Zeitschrift: Archives des sciences [1948-1980]
Herausgeber: Société de Physique et d'Histoire Naturelle de Genève
Band: 22 (1969)
Heft: 3

Artikel: Propriétés magnétiques d'alliages de susceptibilité élevée
Autor: Donzé, Paul
Kapitel: Introduction et sommaire
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-739162

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 15.12.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

i) contribute to the knowledge of the electronic band structure of pure metals and alloys;

ii) provide information on the magnetic state of atoms in solutions, because such impurities often alter in a significative way the susceptibility of the host metal.

In both cases we may have to deal with a high susceptibility either because of an important paramagnetic band contribution, sometimes enhanced by interelectronic exchange interaction, or because of the presence of magnetic impurities exhibiting localized moments with a Curie—like behaviour.

After having briefly recalled some theoretical notions with special emphasis on the manner of making full use of the measurements, susceptibility results are then presented, concerning a large variety of metallic alloys.

1) In agreement with a simple molecular field model, the exchange interaction between the Gd^{3+} ions and the conduction electrons of the host $LaRu_2$ could be directly observed on the results of susceptibility measurements of $LaRu_2$ doped with Gd.

2) Diluted in *Ag* or *Au* the " normal " Rare Earths behave like isolated ions, but the results concerning the " abnormal " *Ce*, *Eu* and *Yb* have proved the instability of their electronic valence state. A magnetic manifestation of the Kondo effect is probable on *Yb* diluted in *Au*.

3) The magnetic properties of the dilute system *Pd—Cr* were investigated and susceptibility results give rise to a conflicting situation.

4) Measurements in the *Ni—Rh* system confirm the high band susceptibility in these alloys, especially for *Ni* concentrations near the critical composition for the onset of ferromagnetism, where other effects such as superparamagnetism are evident. *Fe* in solution in *Ni—Rh* exhibits a " giant " magnetic moment in competition with the Kondo effect in *Rh*—rich alloys.

INTRODUCTION ET SOMMAIRE

Depuis bientôt quarante ans la structure électronique des métaux fait l'objet de nombreux travaux et spéculations. En témoigne par exemple la quantité importante de recherches poursuivies pour démontrer et expliquer le phénomène du ferromagnétisme dans certains métaux, et alliages de métaux de transition.

En bref, deux grands courants d'idées se sont développés simultanément:

— L'un prend sa source dans le modèle de bande électronique [Mott et Stoner en sont les pionniers]. Un modèle à « un » électron a d'abord été édifié et est actuellement assez évolué pour permettre l'étude d'effets « à plusieurs corps » dans les métaux.

— L'autre est issu de la théorie atomique localisée de Heitler-London [Heisenberg est le premier défenseur de ce modèle].

Plus récemment il s'est manifesté une grande activité, à la fois théorique et expérimentale, dont le but à atteindre est la meilleure compréhension possible de l'existence et des propriétés de moments magnétiques localisés sur des atomes dilués dans diverses substances métalliques hôtes. (L'état de la situation est résumé sur le diagramme de la page 705 dû à Coles).

Les mesures de susceptibilités magnétiques se sont toujours avérées être d'efficaces outils dans l'édification et l'évolution de ces théories, et leur contribution semble essentielle à la solution de ces problèmes du magnétisme.

En effet la susceptibilité magnétique d'un métal ou alliage se présente sous plusieurs côtés intéressants:

— La susceptibilité dépend des aspects variés de la distribution électronique et du mouvement des électrons dans une substance pure; elle apporte ainsi des informations sur la structure de bande électronique.

— Des atomes en solution, ou impuretés, peuvent altérer d'une manière importante et significative la susceptibilité d'une substance, ce qui peut fournir des renseignements sur l'état des impuretés.

— Du point de vue expérimental la susceptibilité est en outre une des rares propriétés électroniques qui ne soit pas de transport.

Les mesures de susceptibilité et d'aimantation magnétiques permettent une étude directe du comportement macroscopique d'un système. Si l'on soumet ce système à l'influence d'un champ magnétique extérieur, la réponse à cette perturbation est l'aimantation. Dans le cas d'une perturbation faible la réponse du système est en général linéaire: la *susceptibilité* est le facteur de proportionnalité entre la perturbation et la réponse, entre le champ et l'aimantation magnétiques.

