



Dysfonctionnements d'équipements :

- surveillance des systèmes industriels
 - détection des anomalies et défauts
 - organisation des plans d'inspection
 - réparation des pannes
 - gestion des dysfonctionnements
 - maintenance préventive et prédictive

I. Présentation du besoin

Les entreprises cherchent à utiliser au mieux les ressources dont elles disposent pour satisfaire les besoins de leur clientèle. Elles affectent des budgets importants à l'optimisation des ressources. Celle-ci, parfaite en théorie, fonctionne souvent très mal en pratique, parce que la Nature s'en mêle, avec diverses facéties. Une règle assez simple se dégage : plus votre optimisation sera poussée en théorie, plus elle sera fragile en pratique !

La première chose à faire, pour exploiter convenablement les ressources, est de s'interroger sur la qualité et la pertinence des données dont on dispose. Les données anciennes, même grossières, contiennent toujours des informations exploitables et les données modernes sont loin d'être irréprochables ! Pour celles-ci, le premier travail concerne l'analyse des capacités des capteurs.

II. Les capteurs

Avant de prendre une décision et d'agir sur le système proprement dit, il faut se demander si l'information recueillie est correcte et si elle est suffisante. Il y a quatre sortes de dysfonctionnements :

- La panne : le capteur n'indique plus rien ;
- Les trous dans l'information : certaines plages d'information sont manquantes ;
- Une incertitude excessive : la précision est dégradée et l'information est peu utilisable ;
- La fausse alarme : le capteur indique des situations qui ne correspondent pas à la réalité.

On peut valider l'information, en comparant entre elles les indications fournies par divers capteurs, ou bien en faisant le suivi d'un même capteur. Nous avons conçu des méthodes de détection des données aberrantes et des méthodes de reconstruction des données manquantes ; voir nos livres [RDM] et [PIT] et notre fiche de compétences "Qualité des données".

La conception du réseau de capteurs doit faire en sorte qu'il soit robuste ; c'est une préoccupation qu'il faut avoir avant la mise en place. La densification des capteurs n'est pas une bonne solution, à cause des fausses alarmes, qui, dans les situations critiques (incendies, radioactivité), obligent à de nombreuses vérifications. Il vaut mieux disposer de capteurs plus frustes et moins sensibles. La question de la dépendance des capteurs doit également être posée : peuvent-ils tomber en panne pour la même cause ?

Un réseau utilisant plusieurs capteurs frustes et indépendants sera plus robuste et finalement plus précis qu'un capteur unique supposé plus moderne et plus fiable. C'est aussi la raison pour laquelle les données anciennes, utilisant des capteurs robustes, restent généralement exploitables. Il faut se méfier des arguments technologiques des vendeurs, qui présentent tout nouveau matériel comme ultra-fiable et ultra-performant.

III. Les équipements

Il se peut qu'un équipement soit tributaire d'une information qu'il est supposé recevoir (comme une signalisation, pour un train). Un tel équipement peut présenter des dysfonctionnements pour deux raisons principales :

- Il ne reçoit pas l'information convenable ;
- Il ne réagit pas correctement à l'information reçue.

Il faut donc disposer de tests permettant séparément l'étude des deux situations.

Dans beaucoup de cas, l'équipement est purement passif (canalisations, lignes électriques, rails, etc.). Le Programme d'Investigation Dynamique, que nous avons mis en œuvre pour Air Liquide en 2011, permet la vérification de tels équipements.

En cas de dysfonctionnement, le système va fonctionner en mode dégradé ; il faut savoir anticiper les conséquences : quelle fraction de l'activité pourra-t-on assurer, et combien de temps prendra le retour à la normale ? Peut-on, par des procédures appropriées, minimiser l'impact des pannes ? Ici encore, l'analyse d'un historique permet de se faire une idée des conséquences des pannes éventuelles et de prévoir des remèdes.

Les simulateurs, conçus pour analyser le fonctionnement des systèmes complexes, sont rarement correctement équipés pour prendre en compte toutes les anomalies (pannes, incertitudes, fausses alarmes) qui peuvent affecter les différents capteurs et équipements.

A partir d'un historique portant sur les équipements (date de pose, dates des inspections, des principales interventions), on peut définir une maintenance préventive. La durée de vie de chaque équipement dépend de nombreux facteurs : exposition aux intempéries et conditions d'utilisation. On décide d'une intervention (inspection ou remplacement) peu avant l'expiration de cette durée de vie présumée.

