



HAL
open science

MESURES DE R. M. N. SUR LES ALLIAGES DILUÉS DE COBALT AVEC LES ÉLÉMENTS DE TRANSITION

J. Durand

► **To cite this version:**

J. Durand. MESURES DE R. M. N. SUR LES ALLIAGES DILUÉS DE COBALT AVEC LES ÉLÉMENTS DE TRANSITION. Journal de Physique Colloques, 1971, 32 (C1), pp.C1-899-C1-901. 10.1051/jphyscol:19711319 . jpa-00214351

HAL Id: jpa-00214351

<https://hal.science/jpa-00214351>

Submitted on 4 Feb 2008

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

MESURES DE R. M. N. SUR LES ALLIAGES DILUÉS DE COBALT AVEC LES ÉLÉMENTS DE TRANSITION

J. DURAND

Equipe de Recherche sur la structure électronique des solides, 3, rue de l'Université, 67, Strasbourg, France.

Résumé. — Des mesures d'échos de spin à basses et hautes températures sur des alliages de cobalt avec des éléments des trois séries de transition ont permis de confirmer l'existence d'un effet de valence et d'un effet de période. Les satellites observés dans les CoRh et CoIr montrent l'importance de la stabilité et de l'extension des couches d de l'impureté pour la détermination de l'écran. Pour les alliages où l'état lié virtuel apparaît au niveau de Fermi, on propose une identification nouvelle pour les divers satellites de la raie du cobalt ; en particulier, le satellite très éloigné de la raie du cobalt est attribué aux atomes de cobalt voisins d'une paire d'impuretés. Dans les CoRu et CoOs , on n'a pas décelé de variation anormale de l'écran en fonction de la température.

Abstract. — Spin echo measurements at low and high temperatures on cobalt alloys with transition elements show the existence of a valence and period effect. The CoRh and CoIr exhibit satellite lines which arise from the change in stability and extension of d shells between impurity and host atoms. A new interpretation of the satellite lines is suggested for alloys with virtual bound states ; a satellite line is attributed to the neighbours of a pair of impurity atoms. In the CoRu and CoOs , the thermic variation of the screening is not anomalous.

Introduction. — Des mesures de résistivité électrique [1-2], de pouvoir thermoélectrique [3-4] et d'aimantation à saturation [5-6] ont montré, dans les alliages dilués de cobalt avec les éléments de transition, l'existence d'un effet de valence. (Dans une série de transition donnée, apparition d'e.l.v pour $|Z|$ suffisamment grand) et d'un effet de période (pour les impuretés d'une série de transition donnée, apparition d'états liés virtuels [7] pour une différence de charge électronique $|Z|$ d'autant plus petite que l'impureté est plus lourde). Des mesures de R. M. N. sur le cobalt dans ces alliages doivent pouvoir confirmer ce double effet, en fournissant des renseignements sur l'extension de l'écran magnétique autour de chaque impureté. Dans ce but, nous avons entrepris une étude systématique des alliages de cobalt, à basses et hautes températures (de 4 à 650 °K), par la méthode des échos de spin.

1. Existence de satellites du cobalt dans les alliages isoélectroniques CoRh et CoIr . — Quand on passe d'une impureté de la première série de transition à une impureté de la troisième série de même valence, les configurations s étant supposées inchangées, les couches d deviennent de moins en moins stables et de plus en plus étendues. Ces deux effets conjugués introduisent sur l'impureté un potentiel de plus en plus répulsif. L'écran a été calculé de façon self-consistante pour les alliages isoélectroniques [8] ; il a été montré que la variation de densité électronique en dehors de la cellule de l'impureté est du même ordre de grandeur que dans le cas des impuretés caractérisées par $Z \neq 0$. Ceci est confirmé expérimentalement puisque l'écart $\Delta\nu$ entre la raie du cobalt (ν_0) et les raies satellites (ν_s) est à peu près le même pour les alliages où $|Z| = 0$ et pour ceux où $|Z| \neq 0$: nous obtenons pour les CoRh , $\Delta\nu = 7,25$ Mc/s et pour les CoIr , $\Delta\nu = 16$ Mc/s. Ces résultats expliquent les résistivités résiduelles relativement fortes mesurées sur les CoRh et CoIr [2].

