

LA FLUELLITE DE RICHELLE,
PRÈS DE VISÉ, BELGIQUE (*)

par A.-M. FRANSOLET (**), J. JEDWAB (***) et R. VAN TASSEL (****)

(2 planches)

RÉSUMÉ

La fluellite se présente en cristaux bipyramidés, vitreux, incolores, mesurant en moyenne 0,3 mm, dans des géodes d'une roche bréchique siliceuse provenant des poches de dissolution du calcaire viséen. Les formes {010} et {111} sont présentes. Les données optiques sont : $n_p = 1,477$, $n_m = 1,489$, $n_g = 1,509$, $2V = + 80 \pm 1^\circ$. L'orientation optique est $a = X$, $b = Z$ et $c = Y$. Les paramètres sont $a = 11,23 \pm 0,01$, $b = 21,15 \pm 0,01$ et $c = 8,548 \pm 0,005$ Å d'après le radiogramme de poudre. Le poids spécifique est env. 2,18. La morphologie est examinée au goniomètre optique et au microscope électronique à balayage. L'analyse à la microsonde indique la présence d'Al et P, la spectrographie d'émission celle de F. Les minéraux associés sont le quartz, le gypse, la phosphosidérite et la minyulite.

ABSTRACT

Fluellite occurs as vitreous, colourless, bipyramidal crystals, mainly 0,3 mm across, in vuggy siliceous brecciated rocks from sink holes in Visean limestone. Forms {010} and {111} are present. Optical data are : $\alpha = 1,477$, $\beta = 1,489$, $\gamma = 1,509$, $2V = + 80 \pm 1^\circ$. The optical orientation is $a = X$, $b = Z$ and $c = Y$. Parameters are $a = 11,23 \pm 0,01$ Å, $b = 21,15 \pm 0,01$ and $c = 8,548 \pm 0,005$, according to X-ray powder data. Crystal morphology is examined with the optical goniometer and the scanning electron microscope. Specific gravity is $\pm 2,18$. Electron microprobe analysis shows the presence of Al and P, emission spectrography of F. Associated minerals are quartz, gypsum, phosphosiderite and minyulite.

INTRODUCTION

La fluellite est un minéral bien rare à en juger par le nombre restreint des sites connus. Bien que repérée déjà depuis 1809 [13], dénommée en 1824 [11], elle ne fut reconnue qu'aux Cornouailles (Stenna Gwyn et Goonvean) [8], en Bavière (Pleysstein [10], Königswart [15] et Hagendorf [14]), en Belgique (Argenteau [20]) au Kazakhstan [18] et, peut-être, en Espagne (Montaña de Caceres [19]) et dans l'Utah (Marysvale district [4]).

La composition chimique ne fut pas établie sans heurt, en raison de la faible quantité de matière disponible pour l'analyse. W. GREGOR [13] aurait été le premier à reconnaître de l'aluminium, du phosphore et de l'eau dans les cristaux assimilés plus tard à la fluellite. W. H. WOLLASTON [11], en 1824, entreprit une identification chimique sur deux à trois petits cristaux de Stenna Gwyn (« the largest of which

(*) Communication présentée et manuscrit déposé le 4 décembre 1973.

(**) Laboratoire de Minéralogie, Université de Liège.

(***) Laboratoire de Géochimie, Université Libre de Bruxelles.

(****) Laboratoire de Minéralogie, Institut royal des Sciences naturelles de Belgique.

