

Inhomogénéités magnétiques dans  
la phase antiferromagnétique  
de  $\text{CaMnO}_{3-x}$  ( $x < 0.01$ )  
RMN de  $^{17}\text{O}$

**A. Trokiner**

*Laboratoire de Physique du Solide, LPEM CNRS E.S.P.C.I.*

**S. Verkhovskii, A. Gerashchenko**, *Institute of Metal Physics, Ekaterinburg*

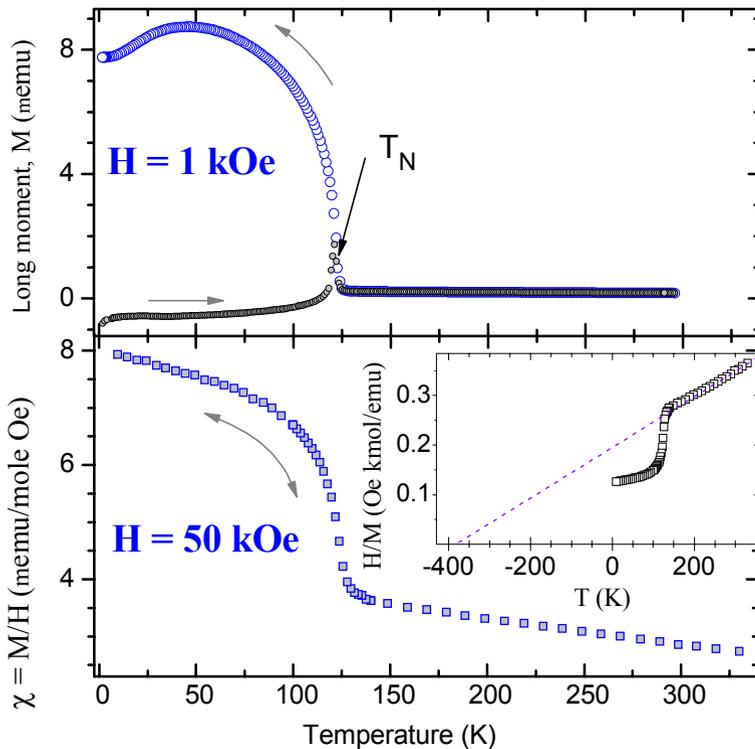
**A. Yakubovskii**, *Kurchatov Institute, Moscow*

**P. Monod**, *LPS LPEM E.S.P.C.I.*

**A. Kaul**, *Moscow University*

$\text{CaMnO}_{3-x}$   $x < 0.01$

SQUID

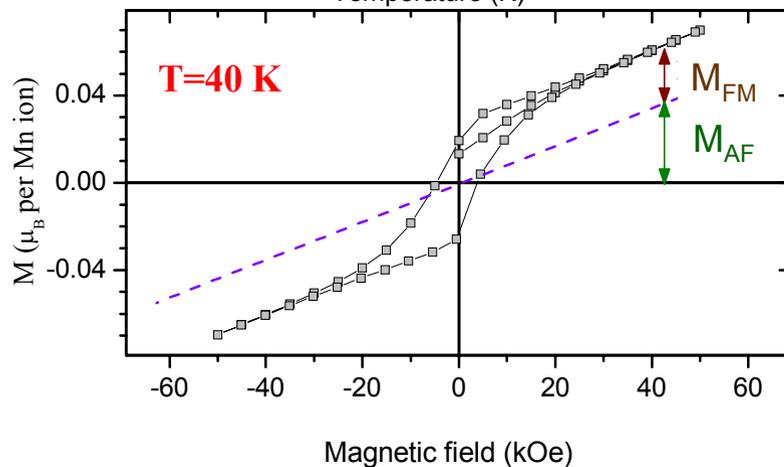


$T_N = 123\text{K}$

$\theta = -380\text{K}$

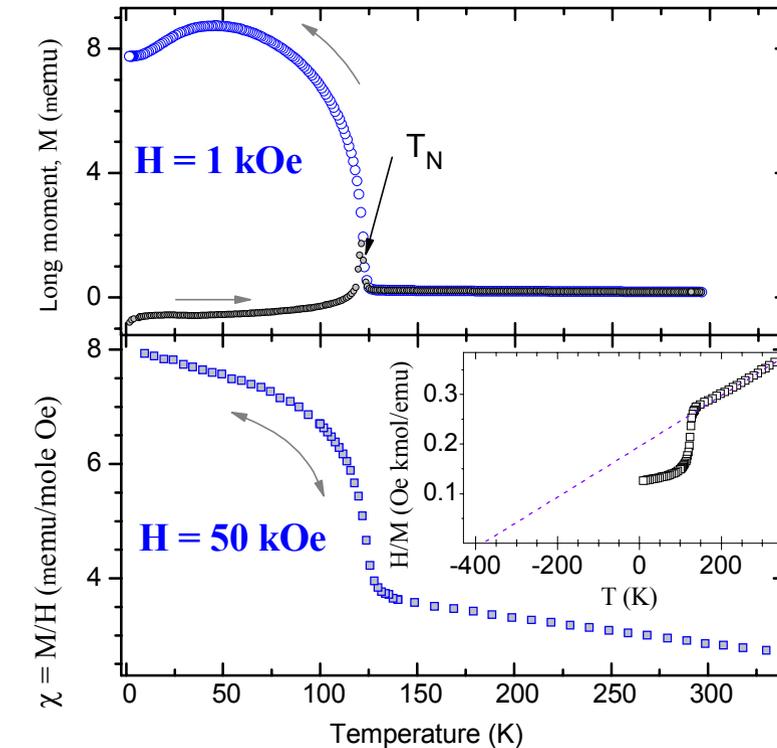
$\mu_{\text{eff}} = 3.9 \pm 0.2 \mu_B$

(pour  $\text{Mn}^{4+}$   $\mu_{\text{eff}} = 3.87 \mu_B$ )

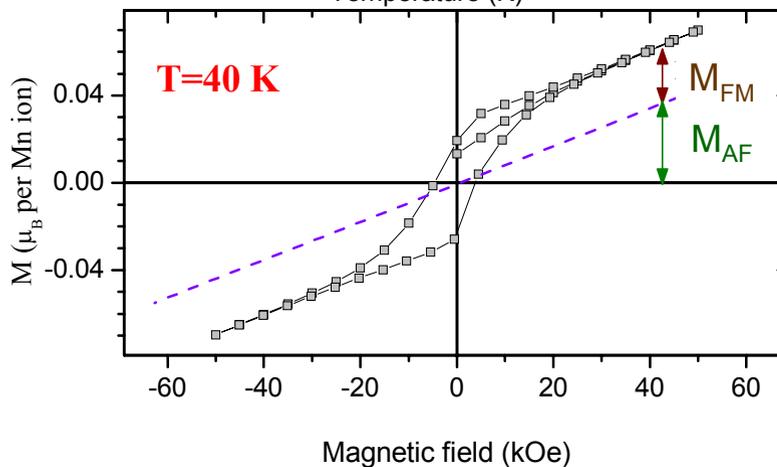


$\text{CaMnO}_{3-x}$   $x < 0.01$

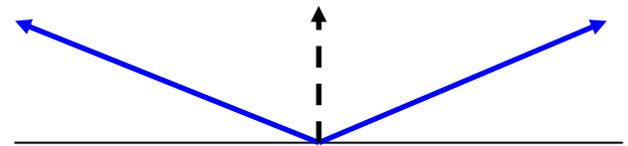
SQUID



$T_N = 123 \text{ K}$



**Phase AF homogène** avec  
terme de Dzyaloshinsky  
→ G-AF canté en champ nul ?



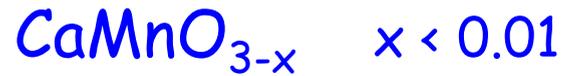
**Séparation de phase**  
→ Matrice AF et petits domaines FM?

