



HAL
open science

Ordonnancement multi-projets à contraintes de ressources partagées multi-compétences

Meya Haroune, Cheikh Dhib, Emmanuel Neron, Ameer Soukhal, Hafedh Mohamed Babou, Mohamedade Farouk Nanne

► To cite this version:

Meya Haroune, Cheikh Dhib, Emmanuel Neron, Ameer Soukhal, Hafedh Mohamed Babou, et al.. Ordonnancement multi-projets à contraintes de ressources partagées multi-compétences. Roadef 2019, Dec 2019, le havre, France. hal-02408762

HAL Id: hal-02408762

<https://hal.science/hal-02408762>

Submitted on 13 Dec 2019

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.

Ordonnancement multi-projets à contraintes de ressources partagées multi-compétences

Meya HAROUNE^(1,2), Cheikh DHIB⁽²⁾, Emmanuel NERON⁽¹⁾, Ameer SOUKHAL⁽¹⁾,
Hafedh MOHAMED BABOU⁽²⁾, Mohamedade FAROUK NANNE⁽²⁾

(1) Laboratoire d'Informatique Fondamentale et Appliquée de Tours LIFAT EA 6300
ROOT ERL-CNRS 7002, 64 av. Jean Portalis, 37200 Tours, France

(2) Unité de recherche Documents Numériques et Interaction de l'Université de Nouakchott
Al-Asriya DNI, BP 880, Nouakchott, Mauritanie.
meya.haroune@etu.univ-tours.fr, {emmanuel.neron,ameur.soukhal}@univ-tours.fr,
dhib.cheikh@iscae.mr, hafedh.mohamed-babou@esp.mr, farouk@una.mr

Mots-clés : *Recherche Opérationnelle, Ordonnancement de projets, contraintes de personnel, gestion des compétences, PLNE, heuristiques.*

1 Introduction et description du problème

L'organisation en mode projet concerne de plus en plus les entreprises, y compris celles de services, afin de répondre aux demandes clients. Ainsi, plusieurs projets peuvent entrer en concurrence pour l'utilisation de ressources renouvelables partagées (hommes ou machines) [2]. L'objectif de notre étude est de développer un outil permettant de proposer aux divers chefs de projet une planification de leurs activités, tout en optimisant l'utilisation des ressources humaines à capacité limitée et aux compétences variées. Cette planification doit prendre en compte les engagements contractualisés (dates de fin des phases) de manière à réduire les coûts des divers projets. Ce travail fait suite à une collaboration avec une société du domaine de l'IT où le but est d'étudier un modèle pertinent d'un point de vue industriel, en y intégrant les caractéristiques des personnes et des tâches, le plus fidèle possible à la réalité.

Proposé par un partenaire industriel, dans cette étude, chaque projet k , $k = 1, \dots, K$ est constitué d'un ensemble de phases où chacune est définie par un sous-ensemble de tâches préemptives et indépendantes. Cependant, les contraintes de précédences sont entre les phases du même projet. Durant un horizon de temps donné, K sous-ensembles de tâches (K phases) doivent alors s'exécuter simultanément en partageant des ressources communes, des opérateurs. Une tâche J_i^k d'une phase d'un projet k est caractérisée par une charge estimée en jour/homme, notée p_i^k , une date de début au plus tôt r_i^k (contraintes de précédences entre les tâches d'une phase et celles qui la précèdent appartenant à la phase précédente du même projet), une date de fin souhaitée d_i^k et une pénalité de retard par semaine notée w_i^k .

Chaque personne dispose d'une quotité/projet hebdomadaire déterminant son taux maximal de participation au projet k . Les disponibilités par semaine de chaque personne, sont connues et sont réparties entre les différents projets au prorata du taux de son intervention. Chaque ressource dispose d'un niveau de compétence pour la réalisation d'une tâche qu'elle maîtrise. Ainsi, le temps de traitement d'une tâche est fonction de la compétence de la personne en charge de l'exécuter. Pour toute personne disposant d'une compétence nécessaire à la réalisation d'une tâche J_i^k , on définit la charge de J_i^k comme suit : $p_{i,j}^k = (2 - v_{i,j}^k)p_i^k$, où $v_{i,j}^k$ est le niveau d'efficacité de la ressource j dans l'exercice de la tâche i du projet k , $0 \leq v_{i,j}^k \leq 1$. Une tâche est affectée à une seule personne tout au long de sa réalisation, même si elle s'étale sur plusieurs semaines. A un instant t , une personne j ne peut traiter qu'une seule tâche à la fois. Le nombre de tâches sur lesquelles une personne pourra être affectée durant la même semaine est borné supérieurement. Cette limitation réduit ainsi le nombre de *changements de contexte* et ainsi

