	99,87	—	—

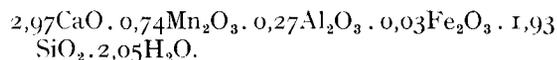
1. — Analyse à la microsonde électronique par R. Giraud (*Lab. B. R. G. M.*, Orléans).

2. — Analyse par M. Orliac (*Lab. Minév. Fac. sci. Toulouse*) sur 1 g environ de minéral soigneusement trié.

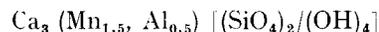
3. — Millimoles de l'analyse 2.

4. — Calcul de l'analyse 2 sur la base de 12 atomes d'oxygène par unité formulaire.

Le dosage de l'oxygène libérable a montré que tout le manganèse est à l'état trivalent puisque le rapport moléculaire MnO : O₂ = 315 : 80 = 3,9 (tabl. II, col. 3) pour une valeur théorique de 4 dans Mn₂O₃. Le calcul sur la base de 12 atomes d'oxygène par unité formulaire conduit à la formule brute (tabl. II, col. 4) :



soit en schématisant :



La maille élémentaire contient $Z = 8$ unités formulaires.

Le remplacement d'une partie de Mn par Al est confirmé par l'étude de la structure (cf. parag. 3). Des variations dans le rapport Mn : Al à l'intérieur d'un même cristal et d'un grain à un autre rendraient compte des irrégularités optiques observées, notamment dans la biréfringence (cf. parag. 5) et aussi, en s'ajoutant aux effets des inclusions et de l'altération, du large éventail des densités mesurées (cf. parag. 4). La présence d'eau sous forme (OH) correspond bien aux résultats des analyses thermiques (cf. parag. 7).

7. — CARACTÈRES PHYSICO-CIMIQUES.

La courbe d'analyse thermique différentielle (fig. 2) montre :

— un fort crochet endothermique débutant vers 480° C et atteignant son maximum vers 640° C ;

— un crochet exothermique vers 830° C ;

— un crochet endothermique profond vers 1 020° C.

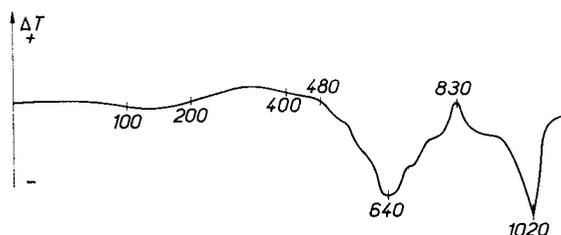


FIG. 2.

Analyse thermique différentielle sur 8 mg d'henritermiérite ; vitesse de chauffe 12° C/mn environ.

Le premier phénomène endothermique correspond sans doute à la perte d'eau. La température relativement élevée à laquelle il se produit indique une eau fortement liée.

La courbe d'analyse thermopondérale (fig. 3) montre :

— Une perte de poids régulière et très lente en début de chauffe, atteignant 0,6 % environ vers 500° C. Cette perte est difficile à interpréter exactement car une légère dérive est toujours possible s'ajoutant à la perte d'eau hygroscopique et à l'éclatement des inclusions fluides.

— Une perte rapide entre 500 et 900° C, d'environ 8,1 %. Cette valeur est en accord satisfaisant avec la teneur en H₂O⁺ de 7,85 % (tabl. II). La température de début de déshydratation vers 500° C correspond bien au début du crochet endothermique vers 480° C sur la courbe d'analyse

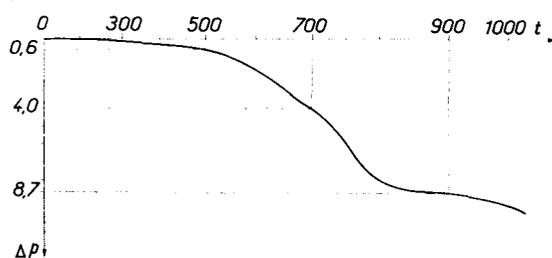


FIG. 3. — Analyse thermopondérale sur 119,5 mg d'henritermiérite. Durée de chauffe 35 et 105 mn pour atteindre respectivement 500° C et 1020° C.

thermique différentielle. Il se confirme ainsi qu'il s'agit d'eau fortement liée, comme c'est le cas pour les OH de la formule.

