

Projet INFLONED

Inference on Flow Networks Data

Nicolas Vayatis (CMLA) and Pierre-Antoine Jarrige (SAFEGE)

1 Contexte du projet

1.1 Approches mathématiques pour l'étude des réseaux

L'étude mathématique des graphes et réseaux présentent de nombreux enjeux dans les applications : trafic routier, routage informatique, réseaux biologiques, réseaux sociaux, ... On distingue trois grandes approches pour l'étude des graphes :

- analyse exploratoire et description des caractéristiques d'un graphe,
- réduction et appariements de graphes, algorithmes d'optimisation,
- modélisation probabiliste de la constitution/évolution des graphes susceptibles d'émuler celle des graphes réels.

En revanche, il existe encore très peu d'approches statistiques pour pratiquer l'inférence à partir de graphes réels.

Dans ce projet, on propose d'étudier la modélisation des réseaux d'eau potable et d'assainissement à partir d'une approche s'appuyant à la fois sur la modélisation statistique mais également sur la simulation numérique.

1.2 Modélisation des réseaux d'eau potable

L'étude et la modélisation du fonctionnement des réseaux urbains de distribution d'eau potable et d'assainissement constitue un des piliers historiques des métiers de SAFEGE. Avant d'utiliser les modèles pour la prise de décision, des campagnes de mesures sont réalisées et les modèles sont critiqués et ajustés par confrontation des résultats de simulation avec les séries de mesures. Néanmoins, plusieurs effets paraissent difficiles à quantifier et les écarts entre les prédictions des modèles numériques et les données recueillies sont souvent importants.

Les enjeux de la modélisation concernent les aspects suivants :

- Optimisation et calibration des réseaux réels
- Optimisation de l'instrumentation des réseaux
- Analyse des profils de consommation d'eau

- Catégorisation des régimes de fonctionnement
- Caractérisation des anomalies de fonctionnement
- Analyse et surveillance de la qualité de l'eau.

Certains de ses aspects feront l'objet de recherches conjointes entre le laboratoire et le bureau d'études durant le projet.

2 Méthodologie et organisation

2.1 Données disponibles

L'objectif de ce projet est d'assurer la cohérence des modèles de fonctionnement d'un réseau avec les données réelles. Les jeux de données utilisés consistent, dans les cas des réseaux de distribution d'eau potable, en séries de mesures de débit, pression au pas de temps de 2 mn sur des durées de l'ordre de deux semaines. Les taux de chlore sont également mesurés et permettent de surveiller la qualité de l'eau. Dans le cas des réseaux d'assainissement, les mesures portent sur la hauteur d'eau dans les collecteurs et l'intensité de la pluie.

2.2 Modèles numériques et approches statistiques

SAFEGE a développé une forte expertise méthodologique sur la question du fonctionnement des réseaux de distribution d'eau potable, mais également un logiciel de modélisation, PICCOLO, diffusé largement auprès des exploitants et bureaux d'études.

Or, si cet outil est un instrument très utile en vue de la prévision du fonctionnement et de la calibration des débits pour un réseau d'eau potable, il n'en est pas moins soumis à de nombreux effets aléatoires liés par exemple à la variation de la demande, ou à l'occurrence d'événements incertains. On propose donc de coupler la modélisation déterministe à des techniques statistiques pour mieux appréhender le fonctionnement du simulateur numérique, mais aussi pour capturer les biais expliquant les écarts observés lors de la confrontation avec les données réelles.

La base de la modélisation sera celle des réseaux électriques pour lesquels on développera des indicateurs (caractéristiques) représentatifs du régime de fonctionnement. Des techniques de data mining (clustering, régression/classification) seront appliquées pour identifier les régularités et les anomalies au sein des configurations d'indicateurs observés et simulés. Enfin des analyses de sensibilité (locale/globale) seront réalisées avec les techniques de l'état de l'art.

2.3 Calendrier des travaux

A titre indicatif, on prévoit de suivre le programme de travail suivant découpé en 4 phases :

- Phase 1 - Etat de l'art sur la modélisation des réseaux d'écoulements fluides, appropriation de la problématique industrielle, définition des études de cas tests,
- Phase 2 - Evaluation méthodologique et expérimentale du logiciel PICCOLO, réalisation de bancs d'essais et analyse de sensibilité, analyse exploratoire des données réelles
- Phase 3 - Développement de méthodes mathématiques pour le contrôle des incertitudes du logiciel, étude des profils de consommation,
- Phase 4 - Etude des régimes de fonctionnement et caractérisation des régimes de fonctionnement atypiques.

Chaque phase s'étalera approximativement sur 6 mois.

2.4 Equipe et demande de moyens

L'équipe-projet sera organisée de la manière suivante :

- Responsables scientifiques : N. Vayatis (CMLA) et P.A. Jarrige (SAFEGE),
- Un doctorant CMLA expert en mécanique des fluides et traitement des incertitudes,
- Un ingénieur d'étude SAFEGE,
- Deux stagiaires (niveau M2) basés au CMLA.

Le projet s'étalera sur deux ans et le financement demandé est de 6000 Euros en frais de fonctionnement. Il permettra de rétribuer les stagiaires et de financer des missions pour la formation des membres de l'équipe.

Références

- [1] U. Brandes and T. Erlebach(Eds.) : *Network Analysis - Methodological Foundations*. LNCS Tutorial 3418, Springer Verlag, 2005.
- [2] G. Grimmett : *Probability on Graphs - Random Processes on Graphs and Lattices*. Cambridge University Press, Series : Institute of Mathematical Statistics Textbooks - No. 1, 2010.
- [3] E.D. Kolaczyk : *Statistical Analysis of Network Data : Methods and Models*. Springer Series in Statistics, 2009.
- [4] T. Koppel, A. Vassiljev : Use of modelling error dynamics for the calibration of water distribution systems, *Advances in Engineering Software*, Vol. 45 (1), pp :188-196, 2012.
- [5] S. D. Mueller, M. Milano, P. Koumoutsakos : Application of machine learning algorithms to flow modeling and optimization, Center for Turbulence Research - Annual Research Briefs, 1999.
- [6] L. Ormsbee, S. Lingireddy : "Chapter 14 : Network Model Calibration" in *Water Distribution System Handbook*, Ed. Larry Mays, McGraw Hill, 2000.