# PLAN

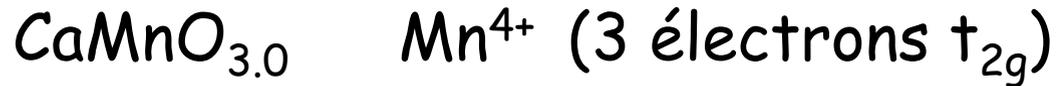
Propriétés statiques de la phase AF vues par RMN

Propriétés statiques du 2<sup>ème</sup> signal RMN :  
ferromagnétique

Propriétés dynamiques des entités ferromagnétiques



Dopé électron :



En présence de lacunes d'oxygène :



Chaque lacune d'oxygène crée 2 électrons eg



Echantillon → poudre

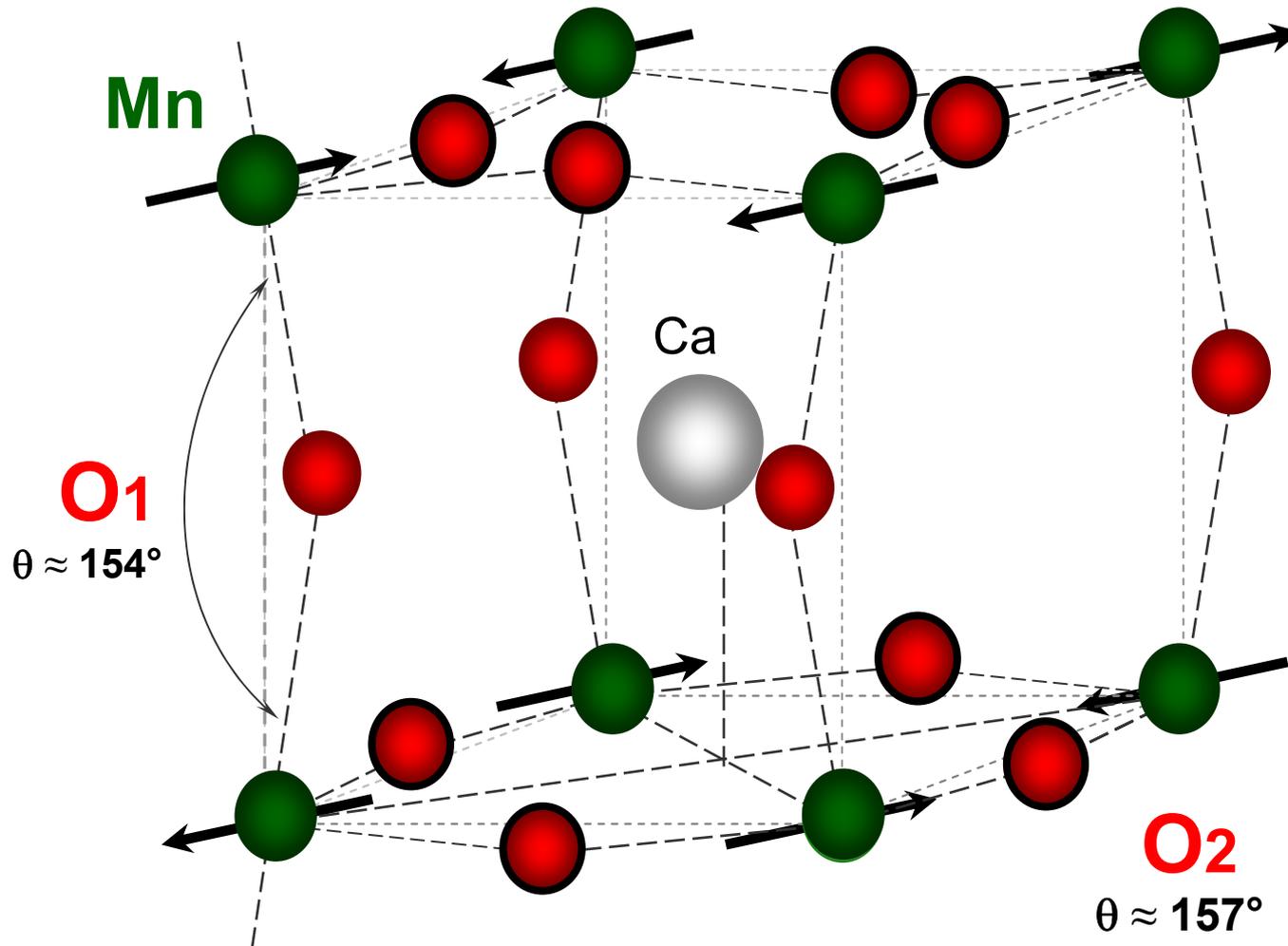
Enrichie en  $^{17}\text{O}$  : 15%      6 jours à 930°C, refroidissement lent

