

# Analyse de l'impact de contraintes organisationnelles pour la planification des opérations de maintenance d'un service d'eau

Marine Dubillard<sup>1</sup>, Guillaume Martin<sup>1</sup>, Matthieu Lauras<sup>1</sup>, Xavier Lorca<sup>1</sup>

University of Toulouse – IMT Mines Albi, Industrial Engineering Department, Albi, France  
{marine.dubillard, guillaume.martin, matthieu.lauras, xavier.lorca}@mines-albi.fr

**Mots-clés** : *simulation, optimisation, planification, tournées de véhicules.*

## 1 Contexte et objectif

Notre usage quotidien de l'eau nécessite tout un circuit d'acheminement et de traitement, constitué de plusieurs étapes : prélèvement, potabilisation, stockage, distribution, assainissement. Pour chacune de ces étapes, des infrastructures sont mises en place pour à la fois garantir l'accès de l'eau aux usagers et respecter des normes de qualité et d'environnement. Ces infrastructures sont par exemple les usines de traitement d'eau, les réseaux d'adduction, de distribution et d'assainissement, les équipements de contrôle, les compteurs aux branchements des habitations, etc. La gestion de tous ces équipements porte à la fois sur (i) la mise en place de nouveaux équipements, (ii) la surveillance des équipements actuels (maintenance préventive) et (iii) leur réparation (maintenance réactive).

Cette étude porte sur l'organisation mise en place par une entreprise gestionnaire des services d'eau pour assurer l'ensemble des interventions que nécessitent ces activités. Elle a pour but de décrire et analyser l'état des lieux du processus de planification des interventions de maintenance, et d'en proposer une critique d'un point de vue mathématique, utilisant les outils issus du domaine de la recherche opérationnelle. L'objectif de cette critique est à la fois de fournir et de quantifier des pistes d'amélioration des processus de planification en termes d'efficacité et de résilience. Cela permettra notamment de faire plus de place à l'activité de maintenance préventive, aujourd'hui perturbée par les activités de mise en place et de maintenance réactive, dont les échéances sont à plus court terme et qui peuvent apparaître de manière imprédictible.

## 2 Le problème de planification

Le problème de la planification des opérations de maintenance est posé de la manière suivante : étant donné un ensemble de tâches  $T$ , d'agents  $A$ , un horizon temporel  $\delta t$  et un ou plusieurs critères à optimiser ou satisfaire  $C$ , on souhaite obtenir des plannings journaliers d'intervention pour chaque agent  $a \in A$ , décrivant quelle tâche  $t \in T$  effectuer à quelle heure pour obtenir les meilleures valeurs des critères de qualité de  $C$  sur l'horizon  $\delta t$  choisi.

Des contraintes classiques entourent ce problème, découlant principalement du besoin à satisfaire et des ressources : lieu d'intervention de chaque tâche, date limite de début et de fin d'intervention, compétences requises pour intervenir, temps de travail légal des agents, cohérence temporelle, etc. Ces paramètres, variables et contraintes peuvent être comparés à ceux définis par le problème de tournées de véhicules avec fenêtre de temps (VRPTW), décrit sous ses nombreuses variantes par [1].

Cependant, l'organisation de la planification dans notre entreprise cible introduit un autre niveau de contraintes que nous qualifierons d'organisationnelles, et qui découlent de choix managériaux propres à cette entreprise gestionnaire des services d'eau. Il s'agit par exemple d'un découpage territorial, contraignant les agents à intervenir uniquement dans leur secteur

de rattachement, ou de l'horizon de planification fixé à priori sur une durée d'une semaine, de la pré-affectation des agents à un certain type de tâches pour la semaine ou la journée, ou encore d'un choix de planification "à la ressource" (planification séparée de chaque agent dans le but de maximiser leur taux d'occupation individuellement).

### 3 Approche

Afin de quantifier l'impact de ces contraintes additionnelles sur la nature et la qualité des plannings journaliers obtenus, notre approche consiste en (i) l'implémentation d'un modèle de simulation des processus existants, basé sur les données de planification à notre disposition et prenant en compte l'ensemble des contraintes classiques et organisationnelles existantes, (ii) l'implémentation de modèles alternatifs reprenant l'existant mais relâchant certaines contraintes organisationnelles, (iii) l'implémentation d'un générateur d'instances (calibré sur des données réelles) nous permettant de tester les modèles alternatifs sur des scénarios paramétrables, et ainsi évaluer les forces et limites de chaque modèle selon la topologie des instances de planification en entrée. À chaque scénario généré, les solutions issues des modèles alternatifs sont comparées à la solution issue du modèle de simulation de l'existant au travers d'un ensemble de critères de qualité : nombre d'interventions réalisées, non réalisées ou réalisées en retard, ratio de temps passé en transport... Plus de détails sur la méthodologie employée sont donnés dans [2].

### 4 Perspectives

Au delà du problème classique de planification, les gestionnaires des installations de production et distribution d'eau font face à un problème quotidien de re-planification, dû aux incertitudes temporelles attachées à la réalisation des tâches et aux trajets menant d'une localisation à une autre, ainsi qu'à l'arrivée de tâches urgentes le jour de la réalisation des plannings (fuite majeure ou casse d'un tuyau ou d'un équipement). On passe alors dans une version dynamique de tournées de véhicules (DVRP), dont différents modèles et méthodes de résolutions sont décrites dans [3].

Les perspectives à court terme de cette étude sont donc la recherche de robustesse dans la réalisation des plannings, puis celle de résilience à travers de stratégies de re-planification à la suite d'aléas. Nous pourrions ainsi comparer les méthodes de planification actuellement réalisées par l'entreprise gestionnaire des services d'eau, objet de l'étude, et celles se rapprochant des formulations plus théoriques des tournées de véhicules, tant en terme d'efficience que de résilience, pour identifier les meilleures pistes d'amélioration de la qualité de la maintenance. À plus long terme, nous espérons qu'un processus de planification efficient et robuste pourra faire plus de place à l'activité de maintenance préventive, et intégrer des résultats issus de modèles statistiques de maintenance prédictive, comme ceux décrits dans [4].

### Références

- [1] J.-F. Cordeau, Guy Desaulniers, Jacques Desrosiers, Marius M. Solomon, François Soumis. The VRP with Time Windows. *Les Cahiers du GERAD*, 1999.
- [2] M. Dubillard, G. Martin, M. Lauras, X. Lorca, et J. Cantet. Toward Resilient and Efficient Maintenance Planning for Water Supply Networks. *Smart and Sustainable Collaborative Networks 4.0*, 2021.
- [3] V. Pillac, M. Gendreau, C. Guéret, et A. L. Medaglia. A review of dynamic vehicle routing problems. *Eur. J. Oper. Res.*, vol. 225, no 1, p. 1-11, févr. 2013.
- [4] S. Yamijala, S. D. Guikema, et K. Brumbelow. Statistical models for the analysis of water distribution system pipe break data. *Reliab. Eng. Syst. Saf.*, vol. 94, no 2, p.282-293, 2009.