— Une légère rupture de pente vers 700° C, la perte étant alors d'environ 4 %, soit la moitié des OH. Peut-être le minéral subit-il une transformation intermédiaire ? Cette hypothèse est renforcée par le fait que la courbe d'analyse thermique différentielle présente des irrégularités entre 640 et 830° C.

— Après stabilisation vers 900° C, une perte de poids faible dès 950° C. Il s'agit sans doute alors d'une réduction du Mn trivalent avec peut-être formation d'une combinaison comportant du Mn bivalent. La substance restant après chauffage à 1 020° C donne un diagramme de poudre de grenat avec quelques raies supplémentaires attribuables à la braunite.

8. — CONDITIONS DE GISEMENT.

L'henritermiérite a été trouvée dans les haldes du filon 2 de Tachgagalt (Anti-Atlas, Maroc), qui a déjà fourni quatre nouvelles espèces minérales : la marokite (Gaufrey *et al.*, 1963), la gaufroyite (Jouravsky et Permingeat, 1964), la jouravskite (Gaufrey et Permingeat, 1965), et la despujolsite (Gaufrey *et al.*, 1968). Pour la description du gisement on se reportera aux deux notes citées qui donnent la description de la marokite et de la gaufroyite.

L'henritermiérite est étroitement associée à la marokite et à la hausmannite (cf. parag. 5). Elle est très fréquente, parfois abondante, dans les échantillons contenant ces deux espèces minérales ; elle existe pratiquement dans toutes les nombreuses plaques minces qui ont été taillées dans ce type de minéral.

Marokite et hausmannite sont de formation précoce dans le dépôt de la minéralisation spéciale du filon 2 de Tachgagalt. L'henritermiérite paraît être un peu plus tardive que la marokite, mais contemporaine d'une partie au moins de la hausmannite et antérieure à la gangue de calcite. Les conditions de formation du minéral correspondaient alors sans doute à une assez haute température et à une pression relativement basse en relation avec une période d'intense activité volcanique.

9. — RAPPORT

AVEC LES AUTRES ESPÈCES MINÉRALES.

L'henritermiérite se distingue de tous les silicates de calcium et de manganèse, contenant

ou non de l'aluminium : glaucochroïte, inesite, johannsenite, orientite, piémontite, rhodonite, notamment par sa symétrie quadratique, ses propriétés optiques et son diagramme de poudre. Ce dernier présente quelques similitudes avec celui de l'orientite, mais les différences restent très nettes et toute confusion est impossible.

La formule de l'henritermiérite correspond à celle de la hibschite $\text{Ca}_3\text{Al}_2[(\text{Si}, \text{H}_4)\text{O}_4]_3$ (groupe des hydrogrenats cubiques) mais avec remplacement de 3Al sur 4 par Mn trivalent et, semble-t-il, un rapport entier fixe Si : $\text{H}_4 = 2$. L'étude de la structure (Aubry *et al.*, ci-après) précise ces questions. On notera encore que par chauffage à 1020° C la substance obtenue donne un diagramme de poudre de grenat (peut-être s'agit-il d'un grenat à Mn trivalent ?), alors que celui de l'henritermiérite est très nettement différent à la fois de ceux des grenats et de la hibschite. Enfin, les macles et les anomalies optiques ne sont pas sans rappeler celles de certains grenats (variété pyrénéite).

A notre connaissance, il n'existe aucun composé artificiel correspondant à l'henritermiérite.

10. — CONSERVATION DES ÉCHANTILLONS TYPES.

