

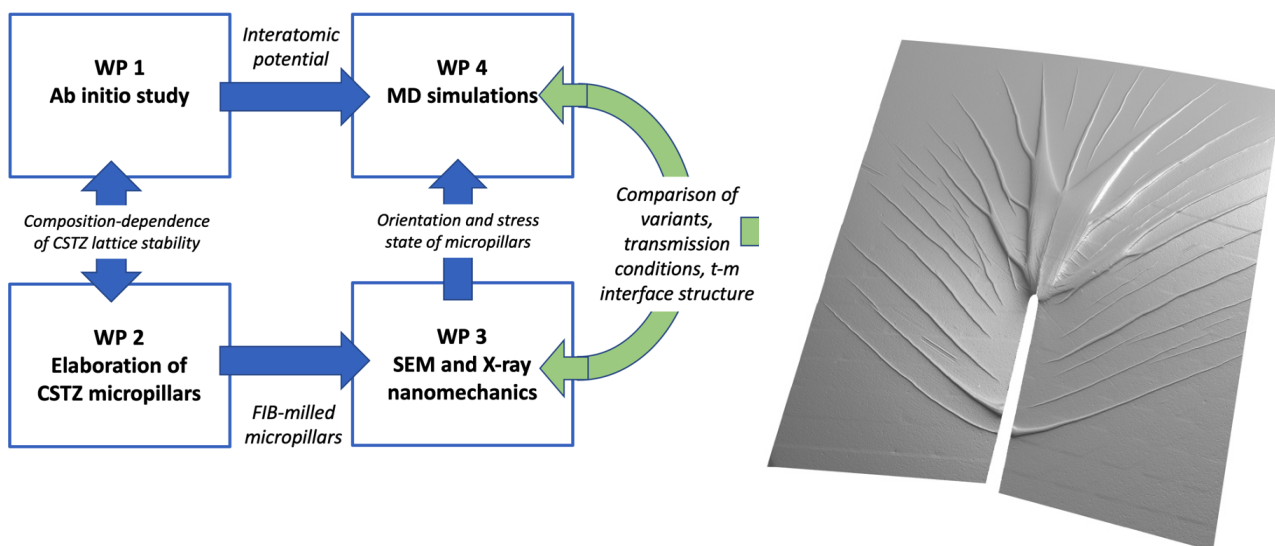
### Sujet de thèse de Doctorat à pourvoir :

## Plasticité de transformation dans la zircone : caractérisation aux petites échelles par Diffraction des Rayons X et Microscopie Electronique *in-situ* lors de chargements mécaniques

*Thèse proposée par les laboratoires MATEIS (INSA-Lyon) et IM2NP (AMU), dans le cadre du projet ANR NANOTRIP*

### Contexte général :

Les céramiques présentent pour leur très grande majorité et en première très bonne approximation, un comportement élastique-fragile à température ambiante. Elles cassent donc avant d'avoir atteint leur limite d'élasticité. Ceci est lié à la très faible mobilité des dislocations à température ambiante, ce qui compromet toute ductilité par mouvement de dislocations comme ceci est observé dans les métaux. Cependant, certaines céramiques à base de zircone peuvent présenter une réelle plasticité à température ambiante, grâce à un mécanisme de transformation de phase martensitique sous contrainte qui s'apparente en plusieurs points aux effets TRIP ('Transformation Induced Plasticity') de certains aciers et/ou les effets 'mémoires de forme' de certains alliages métalliques. Ce comportement est notamment remarquable dans des zircons dopés à l'oxyde de cérium, qui présentent alors des déformations plastiques avant rupture de l'ordre du pourcent, une forte ténacité (pour des céramiques) et une plus faible sensibilité à la présence de défauts que les céramiques classiques. Le projet NANOTRIP propose une étude des processus physiques qui contrôlent aux échelles nanométriques cet effet TRIP dans ces zircons, dans le but de concevoir des céramiques présentant une ductilité et une ténacité améliorée, ainsi qu'un effet 'mémoire de forme'. La méthodologie proposée dans le projet NANOTRIP est fondée sur des approches de modélisation (*Ab initio*, dynamique moléculaire) et d'expériences *in-situ*, ces dernières faisant l'objet de cette thèse.