$^{17}\text{O}$  I = 5/2

$\text{CaMnO}_{3-x}$

Phase Antiferromagnétique

G-type



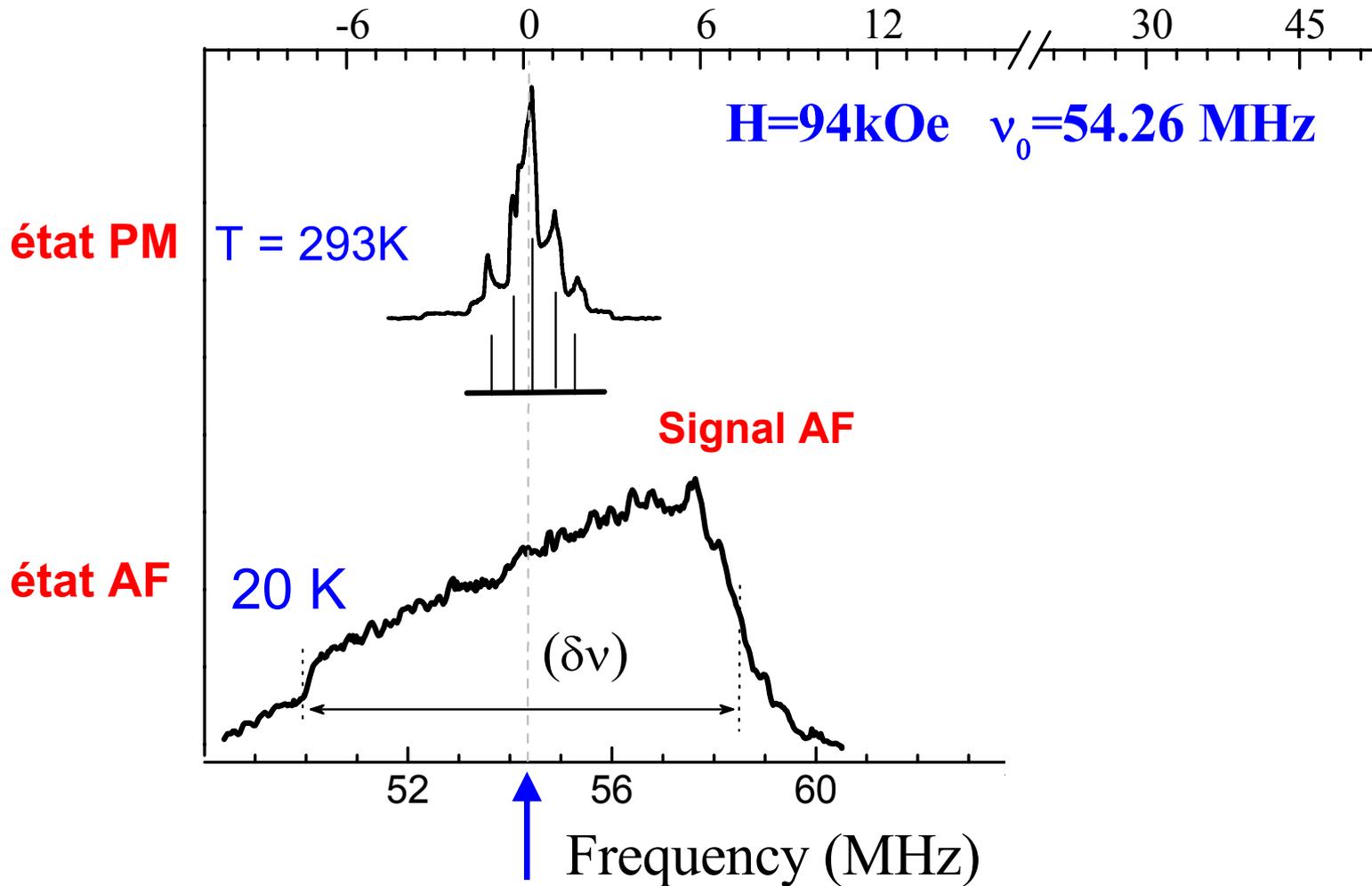
Structure orthorhombique  $\text{Pnma}$   
 $\mu //$  axe c ortho

Maille pseudo cubique



# Phase Antiferromagnétique

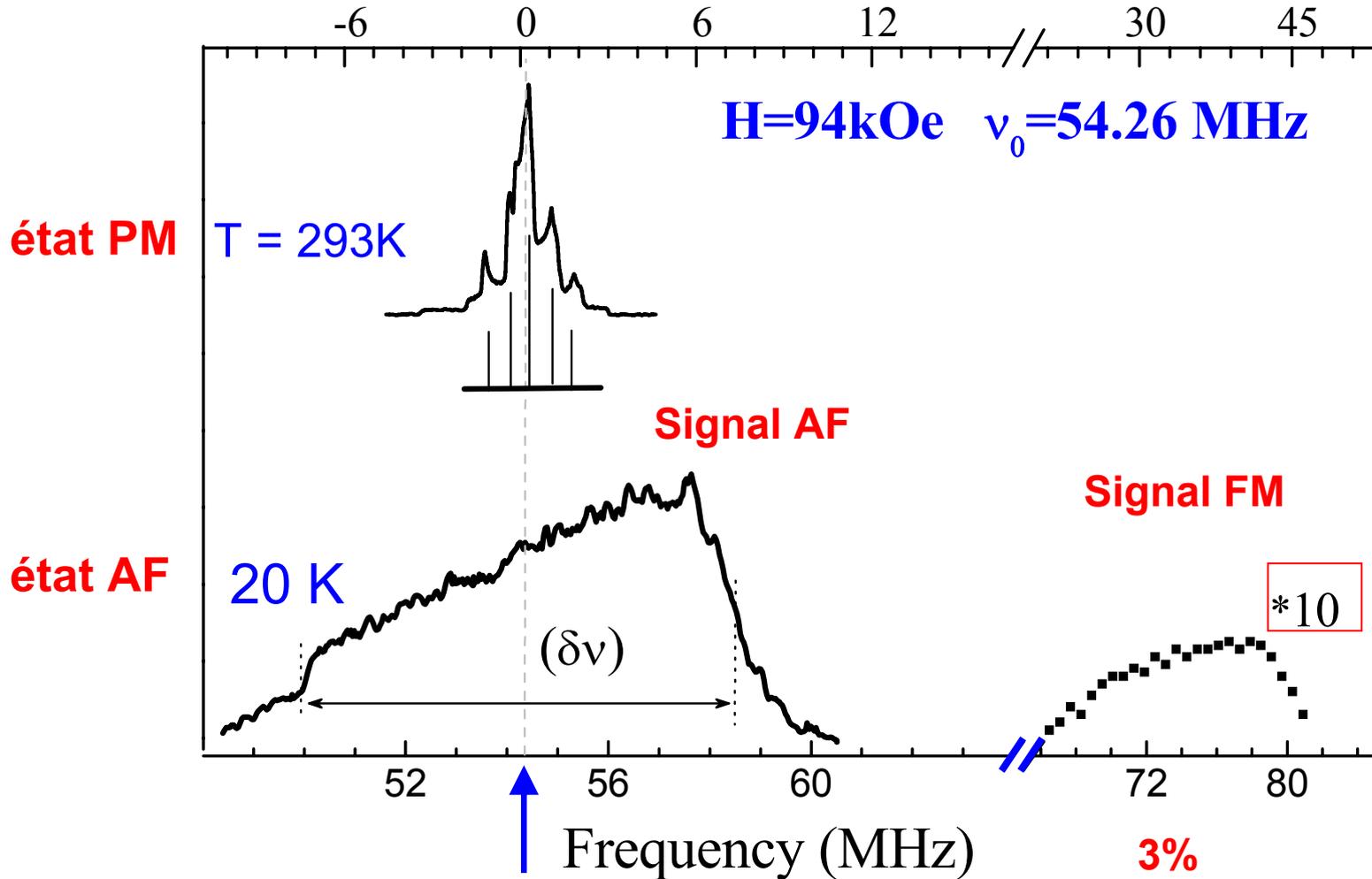
magnetic local field,  $^{17}\text{h}_{\text{loc}}$  (kOe)



