

7º Premio Salvador Velayos.

Reunión Anual CEMAG (Club español de magnetismo)- IEEE Magnetics Society

Girona 11-12 Noviembre 2021

*“Tratando de entender sistemas magnéticos complejos”
José C. Gómez Sal*



Salvador Velayos:

Nuestro profesor de electricidad y magnetismo en 3º.

Beca (1971, Gob. Francés) para Grenoble al laboratorio de magnetismo (L.Neél PN. 1970)

Visitas y reuniones en los Laboratorios de la Complu.

En el tribunal de tesis en Grenoble (1974).

1974. Contrato en la Univ. de Santander. (Ahora Cantabria)

Velayos Ponente de mi tesis (1976) en Madrid.

L.Neél. Doc Honoris Causa en la Univ. Complutense. (1978).

Relación continuada desde Santander con la UCM y con el IMA.



Reunión de Catedráticos de Física en las Universidades Españolas, Santander 1957.

De izda. a decha: Jesús Tharrats I Vidal; Gonzalo González-Salazar Gallart; Miguel Angel Catalán Sañudo; Antonio Espurz Sánchez; Joaquín Catalá de Alemany; Justiniano Casas Peláez; Maximino Rodríguez Vidal; Justo Mañas Díaz; Mariano Velasco Durántez; Salvador Velayos Hermita; Arturo Duperier Vallesa; José Baltá Elías; Juan Cabrera y Felipe; Carlos Sánchez del Río y Sierra; Armando Durán Miranda; Francisco Morán Samaniego; Rafael Domínguez Ruiz Aguirre.

Derecha: Julio Palacios Martínez, José García Santasmases, Luis Brú Villaseca, Luis Lozano Calvo y Josep M. Vidal Llenas que también eran Catedráticos en esa fecha.

Información proporcionada por los Profesores Carlos Sánchez del Río, Alberto Galindo Tixaire y Cristóbal Fernández Pineda.



CONTRIBUCIÓN AL ESTUDIO DEL PARAMAGNETISMO DE
 LOS SULFATOS OCTOHIDRATADOS DE LAS TIERRAS Raras,
 TERBIO, DÍSPROSIUM, HOLMIO Y ERBIO.

por S. VELAYOS.

Publicado en *Anales de la Sociedad Española
 de Física y Química*, L XXXIII, p. 207.

1935

CONTRIBUCIÓN AL ESTUDIO DEL PARAMAGNETISMO DE LOS SULFATOS OCTOHIDRATADOS DE LAS TIERRAS Raras. I. TERBIO, DÍSPROSIUM, HOLMIO Y ERBIO, por S. VELAYOS.

ZUSAMMENFASSUNG:

Es wird das Verhalten der Sulfate seltener Erden mit acht Wassermolekülen untersucht. Ihre paramagnetischen Konstanten bestimmt und grenze die Veränderung der magnetischen Suszeptibilität bei Temperatur von 80 bis 300° K. fest gestellt.

Im ersten Teil dieser Arbeit will ich mich nur mit dem Terbium, Dysprosium, Holmium und Erbium beschäftigen, die schelubar mit dem Gesetz von Curie-Weiss $\chi(T - \Delta) = C$ fast in der Gänze übereinstimmen.

Die Werte der erhaltenen Konstanten sind folgende:

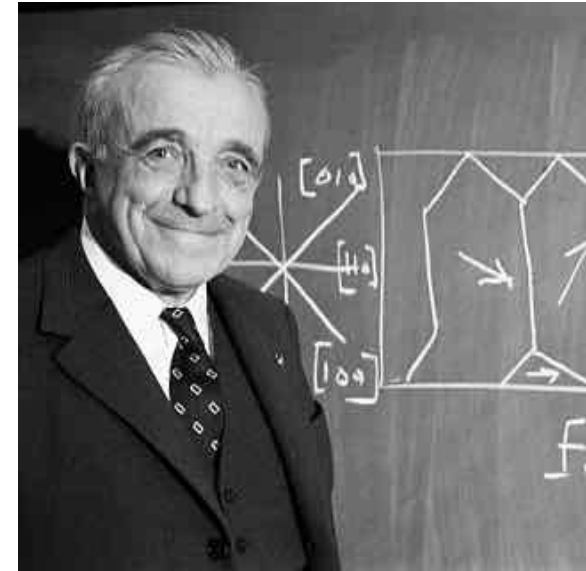
Tb.....	$\Delta = 16,3^\circ$	$C_e = 11,86$	$n_e = 48,3 \pm 0,0$
Dy.....	$\Delta = 4,9^\circ$	$C_e = 13,74$	$n_e = 52,0 \pm 0,0$
Ho.....	$\Delta = 7,1^\circ$	$C_e = 13,60$	$n_e = 51,7 \pm 0,0$
Er.....	$\Delta = 5,9^\circ$	$C_e = 11,17$	$n_e = 46,9 \pm 0,0$

hoy que el paramagnetismo es una propiedad característica de los elementos que pertenecen a las llamadas series de transición; es decir, a los elementos que presentan grupos incompletos de electrones y que, además, pueden tener otros completos. Aquí consideramos el caso de los iones trivalentes de las tierras raras que tienen 54 electrones distribuidos en grupos o niveles completos y el resto de electrones, hasta 68, en el grupo incompleto $4f$, definido por los números cuánticos $n = 4$, $l = 3$. El número de electrones de este nivel $4f$ varía desde 0, en el caso del La, hasta 14 para el Lu; presentando estos dos elementos el número de electrones necesarios para completar los respectivos niveles, se comportan como diamagnéticos.

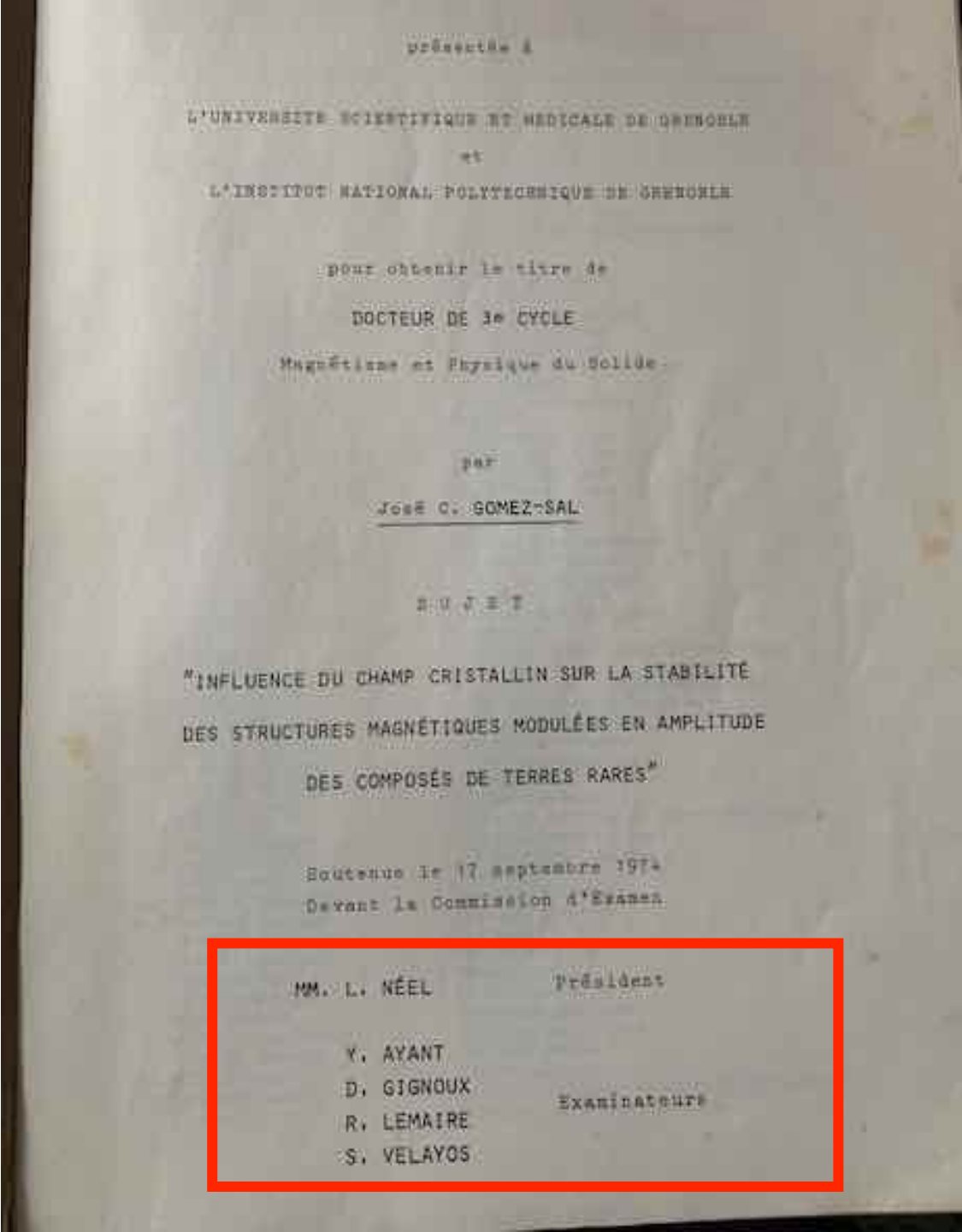
La determinación del coeficiente de imanación de los sulfatos octohidratados de los elementos de las tierras raras a la temperatura ambiente, ha sido realizada por Cabrera (1), quien suponiendo que esta clase de compuestos debían satisfacer a la ley de Curie $\chi \cdot T = C$, calculó los valores de la constante C de esta ley y el número de magnetones experimentales correspondiente para los distintos elementos.

