

# Physique et Matériaux pour l'Énergie Nucléaire

## Matériaux sous Irradiation

Frederico Garrido

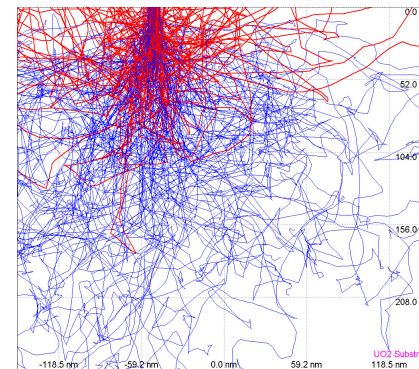
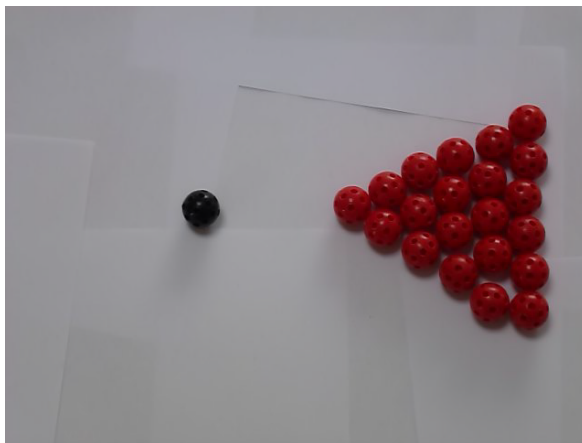
Centre de Sciences Nucléaires et de Sciences de la Matière

Université Paris-Sud-CNRS, Orsay Campus

[frederico.garrido@u-psud.fr](mailto:frederico.garrido@u-psud.fr)

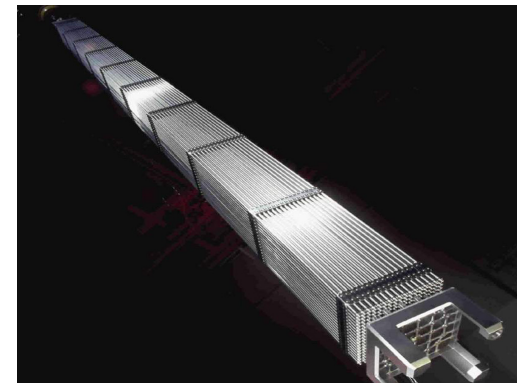
# Matériaux sous Irradiation

- Objectifs du cours
  - Connaitre les grandes classes de matériaux d'intérêt nucléaire
  - Connaitre les sources d'irradiation
  - Comprendre comment l'irradiation crée des défauts dans les solides et les conséquences associées



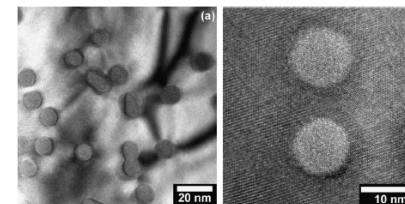
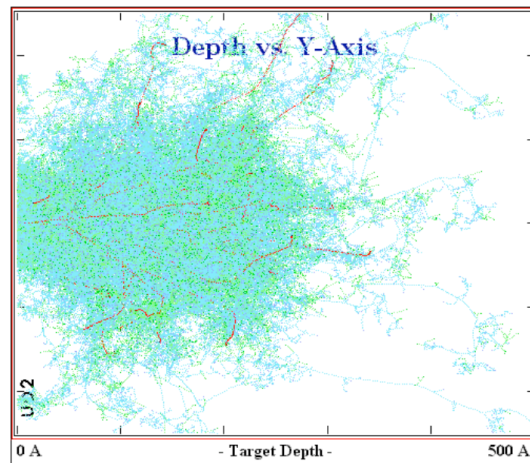
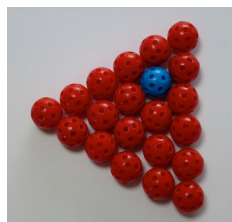
# Matériaux sous Irradiation