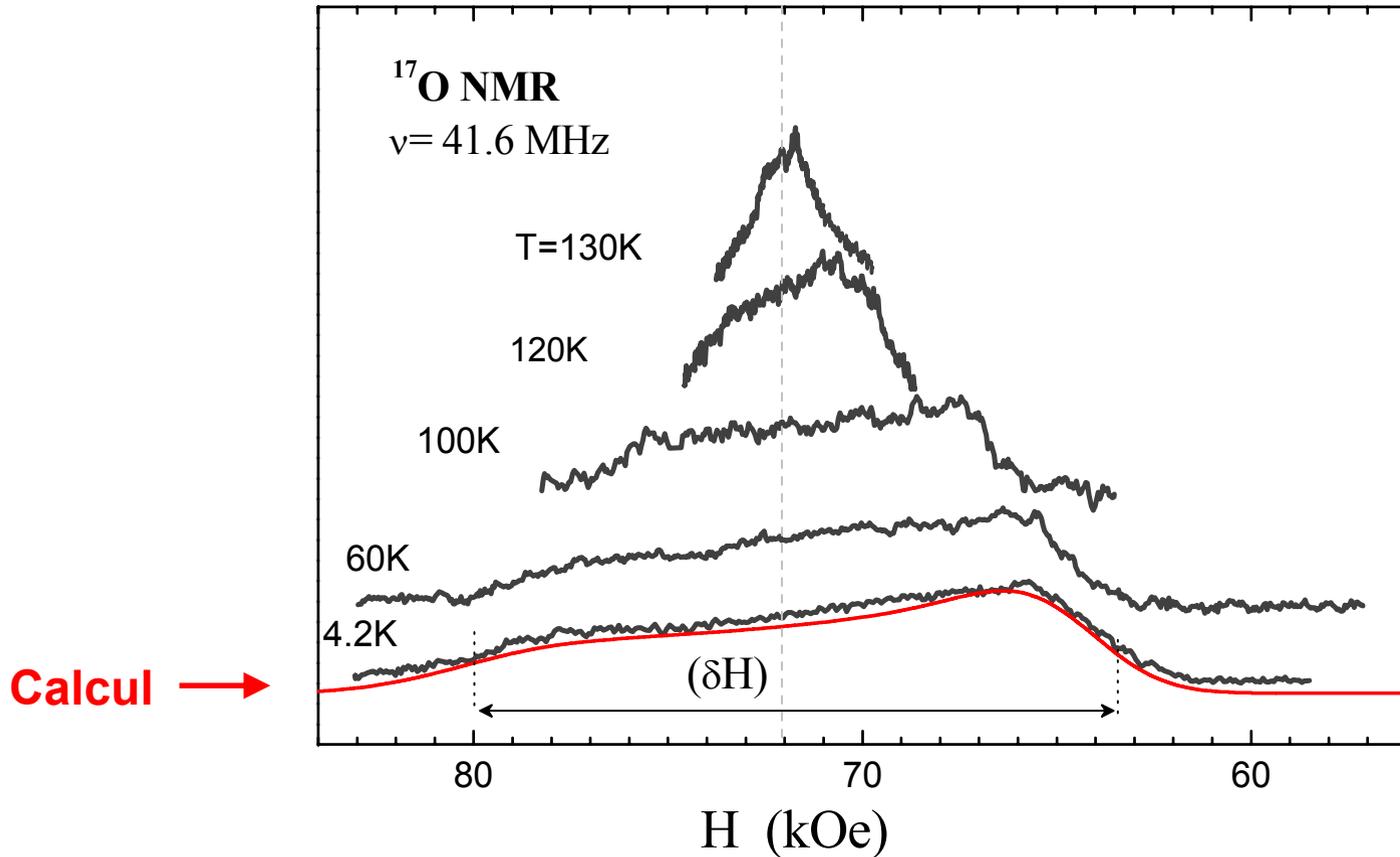


# Phase Antiferromagnétique

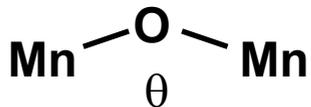
magnetic local field,  $^{17}\text{h}_{\text{loc}}$  (kOe)



# CaMnO<sub>3-x</sub> Raie RMN de la matrice AF



**Largueur de raie :** interaction dipolaire classique entre spin nucléaire <sup>17</sup>O - moment magnétique de Mn  
 → **M<sub>staggered</sub>** l'aimantation d'un sous réseau AF