Por indicación, y bajo la dirección del Profesor Cabrera, realizamos el presente trabajo, cuyo objeto es efectuar nuevas determinaciones de los coeficientes de imanación de esta clase de compuestos de los elementos de las tierras raras y estudiar su variación con la temperatura entre los 80 y 300° K; esto nos permitirá conocer la ley de variación del coeficiente de imanación con la temperatura y, por ende, deducir los valores de las constantes que intervienen en dicha ley, particularmente el de la constante

(1) *B. Anst. Chem. Physik*, **180**, 665, 1925; *Trab. Lab. Madrid*, núm. 79, 1936.



Felisa Núñez con Salvador Velavos y Louis Néel (Premio Nobel, 1970), Madrid, enero de 1978.



1985



Workshop - USA-Spain (Jaca 1985)

2018



Exposición sobre Blas Cabrera y el magnetismo.
Preparada por Barandiaran y Gomez Sal

- Manu:
- en Jaca (reunión del GEFES, ensayo de su tesis).
- **Desde 1988.** Proyectos en común UPV-UC, *"Preparación, propiedades magnéticas y de transporte de nuevos materiales metálicos, compuestos intermetálicos de tierras raras y vidrios metálicos"*, hasta el momento (L. Fernández Barquín y ML Fernández Gubieda), con Oviedo (J. Blanco, P. Gorria), Zaragoza y Pamplona.
- Consolidando infraestructuras comunes y temas complementarios. Estancias conjuntas en Grenoble, Copenhage, etc..
- Compuestos de Tierras Raras, Vidrios metálicos, nano cristales, Strongly correlated electron systems, Bacterias magnéticas,.....
- Hornos de preparación de muestras, Técnicas de neutrones, PPMS, Magnetómetros, Rayos X ,



Early seventhies!!!

Rare Earth - transition metal intermetallics.

- ⇒ **Localised 4f magnetism.**
(Strong anisotropy)
- ⇒ **Band magnetism 3, 4, 5 d**
(High Curie temperature)

⇒ **Material Physics:**

- Permanent magnets SmCo_5 , NdFeB .

But also:

⇒ **Fundamental magnetism:**

- Complex magnetic structures (incommensurability).
(Neutron diffraction ILL)
- Indirect long range interactions. RKKY.
_____(Spherical Fermi surface, free electrons, punctual interactions, isotropic $|\mathbf{K} - \mathbf{K}'|$)
OK for simple cubic magnetic structures
- Single ground state magnetism.
(Non Kramers ions)

New complex magnetic structures. Studied by neutron diffraction (CENG and ILL)

Magnetic structures , non commensurable, Helimagnetic, transverse wave, sinusoidal, etc. (Pure Rare Earths)

The condition to have a net magnetic moment is to have at least a doublet ground state, after the Crystalline field splitting

Single ground state magnetism

Crystal field effects in low symmetry compounds could lead to a single ground state in Non Kramers ions. (Tb, Ho, Tm)

Non Equal moments structures could not be stable at very low temperatures.

However we have demonstrated that in the case of non Kramers ion (Ho) the sinusoidal structure remain stable.

The magnetic moment is fully induced by the Exchange field.

In the case of Kramers (Er) the structure evolves at low temperatures to an equal moment structure.

Singlet ground state magnetism.

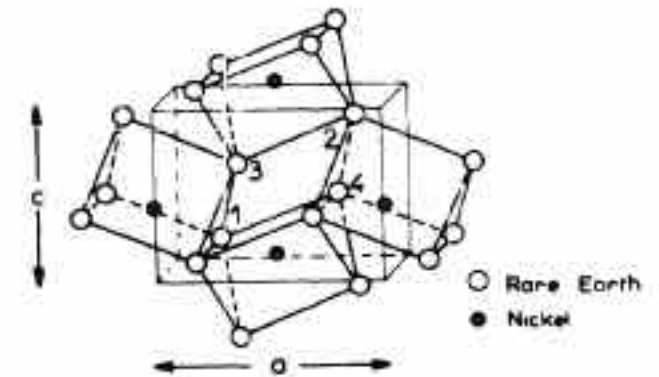
Rare Earths in low symmetry sites, could have a singlet ground state (Non Kramers ions) and then the magnetism should be induced by the Exchange field.

Journal of Magnetism and Magnetic Materials 1(1976) 203–213
© North-Holland Publishing Company

MAGNETIC PROPERTIES AND STRUCTURES OF THE RARE EARTH COMPOUNDS $\text{RNi}_{1-x}\text{Cu}_x$ WITH THE FeB-TYPE STRUCTURE

D. GIGNOUX and J.C. GOMEZ-SAL
*Laboratoire de Magnétisme, C.N.R.S.,
B.P. 166, 38042-Grenoble-Cedex, France*

Replacing nickel atoms by copper atoms in the ferromagnetic RNi compounds with the FeB-type structure introduces negative interactions opposed to the positive ones. The strong magnetocrystalline anisotropy leads to transverse wave magnetic structures which are observed with terbium, holmium and erbium. While this structure is stable only just below the Néel temperature for the erbium compounds, it remains stable until very low temperatures for the terbium and holmium ones. This behaviour, which depends on the rare earth being a Kramers or non Kramers ion, is interpreted by studying the effect of the low symmetry crystal field in these compounds. The stability of a transverse wave magnetic structure at 0 K is an example of magnetism induced by the exchange field.



