

# Étude préliminaire de l'oxydation d'alliages Fe-Ni, présents dans les débris spatiaux, lors de rentrées atmosphériques terrestres

M. Lesage<sup>1</sup>, P. Boubert<sup>1</sup>, S. Jouen<sup>2</sup>

<sup>1</sup> CORIA, UMR CNRS 6614, Normandie Université, 76801 Saint-Étienne du Rouvray, France

<sup>2</sup> GPM, UMR CNRS 6634, Normandie Université, 76801 Saint-Étienne du Rouvray, France  
mél: [morgan.lesage@coria.fr](mailto:morgan.lesage@coria.fr)

La loi sur les opérations spatiales (LOS) votée en 2008 a en partie comme objectif de définir un cadre légal concernant la problématique des débris spatiaux et en particulier des dégâts possible engendrés par leur rentrée atmosphérique. Afin d'estimer ces dégâts le CNES (Centre National d'Études Spatiales) a développé l'outil multidisciplinaire DEBRISK [1]. Cet outil calcule, pour chaque débris, sa trajectoire en 3D, son altitude de disparition, sa masse et son énergie à l'impact au sol. Lors d'une rentrée atmosphérique terrestre hypersonique, un plasma d'air se forme en aval de l'onde de choc, ce plasma en interaction avec l'engin spatial est le principal facteur de dégradation. Le calcul de DEBRISK nécessite donc de nombreuses données caractérisant les différents matériaux dans ces conditions.

En effet, à haute température, les bases de données des propriétés aérothermochimiques sont très limitées et ne permettent pas des calculs précis. Le but est donc d'étudier la dégradation de certains matériaux dont la résistance à une rentrée atmosphérique est incertaine. Dans cet optique deux alliages Fe-Ni, Invar 36 ( $\text{Fe}_{64}\text{Ni}_{36}$ ) et l'Inconel 718 ( $\text{Ni}_{54}\text{Fe}_{19}\text{Cr}_{19}\text{MoTiNbAl}$ ) sont particulièrement intéressants puisque répandus dans la confection des engins spatiaux [2-4]. En laboratoire, contrairement à une rentrée atmosphérique, le plasma n'est pas obtenu par un écoulement hypersonique autour de l'objet mais par la soufflerie plasma inductif SOUPLIN du CORIA, déjà utilisé par le passé pour différentes études de rentrées atmosphériques terrestre et martienne [5]. Le principe est de reproduire les conditions plasmas rencontrées en aval de l'onde de choc d'une rentrée atmosphérique afin de simuler les interactions plasma-matière en proche paroi et, dans notre cas, l'oxydation.

De nombreux paramètres influent sur l'oxydation de ces alliages, en particulier l'enthalpie massique, la pression totale et le temps d'exposition. Ces deux premiers paramètres vont principalement influencer sur le taux de dissociation du plasma et sur sa températures. Dans cette étude préliminaire seule l'influence du temps d'exposition sur la nature et la structure des oxydes est évaluée. L'étude menée est décomposée en deux étapes distinctes, la première concerne des séries de mesure *in situ* avec l'étude de la couche limite par spectroscopie d'émission et la mesure de l'évolution temporelle de la température de l'échantillon. La seconde phase, *ex situ*, s'intéresse à la composition et la structure des oxydes formés en utilisant des méthodes de diagnostic tel que la microscopie électronique à balayage, la diffraction de rayon X et la diffusion Raman.

## Références

- [1] P. Omaly, C. Mangnin Vella, S. Galera, Proceedings of the 6<sup>th</sup> IAASS Conference, Montréal (Ca) (2013)
- [2] W.H. Otte, D.B. O'Donnell, S.D. Kiser, C.W. Cox, Welding Journal **75**, 51-55 (1996)
- [3] L. Barka, M. Balat-Pichelin, J.-L. Sans, E. Bêche, Journal of Alloys and Compounds **772**, 1003-1016 (2019)
- [4] M. Balat-Pichelin, J.-L. Sans, E. Bêche, V. Flaud, J. Annaloro, Materials Characterization **127**, 379-390 (2017)
- [5] N. Brémare, S. Jouen, P. Boubert, J. Phys. D: Appl. Phys. **49**, 165-201 (2016)