**RMN**  $\theta = 154^\circ$

**X-Ray**

$\theta \approx 157^\circ$   
2 sites O2

$\theta \approx 152^\circ - 157^\circ$   
1 site O1



matrice AF

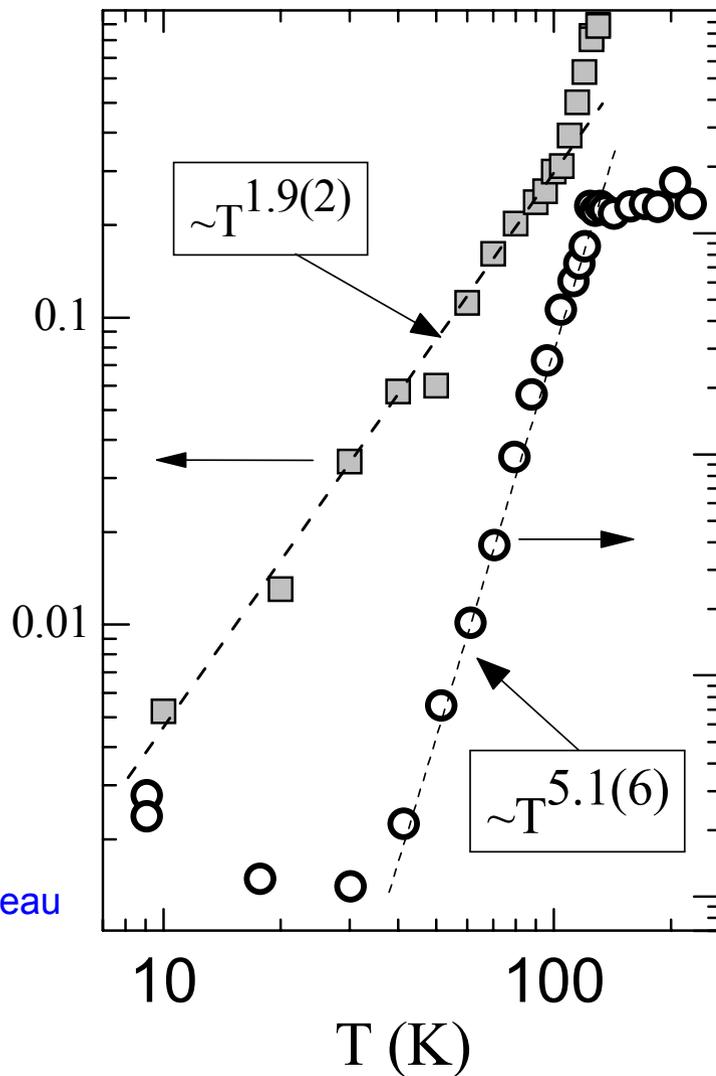
Largeur de raie

$$\frac{\delta H(4\text{K}) - \delta H(T)}{\delta H(4\text{K})}$$

3D isotropic AF

$$\frac{M(T=0) - M(T)}{M(T=0)} \sim T^2$$

M=aimantation d'un sous-réseau



Taux de relaxation spin-réseau  $(T_1)^{-1}$

100

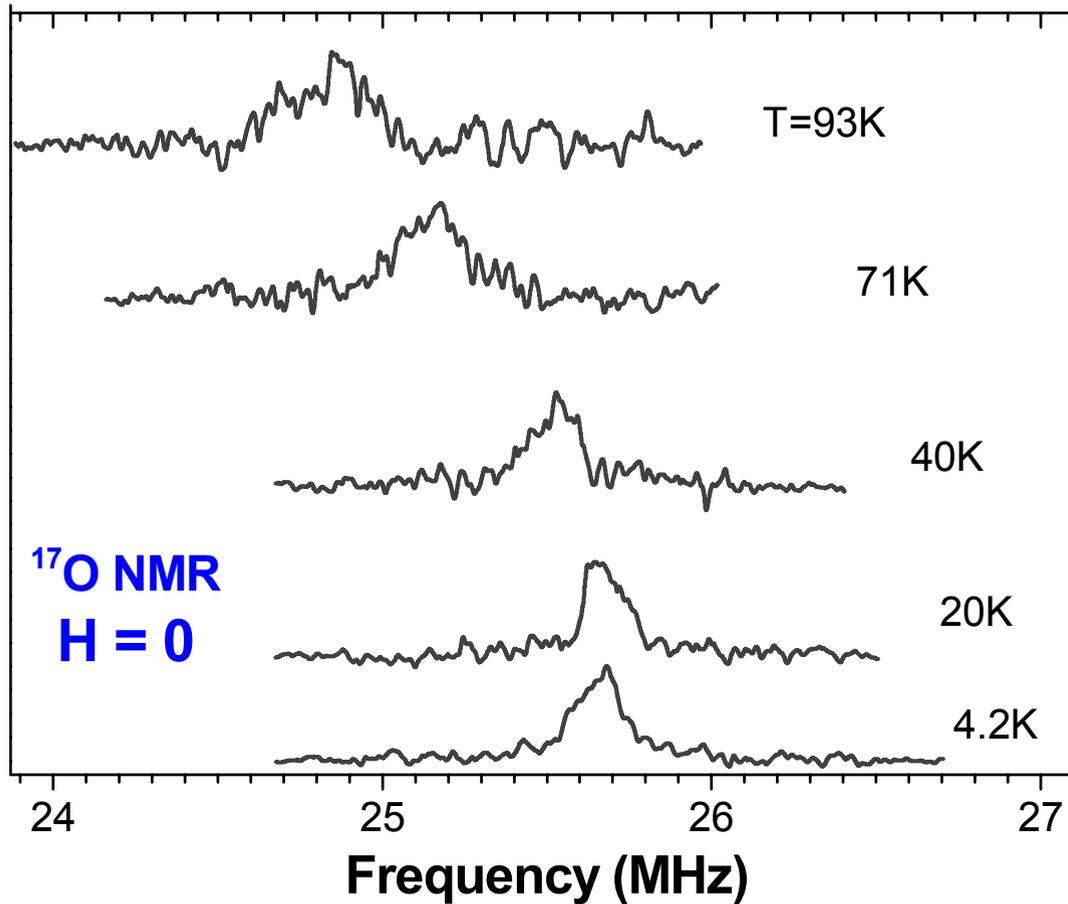
Isotropic AF insulator

$$\sim T^5$$

1  $^{17}\text{T}_1^{-1} (\text{s}^{-1})$

# $\text{CaMnO}_{3-x}$ Raie RMN des domaines FM

Zero field NMR = ZF NMR



ZF NMR

NMR

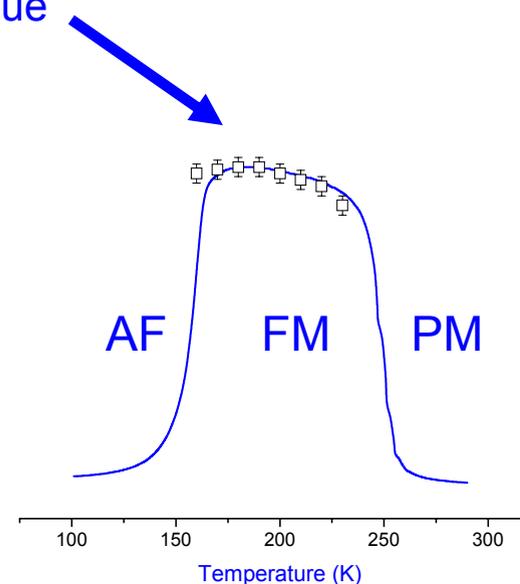
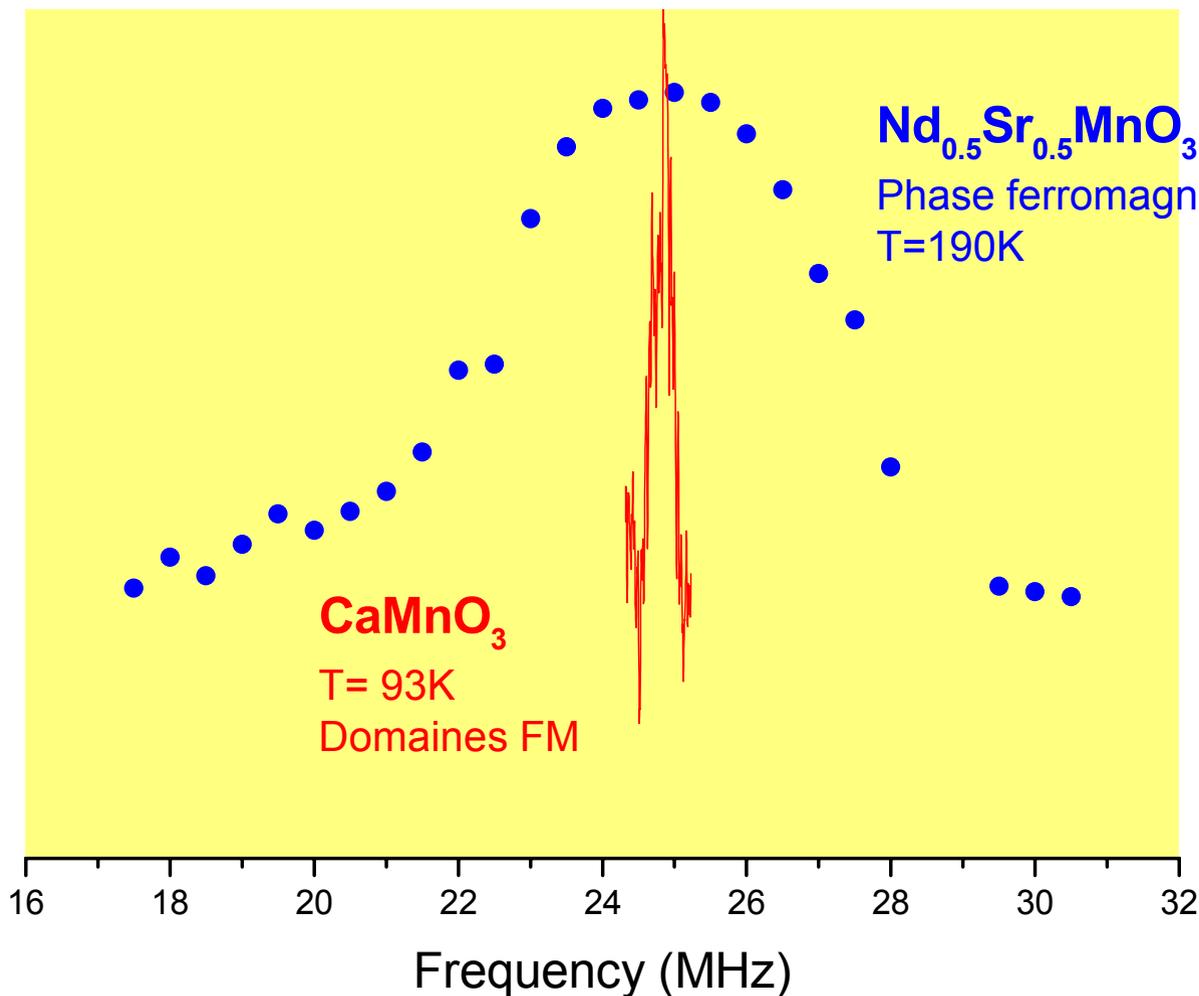
Position de la raie (25MHz)  $\longrightarrow$  même raie que celle vue à  $H=9\text{T}$  (54+25 MHz)

