

DOCTORAT DE L'UNIVERSITE DE LILLE**NOM/PRENOM DU CANDIDAT : STEPHAN Baptiste**

Ecole doctorale : SMRE

Laboratoire : UMET

Discipline : Physique et Sciences de Matériaux

Si cotutelle, établissement partenaire :

JURY :

- Directeur(s) de thèse : JACOB Damien, DELABROUILLE Frederic
- Rapporteurs : PAREIGE Cristelle, VERON Murielle
- Examineurs : VIGUIER Bernard, LEGRIS Alexandre

**SOUTENANCE : 15/02/2018, 14h, EDF Lab les Renardières, rue des Renardières, 77250
Orvanne, Bât B34, amphithéâtre****TITRE DE LA THESE :**Etude cinétique et microstructurale de la transformation ordre-désordre dans les alliages
 Ni_2Cr à faible teneur en fer**RESUME :**

La mise en ordre (MEO) chimique des alliages Ni-Cr modifie leurs propriétés mécaniques et est une préoccupation potentielle pour leur utilisation dans les réacteurs à eau sous pression.

Dans ces travaux, la caractérisation de la cinétique de MEO par des vieillissements accélérés a été effectuée sur des alliages modèles à faible teneur en fer. L'apparition de la phase ordonnée Ni_2Cr se traduit par une augmentation de la dureté. De plus, la mesure du pouvoir thermoélectrique s'est révélée très sensible à l'apparition de la MEO. Le rôle de la teneur en fer dans la cinétique du phénomène est négligeable à basse température (<450 °C), contrairement aux traitements thermiques pratiqués sur les alliages. Nous avons extrapolé nos résultats au cas des alliages industriels où la teneur en fer est plus élevée : le temps d'incubation de la MEO est estimé à 140 ans à 325 °C.

La taille nanométrique des domaines ordonnés et leur faible différence de composition avec la matrice désordonnée rendent leur étude délicate. Nous avons utilisé des méthodes avancées de microscopie électronique en transmission pour progresser dans leur description. Grâce au couplage de l'analyse d'images et de cartographies d'orientation, la proportion surfacique des domaines ordonnés a pu être estimée sur un échantillon témoin. Des cartographies chimiques en perte d'énergie révèlent que le fer est en partie ségrégué autour des domaines ordonnés. Ceci remet en cause l'état d'ordre de la phase Ni_2Cr , ce qui a été corroboré par des études quantitatives en microdiffraction sur des domaines ordonnés. A l'échelle atomique, les analyses montrent que le fer se substitue de préférence au chrome dans la maille ordonnée.

DOCTORAT DE L'UNIVERSITE DE LILLE**NAME/SURNAME OF THE CANDIDATE : STEPHAN Baptiste**

Doctoral School : SMRE

Laboratory : UMET

Discipline : Physique et Sciences de Matériaux

In case of co-tutorial thesis, provide the partner institution :

THESIS COMMITTEE :

- Thesis supervisor(s) : JACOB Damien, DELABROUILLE Frederic
- Referees : PAREIGE Cristelle, VERON Murielle
- Examiners : VIGUIER Bernard, LEGRIS Alexandre

**DEFENSE : 15/02/2018, 14h, EDF Lab les Renardières, rue des Renardières, 77250
Orvanne, Bât B34, amphithéâtre****TITLE OF THE THESIS :**A kinetic and microstructural study of order-disorder transformation in Ni₂Cr alloys with low iron content**ABSTRACT :**

Chemical ordering in Ni-Cr alloys modifies their mechanical properties and is a potential issue for their use in pressurized water reactors.

In this work, ordering kinetics have been determined by accelerated ageing on model alloys with low iron content. The Ni₂Cr ordered phase appearance induces a hardness increase. Furthermore, thermoelectric power measurements have been revealed very sensitive to ordering. The iron content does not affect ordering kinetics at low temperatures (<450 °C), contrary to thermal treatments practiced on the alloys. Our results have been extrapolated to the industrial case, where the iron content is higher: ordering incubation time is estimated at 140 years at 325 °C.

The nanometric size of ordered domains together with their small difference in chemical composition with the disordered matrix make their study difficult. We used advance characterizations with transmission electron microscopy to progress in their description. Thanks to the coupling of image analysis with orientation mappings, the surface proportion of ordered domains has been estimated on a control sample. Energy loss chemical maps reveal that the iron is partly segregated around ordered domains. This questions the state of order of the Ni₂Cr phase, which is corroborated by quantitative microdiffractions achieved on ordered domains. At the atomic scale, analyzes show that iron substitutes preferentially for chromium in the ordered phase.