Pnma



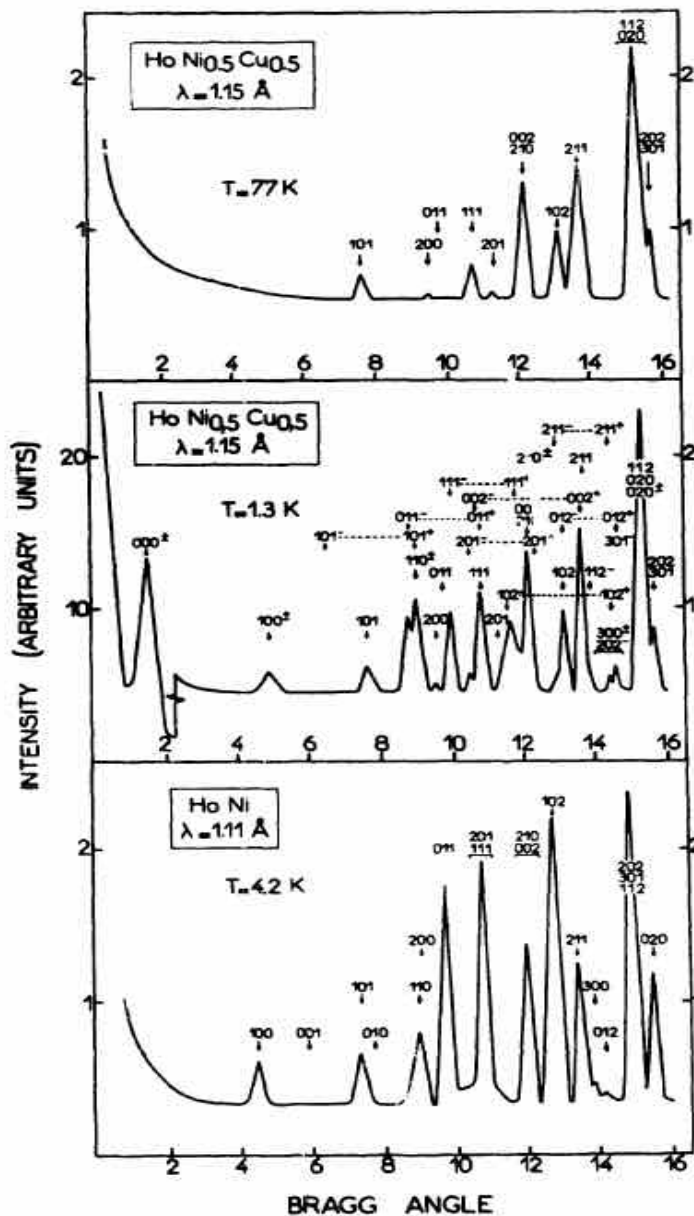


Fig. 6. $\text{HoNi}_{0.5}\text{Cu}_{0.5}$: neutron diffraction patterns at 77 and 1.3 K; HoNi : neutron diffraction pattern at 4.2 K.

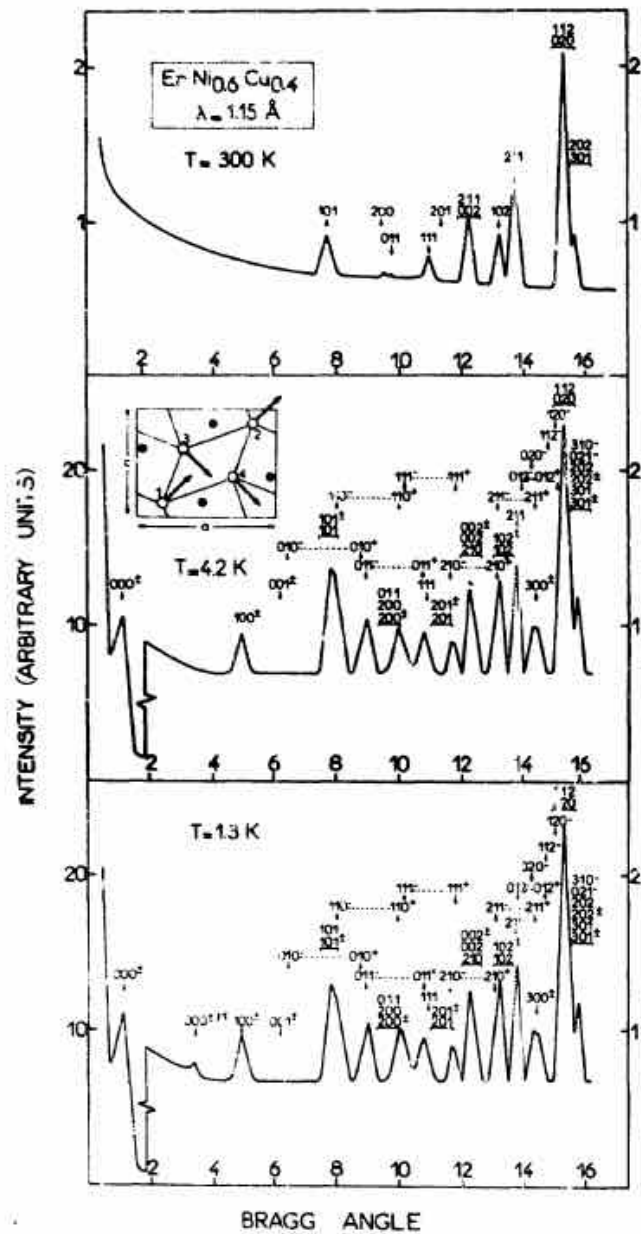


Fig. 7. $\text{ErNi}_{0.6}\text{Cu}_{0.4}$: neutron diffraction patterns at 300, 4.2 and 1.3 K. The insert shows the arrangement of magnetic moments in the (010) plane.

MAGNETIC PROPERTIES OF RNi_2Si_2 COMPOUNDS (R = RARE EARTH)

J.M. BARANDIARAN
Facultad de Ciencias, Universidad del País Vasco, Lejona, Spain

D. GIGNOUX, D. SCHMITT
Laboratoire Louix Néel, C.N.R.S., 166 X, 38042 Grenoble-Cedex, France

J.C. GOMEZ SAL and J. RODRIGUEZ FERNANDEZ
Departamento de Optica y Estructura de la Materia, Universidad de Cantabria, Santander, Spain

Received 9 March 1987; in revised form 5 June 1987.

We report an extensive study of the magnetic properties of tetragonal RNi_2Si_2 compounds (R = Pr, Nd, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm), through resistivity, neutron diffraction, susceptibility and magnetization experiments. All compounds exhibit complex incommensurate antiferromagnetic structures, while a transition occurs in TbNi_2Si_2 between a modulated phase and a simple antiferromagnetic structure, stable at low temperature. The magnitude of the bilinear exchange interactions deviates from the Gennes law and the direction of the ordered magnetic moments presents anomalies across the series, including the probable existence of other types of interactions between the rare earth ions.

PROPERTIES OF PrNi_2Si_2 943

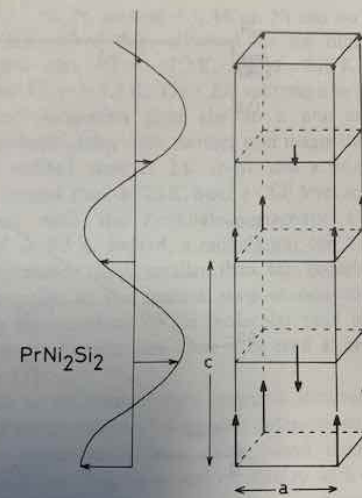


Fig. 3. Magnetic structure of PrNi_2Si_2 .