II. Interprétation des satellites. Importance des effets de paires dans les alliages présentant des e.l.v.

— On dispose à ce jour d'un certain nombre de mesures de R. M. N. sur les alliages de cobalt. Sur les CoFe , trois satellites du cobalt ($\Delta\nu = 3$ Mc/s, $-1,1$ Mc/s, $-2,5$ Mc/s) avaient été observés par une méthode stationnaire [9-10]. Sur les CoMn , les mesures n'avaient montré aucun satellite [9]. Sur les CoCr , CoV , CoTi , des satellites larges et éloignés avaient été mis en évidence ($\Delta\nu \simeq 40$ Mc/s) [11] ainsi qu'un satellite proche ($\Delta\nu = 5,2$ Mc/s) pour les CoV [12]. Sur les CoOs , CoW et CoMo , on avait observé un satellite proche ($\Delta\nu \simeq 8$ Mc/s) et un satellite éloigné ($\Delta\nu \simeq 50$ Mc/s) [13-14]. S'appuyant sur la comparaison entre les intensités intégrées des différents satellites pour une concentration donnée d'une impureté, les auteurs cités avaient attribué le satellite éloigné à l'effet des atomes de cobalt premiers voisins d'une impureté isolée et le satellite proche aux troisièmes voisins ; entre les deux, on aurait un signal considérablement élargi dû aux seconds voisins.

Cependant, les concentrations d'impuretés étudiées sont souvent fortes pour que la comparaison des intensités relatives ait un sens [1]. Nous avons donc repris ces études en portant notre attention sur la dépendance en concentration de l'intensité des raies satellites et en utilisant nos mesures de T_2 (à publier). Dans les CoMn , nous avons obtenu deux satellites ($\Delta\nu = 4,5$ Mc/s et $\Delta\nu = 50,5$ Mc/s) ; dans les CoCr et CoTi , nous avons trouvé des satellites proches ($\Delta\nu = 8,5$ Mc/s pour les CoTi , et $\Delta\nu = 4$ et $6,5$ Mc/s pour les CoCr) ; dans les CoV , nous avons observé un nouveau satellite à $\Delta\nu = 8$ Mc/s. Ces nouveaux résultats joints à ceux déjà publiés, montrent que pour les alliages de cobalt étudiés jusqu'ici et présentant des e.l.v. (CoMn , CoCr , CoTi , CoRu , CoMo , CoOs , CoRe et CoW), on observe des satellites à peu près aux mêmes fréquences et d'allure très semblable : un ou plusieurs satellites proches ($\Delta\nu = 5$ à 10 Mc/s)

et de largeur à mi-hauteur équivalente à celle de la raie centrale du cobalt (3 Mc/s) et un ou plusieurs satellites éloignés ($\Delta\nu = 40$ à 50 Mc/s) et beaucoup plus larges (10 à 15 Mc/s). L'identification que nous proposons pour les satellites dans les $\underline{\text{CoV}}$ doit donc être valable aussi pour tous les autres alliages présentant des e.l.v. Or, pour les $\underline{\text{CoV}}$, les intensités intégrées des satellites (normalisées sur les intensités de la raie centrale) sont proportionnelles, pour $c \rightarrow 0$, à $12 \times 10^{-2} \times c$ pour la raie $\Delta\nu = 5$ Mc/s, à $6 \times 10^{-2} \times c$ pour la raie $\Delta\nu = 8$ Mc/s (Fig. 1) et à $6 \times 10^{-2} \times c^2$ pour la raie $\Delta\nu = 42$ Mc/s (Fig. 2)

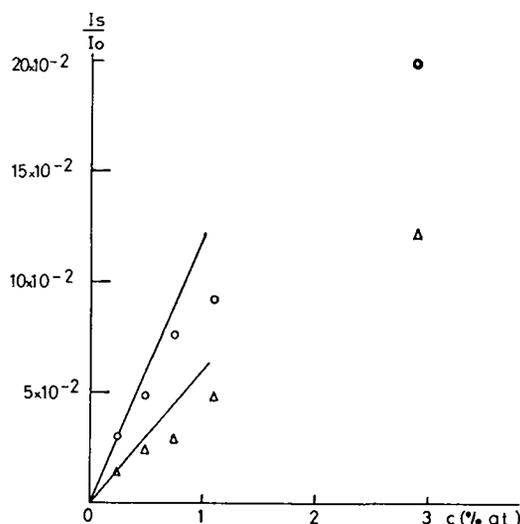


FIG. 1. — Intensités relatives des satellites $\Delta\nu = 5$ Mc/s (○) et $\Delta\nu = 8$ Mc/s (△) en fonction de c en % at. pour les $\underline{\text{CoV}}$ à 4 °K.

