



Synthèse et étude des propriétés physiques de la phase sous dopée du composé $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{8+\delta}$

Sonia De Almeida-Didry

Directeur de thèse : Isabelle LAFFEZ

Co-directeur: Yvan SIDIS

Collaborations

***Laboratoire
d'Electrodynamique
des matériaux
Avancés (LEMA)***

Université de Tours
(et Blois)

- **Isabelle Laffez**
- Fabien Giovannelli

Laboratoire Léon Brillouin (LLB)

CEA Saclay

- **Yvan Sidis**
- Philippe Bourges
- Victor Balédent

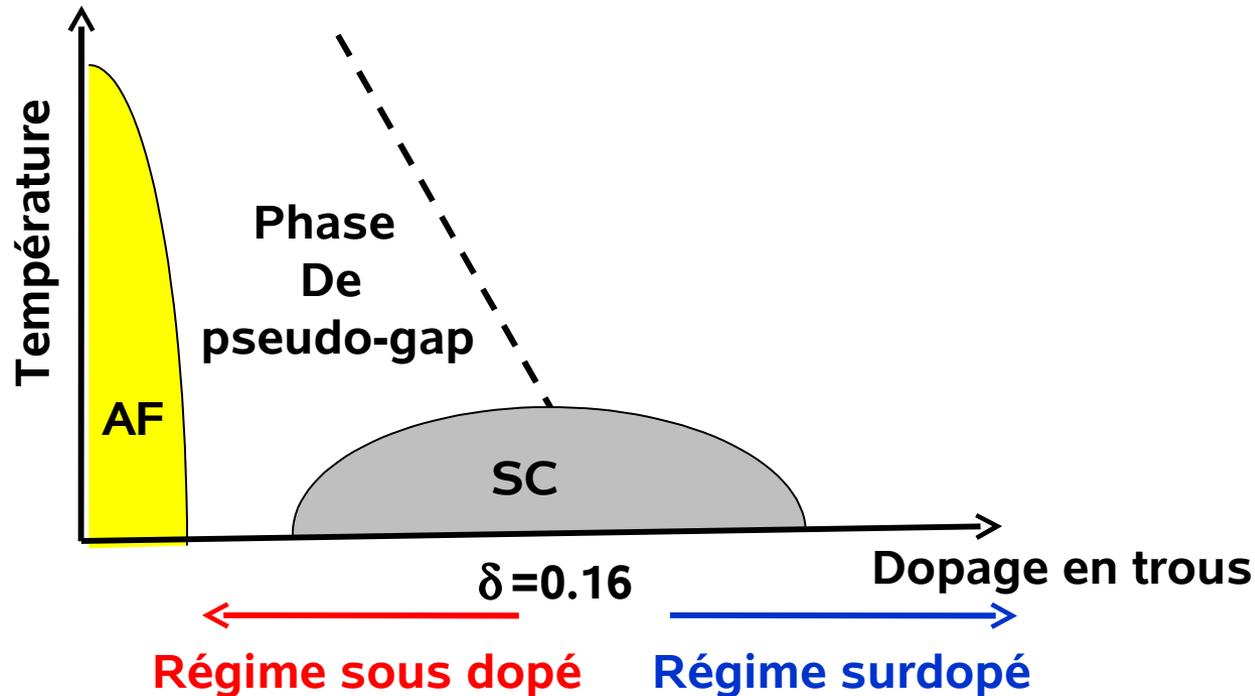
Plan

- **Introduction**
- **Obtention de cristaux de Bi-2212 sous dopés**
- **Mesures de neutrons du système Bi-2212 sous dopé à 85K (4F1,LLB/2T,LLB/IN20,ILL)**
- **Conclusion**

Les Cuprates

Éléments de base :

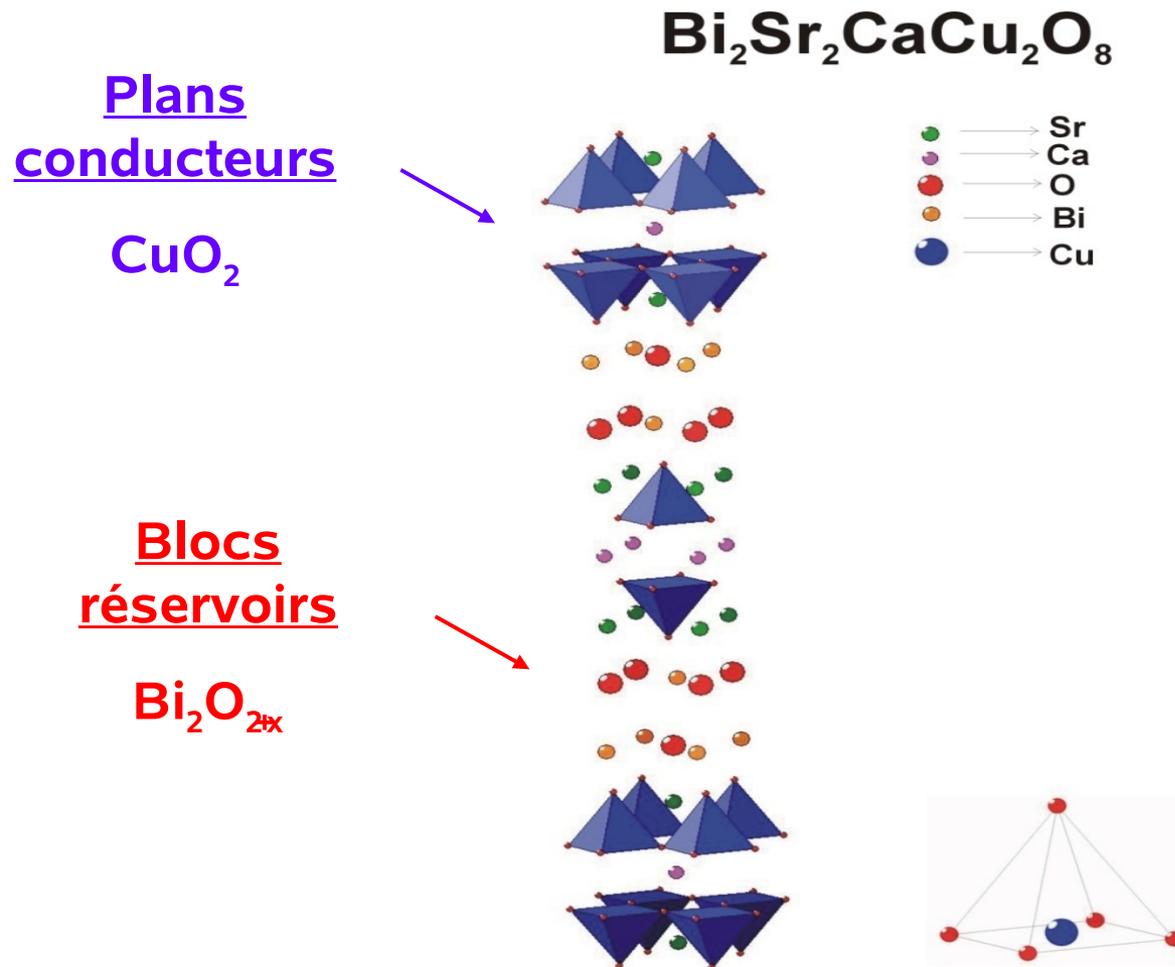
- plans CuO_2 : variation de la densité électronique par dopage



Questions:

- Rôle des fluctuations AF dans le mécanisme de la supraconductivité
- Origine de la phase de pseudo-gap : amie ou ennemie de la SC ?

