

Un modèle réduit exact pour la conception d'un jumeau numérique d'un réseau de distribution d'eau basé sur l'assimilation de données en temps réel

Cheima DJEMEL, ETTIS INRAE - Cestas **Olivier PILLER**, I2M - Talence
Thierry HORSIN, M2N - Paris **Chloé MIMÉAU**, M2N - Paris
Iraj MORTAZAVI, M2N - Paris

Compte tenu de l'urgence climatique, la protection des réseaux de distribution d'eau est d'une importance majeure. Leur grande étendue géographique en fait des systèmes complexes tant sur le plan opérationnel que sur l'aspect numérique lié à la modélisation de ces derniers. En effet, la complexité computationnelle de la modélisation du comportement hydraulique d'un réseau de distribution d'eau augmente avec le nombre de conduites et de mailles hydrauliques (conduites redondantes). À mesure que le réseau s'étend, le coût de calcul associé augmente en raison de la nature non linéaire des systèmes qui décrivent son fonctionnement hydraulique.

Afin de gérer cette complexité et garantir une supervision en temps réel on propose dans cette présentation le développement d'un jumeau numérique du réseau de distribution d'eau basé sur un modèle exact d'ordre réduit utilisant la méthode de décomposition en graphes [1]. Cette approche permet de traiter séparément les composantes linéaires et non linéaires en séparant la partie arborescente (forêt) du cœur du graphe (partie maillée) et en réduisant davantage la dimension du cœur. Cette décomposition est réalisée à l'aide de deux algorithmes : FCPA [2] et GMPA [3], offrant un gain de temps de calcul tout en préservant une précision suffisante. Des tests ont été réalisés sur différentes configurations de réseaux réels, mettant en évidence une réduction significative de la taille du système non linéaire ainsi qu'un gain en temps de calcul.

Pour mettre à jour les paramètres du modèle, il est ensuite nécessaire de relier ce dernier aux données d'observation en temps réel. Des techniques d'assimilation des données peuvent être utilisées pour ajuster le modèle telle que le filtre de Kalman. Cela nous permet d'estimer l'état hydraulique des réseaux en temps réel lors d'un écoulement quasi-transitoire, c'est-à-dire lorsque la consommation quotidienne varie progressivement au fil du temps. Les résultats montrent qu'en choisissant soigneusement les intervalles de temps et en tenant compte du bruit de mesure et du bruit de processus, il est possible d'estimer les niveaux du réservoir tout au long de la journée.

Un jumeau numérique basé sur un modèle d'ordre réduit exacte connecté aux données sera mis en œuvre sur le réseau de Strasbourg dans le cadre des études de cas du projet CoRREau [4].

- [1] C. Djemel, O. Piller, T. Horsin, C. Mimeau, and I. Mortazavi. Review of reduced-order models for online protection of water distribution networks. *Engineering Proceedings*, 69 :159, 2024.
- [2] A. R. Simpson, S. Elhay, and B. Alexander. Forest-core partitioning algorithm for speeding up analysis of water distribution systems. *Journal of Water Resources Planning and Management*, 140 :435–443, 2014.
- [3] J. Deuerlein, S. Elhay, and A. R. Simpson. Fast graph matrix partitioning algorithm for solving the water distribution system equations. *Journal of Water Resources Planning and Management*, 142(2) :04015037, 2016.
- [4] Résilience par la conception et sécurité des réseaux d'eau. <https://www.correau.fr/>.