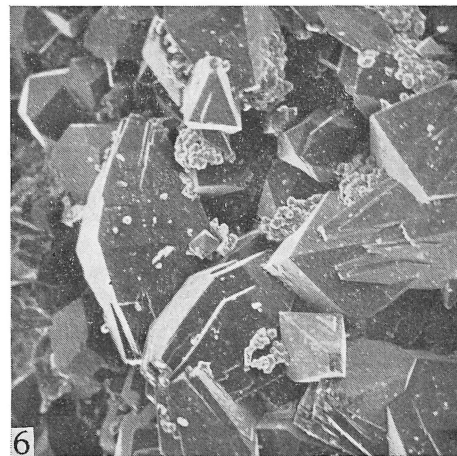
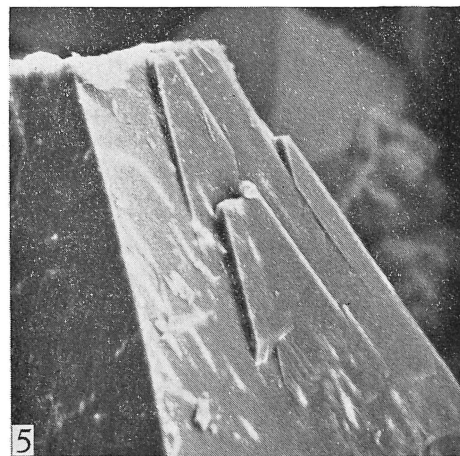
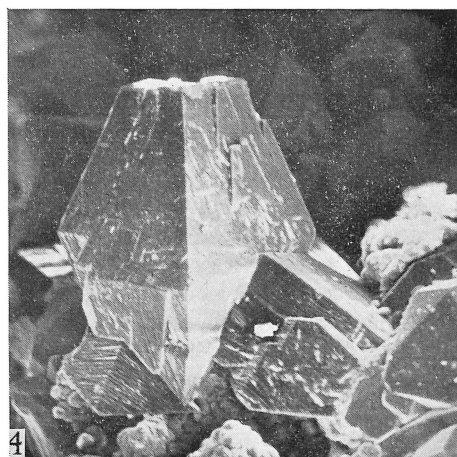
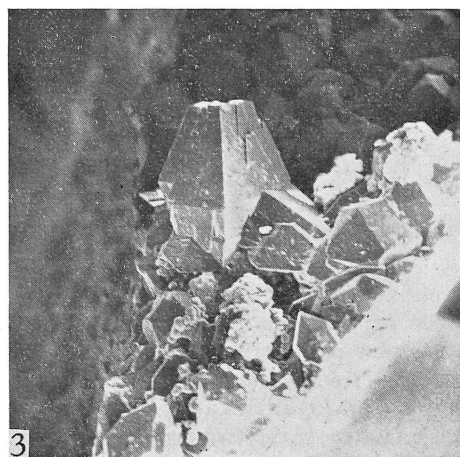
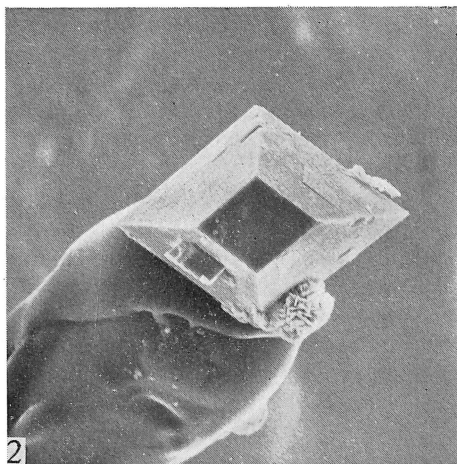
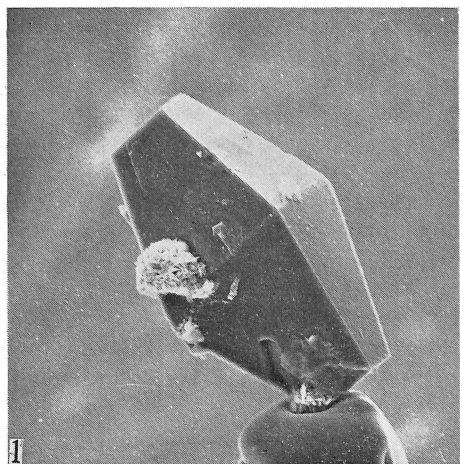
weighed about 1/80th part of a grain », soit sur à peine 2 mg. Les seuls constituants observés étaient de l'alumine et de l'acide fluorhydrique. Une première analyse quantitative ne fut publiée qu'en 1883 (Stenna Gwyn [3]), une deuxième le fut en 1959 (Argenteau [20]) et deux autres en 1963 (Kazakhstan [17]). P. GROTH [3] fit connaître en 1883 les résultats de l'analyse exécutée par BRANDL sur 120 mg de matière, mais le mode opératoire ne fut malheureusement pas précisé, ce qui ne permet plus d'apprécier les aléas analytiques. Cette analyse donna : 56,25 % F, 27,62 Al et 0,58 Na. P. GROTH précisa en plus : « Es ergab sich ein Verlust von 15,56 %, welcher, da andere Bestandtheile nicht nachzuweisen waren, nur aus Wasser bestehen kann ». Le reste fut donc interprété comme eau et, sur la base de cette analyse, la fluellite reçut la formule $AlF_3 \cdot H_2O$. H. LAUBMANN et H. STEINMETZ (1920) signalèrent la *kreuzbergite* de Pleystein, assimilée depuis à la fluellite [14], comme un minéral phosphaté dans lequel « ein Fluorgehalt ist zweifelhaft », mais A. SCHOLZ et H. STRUNZ (1940) n'y confirmèrent point la présence de phosphate (à peine 1-2 % PO_4 par comparaison avec des précipités de phosphomolybdate). La composition $AlF_3 \cdot H_2O$ figura ainsi très longtemps dans tous les traités de minéralogie et ce n'est qu'en 1963 (V. I. STEPANOV *in Mineralii* [18]) et puis en 1970 (H. STRUNZ [16]) que la fluellite y apparaît comme un composé, non seulement fluoré, mais aussi phosphaté. En effet, les trois analyses chimiques dès 1959, faites sur du matériel d'Argenteau (8,8 % P, VAN TASSEL [20]) et du Kazakhstan (9,1 et 9,3 % P, MOLEVA [18]) ont mis le phosphore en évidence, et ceci a été confirmé par l'examen à la microsonde électronique (± 10 % P, VASSAMILLET *in* [5]) et par l'étude de la structure cristalline (9,4 % P calculé, GUY *et al.* [5]) de la fluellite de Stenna Gwyn.