Le système étudié: $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{8+\delta}$ (Bi-2212)

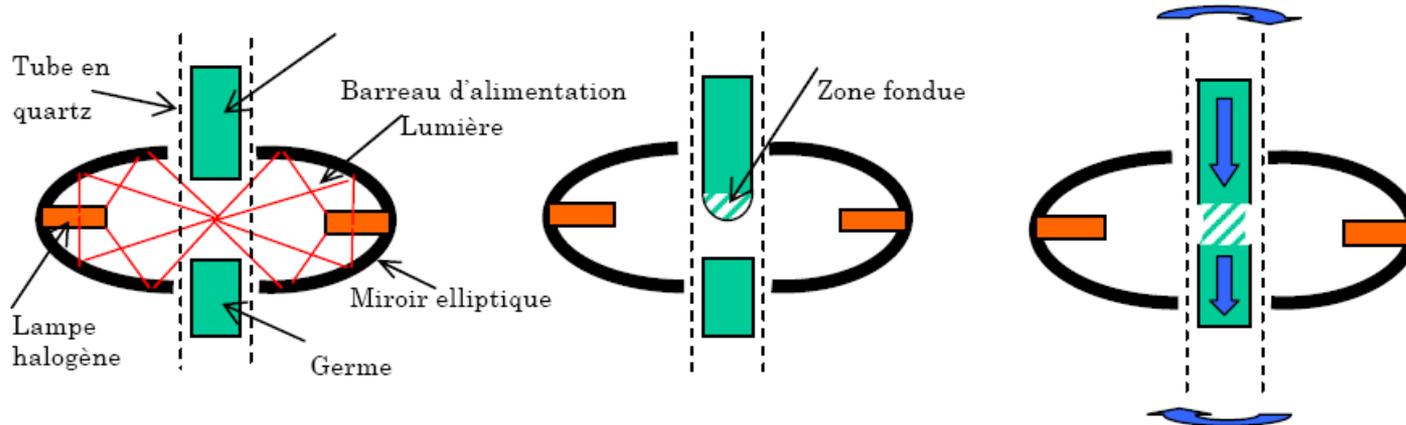


Etape 1

- * **Comment faire croître des monocristaux de Bi-2212?**
- * **Comment sous doper le système Bi-2212?**
 - **Dopage chimique : substitution d'yttrium sur site calcium**
 - **Dopage par variation du taux d'oxygène**
 - **Recuit de Bi-2212 sous flux pauvre en oxygène**
 - **Recuit de Bi-2212 sous ampoule scellée sous vide secondaire.**

Cristallogénèse de Bi-2212

Four à images



« *Travelling Solvent Floating Zone (TSFZ)* »

Four Cyberstar

Vitesse de translation très lente
0,2 mm/h

Gangue



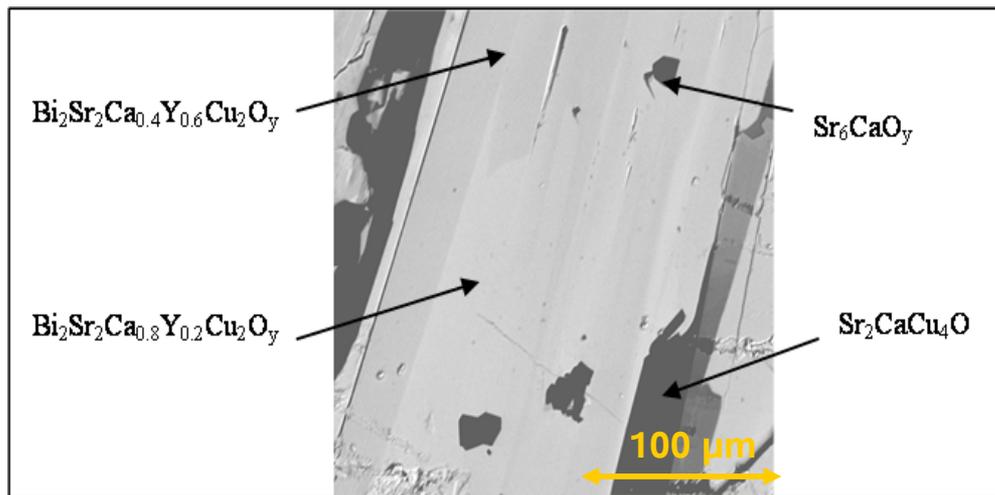
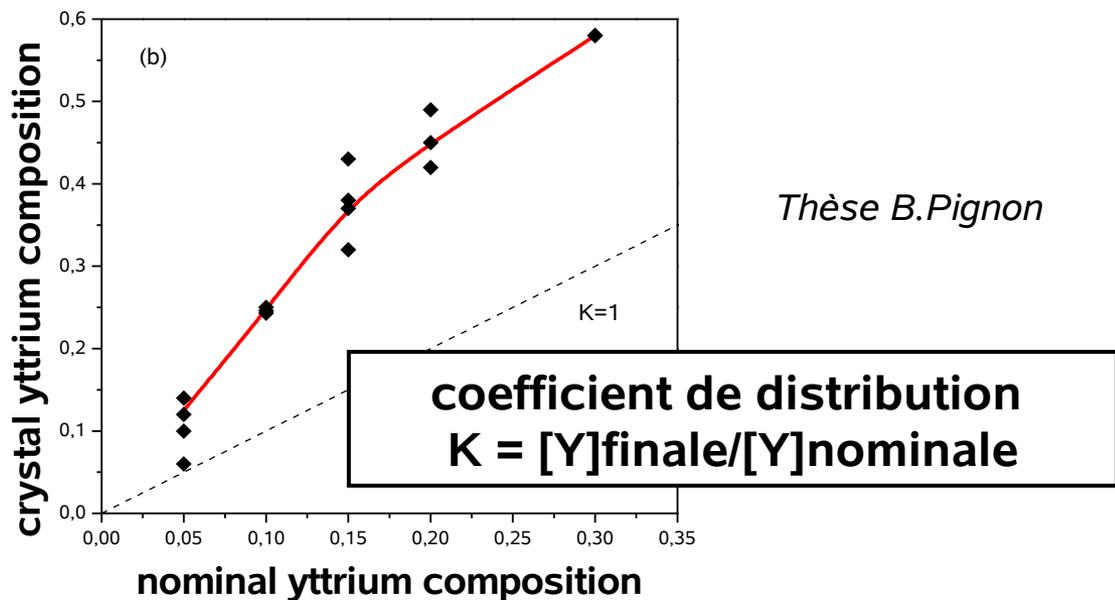
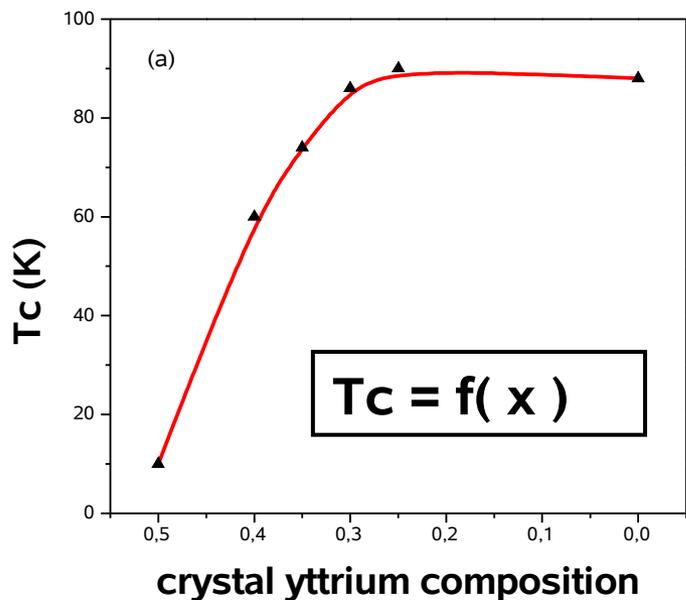
Monocristaux