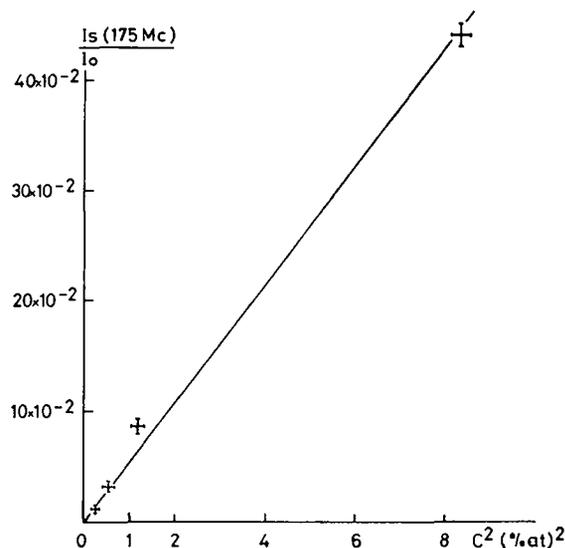


FIG. 2. — Intensité relative du satellite $\Delta\nu = 42$ Mc/s en fonction de c^2 (c en % at.) pour les $\underline{\text{CoV}}$ à 4 °K.

(c exprimé en % at.). Les satellites $\Delta\nu = 5$ Mc/s et 8 Mc/s sont donc attribués aux atomes de cobalt premiers et deuxièmes voisins d'un atome isolé de vanadium, et le satellite $\Delta\nu = 42$ Mc/s aux voisins d'une paire d'impuretés. L'ordre de grandeur du

terme en c^2 apparaît raisonnable. On a, en effet, 18,8 et 32 atomes de cobalt qui sont respectivement premiers, deuxièmes et troisièmes voisins d'un des atomes de la paire ; tous ces voisins fourniraient une contribution globale de l'ordre de $7 \times 10^{-2} \times c^2$ et on aurait là une explication de la largeur de ce satellite.

Une étude détaillée des satellites des autres alliages présentant des e.l.v. est en cours. Nos résultats préliminaires montrent que l'attribution faite dans le $\underline{\text{CoV}}$ est à étendre à tous les alliages présentant des e.l.v. Ceci est confirmé par les mesures d'aimantation moyenne [6], de diffraction de neutrons [15] et par nos mesures de résistivité résiduelle [1].

III. Etude de l'écran en fonction de la température dans les $\underline{\text{CoRu}}$ et $\underline{\text{CoOs}}$. — Pour expliquer le comportement anormal en fonction de la température des champs hyperfins dans le $\underline{\text{FeMn}}$, Campbell [16] a suggéré que, dans le cas où un e.l.v. était à demi-plein, on pouvait s'attendre à une variation importante de l'écran en fonction de la température. Des expériences de corrélations angulaires faites sur le ruthénium dans les $\underline{\text{NiRu}}$ ont montré une anomalie semblable pour $T/T_c > 0,2$ (T_c , température de Curie) [17]. Or, la structure électronique des $\underline{\text{CoRu}}$ et $\underline{\text{CoOs}}$ est analogue à celle des $\underline{\text{NiRu}}$ [2] (e.l.v. à moitié plein). Nous avons donc suivi la variation de l'écran en fonction de la température dans les $\underline{\text{CoRu}}$ et $\underline{\text{CoOs}}$ en mesurant la variation de $(\nu_s(T)/\nu_s(0))$ sur le satellite dû aux premiers voisins d'une impureté isolée. En fait, comme pour d'autres alliages de Co [19-20] on n'observe, jusqu'à $T/T_c = 0,45$, aucune anomalie de la

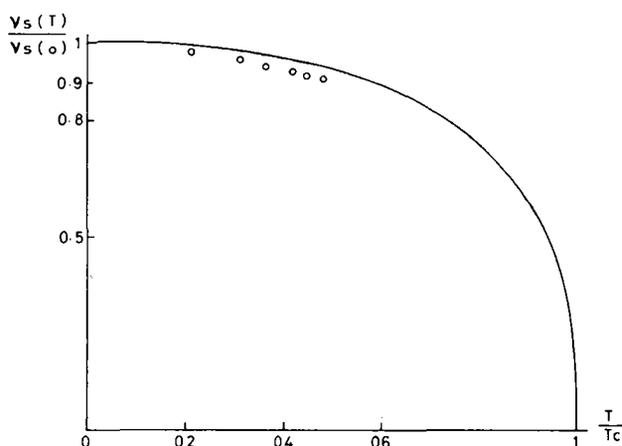


FIG. 3. — $(\nu_s(T)/\nu_s(0))$ en fonction du rapport T/T_c pour les satellites dus aux cobalts premiers voisins du ruthénium et de l'osmium dans les $\underline{\text{CoRu}}$ et $\underline{\text{CoOs}}$. La courbe en trait plein trace l'évolution de l'aimantation $(\sigma(T)/\sigma(0))$ en fonction de T/T_c ; [Myers-Sucksmith [18] (phase hexagonale) et Crangle [18] (phase cubique)].

variation thermique du champ hyperfin attribuable à la variation de l'écran avec la température. Une même étude reste à faire sur les impuretés de ruthénium et d'osmium.