# Comparaison signal RMN ferromagnétique (Zero Field NMR)

dans  $\text{CaMnO}_{3-x}$



dans  $\text{Nd}_{0.5}\text{Sr}_{0.5}\text{MnO}_3$   
phase FM métallique macroscopique



SQUID (100 Oe) et RMN

Dans  $\text{Nd}_{0.5}\text{Sr}_{0.5}\text{MnO}_3$

Champ local au site de l'oxygène :

terme de contact :  $h_{\text{loc}} = 2 f_s H_{\text{HF}}(2s) \langle \mathbf{S} \rangle$

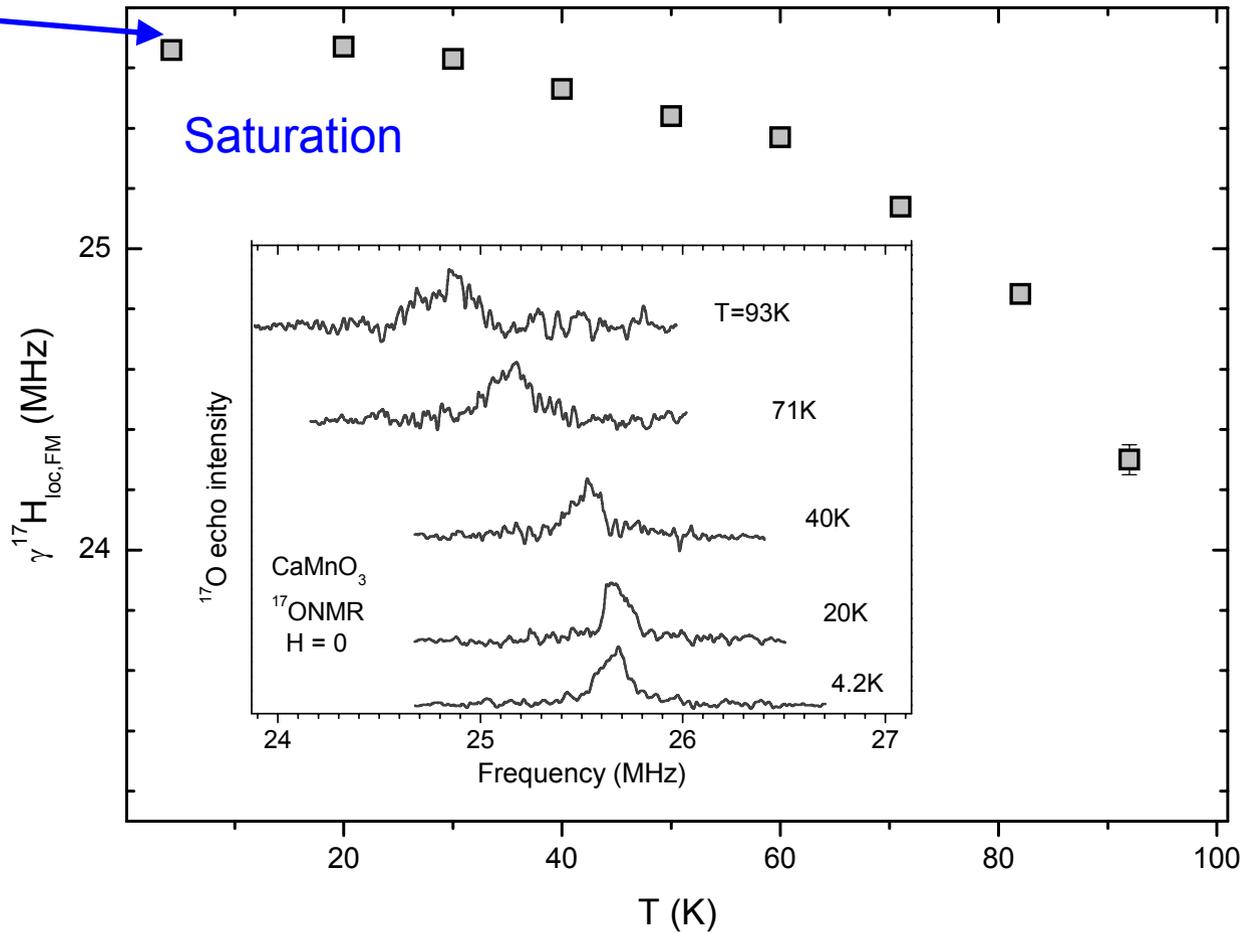
$\text{O}(2s) - \text{Mn}(eg)$

lié au recouvrement orbitalaire  $\text{O}(2s\ 2ps) - \text{Mn}(eg)$

# $\text{CaMnO}_{3-x}$ domaines FM Zero field NMR

Position de la raie : champ local aux sites des oxygènes

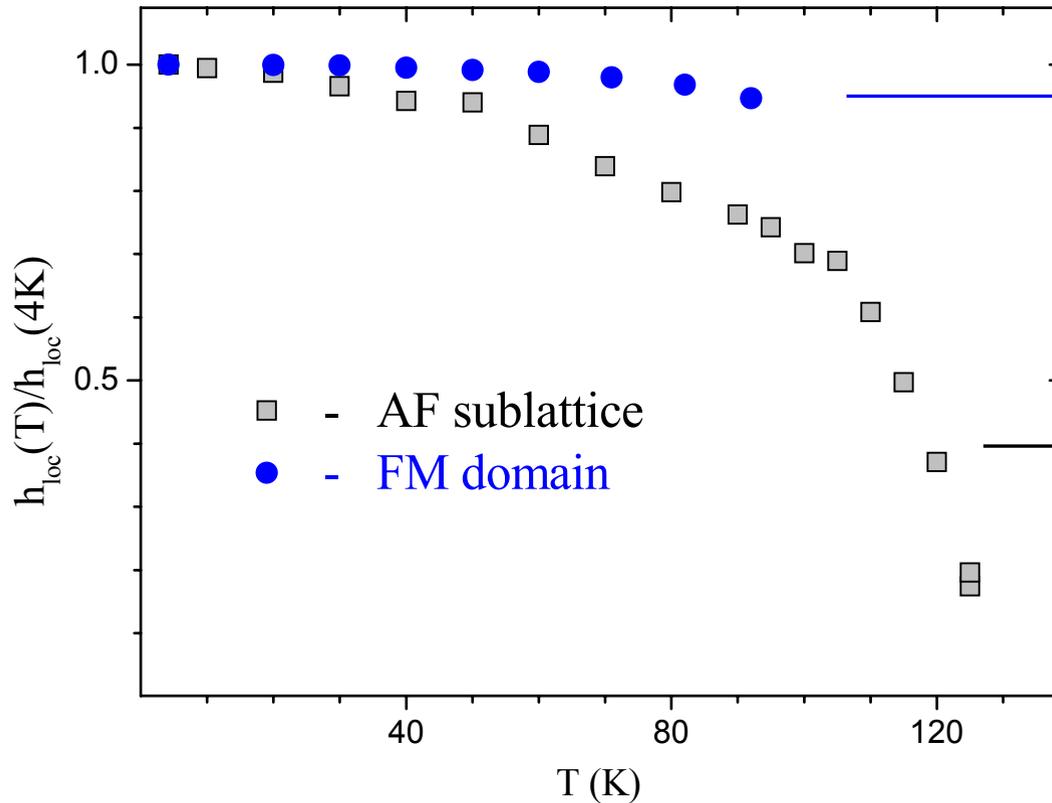
Champ local  
 $h_{\text{loc}}$  (MHz)