Certains métaux et alliages métalliques peuvent présenter une *susceptibilité élevée*: soit en raison d'une contribution paramagnétique de bande importante (tel est le cas dans le $LaRu_2$), éventuellement renforcée par l'interaction d'échange inter-électronique (dans le Pd et le NiRh par exemple); soit à cause de la présence d'impuretés localisées présentant un moment magnétique qui obéit, en fonction de la température, à une loi de Curie ou Curie-Weiss (par exemple les Terres Rares [T.R.] diluées dans $LaRu_2$, Ag ou Au; ou encore le Fe en solution dans Pd ou Ni-Rh).

Ce travail débute par la description [Parties I et II] de la méthode de mesure utilisée et de l'appareillage développé et exploité pour mesurer les propriétés magnétostatiques de nos divers alliages.

Quelques bases théoriques sont ensuite évoquées [Partie III] en insistant particulièrement sur la façon de présenter les mesures, et d'en exploiter les résultats.

Les parties suivantes [Parties IV, V, VI et VII] sont consacrées à la présentation des résultats de nos mesures. Le large éventail d'impuretés étudiées en solution dans diverses matrices hôtes, de propriétés différentes souvent, permet de démontrer diverses manifestations magnétiques de ces impuretés localisées (ou non ?):

— L'interaction d'échange entre les ions Gd et les électrons de conduction du $LaRu_2$, peut s'observer directement sur les résultats de mesures de la susceptibilité d'un composé $LaRu_2 + Gd$, en accord avec un modèle simple du type champ moléculaire. [Partie IV].

— Diluées dans Ag ou Au les T.R. « normales » se comportent magnétiquement comme des ions isolés, avec d'éventuels effets dus au champ cristallin, à basse température. Les résultats de mesures magnétiques concernant les T.R. « anormales »

(Ce, Eu et Yb) illustrent l'instabilité de leur état de valence électronique; un effet Kondo est possible sur Yb dans Au [Partie V].

— Les propriétés d'une impureté telle que le Cr, élément de transition 3d, au sein d'un métal fortement paramagnétique comme le Pd, ne sont pas encore bien connues. De nombreux obstacles se dressent devant l'interprétation des résultats de mesures, magnétiques entre autres, concernant le système d'alliages *Pd*-Cr, actuellement très étudié. [Partie VI].

— Les mesures sur des alliages Ni-Rh confirment la haute susceptibilité de bande de ce système, spécialement dans le voisinage de la composition critique pour l'établissement du ferromagnétisme, où d'autres effets (tel le superparamagnétisme) sont également présents. Le Fe en solution dans Ni-Rh présente un moment magnétique « géant » en compétition avec un effet Kondo possible dans les alliages riches en Rh. [Partie VII].

I. QUELQUES GÉNÉRALITÉS

I.1. Grandeurs magnétiques. définitions et unités

Le champ électromagnétique peut se traiter comme un tenseur. Dans certain système de coordonnées on définit ses composantes à l'aide de deux vecteurs - champs $\vec{E}$ et $\vec{B}$ qui apparaissent dans l'équation de Lorentz

$$\vec{F} = q\left(\vec{E} + \frac{\vec{v} \times \vec{B}}{c}\right)$$

exprimant la force agissant sur une particule chargée. La grandeur de ces deux vecteurs dépend du choix de l'unité de charge q, mais non des unités de v/c, rapport des vitesses de la particule et de la transmission du champ électromagnétique. Le vecteur polaire $\vec{E}$, intensité du champ électrique, exerce une force indépendante du mouvement de la charge. Le vecteur axial $\vec{B}$, induction magnétique, exerce une force seulement si la charge est en mouvement relativement au système de coordonnées dans lequel $\vec{E}$ et $\vec{B}$ sont évalués. $\vec{E}$ et $\vec{B}$ sont indépendants, mais leurs dérivées par rapport au temps et à l'espace sont reliées par les équations de Maxwell; en particulier l'une de ces équations exprime la tension induite par une variation de champ:

$$V = \int_C \vec{E}.\vec{dl} = \frac{d}{dt}\int_S \vec{B}.\vec{dS}$$

où C est la courbe de fermeture de la surface S.