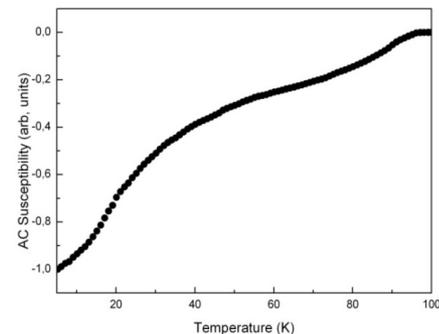
**39x5x0.8
mm
(80 mm³)**



Dopage à l'Yttrium : $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{Ca}_{1-x}\text{Y}_x\text{Cu}_2\text{O}_{8+\delta}$



- Phases secondaires
- Taux yttrium très variable



Obtention de monocristaux inhomogènes et de petite taille

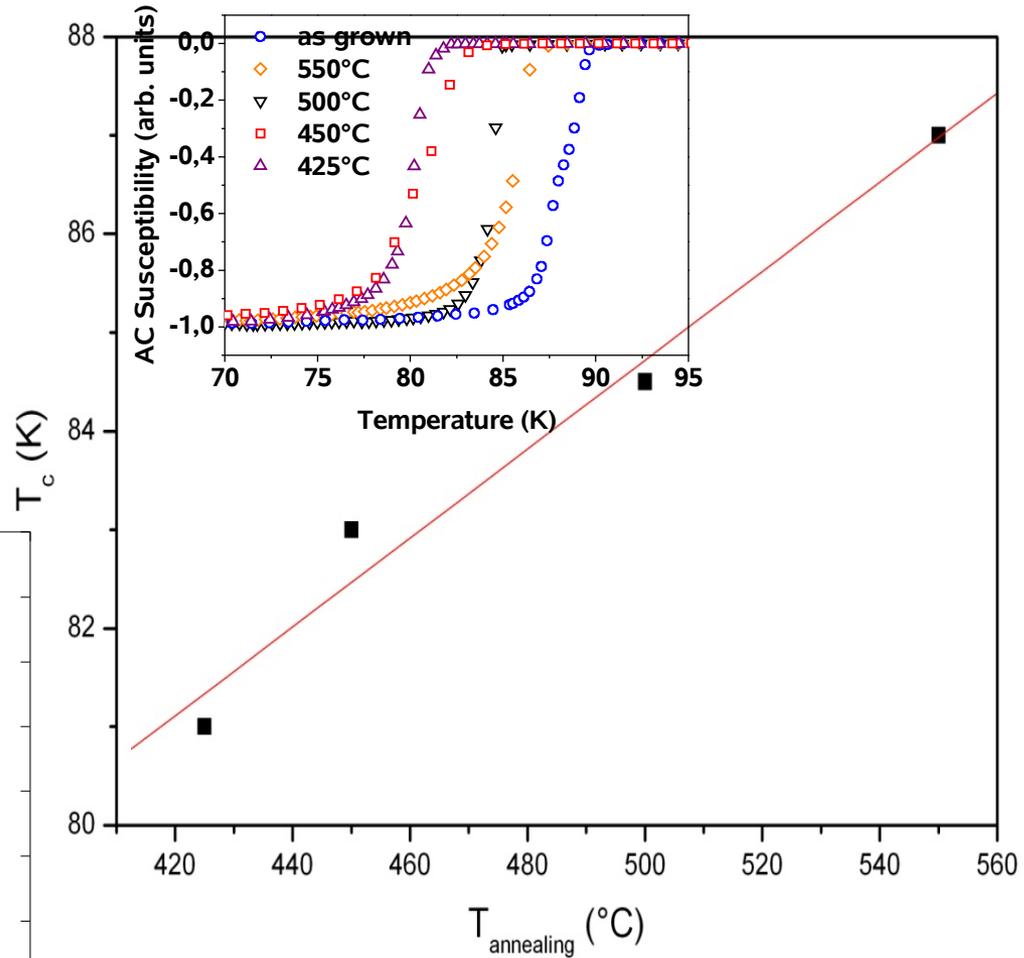
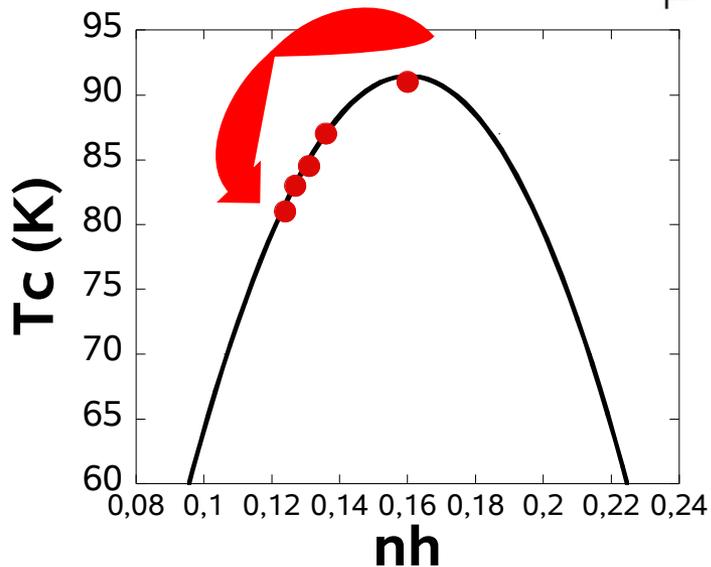
Recuit sous atmosphère pauvre en oxygène

Mélange O₂/Ar (10/90)