La maintenance prédictive requerra un dispositif d'alerte qui dira, par exemple, que telle température est excessive ou tel courant est trop fort. Mais il faut que les capteurs qui sont à l'origine de ces signaux soient eux-mêmes fiables. Ce type de maintenance requiert d'analyser des données nombreuses, souvent hétérogènes et peu fiables.

Nous recommandons aux entreprises de garder trace des caractéristiques des équipements qu'elles installent, sous une forme exploitable. Ces caractéristiques existent évidemment au moment de l'installation. Tous les équipements présenteront des dysfonctionnements un jour ou l'autre (cela fait partie des lois de la Nature) et il faut disposer de l'information nécessaire pour les anticiper ou pour y remédier. Il faut conserver une trace exploitable de toutes les interventions qui sont faites.

IV. Nos publications

1. Livres

[IEPE] Bernard Beuzamy : Introduction à l'Etude des Probabilités Expérimentales, SCM SA, ISBN : 979-10-95773-02-3. ISSN : 1767-1175, janvier 2023.

[MPPR] Bernard Beuzamy : Méthodes Probabilistes pour l'étude des phénomènes réels. SCM SA, ISBN 2-9521458-0-6, ISSN 1767-1175, mars 2004 ; seconde édition, juin 2016.

[PIT] Olga Zeydina et Bernard Beuzamy : Probabilistic Information Transfer. SCM SA. ISBN : 978-2-9521458-6-2, ISSN : 1767-1175, mai 2013.

[RDM] Bernard Beuzamy et Olga Zeydina : Méthodes probabilistes pour la reconstruction de données manquantes. SCM SA, ISBN : 2-9521458-2-2, ISSN : 1767 – 1175, avril 2007.

2. Articles

- [1] Emmeric Dupont (NEA), Bernard Beuzamy (SCM), Hélène Bickert (SCM), M. Bossant (NEA), Carmen Rodriguez (SCM), N. Soppera (NEA) : Statistical Methods for the verification of databases. Publication de la Nuclear Energy Agency de l'OCDE, 2011.
<http://www.oecd-nea.org/nea-news/2011/29-1/29-1-int-e.pdf#page=32>
- [2] O. Zeydina (SCM), A.J. Koning (NEA), N. Soppera (NEA), D. Raffanel (SCM), M. Bossant (NEA), E. Dupont (NEA), and B. Beuzamy (SCM): Cross-checking of large evaluated and experimental databases, Science Direct, Nuclear Data Sheets 120 (2014) 277–280.
http://www.scmsa.eu/archives/NEA_SCM_2014.pdf
- [3] Emmeric Dupont (NEA) : Exfor : Improving the quality of International Databases. NEA News, 2014, 32.1, page 28.
http://www.scmsa.eu/archives/EXFOR_NEA_News_2014_32.pdf
- [4] V. Khalipova (SCM), G. Damart (SCM), B. Beuzamy (SCM), G. B. Bruna (IRSN) : Malfunctions in radioactivity sensor's network. ANIMMA 2017 Proceedings.
- [5] Gottfried Berton (SCM) : Verification of the databases EXFOR and ENDF. Nuclear Energy Agency, JEFF Meetings - Session JEFF Experiments, November 28 - December 1, 2016.
http://www.scmsa.eu/archives/SCM_NEA_JEFF_Meeting_2016_11.pdf

- [6] (2017) Guillaume Damart (SCM), présentation lors de la conférence ANIMMA (Advancements in Nuclear Instrumentation Measurement Methods and their Applications), à Liège (Belgique) : dysfonctionnements dans les réseaux de capteurs (article en collaboration avec l'IRSN). http://www.scmsa.eu/archives/SCM_ANIMMA_Presentation_2017_06_21.pdf
- [7] (2017) Gottfried Berton, SCM SA, and Oscar Cabellos, NEA : Checking the resolved resonance region in EXFOR database JEFF Meetings - Session JEFF Experiments. November 20 - 24, 2017, Boulogne-Billancourt, France

Fiches de compétences associées

La Qualité de l'Information : https://www.scmsa.eu/fiches/SCM_Qualite_Information.pdf

Méthodes robustes : https://scmsa.eu/fiches/SCM_Methodes_robustes.pdf

Evaluation des risques : https://scmsa.eu/fiches/SCM_Risques.pdf

V. Contrats récents

De manière générale, tous les contrats traités par la SCM depuis 1995 ont mis en évidence des anomalies dans l'information disponible, résultant souvent de dysfonctionnements dans l'acquisition de cette information. Nous extrayons les plus récents.

