



Fiabilité

Sûreté de fonctionnement

Asset Management

1. Présentation du besoin

La fiabilité d'un système décrit sa capacité à rester en bon état de fonctionnement. C'est une préoccupation très ancienne, mais notre expérience nous a montré qu'elle était rarement abordée de manière satisfaisante.

La sûreté de fonctionnement décrit la capacité du système à fonctionner en "mode dégradé", c'est-à-dire dans la situation où un ou plusieurs sous-systèmes sont en panne.

Pour les Industriels, la connaissance de la durée de vie d'un système, de l'entretien (périodique ou non) qu'il peut nécessiter, est essentielle : elle conditionne la définition de la garantie, son coût, et la périodicité des maintenances : ce qu'on appelle "asset management". Elle peut aussi (comme on le voit aujourd'hui pour les centrales nucléaires) permettre d'envisager un accroissement de la durée de vie initialement prévue.

L'analyse de la sûreté de fonctionnement permet de connaître, et de limiter, l'impact d'une panne partielle : faire en sorte que, malgré tout, le service soit assuré.

2. Les difficultés

Les difficultés méthodologiques sont très nombreuses :

- Comment évaluer a priori la fiabilité d'un produit que l'on vient tout juste de mettre sur le marché ?
- Quels tests faut-il faire pour évaluer cette durée de vie, sachant que les conditions réelles d'utilisation ne sont pas complètement connues ?
- Comment définir et enregistrer le retour d'expérience ? Cela concerne les défaillances, qu'il faut analyser, mais aussi le bon fonctionnement ;

- Comment connaître les lois de vieillissement des matériaux utilisés ? Il peut y avoir un vieillissement naturel (par exemple une oxydation), une usure, une fatigue, ou bien un vieillissement spécifique lié à certaines conditions d'utilisation (rayonnements, froid, chaleur, vibrations, etc.) ;
- Comment décider des maintenances ? Quelles pièces remplacer, quand les remplacer ? Il est souvent plus avantageux de remplacer tout un sous-système, parce que le démontage prend du temps et que l'immobilisation coûte cher ;
- Quelle est la conséquence pratique d'une défaillance d'un composant, et comment la chiffrer (par exemple en terme de prime d'assurance) ?
- Comment, sans trop multiplier les redondances, faire en sorte de garantir une qualité de service ?

Les Industriels rencontrent en outre des difficultés pratiques :

- Peu de données disponibles ; elles sont souvent anciennes et mal enregistrées ;
- Les produits ne sont pas homogènes (on a changé le type de matériel, ou bien les conditions d'utilisation ne sont plus les mêmes).

3. Nos recommandations

Nos recommandations principales sont :

- Il faut chercher à définir, même grossièrement, un "contrat de qualité", qui caractérise le fonctionnement du système ; il est nécessairement probabiliste, et s'énonce typiquement de la manière suivante : si ce contrat est mis en œuvre, il en résultera que 99% des appareils fonctionneront correctement 95% du temps. Un tel "contrat" est source de progrès, parce qu'il oblige à réfléchir aux causes de dysfonctionnement. Il est en outre extrêmement apprécié des clients et utilisateurs ;
- Il faut s'efforcer de prendre en compte les dépendances entre éléments et entre sous-systèmes, ce qui n'est jamais facile. Mais ces dépendances existent. Dupliquer un système ne double pas nécessairement la durée de vie : les deux versions peuvent avoir les mêmes bugs, avoir la même alimentation, subir la même température ou les mêmes vibrations, etc. Il peut s'avérer que le second système est hors service alors même qu'on en aurait besoin, faute de maintenance régulière.
- Il faut s'efforcer d'améliorer le retour d'expérience : consigner correctement les pannes, les interventions, etc.
- Pour établir la fiabilité de ses produits, l'Industriel a tout avantage à exploiter les données provenant des générations antérieures. Rien n'est jamais totalement nouveau : si l'Industriel peut montrer que la génération précédente a fonctionné pendant 40 ans sans anicroche, c'est assurément bon signe, y compris sur un plan strictement commercial.

4. Nos réalisations

Livres

[IEPE] Bernard Beauzamy : Introduction à l'Etude des Probabilités Expérimentales. Ouvrage édité et commercialisé par la Société de Calcul Mathématique SA. ISBN : 979-10-95773-02-3. ISSN : 1767-1175, janvier 2023.

[MPPR] Bernard Beauzamy : Méthodes probabilistes pour l'étude des phénomènes réels, Ouvrage édité et commercialisé par la Société de Calcul Mathématique SA. ISBN : 2-9521458-0-6, ISSN 1767-1175, mars 2004. Seconde édition, juin 2016.

[RDM] Bernard Beauzamy et Olga Zeydina : Méthodes probabilistes pour la reconstruction de données manquantes, Ouvrage édité et commercialisé par la Société de Calcul Mathématique SA. ISBN : 2-9521458-2-2, ISSN 1767-1175, avril 2007.

