

# Oxydation et prise d'hydrogène d'alliages de titane en milieu primaire de réacteur à eau pressurisée : mécanismes, cinétiques, et effet sur le comportement mécanique

Quentin BIGNON

Directeur : Yves Wouters (SIMaP) / Co-encadrants : Quentin AUZOUX, Frantz MARTIN (CEA-Saclay)

vendredi 9 novembre 2018, à 13h30  
Amphi de l'INSTN de Saclay (91)

Jury:

- \* M. Daniel MONCEAU, Professeur - INP/Toulouse (Rapporteur)
- \* M. Xavier FEAUGAS, Professeur - Université de La Rochelle (Rapporteur)
- \* M. Krzysztof WOLSKI, Professeur - École des Mines de Saint-Etienne (Examineur)
- \* M. Yvon MILLET, Ingénieur de recherche - TIMET SA Ugine (Examineur)
- \* Mme Laurence LATU-ROMAIN, Maître de Conférences - Université Grenoble Alpes (Examineur)

**Résumé :** Les alliages de titane possèdent une faible activation neutronique, une bonne tenue mécanique et une bonne résistance à la corrosion de manière générale. Ils sont susceptibles d'être utilisés comme matériau de structure de composants du circuit primaire des réacteurs nucléaires à eau pressurisée. Cette étude s'intéresse à leur durabilité dans ce milieu. Des échantillons de trois alliages de titane  $\alpha$  (T40),  $\alpha+\beta$  (TA6V) et  $\beta$  métastable (Ti10--2--3) ont été exposés au milieu primaire à 300 °C et à 350 °C pour des durées maximales de 11000 h et 1750 h respectivement. Des observations MEB et des analyses XPS, DRX, SDL, MET-ASTAR et de photoélectrochimie ont permis de proposer un mécanisme de corrosion impliquant simultanément la croissance interne et la dissolution dans le milieu d'une fine couche dense de TiO<sub>2</sub> accompagnées de la précipitation de cristallites d'oxydes TiO<sub>2</sub> et FeTiO<sub>3</sub> liée à la saturation du milieu en hydroxydes. Il en résulte une consommation du métal estimée grâce à des analyses d'images et à la modélisation des prises de masse en fonction du temps de 2,9  $\mu\text{m}\cdot\text{an}^{-1}$  à 300 °C et de 18  $\mu\text{m}\cdot\text{an}^{-1}$  à 350 °C au maximum. Cette cinétique de corrosion est fortement ralentie lorsque les cristallites de FeTiO<sub>3</sub> recouvrent la totalité de la surface des échantillons. L'exposition au milieu primaire des matériaux implique aussi une prise d'hydrogène d'autant plus importante que la température et le taux de phase  $\beta$  sont élevés. Des essais de traction à température ambiante ont été réalisés sur des éprouvettes exposées au milieu primaire et sur des éprouvettes chargées en hydrogène ou traitées thermiquement. Ces essais ont mis en évidence une baisse de ductilité du Ti10--2--3 liée à son exposition au milieu primaire. Cette baisse de ductilité semble résulter de l'effet couplé du vieillissement thermique et de la présence d'hydrures aux interfaces  $\alpha/\beta$ . L'exposition au milieu primaire réalisée au laboratoire du T40 et du TA6V ne modifie que très peu leurs propriétés mécaniques étant donné que les prises d'hydrogène sont faibles devant les concentrations en hydrogène de transition ductile/fragile. L'utilisation des alliages de titane en milieu primaire paraît donc possible sur de longues durées sous réserve que leur phase  $\beta$  soit stable et que les pièces possèdent un rapport surface/volume suffisamment faible pour limiter leur teneur en hydrogène.