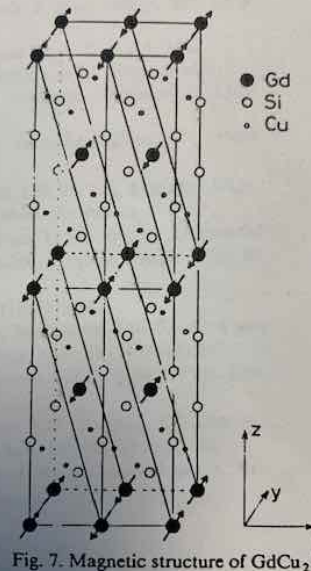


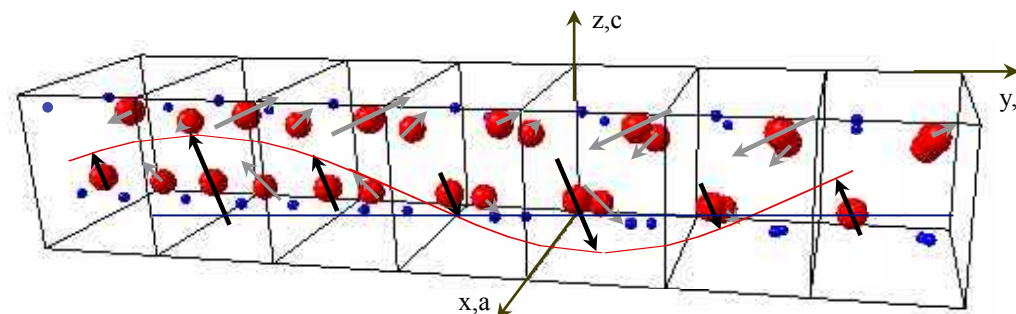
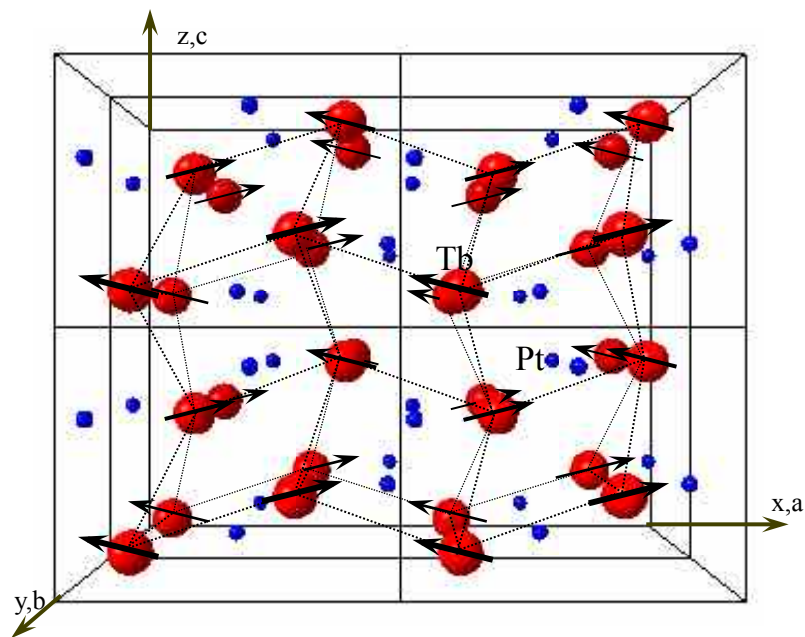
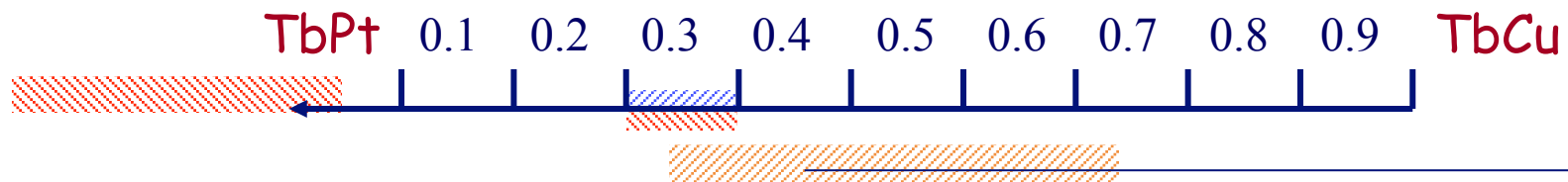
Fig. 7. Magnetic structure of GdCu_2Si_2 .

The thermal dependence of the reciprocal susceptibility measured on the polycrystal above 50 K (Fig. 4)

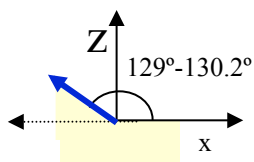
TbPt_{1-x}Cu_x magnetic structures. A Señas et al. PRB 2004

annealed

DIB ILL & G4.1 LLB



-CxFz

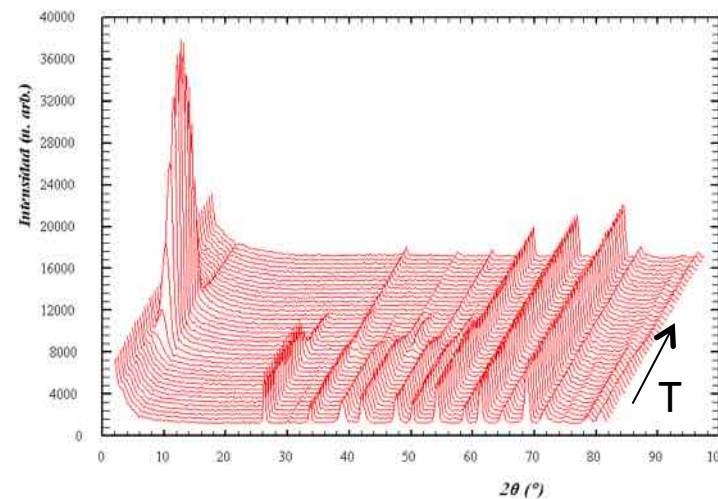


“limit compound”

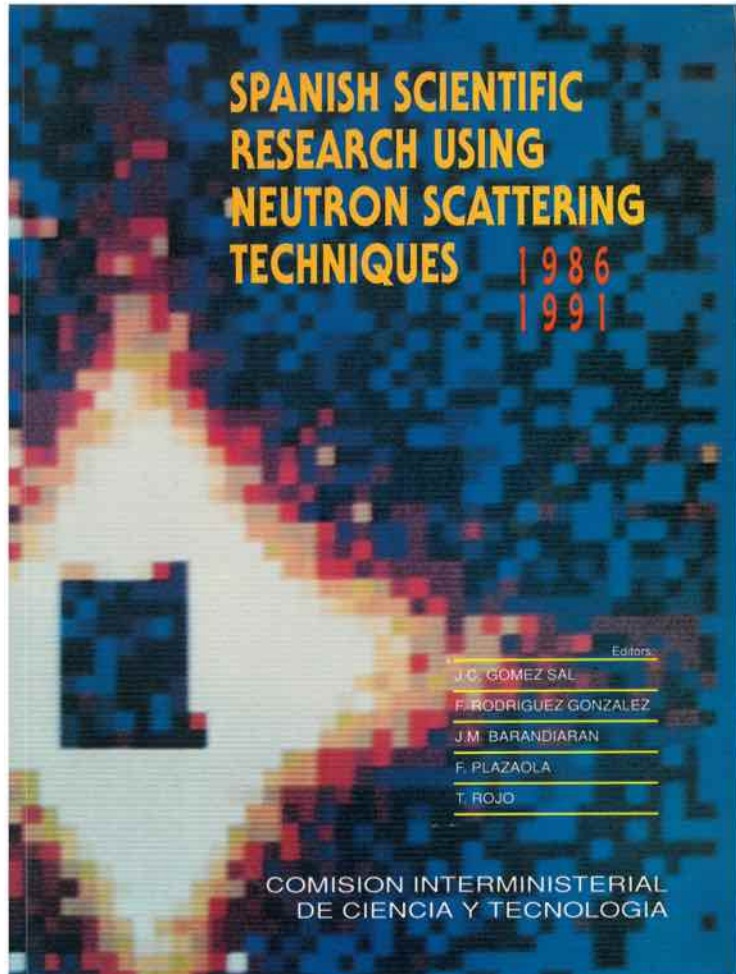
21-39 K AM $k||y$ (x,y,z)

≤30 K

-CxFz



España entra como socio científico en el ILL 1986. (Scientific and Steering committee)
Deusto. 1990. Jornadas de Neutrones.
Presentación del libro en Santander. (1991)
Creación de la SETN. (1997)



Asistencia de Directores de los Centros de neutrones en Europa.

