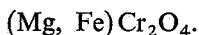


## Microdureté, susceptibilité magnétique et indice de réfraction des magnésiochromites,

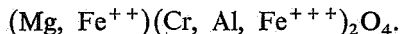
par CHAPOUR MOZAFARI.

### INTRODUCTION.

Les chromites appartiennent au système cubique et répondent à la formule chimique



En réalité, le Cr peut être partiellement substitué par des ions trivalents comme Al et  $\text{Fe}^{+++}$  de sorte que les chromites ont une formule chimique plus complexe du type



Les propriétés des chromites comme les paramètres de la maille unité, la densité et le pouvoir réflecteur, sont bien connues (PALACHE, 1958, p. 710; WINCHELL, 1945, p. 62). Par suite de leur faible transparence aux radiations visibles, leurs propriétés optiques par transmission comme l'indice de réfraction sont moins bien connues (LARSEN, 1921). Leur microdureté n'a fait jusqu'à présent l'objet que de mesures isolées (BOWIE et TAYLOR, 1958; TOUBEAU, 1963).

Les propriétés paramagnétiques des chromites ont été reconnues (PALACHE, 1958, p. 710; HEILAND, 1946, p. 310) et même précisées en vue d'établir leur relation éventuelle avec la composition chimique (PEOPLES et EATON, 1951).

Le présent travail a été entrepris dans le but de préciser davantage les propriétés paramagnétiques des chromites, par mesure de leur susceptibilité magnétique à l'analyseur Frantz Isodynamic, avec l'espoir d'enregistrer d'importantes variations de susceptibilité en rapport avec la teneur en composant magnétique ( $\text{FeO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$ ). Dans ce sens, les résultats obtenus se sont révélés décevants mais, par contre, les mesures réfractométriques en réflexion oblique ont permis de montrer que l'indice de réfraction des chromites est une fonction décroissante de leur teneur en  $\text{Al}_2\text{O}_3$ .

## EXPOSÉ DES MÉTHODES.

### 1. ANALYSE CHIMIQUE.

Chaque échantillon brut de chromite est d'abord broyé puis tamisé de façon à recueillir une poudre dont le grain soit compris entre 150 et 170 mesh.

La poudre est ensuite épurée au séparateur magnétique Frantz Isodynamic qui permet la concentration de la chromite, d'une part, et de la gangue silicatée, d'autre part, principalement composée d'olivine ou de serpentine et accessoirement de plagioclase.

La chromite épurée est attaquée par frittage au peroxyde de sodium à 480 °C. Le chrome et le manganèse sont dosés sous forme de bichromate et de permanganate par absorptiométrie des radiations respectives de 440 et de 520 m $\mu$  (LACROIX, LABALADE, 1949). Le fer est dosé selon la méthode classique par titration au permanganate de potassium (CHARLOT, 1961, p. 733). L'aluminium est précipité en présence de benzoate (CHARLOT, 1961, p. 584) tandis que le magnésium est précipité sous forme de phosphate ammoniacomagnésien (CHARLOT, 1961, p. 774).

### 2. MICRODUROMÉTRIE.

La microdureté est mesurée au microduromètre de Leitz équipé du pénétrateur de Vickers. La charge utilisée, de 500 g, permet d'obtenir des diagonales d'empreintes comprises entre 20 et 30  $\mu$ . La durée de la course du pénétrateur est fixé à 20 secondes. La valeur retenue pour la microdureté est la moyenne arithmétique de 10 mesures obtenues à partir d'empreintes de qualité. Dans de telles conditions, l'erreur sur la microdureté est inférieure à 4 %.

A titre d'exemple, nous avons calculé la probabilité d'écart pour la microdureté moyenne de l'échantillon Ch-5 (tabl. I).

On en déduit :

la moyenne arithmétique  $\bar{H} = 1.268 \text{ kg/mm}^2$ ;

l'erreur quadratique moyenne =  $\sqrt{\frac{14.698}{9}} = 40,41$ ;

l'erreur quadratique sur la moyenne :  $\Delta \bar{H} = \frac{40,41}{\sqrt{10}} = 12,78$ .

TABLEAU I.

## Microdureté de la chromite Ch-5.

Microdureté Vickers H en kg/mm <sup>2</sup>	Écart à la moyenne <i>e</i>	Carré de l'écart <i>e</i> <sup>2</sup>
1.244	24	576
1.340	72	5.184
1.293	25	625
1.200	68	4.624
1.272	4	16
1.272	4	16
1.217	51	2.601
1.272	4	16
1.300	32	1.024
1.272	4	16
$\Sigma = 12.682$		$\Sigma = 14.698$

Pour une probabilité  $\theta(u) = 0,95$ , on a  $u = 2$  d'où l'écart correspondant

$$\Delta(95 \bar{H}) = 2 \times 12,78 = 25,56.$$

Il y a donc une probabilité de 0,95 pour que la valeur exacte soit comprise entre 1.293,6 et 1.242,5, ce qui correspond à une erreur relative de 4 %.