augmente l'efficacité de l'opérateur. Cependant, une charge minimale, et une autre maximale, sont définies pour chaque activité permettant d'encadrer les quantités de sa réalisation par semaine. L'originalité de ce modèle est la prise en compte de la notion de compétence et des charges minimales/maximales des tâches. Ce problème est \mathcal{NP} -difficile car le problème $Qm \mid r_i, pmtn \mid \sum w_i T_i$ connu \mathcal{NP} -difficile, est un cas particulier du problème étudié [1].

2 Méthodes exactes et approchées

Pour résoudre ce problème à l'optimum, nous proposons une programmation linéaire en nombres entiers PLNE. Ce PLNE permet de résoudre des instances de petites tailles. A titre d'indication, des instances de 3 projets avec 120 activités et 8 opérateurs, sur un horizon de 4 semaines, sont résolues en 40mn en moyenne en utilisant CPLEX version 12.6.2.

Compte tenu de la complexité du problème et les limitations du PLNE, nous proposons des heuristiques gloutonnes et des approches itératives de type descente locale.

Les heuristiques gloutonnes opèrent en deux phases. Lors de la phase une, on détermine l'affectation des tâches aux opérateurs selon une combinaison de deux règles de priorité. Différentes règles ont été testées : trier les tâches selon leurs charges (pondérée ou non par un coefficient d'efficacité moyenne) ; trier les personnes selon leurs charges et les taux d'intervention aux différents projets. Vient alors la phase deux. A partir d'une affectation donnée, on calcule l'ordonnancement compatible des tâches de chaque personne. Le problème revient à chercher un flot maximum à coût minimum. Le graphe est composé principalement de deux niveaux : noeuds "activités" et noeuds "(identité du projet, numéro de la semaine)". Le noeud source (resp. puit) est le prédécesseur (resp. successeur) des activités (resp. du couple (projet, semaine)). Ce graphe est construit par personne. La capacité d'un arc entre un noeud activité et un noeud (projet, semaine), représente la charge maximal de l'activité par semaine, et son coût représente la pénalité de retard de l'activité.

Pour améliorer les résultats obtenus par les heuristiques, deux descentes locales ont été développées correspondant chacune à un opérateur de voisinage. Les deux fonctions de voisinage cherchent à modifier l'affectation des tâches aux personnes. Par la première fonction de voisinage, nous cherchons à réaffecter les tâche en retard à d'autres personnes. Pour chacune de ces tâches, on établit alors une liste des personnes capables de la réaliser. Cette liste est triée par ordre décroissant de la disponibilité des personnes sur le projet. Le second voisinage quant à lui tente de libérer du temps d'une personne effectuant une tâche en retard (une tâche à l'heure peut être réaffectée à une autre personne compétente).

3 Conclusion et perspectives

L'objectif de ce travail est de trouver une affectation compatible des personnes aux différentes tâches des projets minimisant la somme pondérée des retards. Tous les algorithmes ont été développés et testés. Les premiers résultats sont très prometteurs et seront présentés lors de la conférence. Il serait intéressant de considérer le cas où les quotités ne sont pas fixées. Il s'agit dans ce cas d'étudier un problème d'ordonnancement multi-agent où chaque chef de projet négocie pour avoir les ressources nécessaires afin de satisfaire les contraintes et optimiser son propre critère.

Références

- [1] P. Brucker, B. Jurisch and A. Krämer. Complexity of scheduling problems with multi-purpose machines, *Annals of Operations Research*, 70, pp 57–73, 1997.
- [2] Ch. M. Dhib, A. Soukhal and E. Néron. Solving Methods for a Preemptive Project Staffing and Scheduling problem. Dans *Handbook on Project Management and Scheduling 1 & 2*, Springer, 2016.