

## Objectif/contexte du projet

L'étude des défauts d'irradiation (ponctuels, étendus et en particulier colonnaires) permettant d'optimiser le piégeage des lignes de flux ou vortex et d'éviter ainsi la dissipation d'énergie due à leur déplacement dans les oxydes supraconducteurs, et notamment  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$ , se poursuit de longue date au Laboratoire des Solides Irradiés [1-3].

Pour mémoire, l'irradiation aux ions lourds énergiques (quelques MeV/nucléon) conduit à la formation de traces dans le matériau-cible qui se présentent, grosso modo, sous la forme de cylindres de matière endommagée de façon permanente dans la direction du projectile.

L'objectif général de l'étude est de corréler les propriétés supraconductrices ( $J_c$ ,  $T_c$ ), microstructurales et structurales d'échantillons d' $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$  endommagés par irradiation aux ions lourds de haute énergie, en fonction des conditions d'irradiation, en menant de front caractérisations magnéto-optiques et par microscopie électronique. Il s'agit de dépôts d' $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$  en films minces pour des applications rf.

Ce projet, et la demande associée, concernent la caractérisation (micro-) structurale des échantillons. Il s'agit de déterminer les caractéristiques des traces (nature cristalline ou amorphe, continue ou discontinue, morphologie cylindrique ou non, dimensions) et leur distribution spatiale en fonction des conditions de ralentissement de l'ion projectile dans la cible d'YBCO, l'hypothèse sous-jacente étant que la trace évolue en fonction de la perte d'énergie électronique par unité de longueur dans la cible, notée  $Se$ , indépendamment de la nature du projectile.

Nous avons fait varier  $Se$  sur une large plage comprise entre 16 keV/nm et 45 keV/nm, c'est-à-dire de part et d'autre d'une valeur seuil de formation de traces cylindriques amorphes estimée autour de 20 keV/nm dans les années 1990, non affinée depuis [1]. Nous avons aussi fait varier la fluence, entre  $10^{11}$  et  $10^{12}$  ions/cm<sup>2</sup>. Ce faisant, nous disposons de 10 échantillons, 9 irradiés et une référence.

Jusqu'à présent, nous avons étudié par MET des coupes transverses obtenues par tripode et amincissement ionique. Mais **afin de déterminer sans ambiguïté la nature cristalline ou amorphe d'une trace nanométrique, il faut l'observer debout**, en vue de dessus, dans le plan (a, b) perpendiculaire à l'axe c (Figure 1), qui est aussi l'axe d'irradiation.

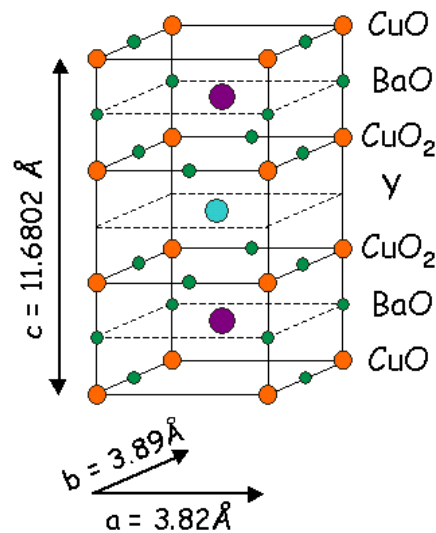


Figure 1 :  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$  est de type pérovskite  $\text{ABO}_3$  de structure orthorhombique en phase supraconductrice. Sa structure est composée d'une succession de plans d'Yttrium, de  $\text{CuO}_2$ , de BaO et de CuO comme indiqué ci-dessus.

La Figure 2 ci-dessous montre l'une des quelques rares images MET disponibles obtenues à ce jour en vue de dessus (plane view) de traces d'irradiation aux ions  $\text{U}^{+}$  de 1,3 GeV sur un échantillon d'YBCO. L'irradiation est perpendiculaire à la surface observée. Mais il s'agit d'un monocristal.