## 3. MESURE DE LA SUSCEPTIBILITÉ MAGNÉTIQUE.

La susceptibilité magnétique  $k$  est mesurée par séparation magnétique sélective à l'analyseur magnétique Frantz Isodynamic (MOISET, 1959, p. 140). Chaque échantillon est préalablement broyé puis tamisé de manière à obtenir une poudre équigranulaire dont le grain moyen soit compris entre 150 et 170 mesh. La séparation s'opère sur un poids déterminé de poudre séchée (1 à 10 g selon l'échantillon

et les possibilités). On détermine par pesée, pour des valeurs croissantes du courant magnétisant  $i$  chaque fraction paramagnétique supplémentaire  $p$  séparée. La valeur  $I$  de  $i$  qui correspond au maximum de la fonction  $p = f(i)$  fixe la valeur du courant magnétisant spécifique qui permet ensuite de calculer la susceptibilité magnétique  $k$  par la formule

$$\frac{k}{\delta} = f \frac{\sin \theta}{I^2}, \quad (1)$$

dans laquelle  $\delta$  représente le poids spécifique du minéral paramagnétique,  $\theta$  l'angle d'inclinaison frontale du séparateur et  $f$  la constante instrumentale.

Cette dernière a été établie au laboratoire de concentration mécanique des minerais de la Faculté Polytechnique de Mons dirigé par le Prof<sup>r</sup> P. MOISET, à qui nous exprimons notre sincère gratitude.

La constante  $f$  mesurée avec les sels classiques de la firme Merck (sel de Mohr,  $k = 32,6 \cdot 10^{-6}$  u.c.g.s.; sulfate de nickel,  $k = 16 \cdot 10^{-6}$  u.c.g.s.; sulfate ferreux,  $k = 41,5 \cdot 10^{-6}$  u.c.g.s.) vaut

$$f = 5,5304 \cdot 10^{-7} \text{ cm}^4 \text{ sec}^{-2}.$$

En réalité nous nous sommes contenté de mesurer la susceptibilité magnétique massique

$$K = \frac{k}{\delta}, \quad (2)$$

donnée directement par la formule

$$K = f \frac{\sin \theta}{I^2}. \quad (3)$$

Pour obtenir  $K$  en unités c.g.s., le courant  $I$  est exprimé en unité c.g.s. pour laquelle on a 1 unité c.g.s. de courant = 10 ampères. L'inclinaison frontale  $\theta$  du séparateur est fixée à 21°.

La grandeur mesurée étant la susceptibilité dans l'air, il y a lieu de maintenir une ambiance rigoureusement constante au cours des essais. Dans ce but, le séparateur est placé dans un caisson où l'on maintient une température constante de 25 °C assurée par une lampe infrarouge et contrôlée au thermomètre. L'humidité de l'air est maintenue à sa valeur minimum par dessiccation continue assurée par une quantité suffisante de silicagel périodiquement renouvelée.

Par différenciation de la fonction (3) où l'on considère  $\theta$  et  $f$  comme des constantes, il vient en valeur absolue

$$\left| \frac{dK}{K} \right| = 2 \left| \frac{dI}{I} \right|. \quad (4)$$

La relation (4) montre que l'erreur relative sur  $K$  vaut le double de l'erreur sur  $I$ . Comme l'ampèremètre utilisé permet la lecture du centième d'ampère il vient  $2dI < 0,01$ . Pour les chromites, le courant magnétisant  $I$  vaut environ 0,60 ampère, ce qui conduit par application de la relation (4) à une erreur relative sur  $K$  inférieur à 2 %.

#### 4. RÉFRACTOMÉTRIE PAR RÉFLEXION OBLIQUE.

La méthode utilisée découle des lois de Fresnel sur la réflexion oblique (BRUHAT, 1947, p. 364). En adoptant un angle d'incidence de  $45^\circ$  et un angle de polarisation de  $45^\circ$  avec la normale au plan d'incidence, l'indice est donné par la formule (BEUGNIES, 1967)

$$N = \frac{\sqrt{2}}{2 \sin \alpha}, \quad (5)$$

où  $\alpha$  représente la rotation de la vibration réfléchie repérée à  $0,1^\circ$  près, grâce à un analyseur tournant équipé d'une lame de Nakamura.

Avec des sections parfaitement polies et homogènes, on obtient  $N$  avec deux décimales exactes. Grâce à l'emploi d'un monochromateur interférentiel,  $N$  a été mesuré avec les radiations de 470, 589 et 640  $m\mu$ . La valeur de  $\alpha$  adoptée pour le calcul de l'indice est, dans chaque cas, la moyenne arithmétique de 4 mesures.