# Comparaison de la variation thermique du champ local AF et FM

$$\frac{h_{\text{loc}}(T)}{h_{\text{loc}}(4\text{K})} = \frac{\mu(T)}{\mu(4\text{K})}$$



FM  
très stable  
thermiquement

AF  
Variation thermique  
de l'aimantation d'un  
sous réseau AF à 9

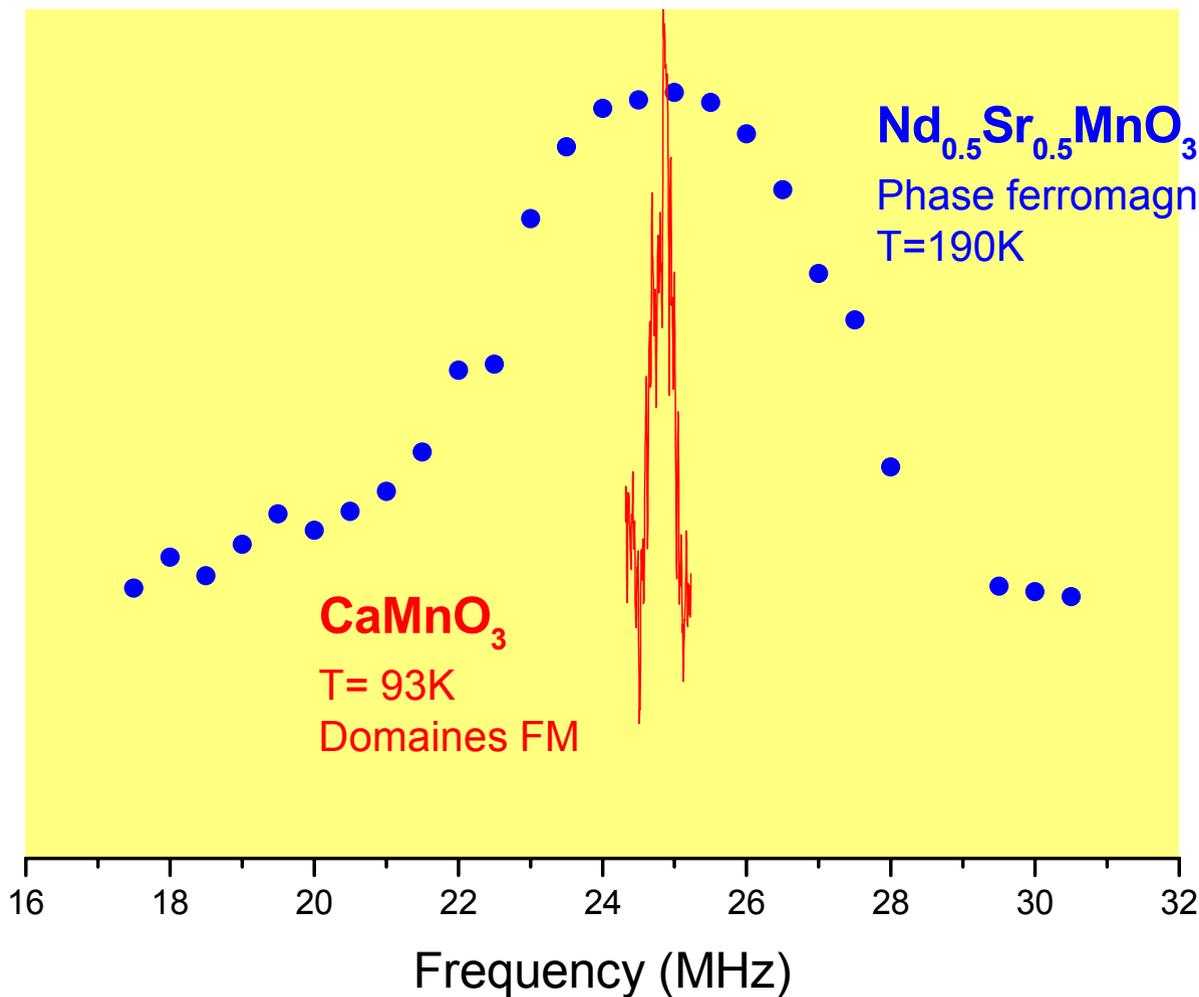
# Comparaison largeur de raie du signal RMN FM