- Veolia Environnement, Région Ouest, 2007 : Détection de dysfonctionnements dans les réseaux de capteurs
- Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire, 2007-2011 : Applications de l'Hypersurface Probabiliste aux problèmes de sûreté des réacteurs nucléaires
- International Stainless Steel Forum, 2008 : Analyse générale du système d'information et préconisations relatives au traitement statistique des données
- Nuclear Energy Agency (OCDE), 2010-2012 et 2014, 2015, 2016, 2017 : Détection de données aberrantes dans les bases de données
- Air Liquide, 2011 : Construction d'un "indice de proximité" entre pipe-lines
- ArcelorMittal, 2011-2012: Méthodes probabilistes pour la hiérarchisation des paramètres dans un process industriel
- IFSTTAR, 2011-2015 : Amélioration du positionnement GPS en situation urbaine
- GDF-SUEZ, 2012-2013 : Analyse générale de la qualité des données, distribution du gaz
- Areva, 2012-2013 : Analyse des incertitudes dans un process industriel
- IRSN, 2012 : Analyse statistique préliminaire de données de radioactivité dans l'environnement
- DCNS, 2013 : Méthodes probabilistes pour l'amélioration d'un procédé de soudage
- RFF, 2013 : Amélioration de l'outil de mesure de criticité des lignes Transilien
- COSEA (Ligne à Grande Vitesse Sud Europe Atlantique), 2013 : Estimation de la durée de retour de crues extrêmes
- IRSN, 2013, 2014, 2015 : Analyse du fonctionnement du réseau TELERAY : surveillance de la radioactivité ambiante
- IRSN, 2014 : Analyse du "risque résiduel" en sûreté nucléaire
- IRSN, 2014-2015 : Outil d'aide à la vérification des comptes de matière nucléaire
- EDF/SEPTEN, 2015 : Prise en compte des incertitudes dans les Etudes Probabilistes de Sûreté
- IRSN, 2015-2016 : Dysfonctionnements dans les réseaux de capteurs

- Société TELCAP, 2015 : Dysfonctionnements de balises dans les réseaux de télécommunications
- RATP, 2016 : Planning de remplacement d'équipements critiques
- ANDRA, 2016 et 2017-2018-2019 : Méthode d'optimisation du placement de capteurs dans un site de stockage de déchets radioactifs
- Taxis G7, 2016 : Etude d'un dispositif destiné à corriger les erreurs d'adresse
- Syndicat des Eaux d'Ile de France, 2017 : Appui méthodologique à l'analyse du réseau
- RATP, 2016-2018 : Modélisation du comportement des trains en situation de freinage d'urgence
- RATP, 2017 : Réalisation d'un outil de simulation des temps d'acheminement des trains de travaux, tenant compte de pannes d'équipements
- RTE, 2017-2018 : Analyse critique de la politique de remplacement des "sectionneurs"
- Atlandes (autoroute A63), 2018 : Analyse critique des compteurs de véhicules sur les bretelles de sortie
- Transporteur, 2019 : Analyses statistiques des données de position émises par des containers
- Groupe Atlantic, 2019 : Analyse probabiliste des appels au Service Après-Vente
- Société Coldway, 2020 : Rédaction d'une "Démonstration Générale de Sécurité"
- Framatome, 2020 : Rédaction d'une démonstration de sûreté pour une carte de contrôle commande
- Air Liquide, 2021 : analyse de la durée de vie de certains équipements
- Eiffage Rail, 2021 : Outils pour l'analyse de la fiabilité des équipements
- SNCF : Analyse critique des démonstrations de sûreté relatives à la pile à combustible (hydrogène)
- Teréga, 2021 : Méthodes probabilistes pour la vérification de l'intégrité des canalisations
- Bouygues Energies & Services, 2022 : Appui méthodologique à la conception d'un système d'information "Dysfonctionnements et Mainténances"
- CMA-CGM, 2023 : Analyse critique de méthodes en recherche opérationnelle
- Neext Engineering, 2023 : Analyse critique d'un projet de SMR
- SNCF, 2024 : Analyse d'une approche probabiliste de valorisation des risques associés aux coûts des projets
- RATP, 2024 : Automatisation d'une ligne de métro. Démonstration de sécurité vis-à-vis du risque de rupture de rail. Accompagnement méthodologique à la Maîtrise d'Ouvrage