- Plan du cours
  - Classes de matériaux pour l'énergie nucléaire: combustible, matériaux pour les réacteurs, l'entreposage et le stockage
    - Spécificité des matériaux pour le nucléaire: environnements radiatifs et importance des sources d'irradiation (ions, électrons positons, neutrons, photons) sur l'endommagement des solides
    - Méthodes pour simuler les effets de l'irradiation sur un accélérateur

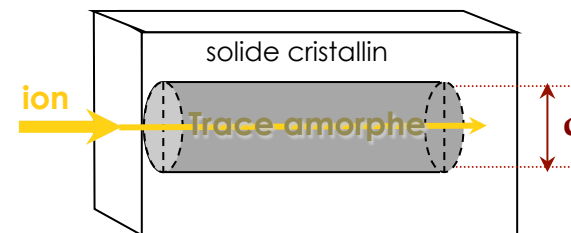


# Matériaux sous Irradiation

- Plan du cours
  - Physique de l'irradiation à l'échelle atomique
    - Processus de perte d'énergie du projectile
    - Processus de création de défauts par chocs élastiques et excitation électronique
    - Utilisation du code de simulation numérique SRIM



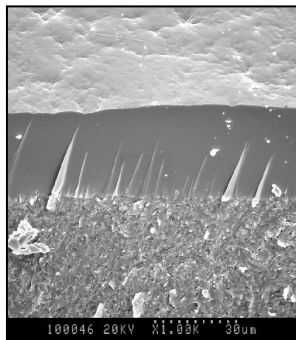
$Gd_2Ti_2O_7$   
irradié Xe 870 MeV



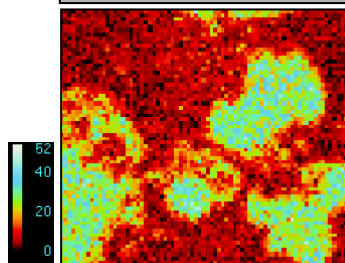
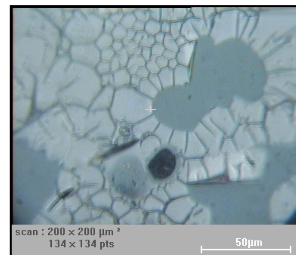
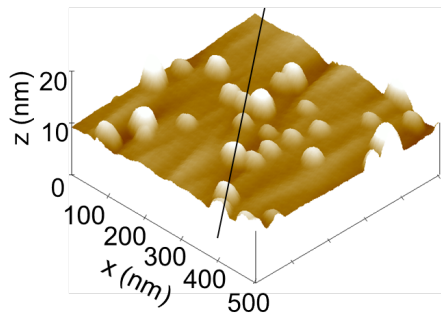
# Matériaux sous Irradiation

- Plan du cours
  - Comportement de quelques matériaux sous irradiation
    - Combustible  $UO_2$  et matrices de transmutation
    - Métaux: aciers de cuve et gaine de zircalloy
    - Matériaux pour l'entreposage ou le stockage

Amorphisation

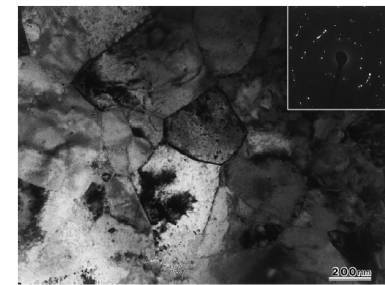


Formation de nano-monticules

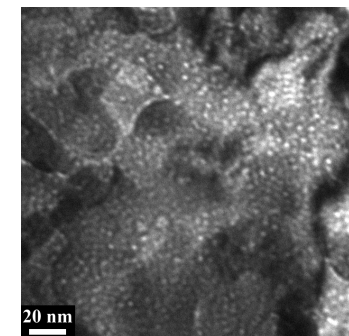


Exfoliation:  $MgAl_2O_4$  implanté Cs et recuit à  $850^\circ C$

Subdivision cristalline



Formation de bulles



- Plan du cours
    - Travaux pratiques
      - Prise en main d'un code pour simuler l'endommagement d'un solide irradié
      - Application à l'endommagement du combustible  $\text{UO}_2$  (fragments de fission, désintégration alpha des actinides)
  - Evaluation
    - Compte rendu de TP (0.25)
    - Examen final (0.75)
-