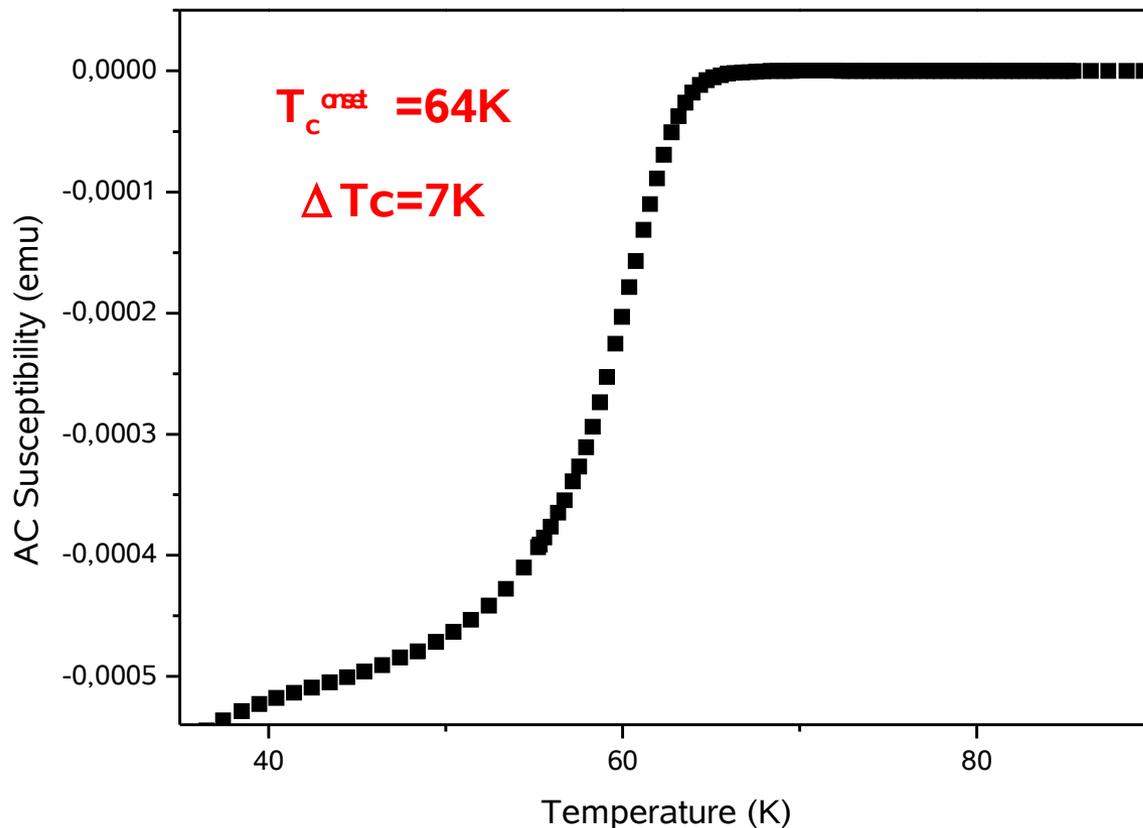
pO₂=0.1 atm

Diminution T_c de
91K à 81K



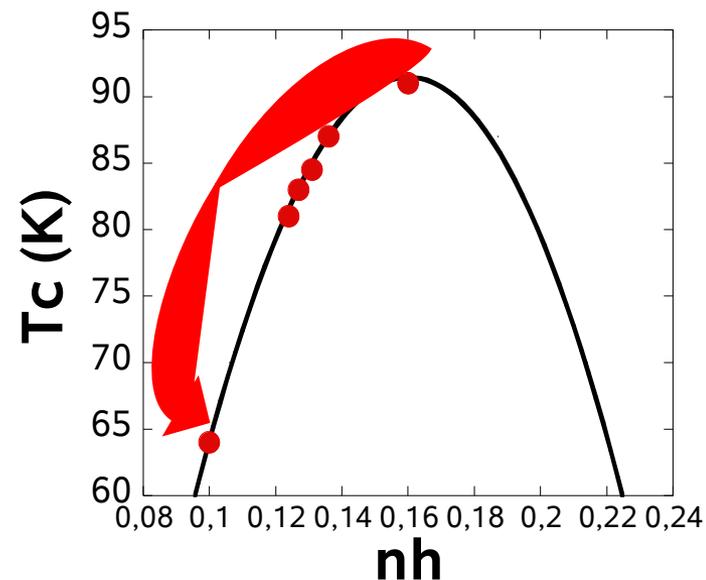
Recuit sous ampoule scellée sous vide

Montée en température de 350 à 550°C en 100h



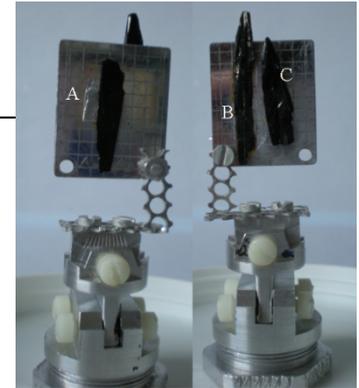
Vide secondaire

10^{-5} - 10^{-6} atm

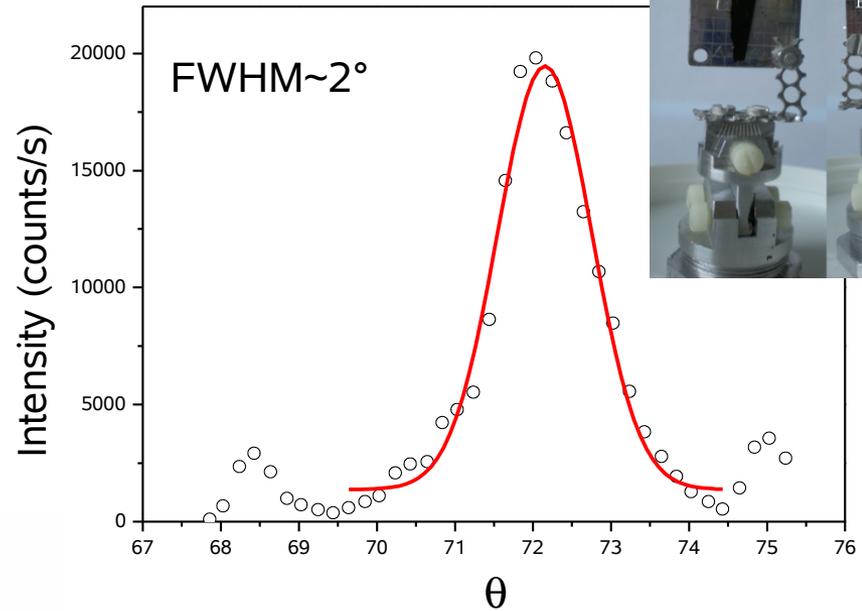


Homogénéité T_c reste à prouver sur des échantillons massifs ?

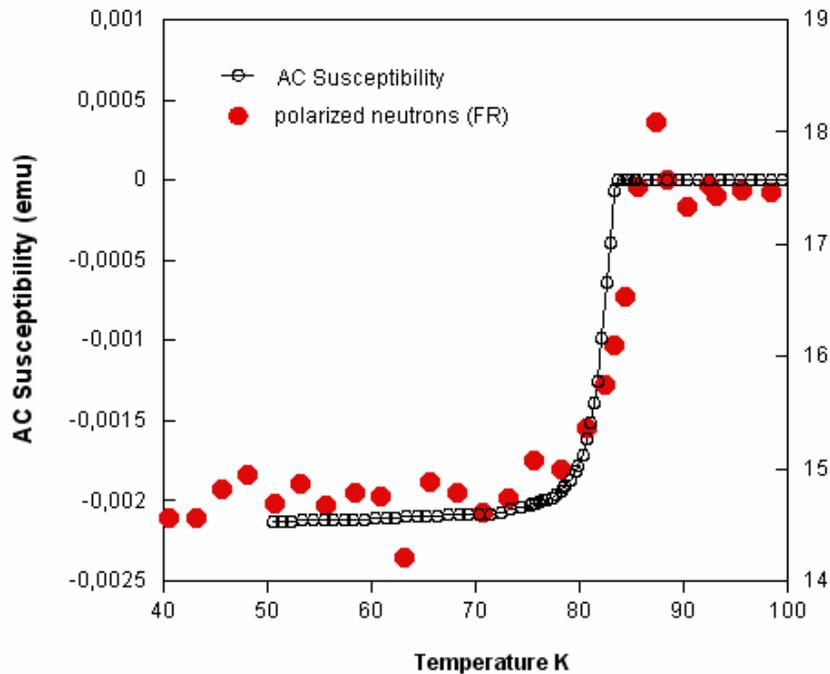
Etape 2



Mesures neutroniques:
Co-alignement de 3 échantillons
sous dopés
Volume total : 330 mm³