Des échantillons-types, ayant servi à la présente description, seront déposés dans les collections de l'École nationale supérieure des Mines de Paris, du Muséum national d'histoire naturelle et de la Faculté des sciences de Toulouse, et au Maroc dans la collection de Minéralogie de la Division de la géologie, à Rabat. L'henritermiérite existe en plus ou moins grande quantité probablement dans tous les échantillons contenant de la maro-

kite et de la hausmannite, mais elle est toujours très dispersée. Plus d'une trentaine d'échantillons relativement riches en henritermiérite ont été repérés ; ils contiennent au total certainement plus de 50 g d'henritermiérite.

REMERCIEMENTS.

Nous adressons nos remerciements à MM. M. Diouri, M. Saadi et J. Agard, respectivement Chef de la Division de la géologie, Chef et ancien Chef du Service d'études des gîtes minéraux du Maroc, qui nous ont donné toutes facilités pour poursuivre l'étude des minéraux de Tachgalt ; au Dr M. Fleischer de l'U. S. Geological Survey à Washington, qui a attiré amicalement notre attention sur la hibschite, au Dr C. B. Sclar du Battelle memorial institute à Columbus (Ohio), au professeur C. B. Moore de l'Université de Chicago, qui nous ont aimablement fourni des renseignements sur l'orientite et divers autres silicates de calcium et de manganèse dont ils poursuivent l'étude ; à M^{mes} Yvette Laurent et L. Parfenoff, à MM. R. Giraud, P. Picot et R. Pierrot du B. R. G. M., ainsi qu'à M^{mes} D. Auriac et C. Saccareau du Laboratoire de minéralogie et cristallographie de la Faculté des sciences de Toulouse, qui nous ont aidé dans la description du nouveau minéral. Enfin, il nous est particulièrement agréable de souligner l'étroite collaboration avec le Laboratoire de minéralogie et cristallographie de la Faculté des sciences de Nancy, dirigé par le professeur J. Bolfa, où J. Protas et son équipe, on pris en charge les études radiocristallographiques, qu'ils publient dans une note couplée avec la présente description.

Manuscrit reçu le 3 octobre 1968.

BIBLIOGRAPHIE

- AUBRY, A., DUSAUSOY, Y., LAFFAILLE, A. et PROTAS, J. (1969). — *Bull. Soc. fr. Minéral. Cristallogr.*, 92, 126.
- FLEISCHER, M. (1966). — *Amer. Mineralogist.*, 51, 8, 1247-1357.
- GAUDEFROY, C., JOURAVSKY, G. et PERMINGEAT, F. (1963). — *Bull. Soc. fr. Minéral. Cristallogr.*, 86, 359-67.
- GAUDEFROY, C. et PERMINGEAT, F. (1965). — *Bull. Soc. fr. Minéral. Cristallogr.*, 88, 254-62.
- GAUDEFROY, C., GRANGER, M.-M., PERMINGEAT, F., et PROTAS, J. (1968). — *Bull. Soc. fr. Minéral. Cristallogr.*, 91, 43-50.
- GUILLEMIN, C., PERMINGEAT, F. et PIERROT, R. (1949 à 1968). — *Bull. Soc. fr. Minéral. Cristallogr.*, 72 à 91.
- HEY, M.-H. (1962 et 1963). — *Chemical index of minerals et Appendix*, Londres, British Museum.
- JOURAVSKY, G. et PERMINGEAT, F. (1964). — *Bull. Soc. fr. Minéral. Cristallogr.*, 87, 216-29.
- MOORE, P.-B. (1965). — *Canad. Mineralogist*, 8, 262-5.
- SCLAR, C. B. (1961). — *Amer. Mineralogist*, 46, 226-32.
- SEGUY, E. (1936). — *Code universel des couleurs*, Paris, Le Chevalier.
- STRUNZ, H. et TENNYSON, Ch. (1966). — *Mineralogische Tabellen*, 4^e éd., Leipzig.