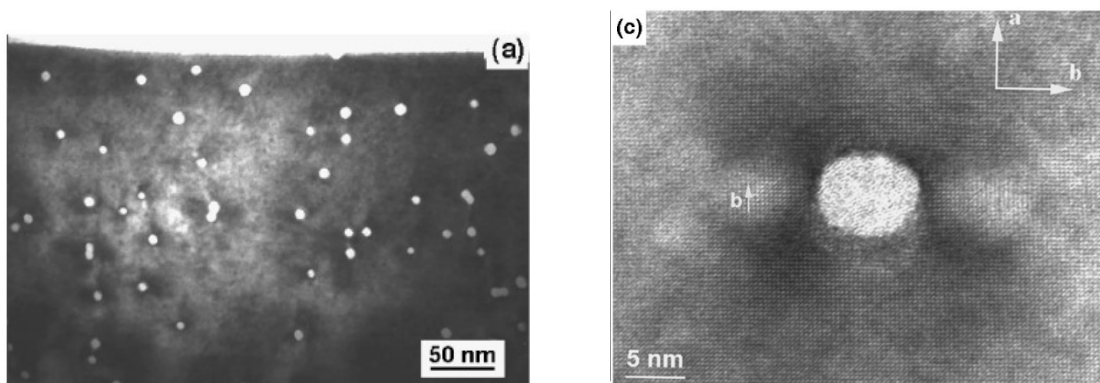


Figure 2 Image MET montrant des traces d'irradiation en vue de dessus sur un monocristal d'YBCO

A notre connaissance, il n'existe pas de tels résultats disponibles sur films minces.

Notre objectif est de réaliser l'étude MET, HRTEM et EELS sur films minces d'YBCO, et d'observer les traces debout. **Nous proposons de démarrer par la découpe par FIB d'un seul échantillon irradié afin de tester la méthode.**

[1] A.Legris, "Effets d'irradiation dans l'oxyde supraconducteur  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}$  », thèse, Ecole Polytechnique (1994).

[2] C.J. van der Beek, M.V. Indenbom, M. Konczykowski, A. Abal'oshev, I. Abal'osheva, P. Gierlowski, S.J. Lewandowski, and S. Barbanera, "Strong pinning in high temperature superconducting films", Phys. Rev. B 66, 024523 (2002).

[3] C.J. van der Beek, S. Demirdis, M. Konczykowski, Y. Fasano, N.R. Cejas Bolecek, H. Pastoriza, D. Colson, F. Rullier-Albenque, "Vortex pinning: A probe for nanoscale disorder in iron-based superconductors", Physica B: Condensed Matter, 407 (2012) pp. 1746–1749

[4] Y.Yan and Kirk, "Observation and mechanisms of local oxygen reordering induced by High-energy Heavy-ions ( $\text{U}^+$ ,  $\text{Au}^+$ ,  $\text{Xe}^+$ ) irradiation in the high  $-T_c$  superconductor  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}$ ", Phys. Rev. B 57(1998) 6152-6164.

#### Descriptif du travail souhaité

Nous souhaitons, dans un premier temps, obtenir une lame mince « plane view » sur un échantillon d'YBCO irradié aux ions Pb de 1 GeV (dit B2) pour effectuer une étude HRTEM et EELS.

#### Descriptif de l'échantillon B2 à découper :

film mince d'YBCO supraconducteur de 650 nm d'épaisseur, déposés par co-évaporation sur substrat de  $\text{LaAlO}_3$  (oxyde isolant). Le substrat sera marqué à la laque d'argent pour le distinguer de la surface utile d'YBCO.

Pas de couche de protection.

Dimensions de l'échantillon: 7 mm x 2 mm x 1mm (épaisseur, dont 650 nm d'YBCO).

#### Descriptif de la lame mince souhaitée :

Localisation : Ne pas prélever sur les bords de l'échantillon.

Orientation des coupes : vue plane de l'échantillon pour observer la section des traces.

Dimensions : Comme convenu par téléphone, une plage de  $1\mu\text{m}$  sur  $1\mu\text{m}$  nous convient pour obtenir une statistique convenable sur les traces.

Pour une étude HRTEM et EELS, une épaisseur autour de 50 nm est souhaitée si possible, l'idéal étant d'obtenir la lame la plus mince possible et de bonne tenue mécanique.