Rocking curve sur le pic de Bragg (008) de l'ensemble des 3 échantillons A, B et C



FR

Echantillons sous dopés

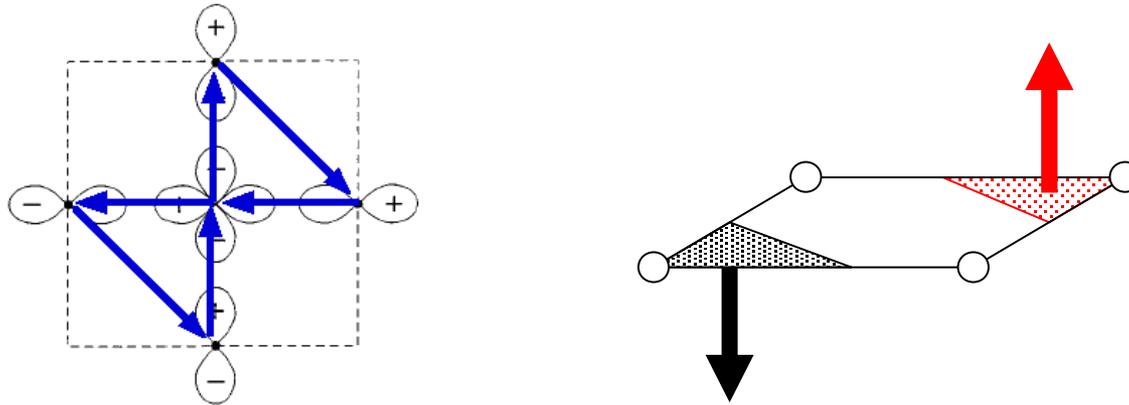
T_c = 85 K

Ordre magnétique caché dans la phase de pseudo-gap

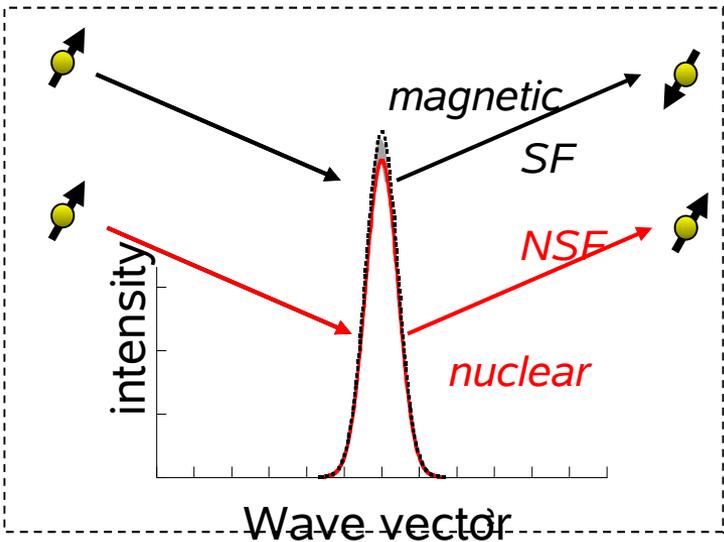
*déjà observé dans les composés Y-123 et Hg-1201 dans le régime sous dopé.

B. Fauqué et al, PRL 96 197001 (2006)
H.A. Mook et al, PRB 78 020506 (2008)
Y. Li et al, Nature 455 372 (2008)

* Ordre potentiellement associé à des courants nanoscopiques.

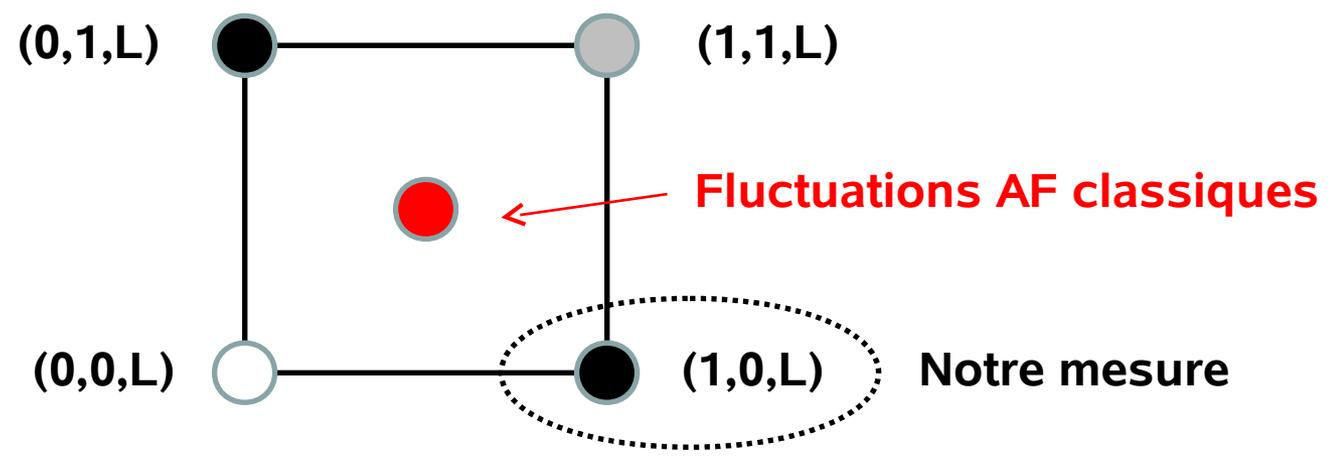


Objectif: détecter ce signal magnétique dans le composé
Bi-2212 sous dopé.