ILL- J.Charvolin

ISIS- J. Finney

LLB- J.Rossat-Mignod

KFA- T.Springer

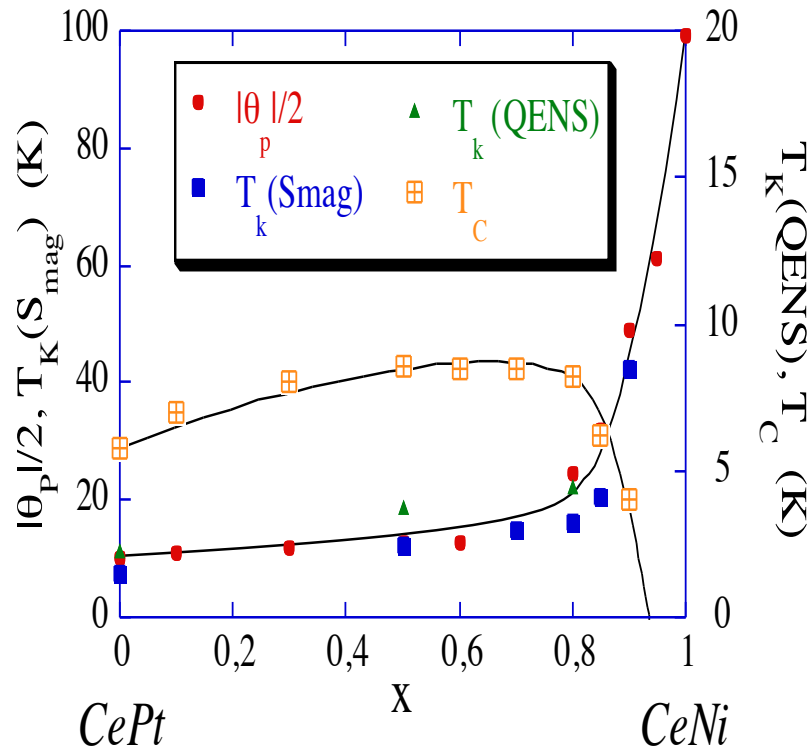
CENG. J.Schweizer

Strongly correlated electron systems. Kondo effect

The case of $\text{CePt}_{1-x}\text{Ni}_x$

D. Gignoux, J. C. Gómez Sal, Phys. Rev. B 30, 3967 (1984)

J. A. Blanco et al. Phys. Rev. B 15126 (1994). (Santander – Birbeck collab)



CeNi is intermediate valence, CePt is one of the few Kondo-ferromagnet. $T_c = 6\text{K}$.

It has been demonstrated that the Ce^{3+} state is increasingly screened by Kondo effect with the rise of Ni concentration, x , leading to a gradually decrease of the magnetic moment.

The disappearance of the magnetic order occurs at $x = 0.95$.

These features are due to the increasing importance of the 4f-conduction band hybridization respect to the magnetic RKKY interactions and are interpreted on the ground of the diagram proposed by Doniach .

First Experimental Confirmation of the validity of Doniach Diagram.

CRYSTALLOGRAPHIC STUDY AND MAGNETIC STRUCTURES OF $\text{CeNi}_x\text{Pt}_{1-x}$ AND DILUTED RELATED COMPOUNDS

J.C. Gómez Sal,^{*} J.I. Espeso,^{*} and J. Rodríguez Fernández^{*}

^{*}DCITYM, Facultad de Ciencias, Universidad de Cantabria, 39005 Santander, Spain

J.A. Blanco[†]

[†]Dpto. de Física, Universidad de Oviedo, 33007 Oviedo, Spain

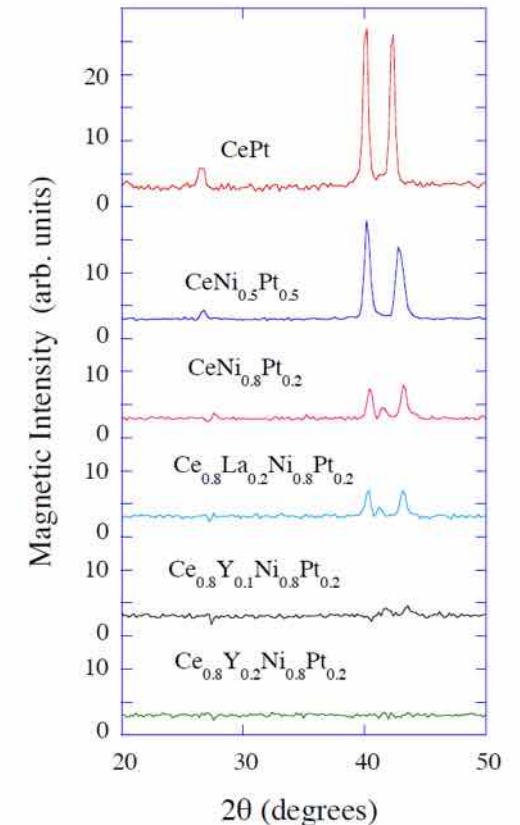
and

J. Rodríguez Carvajal[‡]

[‡]Institut Laue-Langevin, Grenoble 38042, France

(Received 22 May 1993 by P. Burlet)

In Honour to Professor E.F. Bertaut for his 80th Anniversary



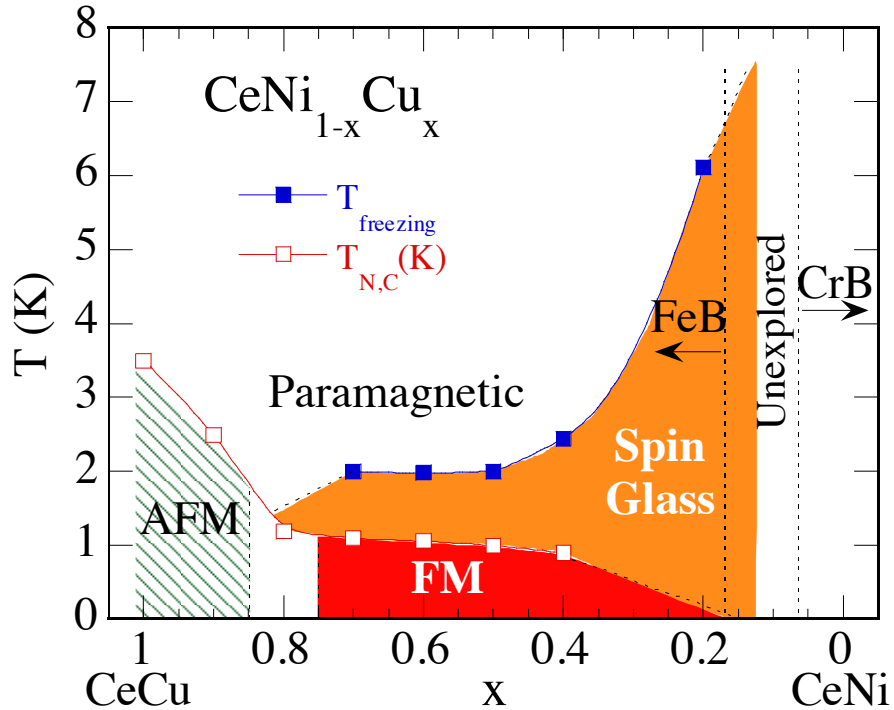
P.Martinez Samper et al. "The evanescence of ferromagnetic order in $\text{Ce}_{1-x}\text{Y}_x\text{Ni}_{0.8}\text{Pt}_{0.2}$ dense Kondo system". Eur. Phys J. B. 28, 103-109, (2002)