## EXPOSÉ DES RÉSULTATS.

## 1. PROVENANCE DES ÉCHANTILLONS.

Nous précisons ci-dessous la provenance des chromites étudiées d'origine magmatique, généralement en ségrégation dans des péri-dotites.

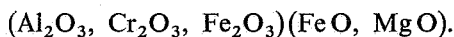
Échantillon n°	Lieu d'origine	Institution propriétaire des collections d'échantillons
Ch. 1 Ch. 2 Ch. 3 Ch. 4 Ch. 5 Ch. 6 Ch. 7 Ch. 8 Ch. 9 Ch. 10 Ch. 11 Ch. 12	Foroumad (Iran) (lentille Mir-Mahmoud, galerie 4 a). Foroumad (Iran) (lentille Mir-Mahmoud, galerie 4 F). Foroumad (Iran) (lentille Mir-Mahmoud, galerie 8 F). Foroumad (Iran) (lentille Mir-Mahmoud, galerie 7 a). Foroumad (Iran) (lentille Mir-Mahmoud, galerie 9). Foroumad (Iran) (lentille Mir-Mahmoud, ghar meidan). Foroumad (Iran) (lentille Mir-Mahmoud, galerie 14). Foroumad (Iran) (lentille Mir-Mahmoud, galerie 14). Esfandageh (Iran) (lentille 2). Fariab (Iran) (mine de Chahriar). Fariab (Iran) (mine de Amir). Foroumad (Iran) (mine de Sorour).	Service Géologique de l'Iran.
Ch. 13 Ch. 16 Ch. 20 Ch. 22 Ch. 23 Ch. 24 Ch. 26	— Vazarci (près de Kavadar) (Yougoslavie). Kraubat (Stirie). District de Nelson (Nouvelle-Zélande). Mine Daardi (Turquie). Baltimore (U.S.A.). Kroondal (Transvaal, Union Sud-Africaine).	Faculté Polytechnique de Mons.
Ch. 15	Kop Dague (Turquie).	Université d'Ankara.

## 2. COMPOSITION CHIMIQUE.

Les résultats de l'analyse chimique des 21 chromites sont précisés au tableau II et complétés par les proportions moléculaires telles que  $\text{Cr}_2\text{O}_3 + \text{FeO}_3 + \text{Al}_2\text{O}_3 = 100$  et  $\text{FeO} + \text{MgO} = 100$ .

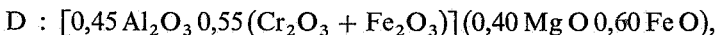
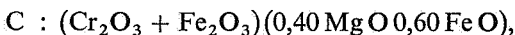
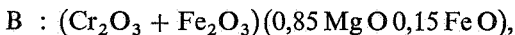
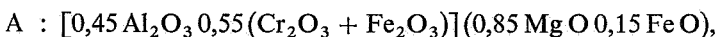
Les proportions pondérales obtenues donnent des totaux voisins de 100 % à l'exception toutefois des échantillons 9, 10 et 20 pour lesquels les totaux déficitaires valent respectivement 96,23; 96,63 et 93,75 %. Les poudres tamisées de ces échantillons, observées au microscope, contiennent encore effectivement une certaine proportion de mixtes, la maille de libération étant inférieure à 170 mesh. L'erreur de fermeture des analyses correspondantes découle donc de la présence d'une faible proportion de gangue silicatée.

Les proportions moléculaires calculées à partir des proportions pondérales montrent que les chromites étudiées répondent à la formule



Les données du tableau II montrent en outre que l'oxyde trivalent le plus important est  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  (48 à 76 % des oxydes trivalents) tandis que l'oxyde bivalent prépondérant est  $\text{MgO}$  (42 à 82 % des oxydes bivalents); il s'agit donc de magnésiochromites dont la teneur en  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  est faible (généralement moins de 15 % des oxydes trivalents). Le domaine d'existence des chromites étudiées est représenté dans un diagramme quadripolaire (fig. 1 a) dont les pôles sont constitués par  $\text{Al}_2\text{O}_3\text{MgO}$ ,  $(\text{Cr}_2\text{O}_3, \text{Fe}_2\text{O}_3)\text{MgO}$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{FeO}$  et  $(\text{Cr}_2\text{O}_3, \text{Fe}_2\text{O}_3)\text{FeO}$ .

Il est délimité par les points :



dans le domaine des magnésiochromites ferrifères et alumineuses.

