

## Etude de Quelques Structures Magnétiques au Centre d'Etudes Nucléaires de Grenoble

E. F. BERTAUT, A. DELAPALME, F. FORRAT ET G. ROULT

*Centre d'Etudes Nucléaires, Grenoble, France*

ET

F. DE BERGEVIN ET R. PAUTHENET

*Laboratoire d'Electrostatique et de Physique  
du Métal, Grenoble, France*

A températures croissantes, l'alliage Fe-Rh, avec des teneurs en rhodium de l'ordre de 50%, passe de l'état antiferromagnétique à l'état ferromagnétique. Sa structure cristalline est du type CsCl, sa structure magnétique est du type G. Le sélénium de chrome  $\text{Cr}_3\text{Se}_4$  est antiferromagnétique; sa structure cristalline est du type NiAs déformé; sa structure magnétique présente une similitude avec  $\text{MnBr}_2$ . Les uranates de cobalt et de manganèse sont isomorphes de  $\text{UMgO}_4$  orthorhombique; la maille magnétique de l'uranate de cobalt est à doubler selon  $a$  et  $c$ .

### L'alliage fer-rhodium

Nous décrivons les structures magnétiques de certains alliages du système fer-rhodium Fe-Rh, du sélénium de chrome  $\text{Cr}_3\text{Se}_4$ , des uranates de manganèse et de cobalt  $\text{UO}_4\text{Mn}$  et  $\text{UO}_4\text{Co}$ .

Pour des teneurs en rhodium entre 50 et 55%, l'alliage Fe-Rh est antiferromagnétique au-dessous d'une température critique  $T_C$  et ferromagnétique au-dessus de  $T_C$ . D'après les mesures de M. Fallot<sup>1)</sup>,  $T_C$  passe de 150°K à environ 400°K lorsque la teneur en rhodium croit de 50 à 55% atomique. La transition, étudiée cristallographiquement par de Bergevin et Muldower<sup>2)</sup>, est du premier ordre. Dans un échantillon, pour lequel  $T_C$  était de l'ordre de 60°C, le paramètre  $a$  du réseau varie de 2.987 Å à 20°C, 2.998 Å à 90°C.

La structure est ordonnée et du type CsCl. Ce résultat a été confirmé par les expériences de diffraction des neutrons. A température ordinaire, les raies magnétiques ont tous les indices impairs dans une maille doublée dans toutes les directions. Ce résultat indique clairement un vecteur de propagation [ $\frac{1}{2}$   $\frac{1}{2}$   $\frac{1}{2}$ ], c'est-à-dire l'existence de couches ferromagnétiques alternées dans une direction [111]. La différence remarquable avec la structure de  $\text{MnO}$  est que dans notre cas, toutes les directions [111] du cube sont équivalentes. Dans la nomenclature de Wollan-Koehler<sup>3)</sup>, la structure appartient au type G, c'est-à-dire, chaque spin + d'une espèce a six spins- de la même espèce comme voisins à la distance  $a$ .

Particulièrement frappantes sont, au-dessus de  $T_C$ , la disparition des raies antiferromagnétiques et l'augmentation relative du rapport des intensités des raies de surstructure sur celles des raies ordinaires. Par exemple,  $F^2(100)/F^2(200)$  passe de 1/18 à 20°C à la valeur 1/8 à 100°C. Les mesures d'intensité des réflexions de Bragg et les mesures magnétiques indiquent que le fer et le rhodium ont dans la région ferromagnétique des moments respectifs de  $3\mu_B$  et de  $0.6\mu_B$ .

Nous nous proposons de faire des expériences d'analyse thermique différentielle et de conductivité afin de mieux comprendre la nature de cette transition.

