



Analyse des réseaux de capteurs

et

Etude des dysfonctionnements

Notre programme de travail (depuis 2014, en collaboration avec l'IRSN)

L'information recueillie, pour la surveillance d'un système, provient généralement d'un ou de plusieurs capteurs. Il peut s'agir de la mesure d'une température, du passage de véhicules, d'un taux de radioactivité, etc. Avant de prendre une décision, avant d'agir sur le système proprement dit, il faut d'abord se demander si l'information transmise et recueillie est correcte ou non : cela relève du bon sens.

C'est particulièrement évident si le système est supposé être "autonome" (comme un véhicule sans conducteur), parce que ses décisions dépendent directement des perceptions recueillies par les capteurs.

Malheureusement, ce bon sens n'est pas si répandu. Beaucoup d'organismes, d'entreprises, placent une confiance aveugle dans les données recueillies, prennent une décision, et s'aperçoivent un peu tard que les données étaient incorrectes.

I. Les dysfonctionnements

Il y a trois sortes de dysfonctionnements :

- La panne : le capteur n'indique plus rien ;
- Une incertitude excessive : la précision est dégradée à tel point que l'information est peu utilisable ;
- La fausse alarme : le capteur indique des situations qui ne correspondent pas à la réalité.

II. Comment valider l'information ?

C'est en général possible, en comparant entre elles les indications fournies par divers capteurs, ou bien en faisant le suivi d'un même capteur. Si par exemple il s'agit de pollution sur une rivière, l'aval doit montrer plus que l'amont. S'il s'agit d'un incendie, il est très peu probable que les capteurs voisins ne montrent rien, etc.

Cette détection peut être faite de manière statistique, avec retard : par exemple, au bout d'une année, on compare les enregistrements et on constate que telle station n'a pas fonctionné correctement. Elle est également possible en temps réel, pourvu que les capteurs soient suffisamment proches les uns des autres et qu'il y ait des recouvrements dans les zones de surveillance : il faut que le réseau ait été construit pour cela.

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 de l'information" : http://www.scmsa.eu/fiches/SCM_Qualite_Information.pdf

III. Comment concevoir le réseau pour qu'il soit robuste ?

C'est évidemment une préoccupation qu'il faut avoir avant la mise en place. Elle signifie que le dysfonctionnement de chaque capteur pourra être détecté et pris en considération. Contrairement à ce que l'on croit souvent, la multiplication des capteurs n'est pas une bonne solution, à cause des fausses alarmes. Plus il y a de capteurs, plus le taux de fausses alarmes sera élevé et, s'il s'agit de situations critiques (incendies, radioactivité), cela obligera à de nombreuses vérifications. Il vaut mieux, dans ces conditions, disposer de capteurs plus frustes et moins sensibles (notre travail avec l'IRSN).

De manière générale, un réseau utilisant plusieurs capteurs frustes sera plus robuste et finalement plus précis qu'un capteur unique supposé plus moderne et plus fiable. Voir notre livre [MPPR] (seconde édition, chapitre 13 : fusion multicapteurs) à ce sujet.

IV. Optimiser le réseau de capteurs

Il est légitime de vouloir "optimiser" un réseau de capteurs : pas de manques, pas de redondances. Mais ceci doit être le résultat d'une étude approfondie : y a-t-il des portions du territoire non couvertes ? A l'inverse, a-t-on le sentiment que certains capteurs sont redondants ? C'est le cas si les données qu'ils fournissent peuvent toujours être reconstruites à partir des capteurs voisins, tenant compte des éventuelles pannes de ceux-ci (un système redondant est évidemment plus robuste aux pannes).

V. Programme de travail

La plupart des organismes, entreprises, institutions, disposent de simulateurs pour analyser le fonctionnement des systèmes complexes. Ces simulateurs sont rarement correctement équipés pour prendre en compte toutes les anomalies (pannes, incertitudes, fausses alarmes) qui

peuvent affecter les différents capteurs. Notre programme de travail vise donc à compléter les simulateurs de manière à ce qu'ils puissent incorporer toutes ces difficultés. Il a été initié lors d'une collaboration avec l'IRSN en 2014.

Un second élément fondamental est la présence de l'homme dans la boucle. Dans certains cas, les capteurs sont là pour fournir une information, et c'est l'homme qui prend la décision. Dans d'autres cas, on considère que l'homme est peu fiable et que, en dernier ressort, un système automatisé doit prendre les décisions (et en particulier interdire certaines actions). Notre rôle ici est de simuler les deux modes de fonctionnement, de manière à ce que l'on puisse analyser convenablement les avantages et les inconvénients dans chaque cas.

VI. Nos publications

1. Livres

[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.

[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.

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

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

VII. Contrats récents

De manière générale, pratiquement 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.

- Agence Européenne de l'Environnement, 2006-2013 : Méthodes probabilistes pour la qualité de l'eau
- Veolia Environnement, Région Ouest, 2007 : Détection de dysfonctionnements dans les réseaux de capteurs
- Veolia Environnement, Région Ouest, 2007-2009 : Constitution d'un panel de consommateurs et prévision des consommations d'eau potable
- Institut de Radioprotection et de Sécurité 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
- Areva, 2010 : Méthodes probabilistes pour l'étude d'un stockage de déchets radioactifs
- Nuclear Energy Agency (OCDE), 2010-2012 et 2014 : 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
- 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 : Analyse du fonctionnement du réseau TELERAY : surveillance de la radioactivité ambiante
- Nuclear Energy Agency (OCDE), 2014 : Outils automatisés pour la vérification des bases de données EXFOR et ENDF
- 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
- Nuclear Energy Agency, 2015 : Outils de vérification des bases de données EXFOR et ENDF
- IRSN, 2015 : Analyse dynamique du réseau TELERAY, en cas de déplacement d'un panache de radioactivité
- IRSN, 2015-2016 : Dysfonctionnements dans les réseaux de capteurs
- RATP, 2016 : Planning de remplacement d'équipements critiques
- ANDRA, 2016 et 2017 : Méthode d'optimisation du placement de capteurs dans un site de stockage de déchets radioactifs