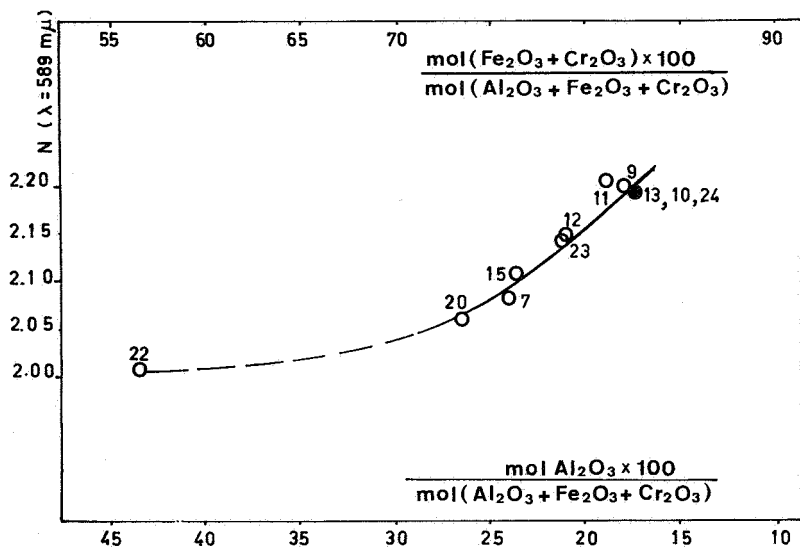


FIG. 1. — Indice de réfraction des chromites en fonction de la composition chimique.

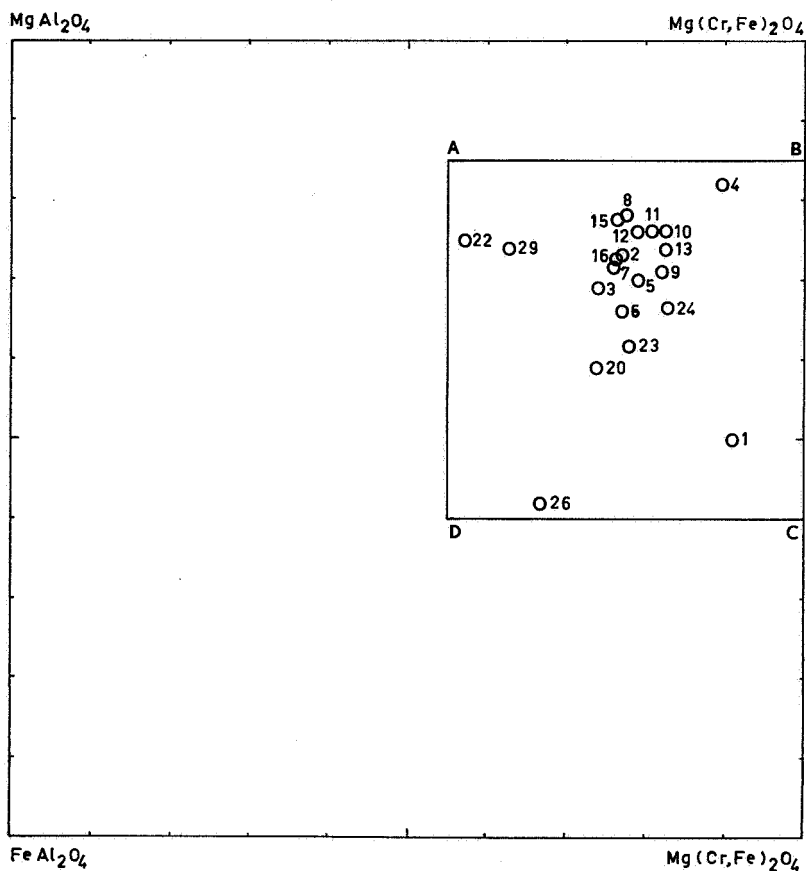


FIG. 1a. — Domaine de composition des magnésiochromites étudiées.



TABLEAU II.  
Composition chimique des magnésiochromites (1).

Échantillon n°	Proportions pondérales en %					
	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe O	Mg O	Total
Ch. 1	54,07	14,85	4,33	17,71	9,80	100,76
Ch. 2	56,63	5,89	12,22	10,38	15,40	100,52
Ch. 3	54,27	4,84	14,19	11,78	14,51	99,59
Ch. 4	58,38	12,83	5,48	6,86	16,91	100,46
Ch. 5	56,60	6,53	11,22	11,23	14,69	100,27
Ch. 6	55,63	5,85	12,32	12,63	13,91	100,34
Ch. 7	53,58	7,11	12,53	10,52	14,95	98,69
Ch. 8	55,28	8,08	12,13	8,30	16,71	100,51
Ch. 9	57,79	4,68	9,15	10,46	14,15	96,23
Ch. 10	57,07	6,45	9,02	8,82	15,27	96,63
Ch. 11	57,82	6,13	10,26	8,97	15,78	98,96
Ch. 12	56,08	8,02	11,23	9,33	15,98	100,46
Ch. 13	58,26	7,00	9,35	9,78	15,31	99,70
Ch. 15	56,62	5,38	12,89	8,64	16,50	100,03
Ch. 16	50,53	9,07	12,52	10,18	14,82	97,12
Ch. 20	42,08	12,93	13,02	14,20	11,52	93,75
Ch. 22	41,11	7,56	24,89	10,13	16,84	100,53
Ch. 23	58,10	3,58	11,31	14,21	12,72	99,93
Ch. 24	57,45	7,01	9,00	12,27	13,58	99,31
Ch. 26	46,94	5,21	17,51	21,29	8,69	99,64
Ch. 29	43,97	9,28	21,07	10,48	16,33	101,13

