

Prévoir en fiabilité IMDR info N° 48

Que répondre à l'IMdR qui nous invite ici à relever quelques aspects remarquables de la maîtrise des risques à l'occasion du congrès Lambda Mu 23 ?

Tout d'abord, méfions-nous des experts et regardons les faits. Le retour d'expérience s'avère stratégique pour tirer les leçons du passé, bien plus que tous les modèles explicatifs. Si la physique sait décrire les fonctionnements nominaux, elle se révèle moins solide quand survient l'imprévu ou la dégradation. Certes des modèles physiques de dysfonctionnement existent, mais ils sont le plus souvent rudimentaires, tels que la loi de Paris pour décrire les propagations de fissure, ou se limitent à l'hypothèse que la vitesse des phénomènes est déterminée par les niveaux de stress (température, vibration, humidité, etc.).

Quel modèle descriptif utiliser alors, en adéquation avec la réalité passée, et quelles sont ses chances de prévoir correctement l'avenir pour pouvoir être utilisé comme modèle prédictif ?

Si le retour d'expérience se limite à des durées de fonctionnement ou que les pannes sont aléatoires, seules des lois de fiabilité (comme la loi de Weibull) peuvent permettre d'élaborer des prévisions. Mais si l'observation du passé recouvre la cinétique des dégradations, une panoplie de modèles plus précis s'offre à nous.

- Les modèles à espace d'états considèrent une suite d'états de dégradation plus ou moins prononcés (réels ou fictifs) et des lois de passage entre ces états. Cette famille markovienne s'enrichit régulièrement de nouveaux membres (PM, PDM, MMC, POMDP, GPOMDP, PDMP...) dont certains ne semblent faire l'objet que de rares applications.

- Les modèles issus de l'intelligence artificielle (I.A.), tels que les réseaux de neurones (perceptron multicouche), sont capables de mémoriser un nombre phénoménal de situations diverses collectées par le retour d'expérience au moyen d'une signature élaborée à partir de très nombreuses informations. Utilisés pour la détection d'anomalie (diagnostic), leur force est alors de pouvoir identifier des signaux faibles dès que la nouveauté survient. Mais leur apport s'avère plus limité dans le domaine du pronostic qui requiert un apprentissage préalable de tous les comportements possibles dans toutes les conditions d'utilisation et d'environnement. Ces modèles ne pourront alors s'appliquer qu'à des produits relativement simples, en termes de diversité des fonctionnements opérationnels, ou dotés d'un très riche retour d'expérience acquis dans un marché de masse (automobile...).

- Les modèles continus portent sur une grandeur physique enregistrée par le retour d'expérience, telle qu'une largeur de fissure, un courant de fuite ou un échauffement par exemple, dont on cherche à modéliser la trajectoire d'évolution. Ces trajectoires peuvent être estimées par des méthodes de régression ou par des processus de Lévy (gamma, Wiener, variance gamma, Poisson composé...), choisis selon l'évolution des phénomènes (monotone, continue, discontinue, chocs ...), qu'il est nécessaire de rendre non stationnaires, pour traduire une accélération ou décélération éventuelle du processus dans le temps, et d'accélérer par un facteur pour tenir compte des stress liés aux conditions d'utilisation et d'environnement. Le choix d'un seuil de fonctionnement permet alors de passer d'un modèle de dégradation à un modèle de fiabilité.

Ne reposant que sur le retour d'expérience, et donc sur la représentativité de celui-ci, ces différents types de modèle doivent être régulièrement mis à jour par des techniques d'ajustement ou d'apprentissage. Des modèles de fiabilité en ligne, utilisables dans le cadre de la maintenance prévisionnelle (ou prédictive), peuvent être ainsi élaborés dès la fin de conception des produits, lors des essais accélérés d'endurance ou de fiabilité, puis enrichis en exploitation. Les modèles prédictifs étant tous entachés d'erreur, il est vivement conseillé de suivre des indicateurs de qualité des prédictions élaborées en partageant l'information disponible en données d'apprentissage et en données de validation. Par ailleurs, des techniques bayésiennes peuvent être utilisées pour consolider des sources de données entre elles ou faciliter le démarrage d'un recueil d'information, plutôt que considérer véritablement le jugement des experts.

Nous avons développé ces différents aspects dans le livre récemment publié « Mise en œuvre des essais accélérés et de la maintenance prédictive » qui complète deux ouvrages également édités par la société Cab Innovation : « Conception optimale déterministe et probabiliste » et « La fiabilité aujourd'hui ».

André, Aurélien & Adrien Cabarbaye