Dans la plupart des gisements connus, la fluellite se présente sur des roches pegmatitiques ou granitiques, mais à Argenteau elle remplit de petites géodes dans une brèche radioactive phosphatée colmatant des poches de dissolution du calcaire viséen, tandis qu'au Kazakhstan elle est sous forme de concrétions de 1 cm dans des schistes minéralisés. A Richelle par contre, la fluellite est repérée dans des géodes riches en quartz d'une roche bréchique siliceuse provenant des poches de dissolution du calcaire viséen à la limite sud de la commune [2].

PLANCHE I

Toutes les photos de cette planche ont été obtenues au microscope électronique à balayage, mode secondaire.

- Fig. 1. — Cristal isolé de fluellite, monté sur support. Les quatre faces tournées vers l'observateur appartiennent à deux pyramides {111}. Les extrémités tronquées correspondent à deux faces {010}. La cocarde blanche que porte le cristal à sa gauche est constituée de phosphosidérite crétée. ($\times 190$).
- Fig. 2. — Le même cristal de fluellite, vu par une face (010). L'axe *b* est perpendiculaire au plan de la figure; l'axe *c*, dans le plan, est orienté N-S et l'axe *a*, E-W. Un petit cristal de fluellite parasite est visible sur la face SW. ($\times 190$).
- Fig. 3. — Cristal de fluellite dressé, avec quartz (à droite) et phosphosidérite incrustante en globules. ($\times 46$).
- Fig. 4. — Le même cristal de fluellite, montrant l'association avec de plus petits cristaux de fluellite disposés en désordre. ($\times 92$).
- Fig. 5. — Agrandissement du même, montrant des facettes de pyramides adventives obliques. ($\times 190$).
- Fig. 6. — Concentration de fluellite, quartz (en haut à gauche) et phosphosidérite. Au milieu, à droite, faisceau de fluellite-en-pyramides incomplètes. ($\times 46$).



CARACTÈRES MORPHOLOGIQUES

La fluellite de Richelle se présente sous forme de petits cristaux bipyramidés, en moyenne 0,3 mm (maximum 0,6 mm), incolores, limpides, tantôt bien individualisés, tantôt réunis en groupes légèrement divergents. Le minéral est implanté, soit sur des cristaux de quartz, soit sur des lamelles de gypse, soit sur croûte de minyulite fibreuse ou compacte, soit sur un lit de phosphosidérite globulaire (cf. Planches I et II).

Les cristaux de fluellite présentent des surfaces très miroitantes, mais la réflexion apparaît quelque peu roulante en raison de l'orientation un peu divergente d'un assemblage de cristaux ou de la complexité des faces comme le montre l'image au microscope électronique à balayage. Malgré la ténuité des cristaux (0,2 à 0,3 mm) il est possible d'obtenir des mesures goniométriques valables. L'image de la mire est nette, mais parfois multiple. Les formes reconnues sont $b \{010\}$ et $r \{111\}$, d'après les données du Tableau I (cf. Planche I, figs. 1 et 2).

