



HAL
open science

SMaRT-OnlineWDN : une boîte à outils pour la gestion en temps réel de la sécurité et pour la fiabilité des réseaux de distribution d'eau

Olivier Piller, Denis Gilbert

► **To cite this version:**

Olivier Piller, Denis Gilbert. SMaRT-OnlineWDN : une boîte à outils pour la gestion en temps réel de la sécurité et pour la fiabilité des réseaux de distribution d'eau. WISG 2012, Jan 2012, Troyes, France. 4 p. hal-00690427

HAL Id: hal-00690427

<https://hal.science/hal-00690427v1>

Submitted on 23 Apr 2012

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

SMaRT-Online^{WDN} : une Boîte à outils pour la Gestion en Temps Réel de la Sécurité et pour la Fiabilité des Réseaux de Distribution d'Eau

Olivier PILLER¹, Denis GILBERT¹

¹IRSTEA/Cemagref, groupement de Bordeaux, UR REBX, 50 avenue de Verdun, 33612 CESTAS Cedex

olivier.piller@irstea.fr, denis.gilbert@irstea.fr

Résumé – Les réseaux de distribution d'eau potable sont des infrastructures à risques exposés à la contamination délibérée ou accidentelle. Jusqu'à présent, aucun système de surveillance n'est capable de protéger un réseau avec une rapidité suffisante. Dans un avenir proche, les services publics d'eau vont installer sur leurs réseaux des capteurs de la qualité de l'eau produisant un flux continu et considérable de données à traiter. L'objectif principal du projet de consortium SMaRT-Online^{WDN} est le développement d'une boîte à outils de gestion de la sécurité en temps réel pour les réseaux de distribution d'eau qui soit fondée sur des mesures tant de la qualité de l'eau que de la quantité. Pour prendre les décisions appropriées et des contre-mesures, les opérateurs auront besoin de disposer : 1) de modèles fiables en ligne pour prédire à la fois l'hydraulique et la qualité de l'eau ; 2) des méthodes d'identification des sources de contamination se fondant sur l'historique des données. L'acquisition de cet énorme flux de données et son traitement sont de réels challenges. Ce projet est un projet de recherche industriel CSOSG sélectionné par l'ANR et le BMBF pour une coopération franco-allemande sur la sécurité des réseaux. D'une durée de trois ans, il devrait commencer en avril 2012.

Abstract – Water distribution Networks (WDNs) are critical infrastructures that are exposed to deliberate or accidental contamination. Until now, no monitoring system is capable of protecting a WDN in real time. In the immediate future water service utilities that are installing water quantity and quality sensors in their networks will be producing a continuous and huge data stream for treating. The main objective of the proposed project SMaRT-Online^{WDN} is the development of an online security management toolkit for water distribution networks that is based on sensor measurements of water quality as well as water quantity. Its field of application ranges from detection of deliberate contamination, including source identification and decision support for effective countermeasures, to improved operation and control of a WDN under normal and abnormal conditions (dual benefit). This French-German cooperative research project is selected by ANR and BMBF to start in 2012 for 3 years under the call CSOSG 2012.

1. Introduction

Les réseaux de distribution d'eau potable sont des infrastructures à risques, exposées à la contamination délibérée ou accidentelle. Jusqu'à présent, aucun système de surveillance n'est capable de protéger un réseau avec une rapidité suffisante. De puissants systèmes de capteurs en temps réel sont actuellement développés et les prototypes sont capables de détecter de petites variations dans la qualité de l'eau. Dans un avenir proche, les services publics d'eau vont installer sur leurs réseaux des capteurs de la qualité de l'eau produisant un flux continu et considérable de données à traiter. Pour prendre les décisions appropriées et des contre-mesures, les opérateurs auront besoin de disposer : 1) de modèles fiables en ligne pour prédire à la fois l'hydraulique et la qualité de l'eau ; 2) de méthodes d'identification des sources de contamination se fondant sur l'historique des données. L'acquisition de cet énorme flux de données et son traitement sont de réels challenges.

L'objectif principal de ce projet de consortium est le développement d'une boîte à outils de gestion de la sécurité en temps réel pour les réseaux de distribution d'eau qui soit fondée sur des mesures tant de la qualité de l'eau que de la quantité. Son champ d'application va de la détection d'une contamination intentionnelle, y compris l'identification des sources et l'aide à la décision des contre-mesures efficaces, à améliorer le fonctionnement et le contrôle dans les conditions normales et anormales (double avantage).

