



Plans d'inspection des réseaux
(eau, pétrole, gaz, etc.)

Précisons tout d'abord que nous n'avons pas de compétences techniques en ce qui concerne la physique du vieillissement des canalisations, si l'on excepte une thèse que nous avons co-dirigée avec EDF/R&D, en 1997-2000 : "Contrôle non destructif par Courants de Foucault ; reconstitution des défauts dans les tubes des générateurs de vapeur".

A cette exception près, tous les besoins mentionnés par les Industriels depuis cette date sont de la forme suivante :

- Nous avons une base de données, plus ou moins propre, plus ou moins bien faite, dans laquelle nous avons recensé toutes sortes d'informations : date de pose des équipements, date des principales interventions, pannes, dysfonctionnements, etc.
- Nous disposons d'un budget, par exemple un euro, pour l'année prochaine ;
- Dites-nous où cet euro doit être dépensé pour que l'année prochaine le réseau fonctionne mieux.

Notre apport porte donc sur le traitement des données, par des méthodes nécessairement probabilistes pour tenir compte des incertitudes : elles sont nombreuses. Bien entendu, nous devons travailler en étroite collaboration avec les experts du sujet, chez l'Industriel : ils nous fourniront les données nécessaires et sauront transcrire nos conclusions en termes opérationnels.

Il y a des cas où l'Industriel a très peu d'informations sur le réseau qu'il gère : c'est typiquement le cas pour l'eau, s'il s'agit d'une ville qui lui concède un contrat pour la première fois. L'Industriel est obligé de faire des provisions financières pour l'entretien du réseau, alors même qu'il n'a aucune idée de l'état dans lequel il se trouve.

Il y a aussi des cas (appelons-les "effets d'opportunité") où l'on profite de certains travaux pour inspecter ou réparer les canalisations voisines.

Dans la majorité des cas, les réseaux (eaux, hydrocarbures, gaz, etc.) requièrent des inspections régulières : elles permettent l'identification des problèmes potentiels (risques de rupture), la maintenance préventive, la réparation des défauts (en particulier les fuites) et la planification des travaux futurs.

Notre métier est d'aider à la planification de ces inspections et des réparations qui s'ensuivent. Ce n'est pas une évidence et les conséquences sont importantes en pratique : les pannes coûtent cher, mais des remplacements prématurés sont une perte d'argent. Dans notre travail pour RTE, 2018, nous avons mis en évidence le fait que la politique de remplacement des "sectionneurs" (gros disjoncteurs) était trop stricte ; leur permettre de vieillir davantage ne conduisait pas à un accroissement du taux de panne. Une telle observation résultera en des économies qui se chiffrent en millions d'euros par an.

Comme nous n'avons pas de connaissances "métier", nous sommes évidemment amenés à collaborer étroitement avec les responsables en interne ; nous l'avons dit plus haut. Voyons sur un exemple concret comment les choses se sont passées.

Il s'agit du travail que nous avons réalisé pour Air Liquide en 2011 : il s'agissait de définir un "plan d'inspection" des pipelines, sur l'ensemble du réseau d'Air Liquide (donc partout dans le monde). La préoccupation du donneur d'ordre était la suivante : un pipeline a explosé ; nous connaissons les caractéristiques de ce pipeline. Dites-nous, parmi tous les pipelines existants opérés par Air Liquide dans le monde entier, ceux qui sont les plus semblables, par leurs caractéristiques, à celui qui a explosé.

Etape initiale : Air Liquide nous fournit une liste de pipelines avec leurs caractéristiques ;

Etape 1 : Nous déterminons, dans cette liste, ceux qui sont les plus proches du pipeline endommagé. Ici, "proche" ne signifie pas proximité géographique, mais similarité eu égard aux différents paramètres enregistrés (nature du matériau, date de pose, diamètre, nature du gaz transporté, etc.). Nous envoyons cette liste, constituée d'une dizaine de références, à Air Liquide ;

Etape 2 : Air Liquide inspecte chacun des dix pipelines désignés et lui attribue une note entre 0 et 10 (0 : très mauvais état, 10 : parfait) ; cette note nous est communiquée ;

Etape 3 : Nous déterminons les pipelines les plus similaires à ceux dont la note est la plus basse et nous communiquons cette liste à Air Liquide ;

Etapas 4 et ainsi de suite : répétition des étapes précédentes. Chaque inspection se traduit donc par une remise à jour du plan d'inspection. Nous appelons cela "plan d'inspection dynamique", parce qu'il est remis à jour constamment.

Dans le cas de cet exemple, les choses ont été faites très rapidement (rythme journalier) parce qu'il y avait urgence, mais on conçoit que la méthode puisse être mise en œuvre par n'importe quel exploitant de réseau : elle lui permettra, en rythme annuel, de savoir quelles inspections et quelles interventions sont nécessaires.

Ce plan d'inspection, que l'on peut appeler aussi "évaluation du patrimoine lié au réseau" sera extrêmement précieux pour l'exploitant dans ses discussions avec les collectivités locales. Il va bien au-delà de la recherche de fuites, puisqu'il permettra de chiffrer les réparations nécessaires dans l'avenir. Il permettra par exemple de dire : nous estimons que, en 2025, il faudra remplacer toutes les canalisations de tel type dans telle zone.

Les méthodes probabilistes que nous utilisons s'accommodent bien de données imprécises et incomplètes. L'exploitant fournit ce qu'il peut, et à partir de là nous remettons une conclusion, qui sera plus ou moins précise, selon la qualité de l'information disponible.

Dans notre travail de 2017 pour le SEDIF (Syndicat des Eaux d'Ile de France), les données disponibles étaient suffisantes pour permettre l'approche décrite ici. Le SEDIF a néanmoins préféré une méthode utilisant la "sectorisation" du réseau : il s'agit d'isoler successivement un certain nombre de zones, pour les traiter une par une. L'un des avantages de la méthode que nous préconisons est qu'aucune intervention physique sur le réseau n'est requise : nous utilisons les données disponibles, voilà tout.

Notre méthode étant simple à mettre en œuvre, il est préférable de la tester avant toute intervention physique sur le réseau.

Fiches de compétences associées

Fiabilité, asset management :

http://scmsa.eu/fiches/SCM_Fiabilite.pdf

Méthodes robustes :

http://scmsa.eu/fiches/SCM_Methodes_robustes.pdf

Hierarchisation de paramètres :

http://scmsa.eu/fiches/SCM_Hierarchisation.pdf

Programme de travail "dysfonctionnement d'équipements":

http://scmsa.eu/archives/SCM_dysf0.htm

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)

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, 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