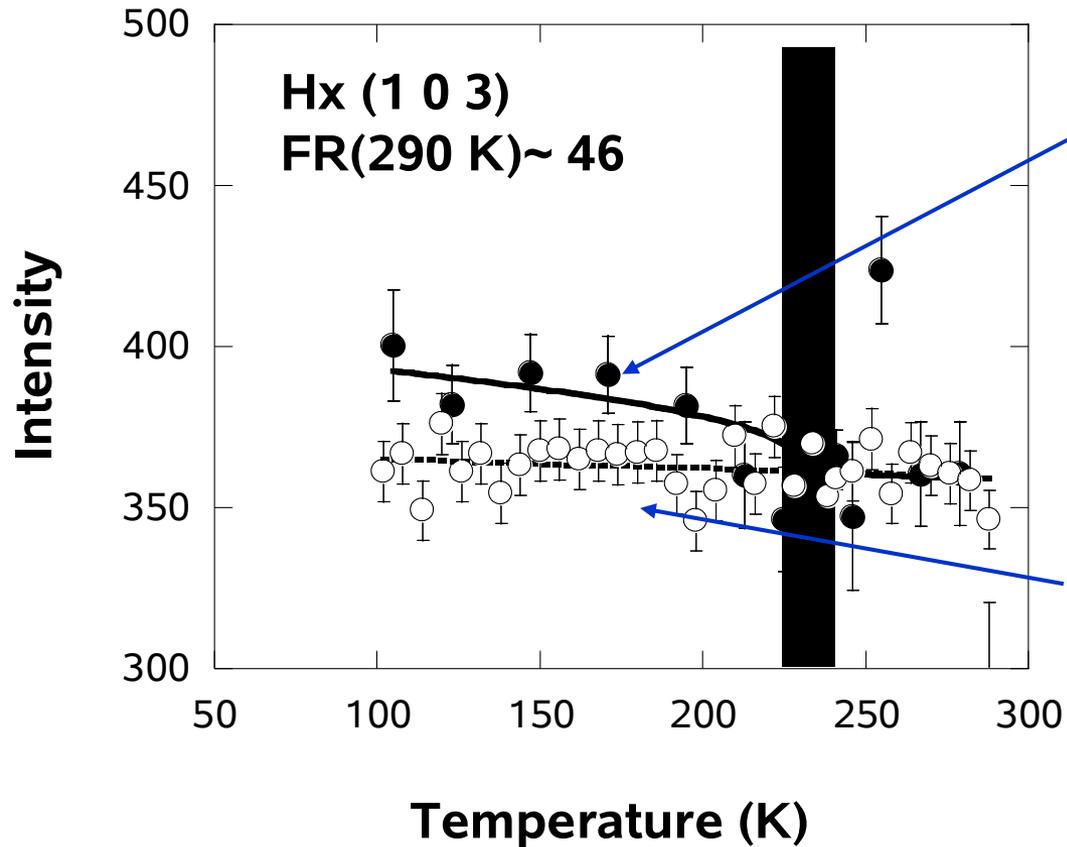


Les pics de Bragg magnétiques et nucléaires sont superposés

- Utilisation de la diffusion de neutrons polarisés
- Mesure sur les positions de Bragg $(1,0,L)$ avec $L=2n+1$



Diffusion élastique de neutrons polarisés spectromètre 4F1-LLB



Intensité Spin-Flip (SF)

Signal magnétique à T_{mag} sur les réflexions de Bragg (1 0 3)

$T_{\text{mag}} \sim 230$ K

Fuite de polarisation :

Intensité Non-Spin-Flip (NSF)

divisée par le rapport de

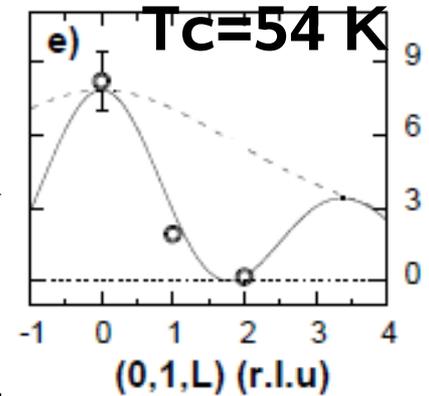
Flipping FR

Dépendance en L du signal magnétique

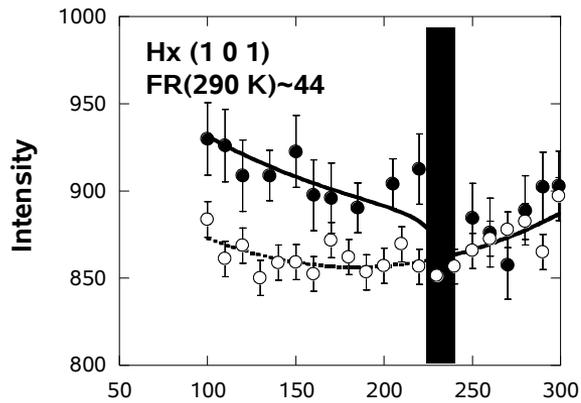
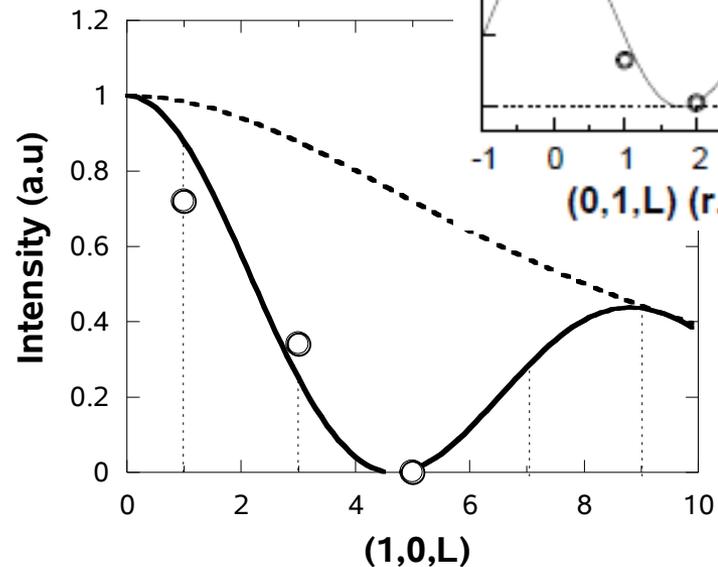
Evolution similaire à celle
observée

dans Y-123

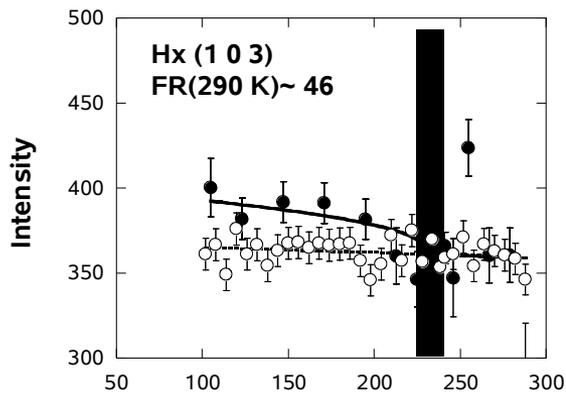
Y-123



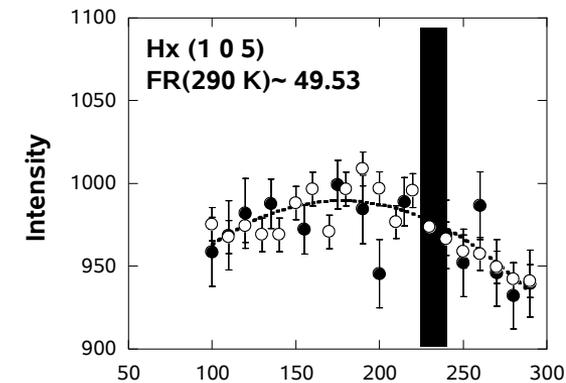
Bi-2212



Temperature (K)