The case of $\text{CeNi}_{1-x}\text{Cu}_x$

Tentative x-T phase diagram

T_f and T_c from ac-dc magnetization down to 2 K

Simposium. IMA. Madrid 1997.
Bernard, Campbell, Lacroix



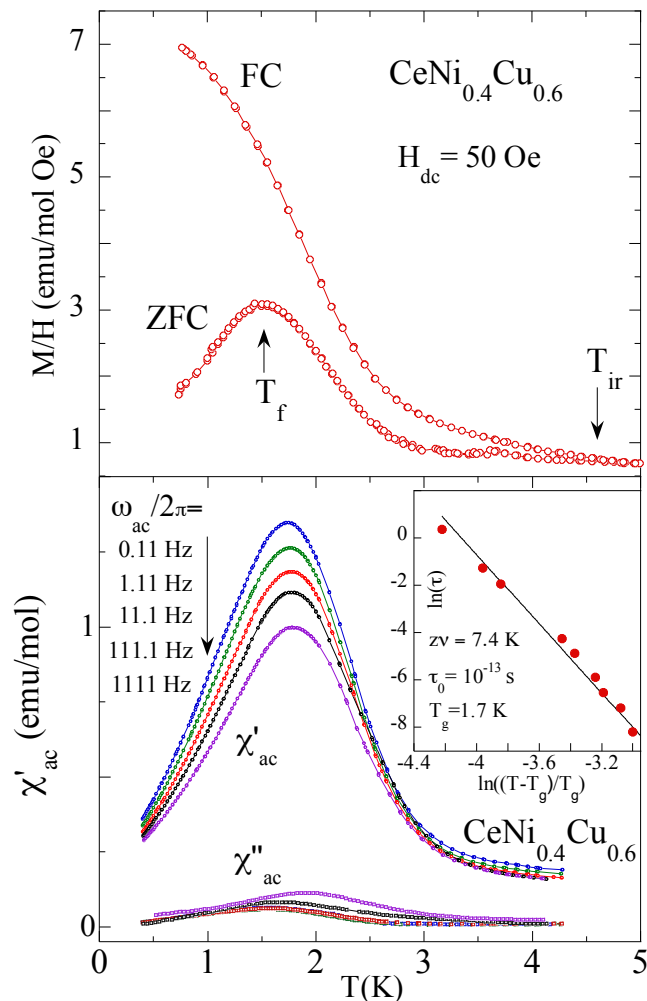
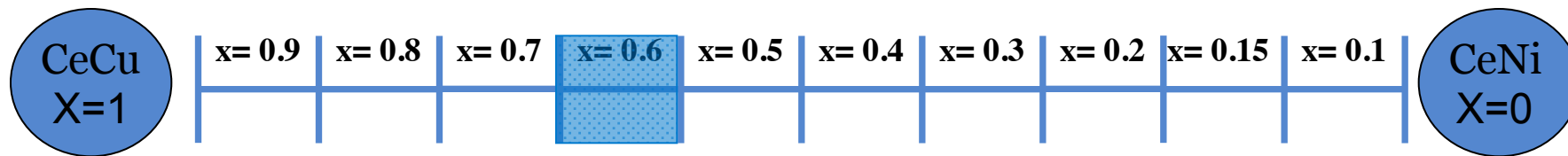
SG state above FM state:

- ORIGIN ?

-SG-FM PHASES COEXIST?

VERY LOW T CHARACTERIZATION IS REQUIRED

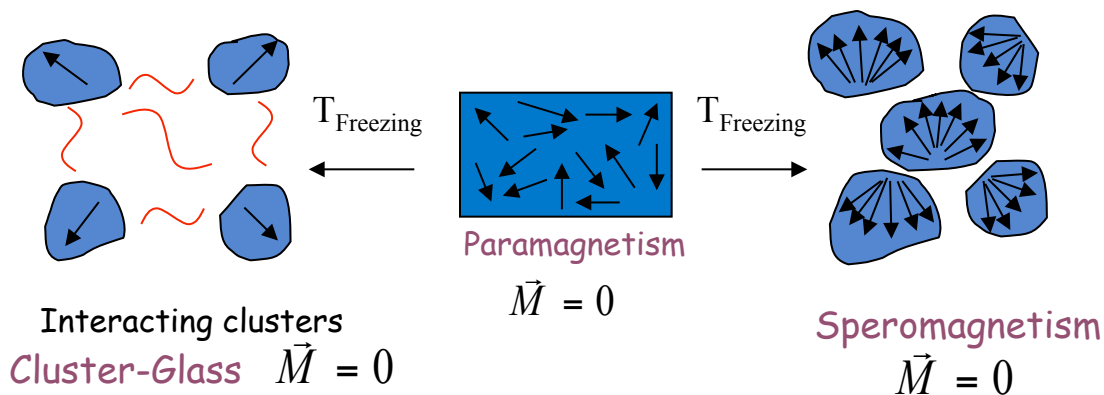
J. García Soldevilla et al., Phys. Rev.B 61 (2000) 6821



• CLUSTER-GLASS STATE BELOW T_{FREEZING}

$$\delta = \frac{\Delta T_f}{T_f} \Delta \ln \omega$$

0.005 (canonical SG) < $\delta \sim 0.010(1)$ < 0.1 (SPM)



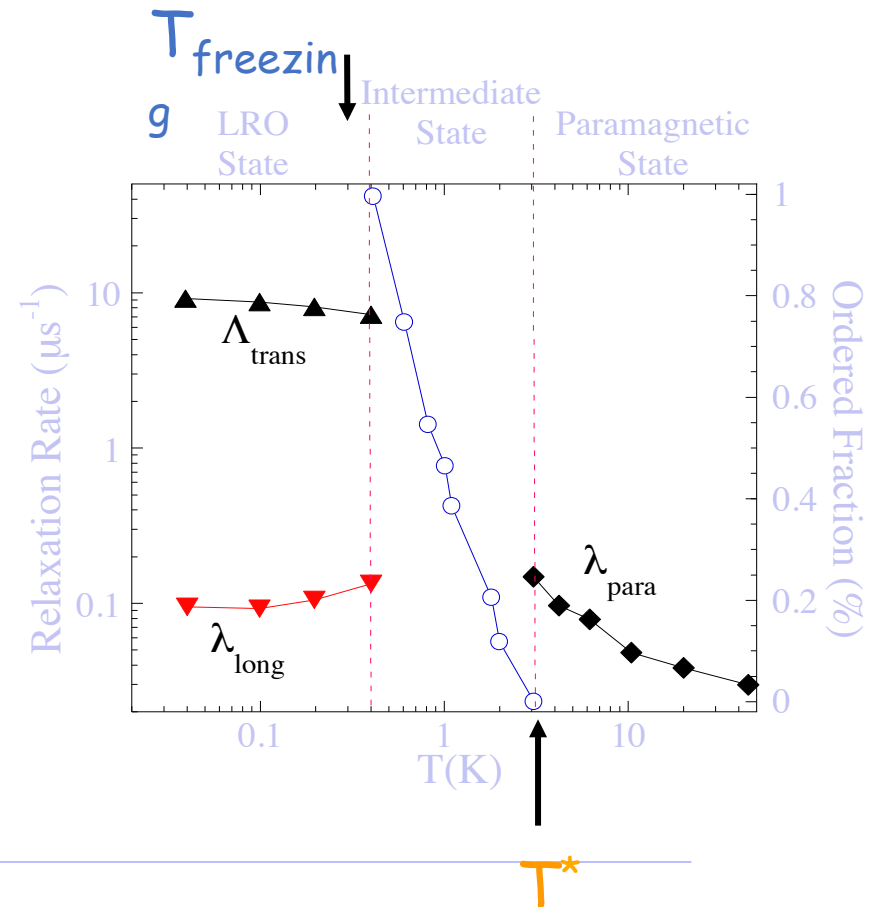
UNUSUAL CLUSTER-GLASS FERROMAGNETIC STATE

- 1) WHAT IS THE ORIGIN OF SUCH A CLUSTER-GLASS PHASE ABOVE THE FM STATE?
- 2) T_c ?