### Le sélénium de chrome

L'étude de  $\text{Fe}_3\text{Se}_4$ <sup>4)</sup> et de son isomorphe  $\text{Cr}_3\text{Se}_4$ <sup>5)</sup> devrait être intéressante; en effet, on sait que le premier est ferrimagnétique et le second est antiferromagnétique. Il serait également intéressant d'étudier la distribution des cations bivalents et trivalents dans ces composés et dans d'autres composés non stoechiométriques dans lesquels s'établit un ordre des trous.  $\text{Cr}_3\text{Se}_4$  est monoclinique avec  $a=6.32$ ,  $b=3.62$ ,  $c=11.77$  Å et  $\beta=91^\circ 28'$ ; il appartient au type NiAs déformé. Les expériences de diffraction des neutrons à la température de l'hélium liquide montrent que la structure magnétique impose le doublement de  $a$  et  $c$ . Ainsi, la maille magnétique et l'arrangement général des spins ont une grande ressemblance avec ceux de  $\text{MnBr}_2$ <sup>6)</sup>

(quand on enlève les spins correspondant aux trous ordonnés dans le réseau des cations; une telle ressemblance a déjà été mise en évidence<sup>7)</sup> en comparant les structures magnétique de  $\beta$ -MnS (type zinc blende) et CuFeS<sub>2</sub>). Les valeurs des moments magnétiques individuels et leurs directions n'ont pas été déterminées.

### Les uranates

UMnO<sub>4</sub> et UCoO<sub>4</sub> sont isomorphes de UMgO<sub>4</sub><sup>8)</sup>. Ces deux composés ont des températures de Néel à 12°K. Les valeurs des paramètres sont dans le groupe d'espace conventionnel *Imma* des Tables Internationales :

$a=c=6.497\text{Å}$ ;  $b=6.952\text{Å}$  pour le composé au cobalt et

$a=6.645\text{Å}$ ,  $b=6.983\text{Å}$ ,  $c=6.749\text{Å}$  pour le composé au manganèse.

Seul, l'uranate de cobalt, qui a son axe

pseudotétragonal le long de  $b$ , a été étudié par la diffraction des neutrons. Les atomes de cobalt sont en  $4b) 00\frac{1}{2}, 0\frac{1}{2}\frac{1}{2}, \frac{1}{2}\frac{1}{2}0, \frac{1}{2}00$ .

La structure magnétique impose le doublement des axes  $a$  et  $c$  (Fig. 1). La direction du moment est soit  $a$ , soit  $c$  (cette ambiguïté ne peut être levée par les diagrammes de poudre). Les mesures magnétiques, dans la région paramagnétique indiquent pour Co<sup>2+</sup> une valeur du moment égale à  $4\mu_b$ ; les expériences de diffraction des neutrons à la température de l'hélium liquide sont également en faveur d'un moment de  $4\mu_b$ . La faible valeur de la température de Néel est expliquée par le fait que des interactions de super-superéchange prédominent. Les interactions Co-O-Co sont approximativement le long de l'axe  $c$ .

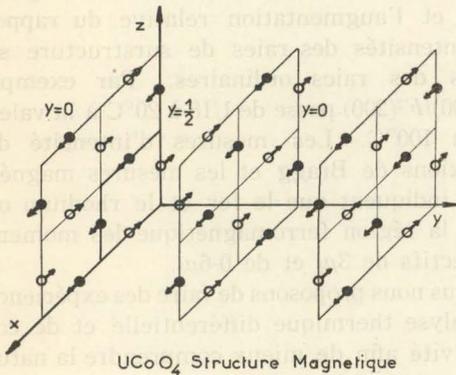


Fig. 1.

### Références

- 1 M. Fallot: *Ann. de Phys.* **10** (1938) 291.
- 2 F. de Bergevin et L. Muldower: *C.R. Acad. Sci.* **252** (1961) 1347.
- 3 E. O. Wollan et W. C. Koehler: *Phys. Rev.* **100** (1955) 545.
- 4 A. Okazaki et K. Hirakawa: *J. Phys. Soc. Japan* **11** (1956) 930.
- 5 M. Chevreton et F. Bertaut: *C.R. Acad. Sci.* **253** (1961) 145.
- 6 W. C. Koehler, M. K. Wilkinson, J. W. Cable et E. O. Wollan: *J. Phys. et Rad.* **20** (1959) 180.
- 7 G. Donnay, L. M. Corliss, J. D. H. Donnay, N. Elliott et J. M. Hastings: *Phys. Rev.* **112** (1958) 1917.
- 8 W. H. Zachariasen: *Acta Cryst.* **7** (1951) 788.