[NMP] Bernard Beauzamy : Nouvelles Méthodes Probabilistes pour l'évaluation des risques. Ouvrage édité et commercialisé par la Société de Calcul Mathématique SA. ISBN 978-2-9521458-4-8, ISSN 1767-1175, avril 2010.

[PIT] Olga Zeydina et Bernard Beauzamy : Probabilistic Information Transfer. Ouvrage édité et commercialisé par la Société de Calcul Mathématique SA. ISBN: 978-2-9521458-6-2, ISSN : 1767-1175. Relié, 208 pages, mai 2013.

Références récentes

- 2003-2004, Framatome-ANP : Application de méthodes probabilistes dans les analyses thermo-hydrauliques des études d'accident sur les réacteurs nucléaires
- 2006-2011, IRSN : Méthodes probabilistes pour la Sûreté Nucléaire : mise en place de la méthode de l'Hypersurface Probabiliste (méthode créée par la SCM)
- 2007-2008, Délégation à la Sûreté Nucléaire et à la radioprotection pour les activités et installations intéressant la Défense (DSND) : Calculs de sûreté pour les systèmes d'armes nucléaires
- 2008, Réseau de Transport d'Electricité : Méthodologie probabiliste relative à une décision d'investissement sur le réseau (défaillance d'équipements, ajout de nouveaux équipements)
- 2008, Réseau Ferré de France : Etude statistique concernant les causes des retards des trains en Ile de France
- 2008-2009, SNECMA Propulsion Solide : Méthodes probabilistes pour l'évaluation de la durée de vie de certains composants
- 2009, IRSN : Validation des lois de probabilité utilisées dans les Etudes Probabilistes de Sûreté relatives à la sécurité des réacteurs nucléaires
- 2010, PSA Peugeot Citroën : Etudes statistiques relatives au fonctionnement de certains dispositifs
- 2011, Réseau Ferré de France : Analyse des investissements et de leur impact sur le retard des trains en Ile de France

- 2011, Air Liquide : Etudes statistiques relatives au fonctionnement de certains dispositifs
- 2011, PSA Peugeot Citroën : Etudes statistiques relatives aux extensions de garantie
- 2011, IRSN : Prise en compte du vieillissement dans les études probabilistes de sûreté
- 2012, Air Liquide : Construction de bases de données de fiabilité
- 2013, DCNS : Analyse préliminaire de "non-qualités" sur un site de production
- 2013, DCNS : Méthodes probabilistes pour l'amélioration d'un procédé de soudage
- 2013, RFF : Amélioration de l'outil de mesure de criticité des lignes Transilien
- 2014, IRSN : Etude du "Risque Résiduel" en sûreté nucléaire
- 2015-2016, IRSN : Dysfonctionnements dans les réseaux de mesure de la radioactivité
- 2015, EDF SEPTEN : Etude de la fiabilité d'équipements
- 2016, RATP : Etude sur la fiabilité d'équipements, planification des remplacements
- 2016, 2017, 2018, 2019, ANDRA : Disposition optimale de capteurs pour la surveillance d'un site
- 2016-2017, RATP : Etude de la fiabilité des systèmes de freinage d'urgence
- 2017, SEDIF : Etude de la fiabilité de réseaux de capteurs
- 2018, RTE : Analyse de la fiabilité d'une classe de matériels
- 2018, Framatome : Analyse critique d'une démonstration de sûreté
- 2019, Groupe Atlantic : Analyse probabiliste des appels au Service Après-Vente
- 2020, Coldway Technologies : Réalisation d'une démonstration de sûreté
- 2020, Framatome : Rédaction d'une démonstration de sûreté pour une carte de contrôle commande
- 2021, Air Liquide : Analyse de la durée de vie de certains équipements
- 2021, SNCF : Analyse critique des démonstrations de sûreté relatives à la "Pile à Combustible" (hydrogène)
- 2021, Teréga : Méthodes probabilistes pour la vérification de l'intégrité des canalisations
- 2022, Bouygues Energies & Services : Appui méthodologique à la conception d'un système d'information "Dysfonctionnements et Maintenances"
- 2022, RATP : Analyse de la stabilité de talus anciens ; l'approche d'Archimède
- Léon Grosse, 2022-2023 : Analyse du risque "grêle"
- SNCF, 2023 : Appui méthodologique aux plans d'inspection des rails
- SNCF, 2024-2025 : Analyse d'une approche probabiliste de valorisation des risques associés aux coûts des projets
- RATP, 2024-2025 : Mission de type second regard sur le traitement du risque de rupture de rail en exploitation dans le cadre de l'automatisation de la ligne 13 du métro de Paris
- Entreprise industrielle, 2025 : Analyse critique d'un plan de production et suggestions d'amélioration
- Atlandes SA, Autoroute A63, 2025 : Détection d'essieux relevés ; analyse critique de rapports disponibles & traitement d'une base de données