WHAT KIND OF MECHANISM LEADS FROM THE CLUSTER-GLASS TO A FM STATE?

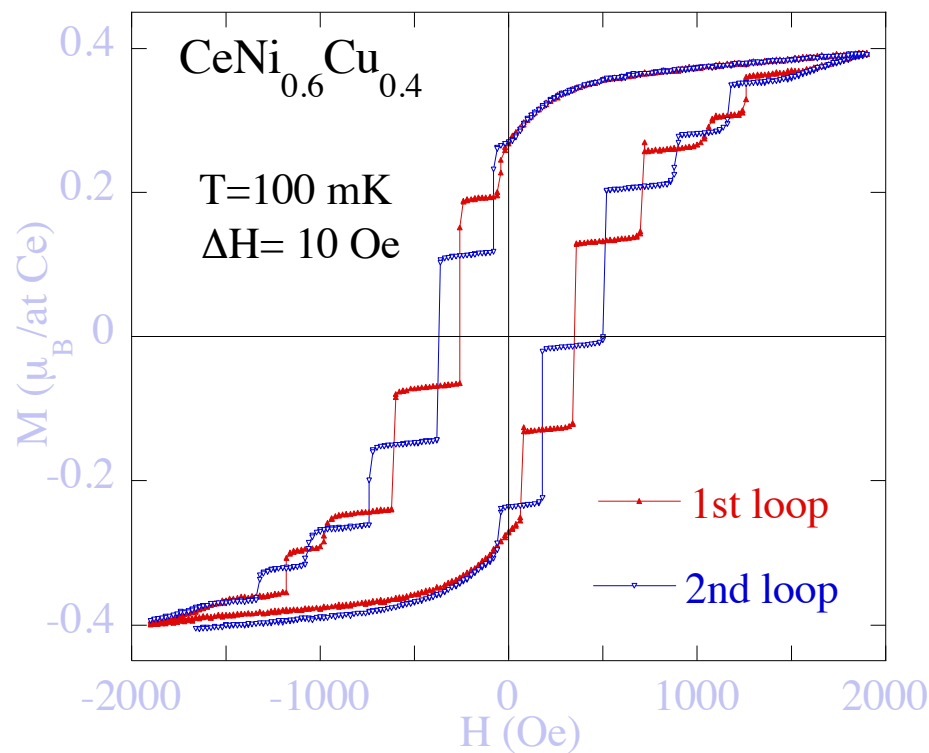


Neutrones
muones,
Susceptibilidad ac
Imanacion

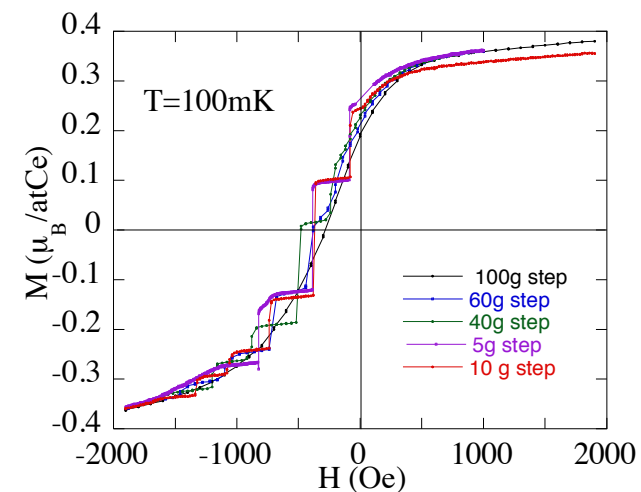
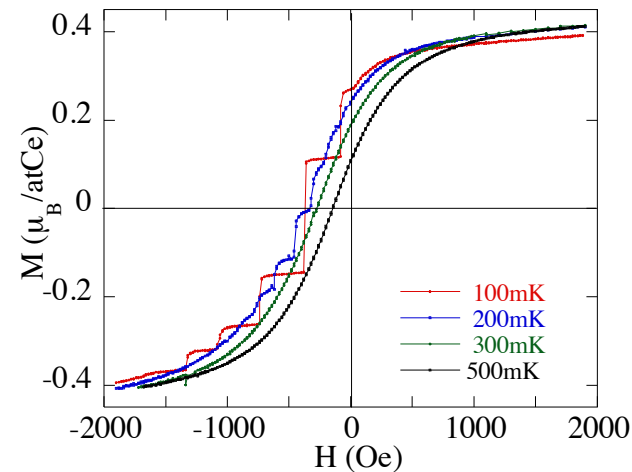


2.- STAIRCASE LIKE BEHAVIOR IN HYSTERESIS LOOPS $T \ll T_{\text{freezing}}$

$\text{CeNi}_{0.6}\text{Cu}_{0.4}$, $\text{CeNi}_{0.5}\text{Cu}_{0.5}$



AVALANCHES, or "GIANT BARKHAUSEN NOISE":
proof of the clustering state at very low T
Domainlike ferromagnetic structure