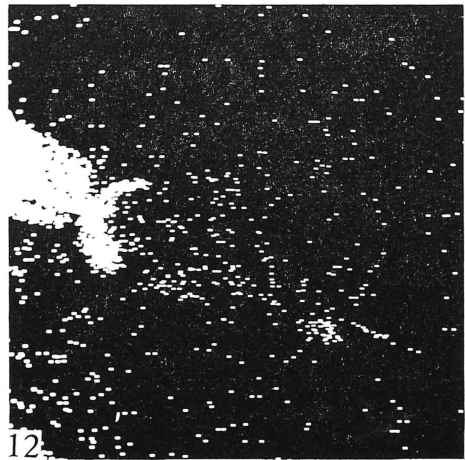
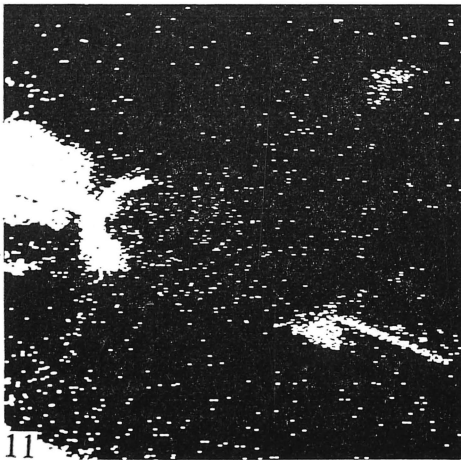
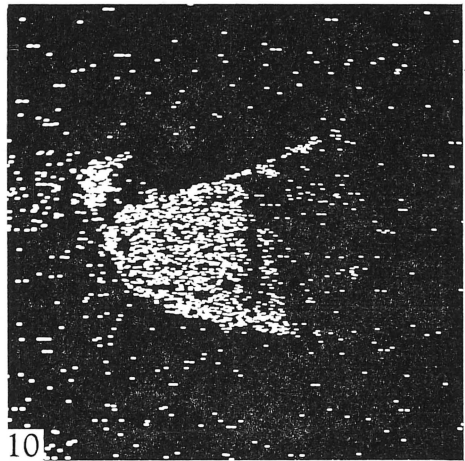
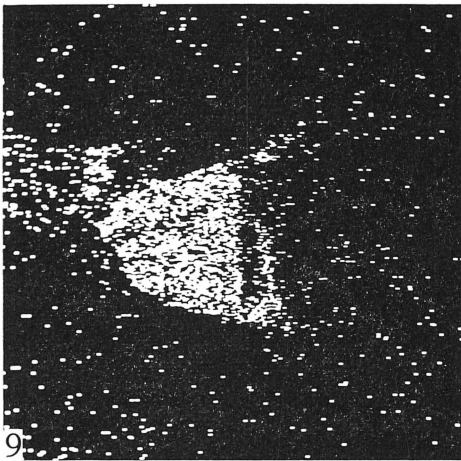
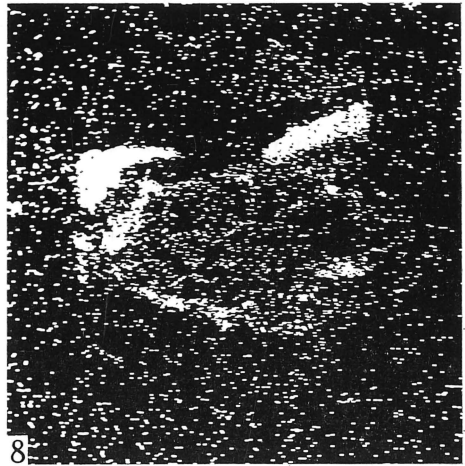
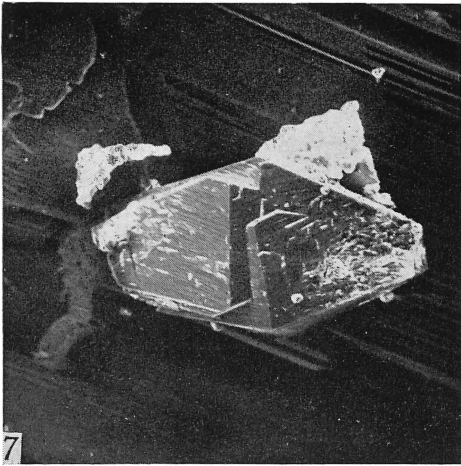
TABLEAU I
Mesures goniométriques

Face	Richelle		Stenna Gwyn <i>in PALACHE et al. (1951) [12]</i>	
	φ ...	ρ 0°	φ ...	ρ 0°
$b \{010\}$				
$r \{111\}$	51°56' ± 30'	72°02' ± 15'	52°25'	72°00'

Le microscope électronique à balayage permet de faire quelques observations complémentaires. La forme la plus développée et toujours présente est $r \{111\}$. La forme $b \{010\}$ est relativement rare dans les plus petits cristaux. Lorsqu'elle est présente, ses faces peuvent être lisses ou simples, ou être formées par des terminaisons en pyramides incomplètes croissant à partir du plan (010). De telles terminaisons complexes peuvent donner l'impression de cristaux squelettiques, signalés par

PLANCHE II

- Fig. 7. — Cristal de fluellite bipyramidé, sur gypse (strié), avec phosphosidérite (en blanc). Vue au microscope électronique à balayage, mode secondaire. ($\times 62$).
- Fig. 8. — Même plage, vue en microsonde électronique (raie du fer). La phosphosidérite est bien marquée (cf. fig. 10), alors que la fluellite ne se distingue pas beaucoup du fond.
- Fig. 9. — Carte de distribution de l'aluminium. On remarque que la concentration de cet élément est très élevée dans la fluellite. Seule la face gauche, tournée vers le spectrographe, est visible.
- Fig. 10. — Carte du phosphore. On remarque la coïncidence complète du phosphore et de l'aluminium dans la fluellite.
- Fig. 11. — Carte du calcium. Seules quelques portions réfléchissantes du gypse apparaissent.
- Fig. 12. — Carte du soufre, qui montre sa coïncidence avec le calcium dans le gypse.