(1) Analyses exécutées au laboratoire de minéralogie de la Faculté Polytechnique de Mons; analyste : O. BALEINE.

TABLEAU II (suite).

Échantillon n°	Proportions moléculaires ( $\Sigma \text{Al}_2\text{O}_3 = \Sigma \text{Fe O} = 100$ )				
	$\text{Cr}_2\text{O}_3$	$\text{Fe}_2\text{O}_3$	$\text{Al}_2\text{O}_3$	Fe O	Mg O
Ch. 1	72	19	9	50	50
Ch. 2	76	6	18	29	71
Ch. 3	68	6	26	31	69
Ch. 4	74,1	15,5	10,4	18	82
Ch. 5	71,0	8,0	21	30	70
Ch. 6	70	7	23	27	73
Ch. 7	68	8	24	28	72
Ch. 8	68,2	9,4	22,4	22	78
Ch. 9	76	6	18	29	71
Ch. 10	74,5	8	17,5	24	76
Ch. 11	73,2	7,5	19,3	24	76
Ch. 12	70	9	21	24	76
Ch. 13	74	8,4	17,6	26	74
Ch. 15	70	6,3	23,7	22,5	77,5
Ch. 16	65	11,1	23,9	27,6	72,4
Ch. 20	57	16,7	26,3	41	59
Ch. 22	48,1	8,4	43,5	25	75
Ch. 23	74	4,4	21,6	38,3	61,7
Ch. 24	74,1	8,6	17,3	33,5	66,5
Ch. 26	60,2	6,4	33,4	58	42
Ch. 29	52,2	10,5	37,3	26,3	73,7

## 3. MICRODURETÉ.

La microdureté Vickers des magnésiochromites varie entre 1.200 et 1.384 kg/mm<sup>2</sup> (tabl. III), soit donc des valeurs comparables à celles déterminées par d'autres observateurs : 1.206 kg/mm<sup>2</sup> (BOWIE et TAYLOR. 1958).

Les valeurs obtenues confrontées avec les résultats fournis par l'analyse chimique ne permettent cependant pas de tirer une relation valable entre la microdureté et la composition chimique. Il n'est pas rare d'enregistrer des microduretés très différentes pour deux espèces chimiquement très voisines comme les échantillons 15 et 2 dont les microduretés valent respectivement 1.330 et 1.247 kg/mm<sup>2</sup>. Inversement, des microduretés voisines peuvent correspondre à des compositions chimiques totalement différentes, comme c'est le cas pour les échantillons 29 et 4.

## 4. SUSCEPTIBILITÉ MAGNÉTIQUE.

**État des connaissances actuelles.**

Les premières mesures de susceptibilité magnétique des chromites sont dues à STUTZER (HEILAND, 1946, p. 310). En 1952, PEOPLES et EATON tentent vainement d'établir une relation entre la composition chimique des chromites et leur susceptibilité magnétique; parmi 30 échantillons étudiés, 8 d'entre eux montrent cependant une relation linéaire entre la susceptibilité magnétique et le rapport molaire Fe/Fe + Mg. Enfin, en 1958, ROSENBLUM, à l'aide du séparateur Frantz Isodynamic, établit la valeur du courant magnétisant spécifique I de quelques chromites en adoptant un angle d'inclinaison frontal de 15°. Les valeurs obtenues par ROSENBLUM sont très dispersées (I variant entre 0,25 et 0,40 amp. avec un maximum entre 0,30 et 0,35) et montrent que la susceptibilité magnétique des chromites est variable au sein d'un même échantillon.

Nous donnons ci-dessous les valeurs actuellement connues de la susceptibilité magnétique des chromites d'après les mesures effectuées par les divers auteurs cités.

STUTZER (in HEILAND, 1946, p. 310)	$k = 244,51 \times 10^{-6}$ u.c.g.s.
PEOPLES ET EATON (1952) . . . . .	$k = 5,16 \times 10^{-6}$ à $121,94 \times 10^{-6}$ (33 échantillons du Stillwater Complex).
PEOPLES ET EATON (1952) . . . . .	$k = 505 \times 10^{-6}$ (1 échantillon de Red Lodge, Montana).
ROSENBLUM (1958) ... ..	$k = 522 \times 10^{-6}$ u.c.g.s.

