Modélisation de dégradations de composants par processus stochastiques avec prise en compte de covariables

Antoine Grall, Anne Barros, Mitra Fouladirad, Yannick Lefèbvre, Emmanuel Remy

▶ **To cite this version:**

Antoine Grall, Anne Barros, Mitra Fouladirad, Yannick Lefèbvre, Emmanuel Remy. Modélisation de dégradations de composants par processus stochastiques avec prise en compte de covariables. Journées MAS et Journée en l'honneur de Jacques Neveu, Aug 2010, Bordeaux, France. inria-00510211

HAL Id: inria-00510211

https://inria.hal.science/inria-00510211

Submitted on 17 Aug 2010

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Session : Modèles de dégradation et politique de maintenance

Modélisation de dégradations de composants par processus stochastiques avec prise en compte de covariables

par **Antoine Grall**, Anne Barros, Mitra Fouladirad, Yannick Lefebvre et Emmanuel Remy

Le matériau de certains composants des centrales nucléaires se dégrade au cours de l'exploitation. On cherche à modéliser l'évolution de cette dégradation, qui dépend principalement du temps écoulé depuis la mise en service de la centrale. Plusieurs autres covariables statiques sont également réputées pour leur influence sur l'évolution de la dégradation : elles sont toutes relatives aux caractéristiques (type et composition) du matériau et elles sont supposées parfaitement connues. Des essais en réacteurs expérimentaux et des contrôles menés in situ ont permis d'obtenir, pour chaque composant et chaque type de matériau, quelques valeurs successives de l'indicateur de dégradation à différentes durées d'exploitation. Ainsi, pour chaque composant, on dispose d'une "trajectoire" de dégradation caractéristique d'un matériau. Ces données ont été exploitées au fur et à mesure de leur obtention pour établir différents modèles physiques plus ou moins complexes. Ces modèles sont tous de la forme :

$$Deg_d = G(\text{caractéristiques matériau}) + H(\text{caractéristiques matériau}) \times d^{\alpha}$$

où Deg_d est la valeur de l'indicateur de dégradation suivi au bout de la durée d de fonctionnement de la centrale depuis sa mise en service et où $G(\cdot)$ et $H(\cdot)$ désignent des fonctions pouvant aller, selon le modèle étudié, de la fonction analytique simple dont la forme fait sens physiquement (et dont les paramètres sont ajustés statistiquement) à un code basé sur la résolution numérique d'équations physiques complexes. L'approche physico-statistique qui a été adoptée par EDF pour les modélisations simples ($G(\cdot)$ et $H(\cdot)$ fonctions analytiques dont la forme est déterminée par des arguments physiques et dont les paramètres sont ajustés statistiquement) a été menée dans un cadre classique de régression, en supposantÂ que l'indicateur de dégradation Deg est une variable aléatoire de loi gaussienne, de moyenne $F_1(\text{caractéristiques matériau}) \times d^{\alpha}$ et d'écart-type $F_2(\text{caractéristiques matériau})$. Ainsi, pour un conservatisme visé de 97,5%, le modèle physico-statistique retenu au final est le suivant :

$$Degd = 1,96 \times F_2(\text{caractéristiques matériau}) + F_1(\text{caractéristiques matériau}) \times d^{\alpha} \ .$$

L'objet des travaux présentés a consisté, comme alternative à la modélisation statistique existante, à adopter le formalisme des processus stochastiques gamma avec prise en compte des caractéristiques matériau comme

covariables statiques, de sorte à analyser la faisabilité méthodologique d'une telle approche et à évaluer les potentielles répercutions en termes de prévision de la durée d'atteinte du seuil de dégradation limite admissible du composant étudié. L'originalité des travaux tient dans le fait qu'on a cherché à profiter de l'information physique disponible et apportée par la fonction $F_1(\cdot)$ conditionnant la trajectoire moyenne du processus. Pour ce faire, on a adopté une modélisation des paramètres du processus gamma tenant compte de fonctions indicatrices sur $F_1(\cdot)$ et sur d. Les paramètres du processus ont été ensuite estimés par maximum de vraisemblance à partir des données recueillies. Des études de sensibilité ont été menées pour analyser la robustesse d'estimation aux données et une étude comparative des deux approches, régression et processus stochastique, a été conduite pour analyser l'impact en termes de prévision de la durée d'atteinte du niveau de dégradation seuil.

Adresses :

Antoine Grall
Laboratoire de Modélisation et Sûreté des Systèmes
Institut Charles Delaunay (FRE CNRS 2848)
Université de Technologie de Troyes
12 rue Marie Curie
BP 2060
10010 Troyes cedex, France
E-mail : antoine.grall@univ.fr

Anne Barros
Laboratoire de Modélisation et Sûreté des Systèmes
Institut Charles Delaunay (FRE CNRS 2848)
Université de Technologie de Troyes
12 rue Marie Curie
BP 2060
10010 Troyes cedex, France
E-mail : anne.barros@utt.fr

Mitra Fouladirad
Laboratoire de Modélisation et Sûreté des Systèmes
Institut Charles Delaunay (FRE CNRS 2848)
Université de Technologie de Troyes
12 rue Marie Curie
BP 2060
10010 Troyes cedex, France
E-mail : mitra.fouladirad@utt.fr

Journées MAS 2010, Bordeaux

Yannick Lefebvre
Schlumberger Carbon Services
1 rue Henri Becquerel
92140 Clamart, France
E-mail : ylefebvre@clamart.oilfield.slb.com

Emmanuel Remy
EDF R&D Département "Management des Risques Industriels"
6 quai Watier, BP 49
78401 Chatou cedex, France
E-mail : emmanuel.remy@edf.fr

Session : Modèles de dégradation et politique de maintenance