I. V. STEPANOV [18], mais le terme ne nous semble pas approprié. Les faces de la forme $\{111\}$ portent fréquemment des facettes incomplètes, parallèles ou obliques sur la face-support (Planche I, figs. 3 à 6). Ces facettes incomplètes sont parfois si importantes que l'on a l'impression de passer à des individus interpénétrés. La forme m $\{110\}$ n'a jamais été observée, ce qui, avec la forme générale élancée, rapproche la fluellite de Richelle de celle de Stenna Gwyn, plutôt que de celle de Pleystein [10].

La chaleur produite par le flux d'électrons et le vide régnant dans l'enceinte du microscope produisent très facilement des déshydratations, qui se manifestent par des écailles, des pseudo-clivages et des fissures. Il est donc très difficile de se faire une opinion sur la structure fine des faces.

COMPORTEMENT A LA CHALEUR

La fluellite est infusible à la flamme du bec Bunsen. Le chauffage prolongé en capsule de platine la transforme, avec conservation des formes cristallines, en une substance opaque, bleuâtre, à éclat gras, qui s'écrase facilement.

POIDS SPÉCIFIQUE

Le poids spécifique de la fluellite de Richelle est très proche de 2,18, car les cristaux plongés dans le dibromure d'éthane flottent dans ce liquide.

CARACTÈRES OPTIQUES

Sur frottis ou en lame mince, la fluellite apparaît parfaitement incolore. Elle montre un réseau de fractures irrégulières, et sur certains grains, une trace de clivage peu net qui pourrait être parallèle à (010).

La mesure des indices de réfraction a été réalisée, sur frottis, par la méthode de la double variation, à l'aide d'un microfour d'Emmons.

Les valeurs obtenues, pour la longueur d'onde du sodium, sont : $n_g = 1,509 \pm 0,001$, $n_m = 1,489 \pm 0,002$ et $n_p = 1,477 \pm 0,001$, d'où la biréfringence maximum $n_g - n_p = 0,032$ et l'angle $2V = + 76^\circ$. L'angle $2V$ mesuré à la platine de Fédorov est de $+ 80^\circ \pm 1^\circ$.

L'examen en lame mince a permis d'orienter l'indicatrice dans les cristaux. Des observations faites sur des sections rhombiques de la zone [010] montrent que Z (n_g) se place sans ambiguïté parallèlement à b . Une section perpendiculaire à la bissectrice aiguë a montré que les traces de deux faces font entre elles $105^\circ \pm 2^\circ$, angle réel bissecté par Y (n_m). Il pourrait donc s'agir des traces des faces $(1k1)$ et $(\bar{1}k1)$ qui font un angle calculé de $106^\circ 29'$. Y est alors parallèle à c .

Cette orientation optique est celle qui est donnée pour la fluellite de Stenna Gwyn (PALACHE *et al.*, 1951) [12].

Le tableau II regroupe les données optiques de la fluellite sensu stricto.

DONNÉES ROENTGENOGRAPHIQUES

Afin de préciser les dimensions de la maille-unité de la fluellite de Richelle, un diagramme de poudre a été obtenu avec la raie $\text{CuK}\alpha$, filtrée au Ni, dans une caméra Debye-Scherrer de 114,6 mm de diamètre, suivant la méthode Straumanis.

TABLEAU II

Caractères optiques

	Stenna Gwyn		Argenteau	Kazakhstan	Richelle (Ce travail)
	LARSEN et BERMAN, 1934 [9]	GUY <i>et al.</i> , 1966 [5]	VAN TASSEL, 1959 [20]	STEPANOV, 1963 [16]	
n_g	1,511	1,510	1,506	1,508	1,509
n_m	1,490	1,490	> 1,485 < 1,496	1,491	1,489
n_p	1,473	1,478	1,476	1,477	1,477
$(n_g - n_p)$ calc.	0,038	0,032	0,030	0,031	0,032
$2V_{\text{calc.}}$	85°	76° (*)	n.d.	85° (*)	76°
$2V_{\text{obs.}}$	très grand	n.d.	grand	n.d.	80°
Signe optique	+	+	n.d.	+	+
Z	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>b</i>		<i>b</i>
Y	<i>c</i>	<i>b</i>	<i>c</i>		<i>c</i>
X	<i>a</i>	<i>a</i>	<i>a</i>		<i>a</i>

(*) Ce travail.

