



La fiabilité

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

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. 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.

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 ? On voit des fabricants de disques durs annoncer des durées de vie en dizaines d'années.
- 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 savoir analyser, mais aussi le bon fonctionnement (tel système a été au repos ou en fonction, pendant telle durée, dans telles conditions, et n'a pas manifesté de panne).
- 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 ? Il faut savoir quelles pièces remplacer, mais aussi quand les remplacer. Il peut être 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 et comment la chiffrer (par exemple en terme de prime d'assurance) ?

Les industriels rencontrent en outre des difficultés pratiques :

- L'échantillon à traiter est souvent insuffisant pour que l'on puisse faire appel à des techniques statistiques ordinaires (le produit n'existe que depuis quelques mois ou quelques années) ;
- La qualité des données est médiocre (le retour d'expérience est mal fait : on n'a pas enregistré tous les paramètres nécessaires) ;
- Les produits ne sont pas homogènes (on a changé le type de matériel, ou bien les conditions d'utilisation ne sont plus les mêmes).

Il n'existe pas, actuellement, de méthode universellement adoptée pour évaluer la fiabilité d'un matériel ou d'un composant.

Notre rôle est de contribuer à faire émerger des "bonnes pratiques", qui pourront, après validation, servir de base à des standards.

Nos recommandations principales sont :

- L'étude de la fiabilité a nécessairement un caractère probabiliste et donc grossier. Il ne sert à rien de calculer finement, pour dire : ce système durera 11 ans, 3 mois, 4 jours et 6 heures. On dira plutôt que la durée de vie du système est estimée à 100 000 heures, avec probabilité 90 % (ce qui signifie que l'on accepte l'idée que 10 % des systèmes de ce type auront une durée de vie plus courte).
- Il ne faut jamais faire d'hypothèse factice, en disant par exemple : la durée de vie de ce système suit une loi exponentielle (hypothèse souvent faite pour les circuits électroniques). L'avantage de la loi exponentielle est qu'elle est facile à "caler", ce qui est appréciable lorsqu'on dispose de données peu nombreuses. Mais en général elle ne correspond à aucune réalité.
- Il ne faut pas, de manière systématique, écarter les données considérées comme "aberrantes" (sous un prétexte ou un autre), ni introduire des données factices, là où il en manque (voir notre livre "reconstitution de données manquantes", cité plus bas).
- Il faut s'efforcer de prendre en compte les dépendances entre éléments et entre sous-systèmes, ce qui, en réalité, 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 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 : 99% des appareils fonctionnent correctement 95% du temps. Un tel "contrat" est source de progrès, parce qu'il oblige à réfléchir aux causes de dysfonctionnement.

Nos réalisations

L'étude de la fiabilité des systèmes fait partie de notre programme de recherche "Robust Mathematical Modeling" (www.scmsa.eu/robust.htm) qui vise à définir des outils mathématiques robustes (généralement probabilistes) pour tenir compte des incertitudes sur les données et sur les lois, ainsi que sur les objectifs. Presque tous les travaux menés par la SCM au cours de ces dix dernières années concernent l'un ou l'autre des aspects cités plus haut : définition des tests, estimation de la durée de vie a priori, critique méthodologique des hypothèses faites, analyse des risques de défaillance d'un système ou d'un programme, décisions de remplacement, etc.

En 2015, nous avons défini un programme de travail intitulé "dysfonctionnements dans les réseaux de capteurs" ; voir :

http://www.scmsa.eu/fiches/SCM_Dysfonctionnement_Capteurs.pdf

Livres :

[MPPR] Bernard Beuzamy : 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 Beuzamy 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 Beuzamy : 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 Beuzamy : 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)
- 2006, Observatoire de l'Energie, DGEMP : Etude probabiliste concernant la sécurité des approvisionnements en gaz pour la France.
- 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 ambiante.
- 2015, EDF SEPTEN : Etude de la fiabilité d'équipements.
- 2016, RATP : Etude sur la fiabilité d'équipements et la planification des remplacements.
- 2016, ANDRA : Disposition optimale de capteurs pour la surveillance d'un site.