Les informations détaillées concernant les sources de contamination (localisation et intensité) sont utilisées par un modèle en temps réel, qui est automatiquement calé à l'aide des mesures. Dans ce projet, les travaux techniques sont complétés par une analyse sociologique, économique et de gestion. L'utilisation des sciences sociales et économiques combinées avec les mathématiques appliquées, le génie civil et de l'environnement et la mécanique des fluides forme une approche pluridisciplinaire. Pour ces travaux, quatre objectifs principaux de recherche sont définis : 1) un modèle de

simulation en temps réel de l'état hydraulique et de la qualité de l'eau, 2) un choix optimal de l'emplacement des capteurs se servant du modèle de simulation, 3) l'identification en temps réel des sources de contamination 4) l'analyse des risques, l'identification et l'évaluation des impacts (réels et ressentis).

Cette collaboration de recherche franco-allemande est composée des utilisateurs finaux (opérateurs : BWB-Berlin en Allemagne, de la CUS-Strasbourg, Veolia-Vedif en Ile de France), des instituts de recherche technique et socio-économiques (Fraunhofer IOSB, TZW, Cemagref, ENGEES) et des partenaires industriels du côté Français comme Allemand (Veolia-Veri, 3S Consult). Il combine idéalement recherche théorique avec les besoins pratiques des services publics d'eau potable. Parmi les principaux résultats attendus, les outils logiciels des partenaires Cemagref et 3S Consults de simulation seront complétés pour une utilisation en temps réel. Les trois opérateurs bénéficieront des résultats et des technologies d'utilisation des données.

2. Verrous scientifiques et techniques

L'objectif principal de ce projet de consortium est le développement d'une boîte à outils pour la gestion de la sécurité en temps réel des réseaux de distribution d'eau. La solution logicielle repose sur le traitement et l'assimilation d'un réseau de capteurs de la quantité (pression, débit) comme de la qualité de l'eau pour les paramètres usuels, résiduel de chlore, PH, turbidité, carbone organique total, ou/et des capteurs à base biologique capable de détecter des variations très infimes. A cette fin, quatre buts de recherche ont été définis: 1) l'élaboration d'un modèle de simulation en ligne pour le calcul de l'état hydraulique mais aussi pour les paramètres de la qualité usuels 2) pouvoir déterminer les emplacements optimaux pour les capteurs en fonction du modèle direct de simulation en ligne 3) l'identification de la source d'une contamination à partir de l'historique des données et 4) l'analyse des risques et l'identification et l'évaluation des impacts.

Le concept central de la boîte à outils consiste en une grille de capteurs "intelligents" en liaison avec le modèle de simulation. Les conditions aux limites du modèle du réseau sont régulièrement mises à jour par des mesures pour garantir la conformité du modèle par rapport aux observations. La consistance des mesures est vérifiée par exemple avec l'aide d'un réseau de neurones. Avec cette information, le logiciel de simulation est capable de refléter l'état hydraulique actuel du système. En plus, la surveillance des paramètres de la qualité de l'eau autorise la détection de contamination biochimique dans l'eau potable.

Les innovations de l'approche proposée sont :

- La génération en temps réel de prédictions fiables (i) des valeurs de débit et de pression, (ii) des valeurs de

paramètres de la qualité de l'eau pour l'ensemble du réseau;

- La considération de paramètres de la qualité de l'eau dans le modèle hydraulique et inversement pour le calage;
- L'agrégation semi automatique de réseau ;
- Certaines mises à jour semi-automatiques et le calage en ligne du modèle ;
- La prise en compte de la spécificité des différents consommateurs et l'évaluation d'impacts au travers de méthodes d'analyse de risques.

Le problème de l'emplacement optimal de capteurs a été bien étudié dans la littérature. C'est un problème multiobjectif où l'on recherche un compromis sur plusieurs critères comme par exemple maximiser l'aire observée tout en minimisant le temps de détection. Il est proposé ici de développer le concept pour placer également les mesures de pression et de débit pour la quantité de l'eau. Comme une seconde innovation, le problème de placement optimal de capteurs est compris comme partant d'un capital de capteurs déjà existants et en place. Ce qui reflète bien mieux les circonstances réelles des services des eaux.

Le troisième objectif principal concerne le problème d'identification des sources de contamination. Les méthodes déterministes et probabilistes qui ont été développées pour les modèles hors-ligne devront être intégrées dans le cadre de simulation en temps réel. Le prérequis est que le modèle de simulation existe et produise des résultats hydrauliques (e.g., toutes les 3 minutes). Un algorithme de remontée de caractéristique qui utilise l'historique des données doit être implémenté. Comme résultat d'une alarme qui a été lancée (et validée) la prélocalisation d'une source de contamination peut donc être calculée (cf. Figure 1).

