# Interactions multipolaires dans les hexaborures de terres rares RB<sub>6</sub>

Julien ROBERT & Jean-Michel MIGNOT

Laboratoire Léon Brillouin, Saclay CEA/CNRS

#### Plan:

- Introduction: les moments multipolaires des électrons 4f
- CeB<sub>6</sub> archétype des systèmes multipolaires
- Substitution de la terre rare:  $Ce_{x}R_{1-x}B_{6}(R: La, Pr)$ 
  - $\succ$  facteur de forme octupolaire dans Ce<sub>0.7</sub>La<sub>0.3</sub>B<sub>6</sub>
  - > phases magnétiques et quadrupolaires dans  $Ce_{0.7}Pr_{0.3}B_6$

GDR Mico, Autrans, le 04/12/08



# Degrés de liberté orbitaux dans les ions 4f et multipôles

• degrés de liberté orbitaux/de spins dans les **terres rares**: multipôles (spin-orbite: J=L+S bon nombre quantique)



• métaux: interaction via les électrons de conduction (type RKKY)

différents types de couplages (compétition d'interactions)

 effets sur le magnétisme (ordres magnétiques complexes: multi-k, non-collinéaires, ...)

# 

• composés et familles de composés: *R*B<sub>6</sub>, skuttérudites, borocarbures, UPd<sub>3</sub>, TmTe, etc.

## **CeB<sub>6</sub>: Champ cristallin et dégénérescence orbitale**



distributions de charge : Walter (1985)

## CeB<sub>6</sub>: Caractérisation des phases ordonnées (Effantin et al., 1985)



**CeB<sub>6</sub>:** Le rôle des octupôles...



#### Substitution de la terre rare



#### Substitution de la terre rare



# Ce<sub>0.7</sub>La<sub>0.3</sub>B<sub>6</sub>: un ordre "purement" antiferro-octupolaire...



# $Ce_{0.7}La_{0.3}B_6$ : facteur de forme octupolaire (coll.: Kuwahara et al.)

➢ Facteur de forme plus intense au grand vecteur de diffusion ⇒ courte longueur d'onde
➢ Diffractomètre à bras levant 6T2 LLB, mono-compteur.



#### Substitution de la terre rare



# Solutions solides Ce<sub>0.7</sub>Pr<sub>0.3</sub>B<sub>6</sub>



# Ce<sub>0.7</sub>Pr<sub>0.3</sub>B<sub>6</sub>: caractérisation (Mignot, Robert et al., PRB 2008)



## Ce<sub>0.7</sub>Pr<sub>0.3</sub>B<sub>6</sub>: Interprétation des résultats





⇒ ordres AFQs du Ce et du Pr s'établissent « indépendamment »

#### dipôle du Cerium :

paramagnétique? participe à l'ordre Pr?



 $\Rightarrow$  neutrons :  $(\frac{1}{2} \frac{1}{2} \frac{1}{2})$  observé si Ce para.

IC1: dipôle du Ce ordonné dans la structure Pr C et IC2: Ce/Pr décorrélés

# Grande variété de phénomènes impliquant les degrés de liberté orbitaux

- Effets de dilution dans le composé (Ce,La) $B_6 \Rightarrow$  ordre octupolaire
- Compétition d'interaction dans les solution solides (Ce,Pr)B<sub>6</sub>

#### Phénomènes multipolaires

•...

•nouveaux types d'ordres associés aux multipoles d'ordres élevés:

≻ordre octupolaire dans NpO<sub>2</sub>,

≻ordre des hexadecapôles dans PrFe<sub>4</sub>P<sub>12</sub>, ...

•effet Kondo quadrupolaire ( $Y_{1-x}U_xPd_3$ ,  $PrInAg_2$ ,  $Pr_{1-x}La_xPb_3$ , ...)

•fluctuations quadrupolaires dans le supraconducteur PrOs<sub>4</sub>Sb<sub>12</sub>

# Collaborations

 $Ce_{0.7}La_{0.3}B_6$ 

K. Kuwahara K. Iwasa M. Sera, F. Iga Institute of Applied Beam Sciencec, Ibaraki University Department of Physics, Tohoku University Department of Quantum Matter, ADSM, Hiroshima University

# $Ce_{x}R_{1-x}B_{6}$ , R: Pr, Nd

M. Sera, F. Iga G. André Department of Quantum Matter, ADSM, Hiroshima University Laboratoire Léon Brillouin, Saclay