Le Tableau III présente le résultat des mesures effectuées sur deux films et corrigées. L'un des diagrammes montrait les raies du quartz accompagnant la fluellite dans le gisement, faisant ainsi office de standard interne.

Connaissant déjà la symétrie orthorhombique et le groupe spatial $Fddd$ du minéral [12], le calcul des paramètres de la maille, réalisé par le programme *Fortran* d'affinement par moindres carrés de Cox [1], donne les valeurs suivantes :

$$a = 11,23 \pm 0,01 \text{ \AA}, \quad b = 21,15 \pm 0,01 \text{ \AA}, \quad c = 8,548 \pm 0,005 \text{ \AA},$$

avec $V = 2030 \pm 2 \text{ \AA}^3$ et $a : b : c = 0,531 : 1 : 0,404$.

Le diagramme de poudre, les paramètres calculés et l'indexation sont en parfait accord avec les données de la fiche 19 — 38, due à G. F. CLARINGBULL, du JCPDS (Joint Committee on Powder Diffraction Standards) [7] (Tableau III et IV).

L'orientation adoptée $b > a > c$ est celle que proposent PALACHE *et al.* (1951) [12] et que reprend CLARINGBULL (Fiche 19-38) [7], alors que GUY *et al.* (1966) [5] adoptent

une orientation différente, résultant de la transformation par la matrice $\begin{pmatrix} 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \end{pmatrix}$.

TABLEAU III
Dépouillement du diagramme de poudre

hkl	Richelle (Ce travail) (1)			Stenna Gwyn (Fiche 19-38) [?] (2)		Argenteau (VAN TASSEL, 1959) [20] (3)		Kazakhstan (STEPANOV, 1963) [18] (4)	
	d _{obs.}	d _{calc.}	I/I ₀	d _{obs.}	I/I ₁	d _{obs.}	I/I ₀	d _{obs.}	I
111	6,49 Å	6,48 Å	FF	6,48 Å	100	6,51 Å	F	6,50 Å	10
								5,51	2
040	5,27	5,29	f	5,27	20	5,26	tf	5,29	2
220	4,96	4,96	m	4,96	50	4,91	m	4,96	5
022	3,95	3,96	f	3,96	20	3,95	tf	3,93	3
								3,77	5
151	3,60	3,59	tf	3,59	5				
(202)				3,40	10			3,38	3
222	3,23	3,24	F	3,24	70	3,25	F	3,25	9
331	3,09	3,08	mF	3,09	60	3,10	mF	3,09	8
260	2,986	2,986	m	2,988	40	2,99	m	2,99	4
								2,93	2
242	2,862	2,861	m	2,868	50	2,86	mf	2,86	4
(400)				2,814	5				
171	2,758	2,762	mF	2,763	50	2,75	mF	2,75	8
(113)				2,736	30				
351	2,663	2,664	mF	2,667	60	2,64	mF	2,66	9
(080)				2,645	50				
440	2,481	2,480	tf	2,483	10			2,47	3
262	2,446	2,448	m	2,450	50	2,45	mF	2,44	7
								2,38	2
153	2,312	2,313	tff	2,315	5				
(422)				2,294	5				
313	2,255	2,255	m	2,257	25	2,25	tf	2,25	5
(511) 333	2,159	2,159	mF	2,163	50	2,15	mF	2,16	9
(442)				2,143	30			2,14	3
(282, 531)				2,082	5				
173	2,038	2,039	m	2,043	30	2,03	tf	2,04	4
(2.10.0) 044	1,981	1,981	tff	1,980	10			1,979	3
(224) 462	1,953	1,954	f	1,958	20	1,94	mf		
(391) 551	1,932	1,933	m	1,937	30			1,934	6
								1,875	3
(1.11.1, 620)				1,845	5				
373	1,811	1,814	f	1,815	20	1,80	mf	1,809	2
2.10.2	1,799	1,796	m	1,798	40			1,800	5
(571) 0.12.0 } 513 }	1,760	{1,763 1,758	m	1,762	40	1,76	mf	1,759	5
								1,754	2
264	1,741	1,738	f	1,741	15				
(602)				1,718	5				

TABLEAU III (suite)