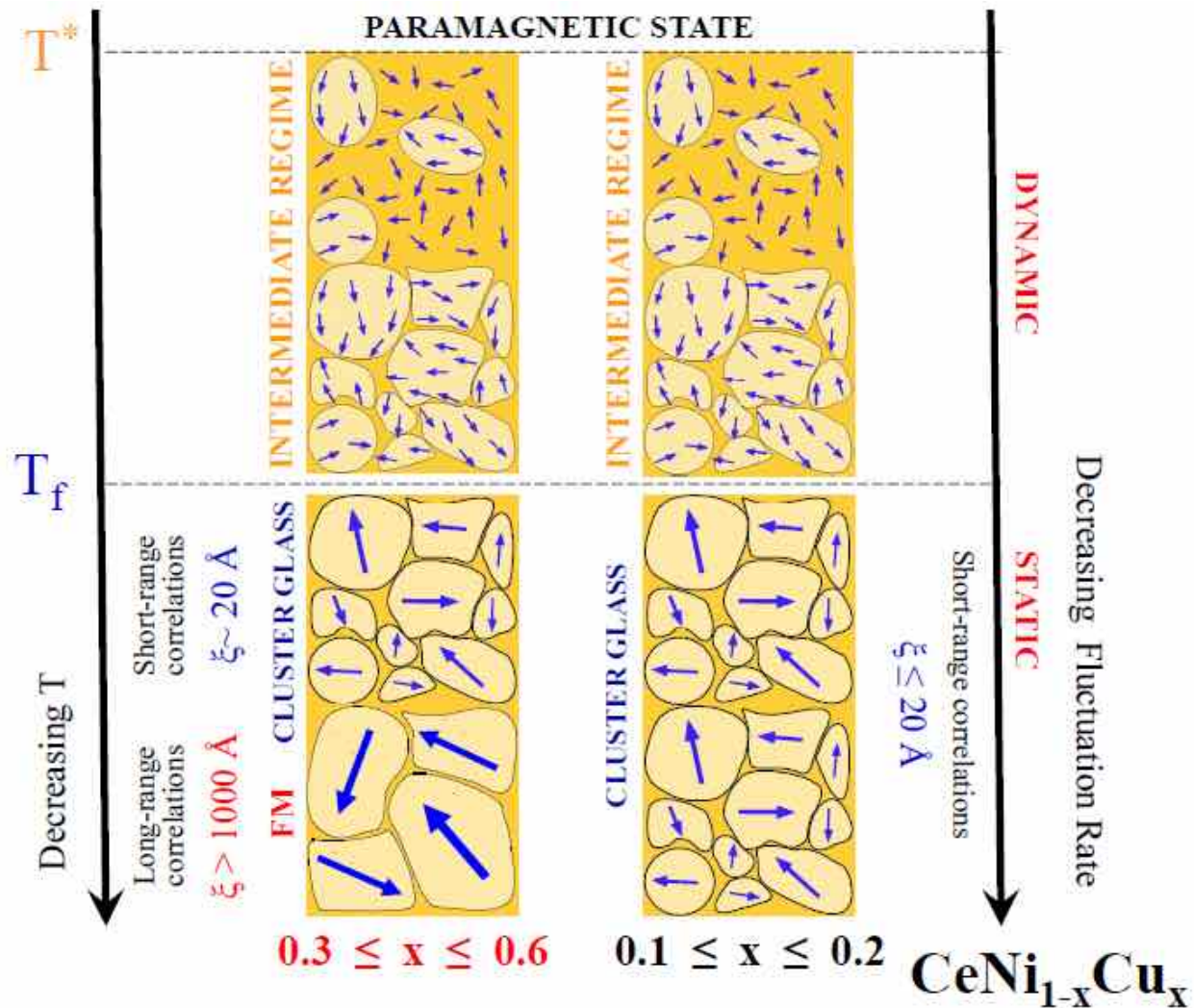


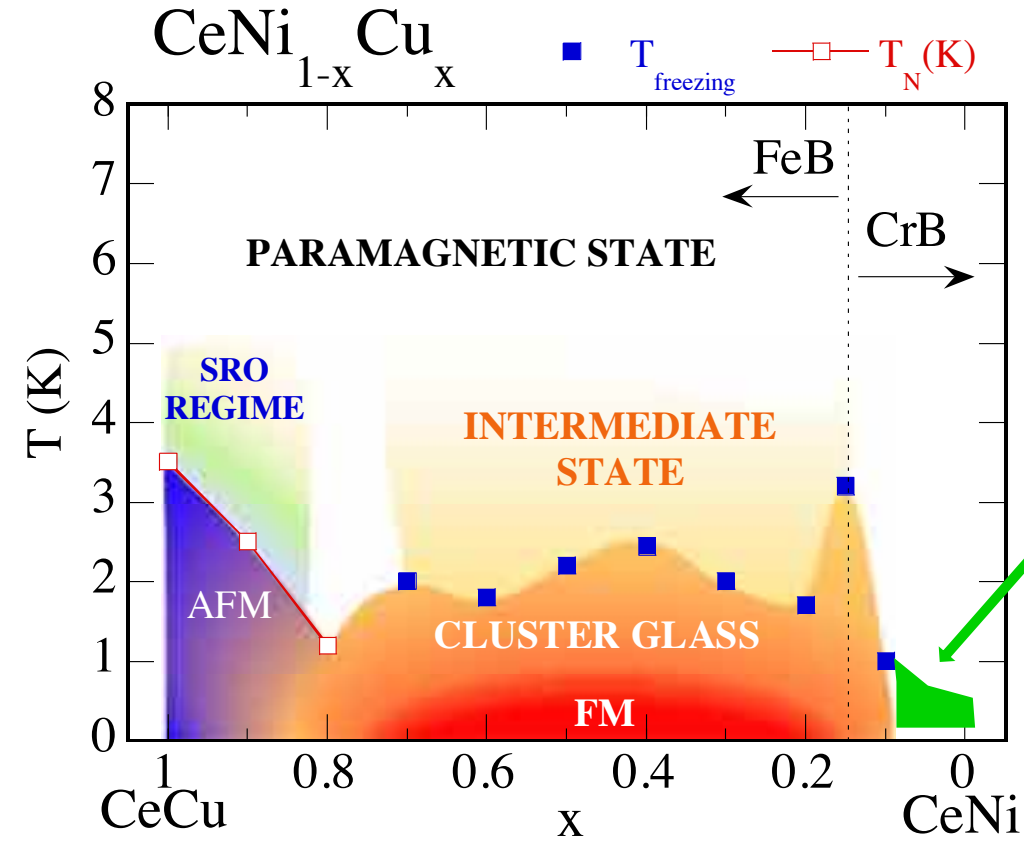
Figure 3. Schematic illustration of the magnetic state according to the proposed cluster model [20] in different temperature regions for the compositional regime $0.3 \leq x \leq 0.6$ and $0.1 \leq x \leq 0.2$. T_f denotes the cluster-glass freezing temperature and T^* the establishment of the intermediate magnetic inhomogeneous regime as detected by μ SR Zero Field measurements. Note that these two temperatures evolve with the composition along the series. For the sake of clarity and in order to compare the different magnetic states between the two compositional regimes we consider the same. ξ corresponds to the magnetic correlation length.

Ph'd Thesis. Noelia Marcano 2005. Cantabria University .
Santander.



N. Marcano, J. C. Gómez Sal, J. I. Espeso et al., Phys. Rev. Lett. 98 (2007) 166406

- 1) Origin of the “Spin-glass-Like” phase above FM state?
- 2) Mechanism leading from a Spin-Glass-Like phase into a FM state without T_c?



N. Marcano, J.I. Espeso, J.C. Gómez Sal. “Revisited magnetic phase diagram for $CeNi_{1-x}Cu_x$ system: spin-glass in the weak interaction limit”
J. Phys.: Condensed Matter 25, 484004 (2013)

UNEXPLORED
 Quantum criticality coming from the melting of $T_{freezing}$?

INTERMEDIATE STATE (by mSR): Dynamic magnetic clusters freezing below T_f
 Percolation: Long-range ferromagnetic order at very low T



**La universidad.
Un nuevo sistema complejo, no
menos que los temas anteriores.
Con clusters, interacciones
positivas y negativas, electrones
libres y de comportamientos
imprevisibles, en condiciones
extremas**





Jesus Blanco. Jorge Garcia Soldevilla. Daniel Rubio.
Rebeca García Calderón. Almudena Señas. Jorge Sánchez.
Noelia Marcano. Arancha Arguelles.

Y los nuevos

Javier Alonso, Cesar Moreno, Elisabeth Martin Jefrenovas

★
★
★
★
★
★
★

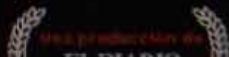
UN SUPLEMENTO DE CINE
PARA UNAS FIESTAS
DE PELÍCULA



El rector de la Universidad de Cantabria, José Carlos Gómez Sal, emula a Alfred Hitchcock como director de la película "Las pajaras".

SEMANA GRANDE SANTANDER 2015

Hoy arrancan las fiestas y para celebrarlo EL DIARIO ha reunido a más de 120 rostros conocidos de la ciudad para reproducir grandes escenas del cine con un fin solidario. Bienvenidos al estreno.



Muchas gracias a todos