

Résumé

Les centrales nucléaires françaises produisent plus de 75% de l'énergie électrique consommée dans le pays. L'étude de l'usure des composants de leurs réacteurs est donc un enjeu majeur en terme de sécurité et d'économie. L'avancement actuel des modélisations de l'usure ne permet pas de résoudre directement ce problème complexe. Ce travail est donc focalisé sur l'analyse et la modélisation des effets mécaniques dans le processus d'usure par impacts/glislements. Il est construit autour d'un "problème mécanique modèle", défini à partir du problème industriel et étudié selon l'approche phénoménologique de l'usure. Des outils d'investigations, expérimentaux et numériques sont développés puis validés. Leur but est de modéliser les influences de la mécanique sur le processus d'usure aux échelles du triplet tribologique, c'est à dire le mécanisme, les 1^{ers} corps et le 3^{ième} corps. Expérimentalement le problème modèle est reproduit par le simulateur BRUNEAU dont le pilotage et l'analyse des essais sont conduits à partir d'un modèle d'oscillateur à impacts à 2ddl prenant en compte la boucle d'asservissement. Ces résultats fournissent les données d'entrée de modèles par éléments finis réalisés en 2D et 3D à l'aide de codes statiques et dynamiques. L'historique des champs de contraintes obtenu est utilisé par un modèle de réponse des 1^{ers} corps aux sollicitations tribologiques développé à partir d'un couplage entre fatigue polycyclique et endommagement élastique des matériaux. L'ensemble des outils d'investigations est utilisé pour analyser le processus d'usure activé pour les cinématiques de bases : impacts purs, impacts/ glissements et cinématique orbitale. Enfin, l'application de ces outils dans un but de dimensionnement (jeu radial, . . .) ou pour comprendre l'influence d'un paramètre (frottement, . . .) montre comment la variation d'un paramètre se répercute à chaque échelle du triplet tribologique justifiant la nécessité d'établir des modèles compatibles, afin d'étudier l'enchaînement des phénomènes dans lesquels les effets mécaniques interviennent. Les perspectives de ce travail concernent aussi bien l'application industrielle que la modélisation de l'usure et en particulier la caractérisation et la modélisation de la réponse des matériaux aux sollicitations tribologiques.

Résumé

French nuclear power plants produce more than 75% of the electrical power used in France. Studying the wear of the components of their reactors is therefore a major stake in terms of safety and economy. This work focuses on the analysis and modeling of "mechanical effects in the impact-sliding wear process. It relies on a "mechanical model problem", defined according to the industrial problem and studied using the phenomenological approach of wear modeling. Experimental and numerical investigation tools have been developed and validated. They aim at modeling the influence of mechanics on the wear process by considering the scale of the tribological triplet, namely the mechanism, the first bodies and the

third body. The model problem is experimentally reproduced by BRUNEAU, a testing machine dedicated to this study. The definition of input signals as well as the analysis of testing results are performed using a 2 d. O. F. Impact oscillator model including the feedback loop. This model gives input data for the calculation of local stresses and strains within the contacting components using 2D and 3D dynamic finite element codes. The obtained stress-history is then used by an original modeling of first body's response to tribological loading relying on a coupling between polycyclic fatigue and elastic damage of the material. The whole investigation tools are then used to analyze the wear process activated by the basic contact kinematics : pure impacts, impacts/ sliding, orbital motion. Eventually, the application of the investigation tools to the design of components or to understand the influence of a parameter illustrates how the variation of a parameter affects each scale of the tribological triplet. This proves the necessity of developing compatible models, able to exchange input data and results, in order to study properly the sequence of phenomena in which mechanics is involved. The outlook of this work applies to the industrial problem as well as to the wear modeling.