(533) 404	1,701	1,701	mF	1,703	50	1,70	mF	1,696	8
(622)				1,693	20				
(115) 424	1,678	{1,679	f	1,681	10			1,680	3
3.11.1		{1,677						1,675	3
(084) 660	1,654	1,653	f	1,656	5			1,643	5
(393) 642	1,629	{1,631	m	1,632	25	1,635	f	1,631	5
553		{1,628							
591	1,593	1,595	tf	1,598	10			1,596	1
155	1,569	{1,570							
4.10.2		{1,571	m	1,572	25	1,57	f	1,569	6
2.12.2		{1,565							
662	1,542	{1,542	f	1,543	10			1,543	2
731		{1,539							
(464) 573	1,524	1,523	m	1,527	50	1,52	f	1,525	7
4.12.0	1,494	1,493	f	1,495	25	1,50	tf	1,495	4
3.13.1	1,471	{1,470	f	1,472	25	1,47	tf	1,469	4
175		{1,475							
(5.11.1)				1,441	5				
484	1,430	1,430	f	1,432	20	1,43	tf	1,427	4
(800)				1,404	20				
(771) 1.13.3	1,401	{1,402	f	1,400	20			1,401	3
6.10.0		{1,402							
800		{1,404							
(375)	1,382		tf	1,384	25			1,386	3
(195)	1,371		m	1,372	30			1,377	4
(644, 0.12.4)	1,360		m	1,362	50	1,36	f	1,362	4
	1,332		m			1,33	f	1,332	6
	1,306		f			1,31	tf	1,306	2
	1,287		tff						
	1,270		tf			1,27	tf	1,269	2
	1,242		f			1,25	tf	1,243	3
	1,226		f					1,227	3
								1,215	2
								1,208	2
	1,199		f					1,199	5
								1,186	1
	1,174		m					1,176	6
	1,158		f					1,160	5
	1,145		f					1,145	5
	1,135		f					1,137	5
	1,130		f					1,130	5

+ 10 raies

Intensités relatives I/I_0 : FF = très forte, F = forte, m = moyenne, f = faible, tf = très faible, tff = très très faible. (hkl) : repris de la fiche 19-38 [7]; hkl : différent de cette fiche; hkl : en accord avec cette fiche.

(1) $\text{CuK}\alpha$, filtre Ni, diam. caméra 114,6 mm, exposition 2 h.

(2) $\text{CoK}\alpha$, filtre Fe.

(3) $\text{CoK}\alpha$, filtre Fe, diam. caméra 57 mm.

(4) FeK , diam. caméra 57,3 mm.

TABLEAU IV
Comparaison des données cristallographiques

	Stenna Gwyn			Richelle Ce travail
	PALACHE <i>et al.</i> (1951) [12]	GUY <i>et al.</i> (1966) [5]	Fiche 19-38 [7]	
<i>a</i> (Å)	11,42	8,546 ± 0,008	11,224	11,23 ± 0,01
<i>b</i> (Å)	21,18	11,222 ± 0,005	21,156	21,15 ± 0,01
<i>c</i> (Å)	8,54	21,158 ± 0,005	8,548	8,548 ± 0,005
V (Å ³)	—	2029	—	2030 ± 2
<i>a</i> : <i>b</i> : <i>c</i>	0,539: 1: 0,403	0,762: 1: 1,885	0,5305: 1: 0,404	0,531: 1: 0,404

COMPOSITION CHIMIQUE

La microsonde électronique a permis de confirmer la présence du phosphore, tandis que la spectrographie d'émission U.V. a indiqué le fluor (bandes CaF après l'addition de CaO).

Pour l'analyse à la microsonde des cristaux relativement épais ont été sélectionnés, afin de surmonter la difficulté liée à la grande profondeur de pénétration des électrons dans un minéral formé d'éléments légers (5 à 10 microns de pénétration dans le cas de la fluellite). Un cas simple était constitué par un cristal (0,3 mm) de fluellite implanté sur une grande surface de gypse, avec phosphosidérite associée (Planche II, fig. 7). Des cartes de distribution élémentaire ont été dressées pour Al, P, Ca, S et Fe (Planche II, figs. 8, 9, 10, 11 et 12). La coïncidence parfaite de l'aluminium et du phosphore, l'absence de ces deux éléments dans le gypse et l'absence du calcium, du fer et du soufre dans la fluellite, ne laissent aucun doute sur la liaison Al, P. La phosphosidérite renforce encore la démonstration.

La fluellite de Richelle contient toujours une quantité de silicium, qu'il n'a pas été possible de chiffrer. La recherche d'autres éléments décelables par la microsonde (Na, Mg, Cl, Sr, Ba notamment) a été négative.

Le Tableau V compare les données chimiques de la fluellite de diverses provenances.

CONCLUSIONS

La conjonction de deux circonstances favorables (la mise au jour d'un excellent matériel cristallin et l'application de techniques analytiques modernes) a permis d'apporter un argument dans le problème minéralogique qui a subsisté pendant près d'un siècle, à savoir celui de la présence du phosphore dans la formule constitutive de la fluellite. Les circonstances difficiles des premières découvertes, ainsi que son association à des phosphates et sulfates beaucoup plus répandus que la fluellite, permettent de supposer que cette espèce pourrait être beaucoup plus fréquente qu'on ne le pensait. Les mesures optiques, goniométriques et diffractométriques ont confirmé la plupart des résultats obtenus par les chercheurs antérieurs.