**Exposé de nos résultats.**

La susceptibilité magnétique massique des magnésiochromites varie entre 57 et  $64 \times 10^{-6}$  u.c.g.s. (voir tabl. III), soit pour la susceptibilité magnétique proprement dite, en admettant un poids spécifique moyen de 4,2 (PALACHE, 1958, p. 710) des valeurs comprises entre  $240 \times 10^{-6}$  et  $270 \times 10^{-6}$  unités c.g.s. comparables à la valeur mesurée par STUTZER.

Les valeurs que nous obtenons, confrontées avec les résultats de l'analyse chimique, laissent peu d'espoir d'établir une loi de variation de la susceptibilité magnétique des magnésiochromites en fonction de leur composition chimique.

**5. INDICE DE RÉFRACTION.**

Préalablement à la mesure de l'indice par réflexion oblique, chaque échantillon est soumis au contrôle d'homogénéité par observation au microscope polarisant à réflexion. En effet, seules les surfaces parfaitement homogènes et polies sur plusieurs millimètres carrés sont susceptibles de donner des valeurs correctes de l'indice de réfraction. C'est pour cette raison que l'indice n'a pu être mesuré que sur les échantillons 7, 9, 10, 11, 12, 13, 15, 20, 22, 23 et 24. Les autres échantillons présentant une association de chromite avec une gangue silicatée en veinules ou en inclusions ont dû être écartés. Les indices mesurés se rapportent cependant à des échantillons dont la composition chimique couvre tout le domaine étudié. Les valeurs mesurées (tabl. III) varient entre 2,01 et 2,21 ( $\lambda = 589 \text{ m}\mu$ ) et sont conformes aux valeurs actuellement connues, obtenues par les méthodes classiques de réfractométrie à partir d'espèces suffisamment transparentes. C'est ainsi que LARSEN (1921) a obtenu les valeurs de 2,08 (chromite à 51,21 % de  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ) et 2,16 pour deux chromites suffisamment transparentes. On remarquera que la valeur de 2,08 obtenue par LARSEN pour une chromite à 51,21 % de  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  est identique à la valeur que nous avons mesurée pour l'indice d'une chromite chimiquement très voisine à 53,58 %  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  (ch. 7). Une telle concordance constitue un test de validité de la méthode réfractométrique par réflexion oblique.

Nous avons rassemblé ci-dessous les valeurs actuellement connues de l'indice de réfraction des spinellides qui nous intéressent (WINCHELL, 1945, p. 62; PALACHE, 1951, p. 710; DEER et autres, 1962, p. 78).

Spinnelle	... ..	$\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Mg O}$	$N = 1,719$ ( $\lambda = 589 \text{ m}\mu$ ).
Hercynite	... ..	$\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe O}$	$N = 1,800$ ( $\lambda \text{ Li}$ ).
Chromite	... ..	$\text{Cr}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe O}$	$N = 2,16$ ( $\lambda = ?$ ).

Magnésiochromite ... ..	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . Mg O	N = 2,00 (λ = ?).
Magnétite ... ..	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . Fe O	N = 2,42 (λ = 589 mμ).
Magnésioferrite .. ..	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . Mg O	N = 2,38 (λ = 589 mμ).

Les valeurs reprises au tableau ci-dessus montrent déjà que les proportions relatives de FeO et MgO n'ont qu'une influence secondaire sur l'indice des spinellides dont les variations principales sont commandées par les proportions relatives des oxydes Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> et Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Toutefois, on n'a aucune précision sur la nature de la fonction qui relie l'indice à la composition chimique des magnétites et des chromites.

Les valeurs que nous avons obtenues montrent que l'indice des magnésiochromites est une fonction décroissante de la teneur moléculaire en Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (fig. 1 et 2). Dans le domaine où

$$X = \frac{100 \text{ Al}_2\text{O}_3}{\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Cr}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3}$$

varie entre 26 et 17, l'indice augmente depuis 2,06 jusqu'à 2,20. Dans le domaine où X varie entre 43 et 26, le trop petit nombre de points représentatifs ne permet qu'un tracé probable de la fonction

$$N = f(X).$$

La dispersion se traduit par une diminution de l'indice avec la longueur d'onde (fig. 2).

