

Impacts de différents critères d'optimisation dans des problèmes intégrés de planification et de conception de réseau

Félix Combaud¹, Andréa Cynthia Santos²

Normandie Université, UNIHAVRE, UNIROUEN, INSA Rouen, LITIS, 76600 Le Havre, France.

`felix.combaud@univ-lehavre.fr`

`andrea-cynthia.duhamel@univ-lehavre.fr`

Mots-clés : *logistique de crise, planification, conception de réseau, modèles mathématiques.*

1 Résumé

Durant les dernières décennies, la densification des villes ainsi que de leurs réseaux routiers entraîne des complications importantes lorsque des catastrophes soudaines impactent ces zones de forte concentration. Ces catastrophes, qu'elles soient naturelles ou industrielles, affectent lourdement le réseau urbain. La réhabilitation optimisée de ces réseaux représente alors un défi important. D'une part, dans les jours qui suivent la catastrophe, la destruction des infrastructures et la vulnérabilité de la population rendent nécessaire le bon acheminement de l'aide humanitaire [3]. D'autre part, sur une vision à moyen et long terme, la réhabilitation de l'entièreté de la zone touchée permet le retour de l'économie locale et des infrastructures. Ces différentes problématiques donnent un champ applicatif à des problèmes de planification dans le contexte de la gestion de crise. L'ordonnancement des tâches de nettoyage du réseau routier ayant des impacts sur la distribution de l'aide, la connectivité du réseau et le débit du trafic.

Notre travail se concentre donc sur le *Work-Troops Scheduling Problem* (WSP) [2, 4]. Le problème consiste à répartir, sur le réseau routier et dans le temps, les Work-Troops (WT) chargées du déblaiement des voies. Ce problème appartient donc à la famille des problèmes de planification en intégrant des aspects du réseau urbain. En effet, on considère la ville comme un graphe avec ses nœuds représentant les intersections de la ville ainsi que ses points particuliers (points de départ, lieux de rassemblement de la population). Les arêtes du graphe représentent les rues, bloquées ou non par les débris, reliant les différents nœuds. L'affectation de WT à une arête permet de la nettoyer en un temps donné. Cette opération vient par la suite modifier l'état du réseau urbain en débloquent un nouveau chemin utilisable pour le transport et l'accès à la population.

Les travaux de Sakuraba et al. [4] proposent un modèle pour le WSP ayant pour objectif de réduire la somme des plus courts chemins permettant d'accéder aux nœuds de regroupement de la population. Cette approche est inspirée du domaine de la conception de réseau, car elle vise l'obtention d'un état spécifique du graphe. Lorsque les plus courts chemins sont tous nettoyés, la fonction objectif progressera désormais de manière constante car on ne peut plus améliorer la distance d'accès aux différents points de rassemblement. Cependant, l'objectif à moyen et long terme du problème est de nettoyer la totalité du réseau. Il est alors intéressant de considérer plusieurs métriques pour mesurer l'efficacité sur la réhabilitation complète.

Notre travail propose d'enrichir la résolution du WSP, en considérant divers objectifs et en analysant leur impact. Les différentes fonctions objectifs sont issues (a) des modèles de planification comme la durée totale des travaux (*makespan* (MKS)) et la somme des dates de finalisation des tâches (*sum of completion time* (CT)); (b) des modèles de conception de réseau tels que la somme des plus court chemins aux destinations (PCC) et la connexité globale (CG) du réseau qui cherche à obtenir un état où depuis chaque sommet du graphe on peut atteindre tous les autres [5]. L'ensemble des fonctions objectifs sont illustrées dans la Figure 1.

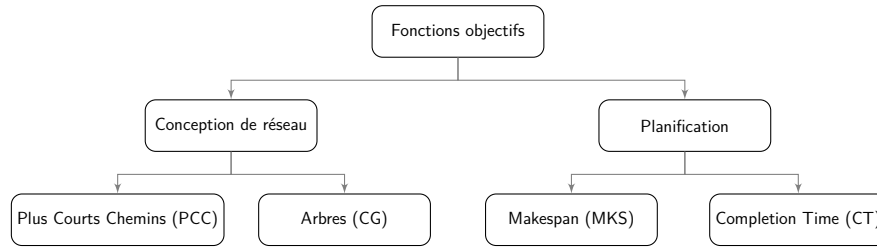


FIG. 1 – Vision des fonctions objectifs qui peuvent être utilisées dans le modèle intégré WSP.

Cette étude nous permet de mettre en valeur le rôle spécifique de chaque fonction objectif. Nous montrons que les modèles de PCC et CG ont une structure de solution particulière, avec un ordonnancement précis dans les premiers temps, puis un second temps où le choix de l'ordre de nettoyage ne se base sur aucun critère d'optimisation. Cela entraîne des problèmes quand à la borne d'horizon de temps T laissée pour la réparation, car la réalisation des tâches va se répartir jusqu'à la fin de cette borne sans finir au plus tôt possible. Cependant, plusieurs situations montrent que fixer T à sa borne inférieure n'est pas possible pour diminuer le temps de résolution tout en conservant l'obtention efficace des objectifs de réseau. En effet, rechercher ces aspects en priorité peut entraîner des retards dans la résolution globale et donc repousser la fin des travaux au-delà de la borne inférieure. Les fonctions objectifs issues du domaine de l'ordonnancement comme le MKS ou le CT permettent de diminuer le temps de résolution dans son ensemble [1] avec des différences de structure dans les solutions obtenues. Le MKS visant uniquement à minimiser le temps final, on obtient une solution avec beaucoup de préemptions, car on ne cherche pas à finir rapidement les tâches individuellement. A l'inverse, l'objectif de CT va privilégier la fin rapide du plus grand nombre de tâches ce qui va minimiser la préemption, l'inactivité des WT et également prioriser les tâches rapides à exécuter. Notre dernière approche pour cette étude est l'optimisation en deux phases, qui utilise successivement deux fonctions objectifs pour tirer parti de la complémentarité des structures et obtenir de meilleures solutions sur des critères divers. Nous analysons notamment quelles combinaisons de fonctions objectifs peuvent améliorer les solutions.

Remerciements

Le projet LIAD sous référence n° ANR-21-SIOM-0002-01 est financé par l'ANR et la région Normandie.

Références

- [1] Ali Allahverdi. *A survey of scheduling problems with no-wait in process*. European Journal of Operational Research 255(3) :665–686, 2016.
- [2] Barbalho, Thiago Jobson and Santos, Andréa Cynthia and Aloise, Dario José. *Metaheuristics for the work-troops scheduling problem*. International Transactions in Operational Research, 2020.
- [3] C.-M. Feng and T.-C. Wang. *Highway emergency rehabilitation scheduling in post-earthquake 72 hours*. Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies, 2003.
- [4] C. S. Sakuraba and A. C. Santos and C. Prins and L. Bouillot and A. Durand and B. Allenbach. *Road network emergency accessibility planning after a major earthquake*. EURO Journal on Computational Optimization, 4(3) :381–402, 2016.
- [5] Santos, Andréa Cynthia and Duhamel, Christophe and Andrade, Rafael. *Trees and Forests*. Handbook of Heuristics, 1–27, Springer International Publishing, 2016.