TABLEAU V
 Comparaison des données chimiques

	Stenna Gwyn		Kazakhstan		Argenteau	Richelle
	GROTH, 1883	GUY <i>et al.</i> 1966 (1)	MOLEVA, 1962 <i>in</i> [18]		VAN TASSEL, 1959 (2)	Ce travail
Al	27,62 %	16,35 %	16,83 %	17,04 %	18,84 %	présent
PO ₄	nihil	28,78	28,44	28,97	27,56	présent
F	56,25	11,51	14,80	14,62	16,00	présent
OH	nihil	5,15	(3,32)	(3,59)	(6,53)	
H ₂ O	(15,56)	38,21	35,89	35,56	(31,07)	
Reste	0,58 (Na)	—	0,77	0,33		
Total	100,01	100,00	100,05	99,91	(100,00)	

(1) Calculé à la suite de l'étude de la structure cristalline.

(2) Recalculé *in* [6] et [18].

BIBLIOGRAPHIE

- [1] COX, A. A., 1967. — A program for Least-Squares Refinement of Unit Cell Dimensions. The City University London, Depart. of Physics, Crystallography Laboratory.
- [2] FRANSOLET, A.-M., JEDWAB, J. & VAN TASSEL, R., 1974. — Inventaire minéralogique de Richelle, Belgique. *Ann. Soc. géol. Belgique*, **97**, 275-278.
- [3] GROTH, P., 1883. — Beiträge zur Kenntnis der natürlichen Fluorverbindungen. *Zeits. Kryst.*, **7**, 456-493.
- [4] GRUNER, J. W., FETZER, W. G. & RAPAPORT, I., 1951. — The Uranium deposits near Marysvale, Piute County, Utah. *Econ. Geol.*, **46**, 248-251.
- [5] GUY, B. B. & JEFFREY, G. A., 1966. — The crystal structure of fluellite, Al₂PO₄F₂(OH)·7H₂O. *Amer. Miner.*, **51**, 1579-1592.
- [6] GUY, B. B., JEFFREY, G. A. & VAN TASSEL, R., 1967. — The crystal structure of fluellite : a correction. *Amer. Miner.*, **52**, 1576-1577.
- [7] JCPDS (Joint Committee on Powder Diffraction Standards), Powder Diffraction File. Pennsylvania.
- [8] KINGSBURY, A. W. G., 1959. — A new occurrence of fluellite in Cornwall, and its paragenesis. *Transact. roy. Geol. Soc. Cornwall*, **19**, 42-51.
- [9] LARSEN, E. S. & BERMAN, H., 1934. — The microscopic determination of the non-opaque minerals. *U.S. Geol. Surv. Bull.* **679**, 294 pp.
- [10] LAUBMANN, H. & STEINMETZ, H., 1920. — Phosphatführende Pegmatite des Oberfälder und Bayerischen Waldes. *Zeits. Krist.*, **55**, 523-586.
- [11] LÉVY, A., 1824. — On a new mineral substance. *Ann. Philos.*, ser. 2, **8**, 241-243.
- [12] PALACHE, C., BERMAN, H. & FRONDEL, C., 1951. — Dana's System of Mineralogy. Vol. 2, 1124 pp., New York.
- [13] RUSSELL, A., 1955. — The Rev. William Gregor (1761-1817), discoverer of titanium. *Miner. Mag.*, **30**, 617-624.

- [¹⁴] SCHOLZ, A. & STRUNZ, H., 1940. — Identität von Kreuzbergit und Fluellit. *Zentralbl. Miner. Geol.*, A, 133-137.
- [¹⁵] SELLNER, F., 1924. — Die Pegmatite der Umgebung von Marienbad. *Zeits. Krist.*, **59**, 504-512.
- [¹⁶] STRUNZ, H., 1970. — Mineralogische Tabellen. 5^e édit., 621 pp. Leipzig.
- [¹⁷] STRUNZ, H. & WILK, H., 1960. Ein Felssturz am Rosenquarz zu Pleystein. *Aufschluss*, **11**, 305-311.
- [¹⁸] TCHOUKROV, F. V., 1963. — Mineralii, vol. II-1, 296 pp. Moscou.
- [¹⁹] TENNE, C. & CALDERON, S., 1902. — Die Mineralfundstätten der Iberischen Halbinsel. 348 pp. Berlin.
- [²⁰] VAN TASSEL, R., 1959. — Autunite, apatite, delvauxite, évansite et fluellite de la région de Visé. *Bull. Soc. belge Géol.*, **68**, 226-250.