

Résumé du sujet : Etudes prédictives de vieillissement.

La durabilité des équipements représente un enjeu économique majeur, souvent un enjeu de sécurité. Il est donc indispensable de s'en préoccuper dès la conception, par des études prédictives de vieillissement.

Il est d'abord nécessaire de définir un critère de limite de vie opérationnelle. S'il est parfois acceptable d'attendre la défaillance pour constater la limite de vie, ce n'est pas le cas quand il y a des enjeux de sécurité ou quand le coût de la défaillance devient très important. Dans ces cas, la limite de vie doit être considérée comme atteinte quand la probabilité de défaillance devient supérieure à une « limite acceptable » convenue. Nous sommes alors dans le monde de l'incertain, des calculs de probabilités. Même si la conformité à une norme peut être de nature déterministe, la fixation de la norme reste un choix associé à un niveau d'acceptabilité d'un risque.

Un second point résulte de la complexité des équipements. Si un équipement ne possède généralement qu'une seule fonction principale, sa réalisation nécessite de nombreuses fonctions de conception, chacune contribuant aussi bien à la réalisation de la fonction principale qu'à sa défaillance. De plus, les causes de vieillissement sont multiples, et leurs conditions d'occurrence aléatoires. Au final, la combinatoire conduit à un problème très complexe. Les études limitées à un aspect particulier de la défaillance, ou bien les études dites de vieillissement accéléré, qui restent très partielles et peu représentatives de la réalité, ne présentent pas le caractère d'exhaustivité nécessaire.

Un troisième point relève du taux d'innovation dans l'équipement. Quand un équipement se positionne dans la continuité d'une version antérieure, le retour d'expérience peut être exploité de façon efficace pour prévoir les risques de défaillance, en particulier par vieillissement. Ce n'est pas le cas en situation de rupture technologique. Il faut alors faire une étude phénoménologique fine et la plus exhaustive possible, pour identifier les processus de vieillissement, pour décrire comment ils affectent les fonctions de conception (les modes de vieillissement) puis la fonction principale.

L'ensemble de ces travaux constitue une phase analytique qui permet de décrire les modes de vieillissement et de les classer sur la base d'une évaluation de leur criticité. Il faut ensuite dérouler une phase quantitative utilisant des modèles prédictifs du vieillissement, permettant de calculer l'évolution du risque de défaillance par vieillissement. En le combinant avec le calcul du risque de défaillance intrinsèque (la défiabilité théorique) et celle résultant du risque d'erreur humaine dans le processus de fabrication, on peut construire la « courbe en baignoire » spécifique de l'équipement étudié, dans son environnement opérationnel, et caractéristique du vieillissement.

L'ensemble de ces résultats, la maîtrise de leur complexité et la nécessaire exhaustivité, sont inaccessibles sans une méthode rigoureuse. C'est une telle méthode qui a été développée dans le cadre des sociétés ATMOSTAT et AER, initialement pour des besoins relatifs à la sécurité d'équipements de Défense.