Conclusion. — Ces résultats confirment l'existence d'un effet de valence et d'un effet de période dans les

alliages de cobalt. Ils permettent, en effet, de classer ces alliages en deux groupes : les alliages CoFe , CoRh et CoIr , d'une part, où l'on n'a que des satellites proches ; d'autre part, les alliages ayant un e.l.v. plein ou à demi-plein, où la perturbation magnétique est

étendue autour de l'impureté et où les effets de paires donnent naissance à des satellites éloignés.

Remerciements. — Je remercie vivement les professeurs F. Gautier et C. Robert pour leur aide précieuse.

Bibliographie

- [1] DURAND (J.), thèse de troisième cycle, Strasbourg, 1969.
- [2] DURAND (J.) et GAUTIER (F.), *J. Phys. Chem. Sol.*, 1970, **31**, 2773.
- [3] ROUSSEL (J.), thèse de troisième cycle Strasbourg, 1970.
CADEVILLE (M. C.) et ROUSSEL (J.), (cf. cette conférence).
- [4] CADEVILLE (M. C.), *Sol. State Com.*, 1970, **8**, 847.
- [5] CRANGLE (J.), *Phil. Mag.*, 1957, **2**, 659.
CRANGLE (J.) and PARSONS (D.), *Proc. Roy. Soc. (London)*, 1960, **33**, 1093.
- [6] LOEGEL (B.) *J. Phys. C, Metal Phys. Suppl.*, 1970, **S 355**.
- [7] FRIEDEL (J.), *Nuovo Cimento Suppl.*, 1958, **7**, 287.
- [8] DEMANGEAT (C.), thèse de troisième cycle, Strasbourg, 1969.
DEMANGEAT (C.), et GAUTIER (F.), *J. Phys. C. Metal Phys. Suppl.*, 1970, **S 291**, *J. Physique*, 1970, **31**, 903.
- [9] KOI (Y.), TSUJIMURA (A.), HIHARA (T.) and KUSHIDA (T.), *J. Phys. Soc. Japan*, 1961, **16**, 574.
- [10] LA FORCE (R. C.), RAVITZ (S. F.) and DAY (G. F.), *Phys. Rev. Lett.*, 1961, **6**, 226.
- [11] KOBAYASHI (S.), ASAYAMA (K.) and ITOH (J.), *J. Phys. Soc. Japan*, 1966, **21**, 65.
- [12] RIEDI (P. C.), SCURLOCK (R. G.) and WILMSHURST (T. H.), *J. Phys. C. (Solid St. Phys.)*, 1969, série 2, **2**, 259.
- [13] KUBO (H.) and ITOH (J.), *J. Phys. Soc. Japan*, 1967, **22**, 332.
- [14] KUBO (H.) and ITOH (J.), *J. Phys. Soc. Japan*, 1970, **28**, 1094.
- [15] CABLE (J. W.) and HICKS (T. J.), *J. Appl. Phys.*, 1970, **41**, 870 ; *Phys. Rev.* 1970, **B, 2**, 176.
- [16] CAMPBELL (I. A.) and GOMES (A. A.), *Solid St. Com.*, 1968, **6**, 395 ; CAMPBELL (I. A.), *J. Phys. C*, 1970, **3**, 2151.
- [17] SHIRLEY (D. A.), ROSENBLUM (S. S.) and MATTHIAS (E.), *Phys. Rev.*, 1968, **170**, 363.
- [18] MYERS (H. L.) and SUCKSMITH (W.), *Proc. Roy. Soc. A*, 1951, **207**, 427.
CRANGLE (J.), *Phil. Mag.*, 1955, **46**, 499.
- [19] OONO (T.) (J.) and ITOH (J.), *J. Phys. Soc. Japan*, 1969, **27**, 1359.
- [20] CRANSHAW (T. E.), *J. Appl. Phys.*, 1969, **40**, 1481.