*Projet NANOTRIP : à gauche, organisation du projet ; à droite, illustration d'une zone transformée en pointe de fissure dans une zircone dopée à l'oxyde de cérium*

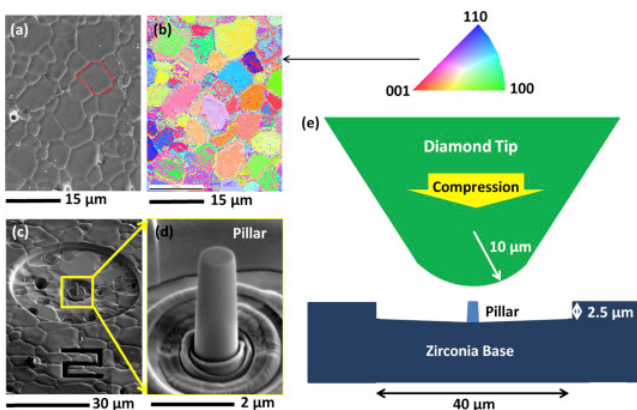
### Objectif de la thèse :

L'objectif de cette thèse est de mieux comprendre le mécanisme de transformation de phase quadratique-monoclinique à l'origine de cette plasticité de transformation, sur la base d'essais mécaniques sur micropiliers, *in-situ*, en Microscopie Electronique à Balayage et en Diffraction des Rayons X (grâce à l'utilisation du rayonnement synchrotron).

Le projet de thèse vise donc à :

- Elaborer des zircons dopés à l'oxyde de cérium présentant un effet TRIP, avec des tailles de grains (microstructures) compatibles avec la réalisation de micro-piliers et échantillons de petites taille pour essais micromécaniques au sens large,
- Réaliser des échantillons de taille micrométrique (micro-piliers, mais aussi potentiellement micro-poutres ou autres géométries adaptées) par méthode FIB (*Focused Ion Beam*),
- Réaliser des essais de sollicitation *ex-situ* suivis d'analyses microstructurales, puis *in-situ* dans un microscope à balayage, dans le but d'obtenir les lois de comportement des micro-piliers taillés dans un seul grain ou présentant des interfaces et de mieux comprendre les critères de transformation et de transmission de grain à grain,
- Développer des expérimentations de Diffraction X *in situ* sur des micro-piliers (micro-diffraction de Laue, imagerie par diffraction cohérente, etc.), dans le cadre d'essais réalisés sur des lignes de lumière synchrotron.

D'une manière générale, la thèse permettra de mieux comprendre les conditions/critères de nucléation de la phase monoclinique et sa transmission aux joints de grains, les lois de comportement associées à la transformation aux petites échelles ou encore les effets du taux de cérium sur la transformabilité (contrainte critique de transformation).



*Réalisation de micro-piliers dans un grain de céramique d'orientation choisie (figure tirée de Zeng et al. Acta Materialia, Volume 116, 2016, Pages 124-135)*

### Profil du (de la) candidat(e) :

Nous recherchons un(e) candidat(e) :

- Soit 'matériau' de formation, avec une expérience attestée (stage, projet de fin d'étude) dans le domaine de la conception et/ou de l'utilisation de méthodes de caractérisation avancée en diffraction des rayons X et microscopie électronique, avec une appétence pour la compréhension de la physique des phénomènes.
- Soit 'Physique de la matière condensée' de formation, avec une expérience dans le domaine des relations entre microstructures et propriétés des matériaux.

Une expérience dans le domaine des essais *in situ* aux échelles microscopiques serait un plus.

**Candidature (Lettre de motivation + CV) à envoyer exclusivement à :**

[Jerome.chevalier@insa-lyon.fr](mailto:Jerome.chevalier@insa-lyon.fr) et [olivier.thomas@im2np.fr](mailto:olivier.thomas@im2np.fr)

**Impérativement avec l'objet : Thèse ANR NANOTRIP – candidature Prénom Nom**