Finalement, dans ce projet sera proposé l'analyse des risques jusqu'à l'évaluation des impacts pour prendre en compte les trois dimensions de la durabilité : sociale, environnementale et économique, en croisant avec les innovations techniques délivrées par les autres tâches du projet.

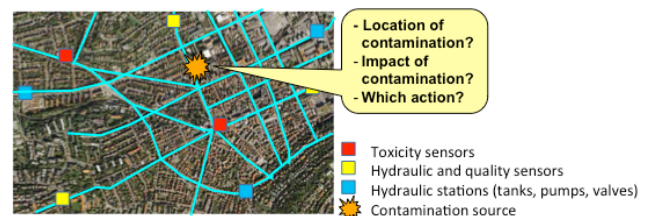


FIG. 1 : la détection d'une contamination toxique et déclenchement de contre-mesures appropriées. quelle action

Les solutions apportées sont résumées ci-après schématiquement par la figure 2.

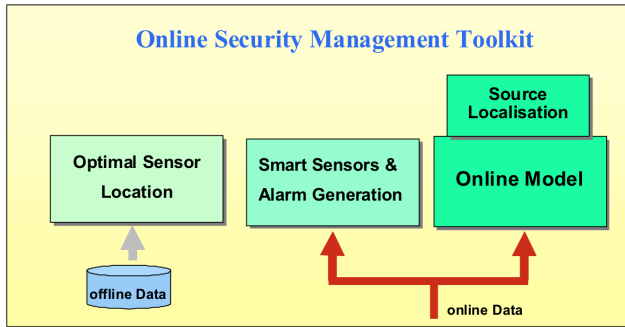


FIG. 2 : les solutions logicielles du projet SMaRT-Online^WDN.

3. Programme de travail

Les quatre objectifs de travail suivant ont été définis :

1) un modèle de simulation en temps réel de l'état hydraulique et de la qualité de l'eau, 2) un choix optimal de l'emplacement des capteurs se servant du modèle de simulation, 3) l'identification en temps réel des sources de contamination, 4) l'analyse des risques, l'identification et l'évaluation des impacts (réels et ressentis). Pour leur réalisation, le travail a été découpé en 8 tâches (ou work packages) qui sont expliquées ci-dessous :

- Tâche 1 : Spécification pour la boîte à outils de gestion de la sécurité. Les caractéristiques, l'architecture, les modules informatiques et les interfaces homme machine sont ici spécifiés en détail. La typologie des échecs et des dysfonctionnements (e.g., contamination de l'eau chimique, contamination de l'eau biologique, dégradation physique d'une partie de l'infrastructure créant une rupture de l'approvisionnement) doit également être entreprise. Tous les partenaires seront impliqués.
- Tâche 2 : Capteurs intelligents et génération d'alarmes dans des réseaux de distribution d'eau potable. Cette tâche implique deux partenaires allemands (cf. annexe) et le réseau du service de la CUS. Elle consiste à développer une surveillance en ligne, robuste et fiable pour des systèmes localement distribués de capteurs intelligents.
- Tâche 3 : Problème de l'emplacement optimal de capteurs pour l'hydraulique et la qualité de l'eau. Cette tâche doit aussi solutionner le problème de l'addition de capteur sur un réseau de capteurs déjà existants.
- Tâche 4 : Modèle de transport. On cherche ici à perfectionner les modèles hydraulique et de la qualité de l'eau existant pour les adapter à l'observation en temps réels. Des tests en laboratoires sont prévus tout spécialement pour étudier les phénomènes de dispersion hydrodynamique, et les mélanges au niveau des conditions aux limites que sont les réservoirs de stockages et les connexions des conduites.

- Tâche 5 : Modèle de simulation en ligne. Cette tâche est centrale et concerne la conception du modèle de simulation en ligne avec ses solutions logicielles.
- Tâche 6 : Identification des sources de contamination et gestion des risques. La dépendance avec la tâche 5 précédente est très forte. Les contre-mesures seront examinées.
- Tâche 7 : Analyse des risques et évaluation des impacts. Cette tâche sera conduite avec comme partenaires ENGEES (UMR GESTE et UMR IMFS) et les trois opérateurs du consortium et en parallèle avec les autres tâches.
- Tâche 8 : Tests d'application à l'échelle technique et en situation réelle. Les tests d'application seront conduits avec les trois opérateurs (VEDIF et CUS pour la France et le réseau de la ville de Berlin, BWB) et avec le centre de technologie de l'eau TZW en Allemagne.