dans  $\text{CaMnO}_{3-x}$



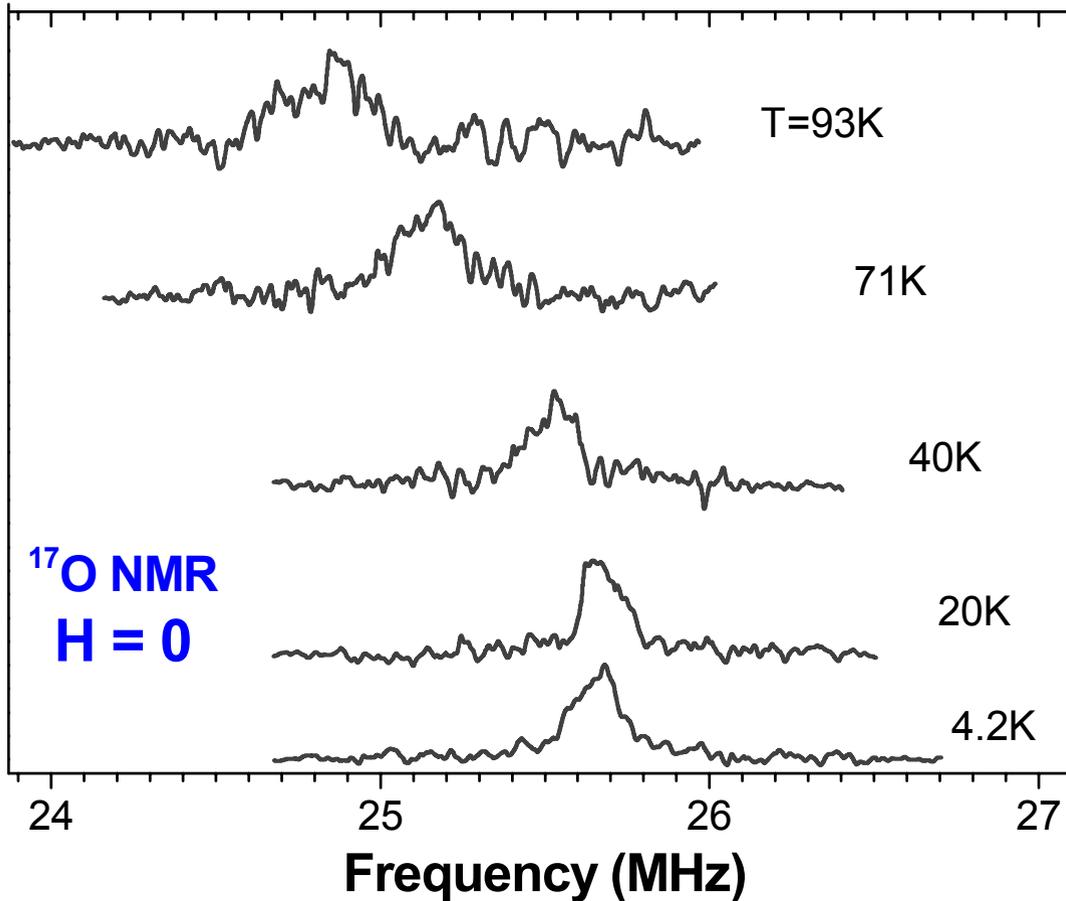
dans  $\text{Nd}_{0.5}\text{Sr}_{0.5}\text{MnO}_3$   
phase FM métallique macroscopique

Zero Field NMR





# RMN des domaines FM largeur de raie



$^{17}\text{O}$  NMR  
 $H = 0$

pour  $H=0$  → « comme » un monocristal et champs démagnétisants = 0

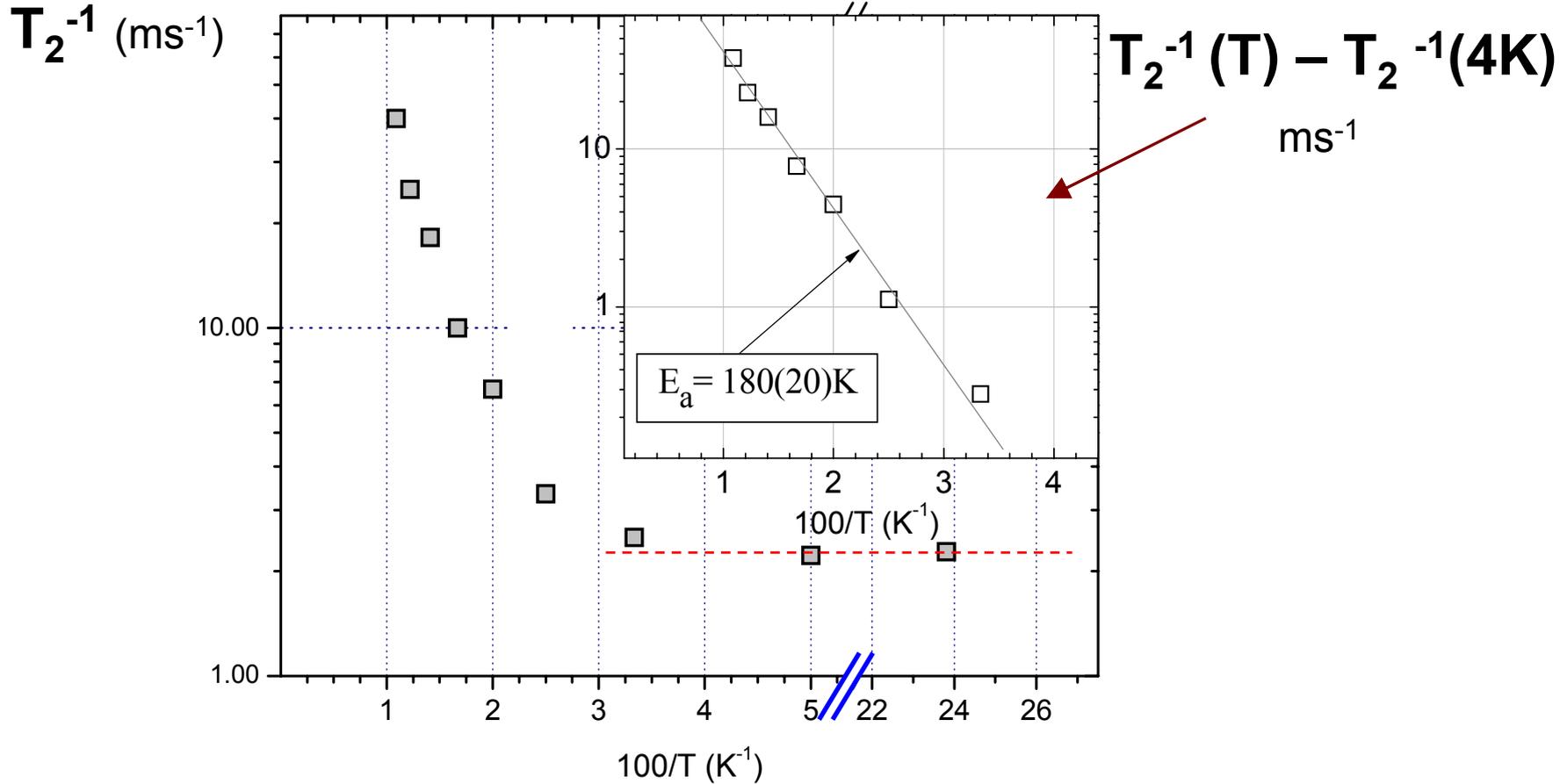
largeur de raie → sonde l'orientation relative des moments magnétiques des Mn →  $\frac{\delta\nu}{\nu} = 0.01$  (à 4K)

→ alignement presque parfait



# RMN des domaines FM Dynamique

Zero Field NMR



RMN

Pour  $4\text{K} < T < 40\text{K}$   $T_2 = \text{Constant}$

Pour  $T > 40\text{K}$  processus activé

Résistivité:

Processus activé pour  $T > 50\text{K}$

Chiorescu PRB76, 020404 (2007)

# CONCLUSION

2 raies RMN distinctes → 2 environnements différents de l'oxygène

Terme de Dzyaloshinsky-Morya ?

AF : caractéristiques de AF 3D Heisenberg

l'interaction dipolaire classique entre O et Mn domine

Détermination de  $M_{\text{stag}}(T)$ , aimantation d'un sous réseau

FM : → saturation sur une grande plage de température

→ alignement presque parfait des moments magnétiques  
*au sein de chaque entité ferromagnétique*

→ Interaction hyperfine  $O_{2s} - Mn_{eg}$

FM : Dynamique : mise en mouvement à partir de  $T > 40K$

Haute stabilité (saturation) alors qu'il y a mise en mouvement