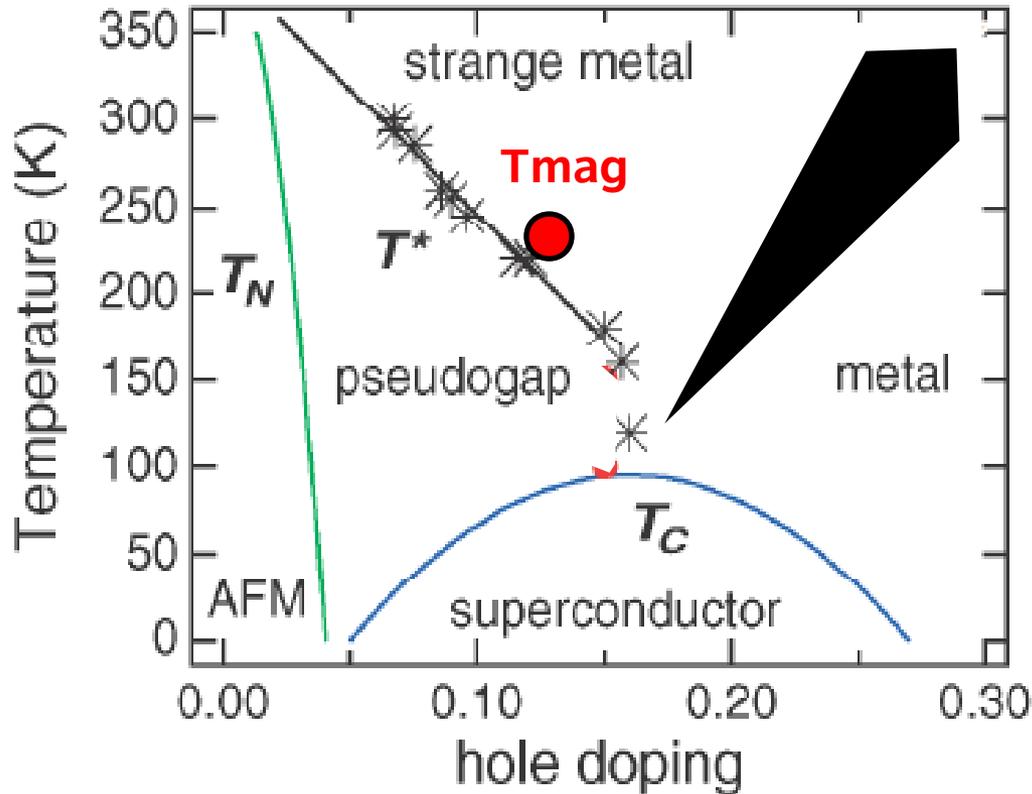


Temperature (K)



Temperature (K)

Comparaison avec le diagramme de phases du composé Bi-2212



Ouverture de la phase de pseudo-gap à T^*
(mesurée à l'aide des anomalies de résistivité)

A. Kaminski et al, Phys. Rev. Lett., 207003 (2003)

Brisure de symétrie par renversement du temps dans la phase de pseudo-gap du système Bi-2212

A. Kaminski et al, Nature, vol 416 (2002)

Etude des fluctuations AF

* Etat SC, fluctuations AF:
 apparition d'un pic
de résonance magnétique
 à une énergie E_r .

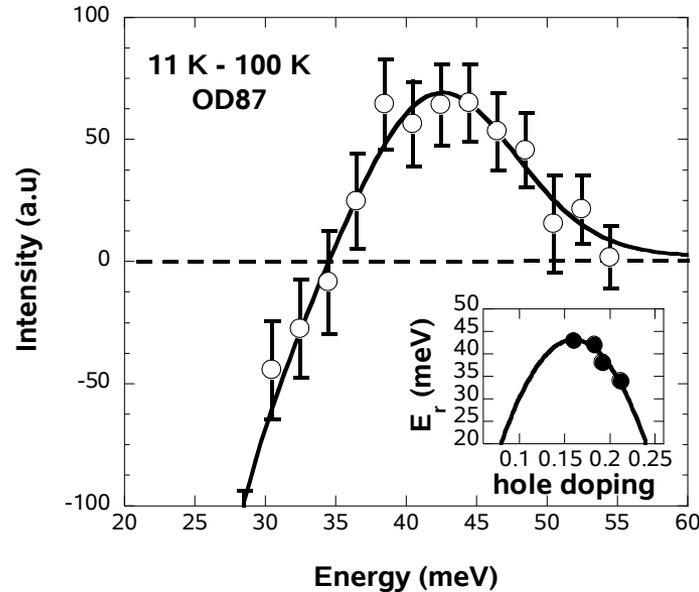


Corrélations?

*Anomalies dans le spectre
 d'excitations des charges de
 Bi-2212
 (ARPES, STM, conductivité
 optique)

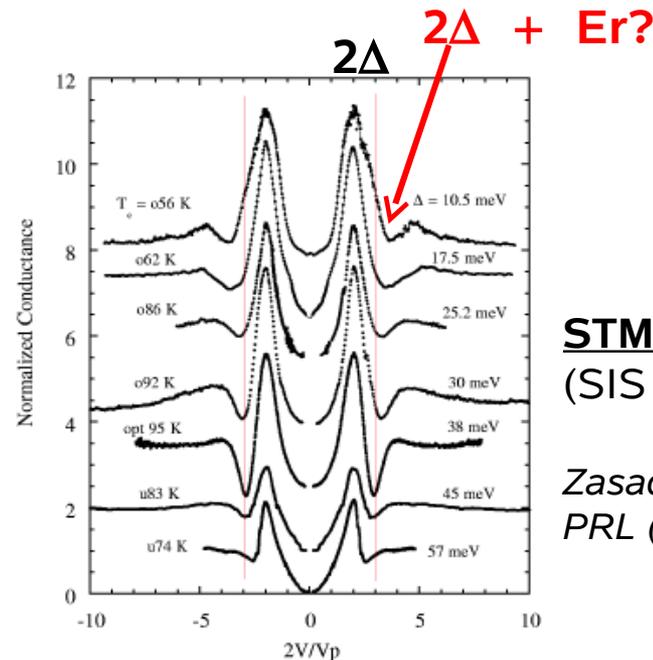
Objectif:

Étude dans le régime sous-
dopé du système Bi-2212



Bi-2212
surdopé
 (87K)

B. Fauqué et al



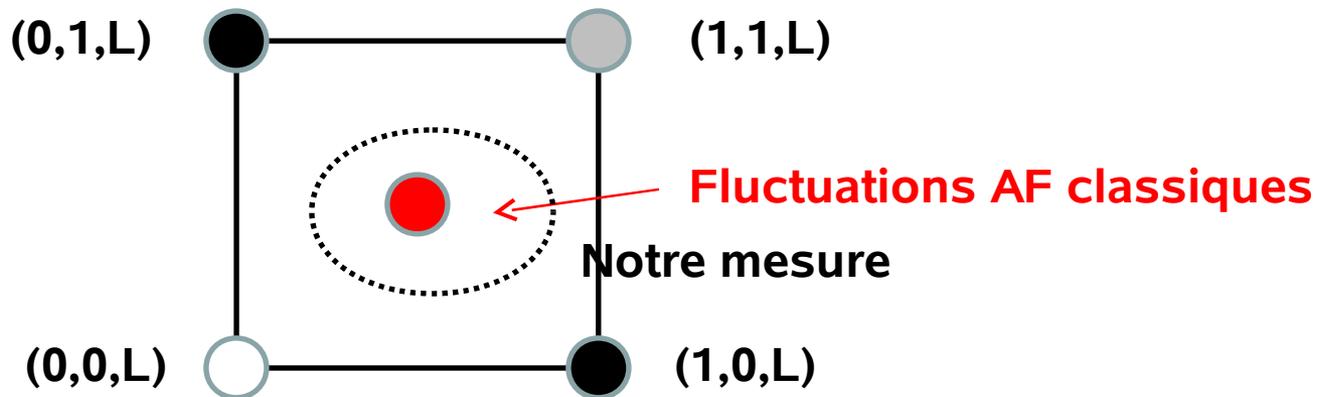
STM
 (SIS junction)