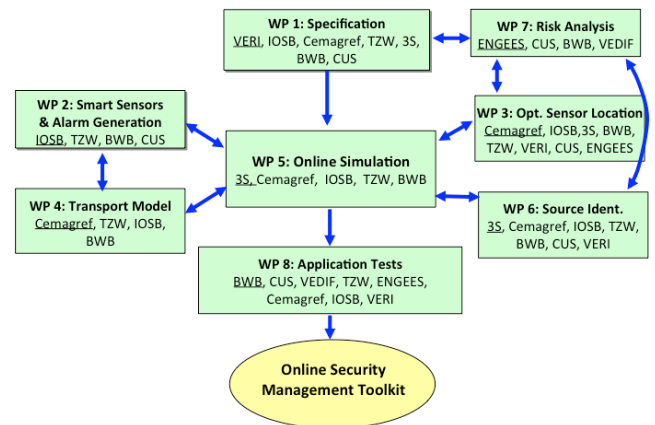


FIG. 3 : organigramme technique du projet SMaRT-OnlineW^{DN}.

4. Retombées attendues

4.1 Utilisation scientifique

D'un point de vue scientifique le développement de SMaRT-Online WDN est un défi. La modélisation en ligne des réseaux de distribution en eau potable n'est pas encore utilisée jusqu'ici. Cependant, il existe des logiciels de simulation qui peuvent être étendus pour l'utilisation en ligne. Avec le Cemagref et 3S Consult (partenaire allemand), deux des distributeurs les plus importants font parti du projet.

La recherche décrite dans ce projet idéalement continue avec les résultats de projets de recherche en cours. L'analyse des risques et une première implémentation d'un outil pilote pour la simulation en ligne dans le projet allemand STATuS (BMBF) sont ici étendus pour le développement d'un outil général de sécurité des réseaux d'eau. Les recherches de ce projet portent sur des questions

additionnels qui se trouvent être importantes mais qui ne sont pas inclus dans STATuS comme par exemple l'emplacement des capteurs, le calage temps-réel et l'identification des sources en temps réel. Ce projet complète également les recherches du projet SecurEau (FP7) qui ne portent pas sur le traitement des données en temps réel et la mise à jour en temps réel des modèles.

Les résultats de SMaRT-OnlineWDN peuvent de plus être étendu pour un fonctionnement optimal des réseaux. Des économies d'énergie et baisses des émissions de CO2 sont des tâches hautement prioritaires pour les prochaines générations. L'optimisation du fonctionnement des pompes en temps réel peut être aussi bien réalisé par l'application de techniques temps réel.

La prise en compte des dimensions socio-économiques en lien avec l'analyse des risques permettra de compléter les critères techniques.

Le Cemagref et l'ENGEES ont prévu de conduire des recherches doctorales et postdoctorales fondées par ce projet. Trois publications pour chaque centre de recherche et une conférence internationale par année seront organisées.

4.2 Utilisation Technique

L'utilité de SMaRT-OnlineWDN pour un service des eaux ne fait de doute. Il est question d'améliorer l'observabilité de la qualité d'eau, comme des quantités (pression, débit) dans le réseau de distribution avec une approche quasi temps réelle. Des fonctionnalités de système prompt de surveillance (early warning system) comme un système de prise de décision agissent en cas d'événement de contamination. De plus, cela permet une meilleure compréhension des procédés physiques et biochimiques dans les systèmes de conduites. L'outil peut également être utilisé hors-ligne (déconnecté) pour entraîner les équipes à l'aide de simulations. Trois opérateurs de réseaux d'eau bénéficieront des résultats et de la technologie de traçabilité, la CUS et VEDIF en France et BWB (Berlin) en Allemagne.

4.3 Utilisation Economique

L'implémentation de très larges réseaux de capteurs autorisera la traçabilité de l'eau. Cela demande un très fort investissement des opérateurs et des municipalités. Même si des capteurs sans fil sont maintenant disponibles, plusieurs questions stratégiques restent à résoudre, spécifiquement: Combien de capteurs doivent être installés pour atteindre un niveau de traçabilité donné, de l'usine de traitement d'eau potable, au robinet du consommateur ? Où sont les meilleurs emplacements ? Peut-on faire fonctionner un tel système en temps réel pour une détection d'événement ? Ce projet fournira des réponses à toutes ces questions et contribuera à développer les concepts temps réels et à créer de nouveaux services autour des réseaux de capteur pour la qualité de l'eau et la traçabilité de l'eau.

Finalement, il existe un fort bénéfice dual pour ce projet. L'outil développé pour la gestion de la sécurité en temps réel pourra être généralisé pour permettre un contrôle et un fonctionnement plus efficace des réseaux de distribution.