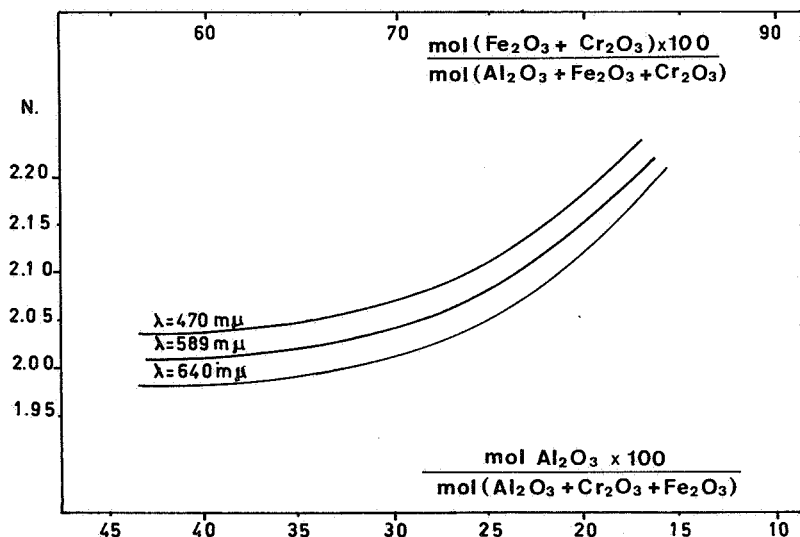


FIG. 2. — Effet de la dispersion sur les courbes

TABLEAU III.  
Propriétés des magnésiochromites.

Éch. n°	1	2	3	4	5	6	7
Ch. 22	43,4	25,0	1.385	—	2,03	2,01	1,99
Ch. 29	37,3	26,3	1.278	—	—	—	—
Ch. 26	33,4	58,0	1.248	—	—	—	—
Ch. 20	26,2	41,0	1.272	57.10 <sup>-6</sup>	—	2,06	—
Ch. 3	26,0	31,0	1.321	—	—	—	—
Ch. 7	24,0	28,0	1.259	61.10 <sup>-6</sup>	2,13	2,08	2,06
Ch. 16	23,9	27,6	1.244	60.10 <sup>-6</sup>	—	—	—
Ch. 15	23,7	22,5	1.330	—	2,14	2,11	2,09
Ch. 6	23,0	34,0	1.274	61.10 <sup>-6</sup>	—	—	—
Ch. 2	23,0	27,0	1.247	—	—	—	—
Ch. 8	22,4	22,0	1.275	59.10 <sup>-6</sup>	—	—	—
Ch. 23	21,5	38,3	1.244	—	2,16	2,14	2,12
Ch. 5	21,0	30,0	1.268	63.10 <sup>-6</sup>	—	—	—
Ch. 12	21,0	24,0	1.265	60.10 <sup>-6</sup>	2,18	2,14	2,13
Ch. 11	19,3	24,0	1.242	64.10 <sup>-6</sup>	2,24	2,21	2,18
Ch. 9	18,0	29,0	1.259	61.10 <sup>-6</sup>	2,21	2,20	2,19
Ch. 13	17,6	26,0	1.257	—	2,21	2,19	2,17
Ch. 10	17,5	24,0	1.200	58.10 <sup>-6</sup>	2,22	2,19	2,17
Ch. 24	17,3	33,5	1.253	—	2,22	2,19	2,16
Ch. 4	10,4	18,0	1.283	57.10 <sup>-6</sup>	—	—	—
Ch. 1	9,0	50,0	1.307	58.10 <sup>-6</sup>	—	—	—

LÉGENDE : 1. Rapport moléculaire  $\frac{100 \text{ Al}_2\text{O}_3}{\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Cr}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3}$ ;

2. Rapport moléculaire  $\frac{100 \text{ Fe O}}{\text{Fe O} + \text{Mg i O}}$ ; 3. Microdureté Vickers H en kg/mm<sup>2</sup>;

4. Susceptibilité magnétique massique  $K = \frac{k}{\delta}$  en unités c.g.s.; 5. Indice de réfraction ( $\lambda = 470 \text{ m } \mu$ ); 6. Indice de réfraction ( $\lambda = 589 \text{ m } \mu$ ); 7. Indice de réfraction ( $\lambda = 640 \text{ m } \mu$ ).

### CONCLUSION.

Après l'étude de 21 échantillons de magnésiochromites on peut tirer les conclusions suivantes :

la microdureté Vickers des magnésiochromites oscille autour d'une valeur moyenne de  $1.272 \text{ kg/mm}^2$  et peut atteindre les valeurs extrêmes de 1.200 et de  $1.385 \text{ kg/mm}^2$ ;

la susceptibilité magnétique massique varie entre  $57 \cdot 10^{-6}$  et  $64 \cdot 10^{-6}$  unités c.g.s. tandis que l'indice de réfraction ( $\lambda = 589 \text{ m}\mu$ ) est compris entre 2,01 et 2,20;

si la microdureté et la susceptibilité magnétique ne montrent aucune relation évidente avec la composition chimique, par contre, l'indice de réfraction est une fonction décroissante de la teneur en alumine;

lorsque la teneur pondérale en  $\text{Al}_2\text{O}_3$  est comprise entre 13 et 25 %, une augmentation de l'indice de 0,01 correspond à une diminution de 2,37 % en  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ;

dans le domaine où la même teneur est comprise entre 13 et 9 %, une augmentation de l'indice de 0,01 correspond à une diminution de 0,31 % de la teneur en alumine;

il est donc possible de déterminer la teneur en alumine d'une magnésiochromite à 1 % près par une simple mesure d'indice en réflexion oblique.

### RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES.

- BEUGNIES, A., 1967, Contribution à l'étude des wolframites. (*Ann. Soc. géol. de Belgique*, 90, pp. 1-12.)
- BILGRAMI, S. A. and INGAMEILS, C. D., 1960, Chemical Composition of the Zhob Valley Chromites, West Pakistan. (*Am. Min.*, 45, p. 576.)
- BOWIE, S. H. O. and TAYLOR, K., 1958, A system of ore minerals identification. (*Min. Mag.*, 99, pp. 265-277 et 337-345.)
- BRUHAT, G., 1947, Cours de physique générale : Optique. Ed. Masson, Paris.
- BUCHET, P., 1961, Étude expérimentale de la fonction dispersion au séparateur magnétique par voie sèche et soulèvement. (*Fac. Pol. de Mons* [travail fin études].)
- CHARLOT, G., 1961, Les méthodes de la chimie analytique. Analyse quantitative minérale. Éd. Masson, Paris.
- DEER, W. A., HOWIE, R. A. and ZUSSMAN, J., 1962, Rock forming minerals. Vol. 5. Éd. Longmans.

- DINNIN, J. I., 1959, Rapid analysis of Chromite and Chrome ore. (*U.S. Geol. Surv. Bull.*, 1084.)
- DUNHAM, K. C., PHILIPS, R., CHALMERS, R. A. and JONES, D. A., 1958, The chromiferous ultrabasic rocks of eastern Sierra Leone. (*Col. Geol. Min. Res. Bull.*, suppl. 3.)
- FRANKEL, J. J., 1959, Uvarovite garnet and south african jade from the Bushveld complex, Transvaal. (*Am. Min.*, 44, p. 565.)
- GOODENOUGH, J. B. and LOEB, A. L., 1955, Theory of ionic ordering, crystal distortion and magnetic exchange due to covalent forces in spinels. (*Phys. Rev.*, 98, p. 391.)
- HEILAND, C. A., 1946, Geophysical exploration. Ed. Prentice-Hall, New-York.
- LACROIX, S. et LABALADE, M. 1949, Dosage colorimétrique du manganèse et du chrome. (*An. Chem. Acta*, 3, p. 262.)
- LARSEN, E. S., 1921, The microscopic determination of the nonopaque minerals. (*U.S. Geol. Sur. Bull.*, 679.)
- MALHOTRA, P. D. and PRASADA RAO, G. H. S. V., 1956, On the composition of some indian Chromites. (*Amer. Min.*, 41, p. 460.)
- MOISET, P., 1959, Leçons de préparation mécanique des minerais et charbons. (*Cerc. Édité. Féd. Étud. Fac. Pol. de Mons.*)
- PALACHE, Ch., BERMAN, H. and FRENDEL, Cl., 1951, Dana's System of Mineralogy.
- PEOPLES, J. W. and EATON, S. P., 1952, Magnetic susceptibility of Chromites from Montana and its relation to other physical and chemical properties. (*Am. Min.*, 37, p. 298.)
- ROSENBLUM, S., 1958, Magnetic susceptibilities of minerals in the Frantz isodynamic magnetic separator. (*Ibid.*, 43, p. 170.)
- ROSS, C. S., FOSTER, M. D. and MEYERS, A. T., 1954, Origin of dunites and olivine rich inclusions in basaltic rocks. (*Ibid.*, 39, p. 693.)
- STEVENS, R. E., 1944, Composition of some Chromites of the Western hemisphere. (*Ibid.*, 29, p. 1.)
- STOLL, W. C., 1958, Geology and petrology of the Masinloc Chromite deposit, Zambales, Luzon, Philippine Islands. (*Bull. Geol. Soc. Amer.*, 69, p. 419.)
- TOUBEAU, G., 1962, Mesure de la microdureté Vickers des minéraux opaques et son intérêt en Minéralogie. (*Bull. Soc. belge de Géol.*, 71, pp. 242-267.)
- VAN DER KAADEN, G., 1959, On relationship between the composition of Chromites and their tectonic magnetic position in péricrotite bodies in the S-W of Turkey. (*Bull. Min. Res. Expl. Inst. Turkey*, 52, p. 1.)
- WINCHELL, A. N., 1945, Elements of optical Mineralogy, II. John Wiley and Sons, Inc., New-York.