*Zasadinsky et al.,
 PRL (2001)*

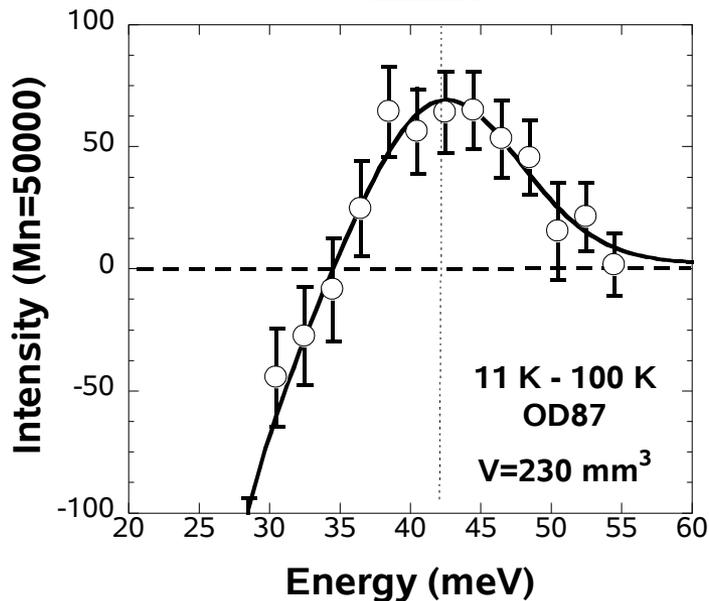
Mesures de neutrons non-polarisés

Spectromètre 2T-LLB

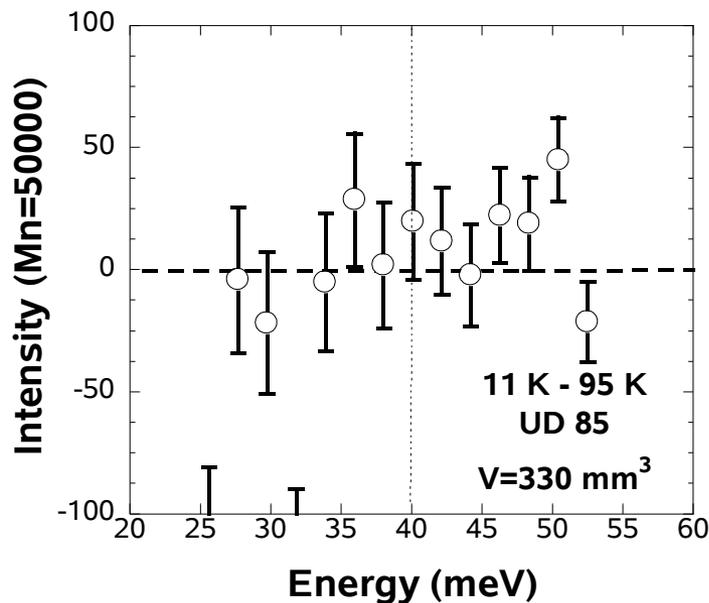
mesures réalisées
autour de
QAF= (0.5,0.5,L)



Bi-2212 surdopé
(87K)



Bi-2212 sousdopé
(85K)



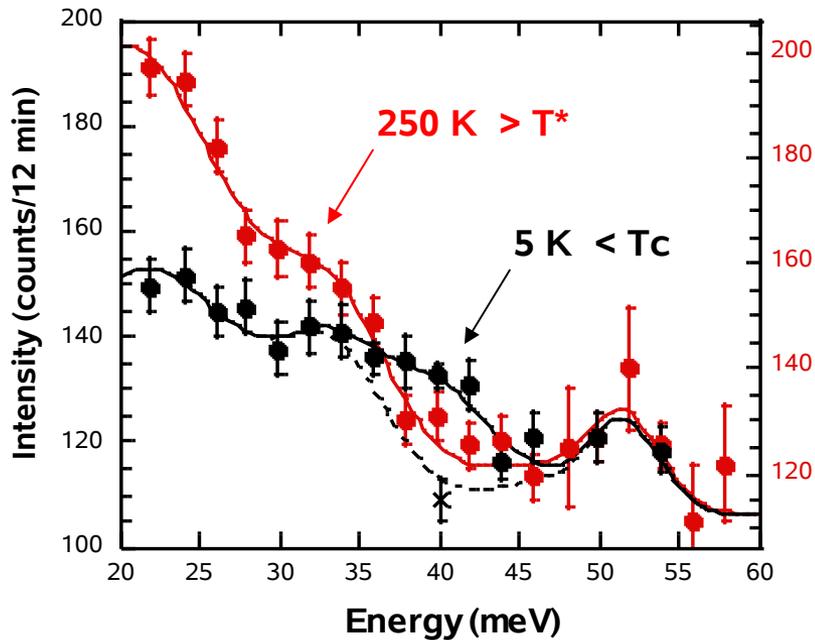
Mesures de neutrons polarisés

Spectromètre IN20-ILL

Vecteur d'onde $Q=(0.5,0.5,14)$

Canal spin-flip

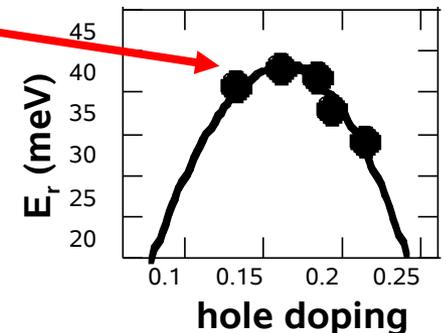
H//Q



< new

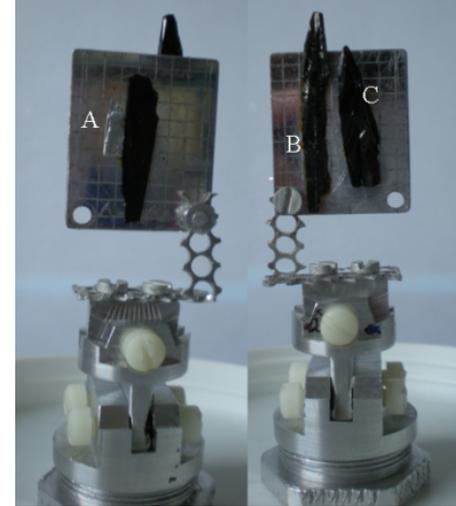
Pic de résonance magnétique à 40 meV ?

Evolution en dopage du pic de résonance selon la formule
 $E_r \sim 5.4 k_B T_c$ pour Bi2212



Conclusion

- ❖ Monocristaux sous-dopés de grand volume
- ❖ Variation de la T_c possible par traitement post-croissance
- ❖ Mesures neutrons :
 - mise en évidence d'un signal magnétique élastique en (10L)
 $T_{mag} \sim T^*$
 - Etude des fluctuations AF en (0.5,0.5,L)
 - neutrons non polarisés : Pic non détecté
 - neutrons polarisés : Pic de résonance magnétique?



Perspectives

- ❖ Confirmer les résultats
- ❖ poursuivre les études neutrons
- ❖ Etude ARPES, STM, conductivité optique...???