Problème d'ordonnancement multi-projets et d'allocation des ressources humaines multi-compétences aux projets.

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

▶ **To cite this version:**

Meya Haroune, Cheikh Dhib, Emmanuel Neron, Ameur Soukhal, Hafedh Mohamed Babou, et al.. Problème d'ordonnancement multi-projets et d'allocation des ressources humaines multi-compétences aux projets.. ROADEF-2021 (en ligne), Apr 2021, mulhouse, France. hal-03204627

HAL Id: hal-03204627
https://hal.science/hal-03204627

Submitted on 21 Apr 2021

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.

Problème d'ordonnancement multi-projets et d'allocation des ressources humaines multi-compétences aux projets

Meya HAROUNE[1,2], Cheikh DHIB[2], Emmanuel NERON[1], Ameur SOUKHAL[1], Hafedh MOHAMED BABOU[2], Mohamedade NANNE[2]

[1] Université de Tours, Laboratoire d'Informatique Fondamentale et Appliquée de Tours LIFAT ROOT ERL-CNRS 7002, France
meya.haroune@etu.univ-tours.fr,{emmanuel.neron, ameur.soukhal}@univ-tours.fr

[2] Université de Noaukachott, unité de recherche Pluridisciplinaire en Informatique et Mathématiques Appliquées, Nouakchott, Mauritania
dhib.cheikh@iscae.mr, hafedh.mohamed-babou@esp.mr, mnanne@fst.e-una.mr

Mots-clés : *ordonnancement multi-projets, ressources multi-compétences, allocation des ressources, PLNE, recherche tabou.*

1 Introduction et description du problème

Dans de nombreuses organisations, le fonctionnement dépend fortement de l'efficacité et des compétences des ressources humaines. Ce facteur revêt d'une importance particulière dans le processus de planification de projet, car il est nécessaire d'allouer les compétences humaines nécessaires aux tâches en limitant toute augmentation des coûts et des retards de réalisation. Parallèlement, lorsqu'il s'agit de multiples projets, il est primordial de trouver une stratégie adéquate pour gérer le partage de ces compétences entre les projets, en tenant compte des contraintes sur les ressources partagées et sur chaque projet individuellement.

Cette étude s'intéresse à un problème d'allocation des ressources humaines (travailleurs) multi-compétences aux multiples projets. Ces projets doivent être planifiés en parallèle et accomplis dans un delai déterminé. En se basant sur un cas réel rencontré dans une entreprise d'IT, l'objectif est de déterminer une allocation des travailleurs aux projets, puis un ordonnancement des tâches de chaque projet. Les ressources sont constituées par des équipes de personnes dont la disponibilité est limitée, dont la capacité est limitée et dont les compétences variées sont nécessaires à la réalisation des projets. Ainsi, les engagements contractualisés imposent le respect des dates de fin des phases des projets. Le cas échéant, nous cherchons à minimiser la somme des retards pondérés de l'ensemble des tâches de tous les projets permettant ainsi de réduire les paiements des pénalités.

Le problème à l'étude peut être défini comme suit. Soit $L = \{l_1, \ldots, l_p\}$ un ensemble de p projets. Tous les projets sont considérés indépendants et doivent être planifiés sur un horizon de temps donné H (exprimé en nombre de semaines). Chaque projet $l \in L$ consiste en un ensemble de phases k_l définies par un ensemble de tâches indépendantes, préemptives et devant être accomplies avant une date d'échéance donnée d_k^l (exprimée en nombre de semaines). Par souci de simplicité, une seule phase par projet est considérée dans ce travail.

Soit N_l l'ensemble des tâches du projet l ($|N_l| = n_l$), et d_l la date d'échéance commune de ses tâches. Ainsi, $N = \{J_1, \ldots, J_n\}$ est l'ensemble des n tâches à planifier pendant H, avec $n = \sum_{l=1}^{p} n_l$. Pour chaque tâche J_i, nous avons une charge nominale p_i exprimée en jour/homme, une date de début au plus tôt r_i exprimée en nombre de semaines et une pénalité de retard w_i par semaine. Toutes ces valeurs sont des entiers positifs.

Soit $R = \{M_1, \ldots, M_m\}$ l'ensemble de travailleurs alloués à tous les projets. La disponibilité de chaque travailleur M_j pendant la semaine s, notée $Dispo_{j,s}$, est donnée en nombre de demi-journées. Une tâche nécessite une seule compétence et doit être attribuée à un seul travailleur

tout au long de son exécution, ainsi seuls certains employés peuvent être affectés à chacune des activités. On note par S_i l'ensemble des travailleurs ayant la compétence nécessaire pour la réalisation de la tâche J_i. Chaque travailleur M_j a un coefficient d'efficacité $v_{i,j}$ pour effectuer la tâche J_i qu'il maîtrise, où $0 \leq v_{i,j} \leq 1$. Pour des raisons de simplicité, la charge nominale de la tâche pourra être simplement convertie en durée, à l'application de ce coefficient d'efficacité. Par exemple, la durée de la tâche J_i attribuée au travailleur M_j est dénotée $p_{i,j}$, où $p_{i,j} = (2-v_{i,j})p_i$. Pour des raisons d'efficacité, le nombre de tâches assignées par semaine à un travailleur M_j doit être inférieur ou égal à une valeur b_j. De plus, en raison de règles liées aux préférences du manager, une charge minimale (resp. maximale) dénommée C_i^{min} (resp. C_i^{max}) est définie pour chaque tâche. Ces charges limitent (par défaut et par excès) la quantité qui peut être effectuée de chaque tâche par semaine. L'unité de temps considérée ici est la demi-journée.

Nous sommes confrontés à deux problèmes : le premier est de définir les quotités des travailleurs nécessaires à l'exécution des projets. Une fois des quotités déterminées, un travailleur M_j ne doit pas dépasser la quotité $Q_{j,l}$ allouée au projet l durant chaque semaine de H. Le second est de déterminer une affectation compatible des travailleurs aux différentes tâches des projets. A partir de cette affectation, nous chercherons à déterminer un ordonnancement des tâches que chaque travailleur doit accomplir dans l'horizon H. Cela consiste à déterminer le temps que chaque travailleur doit consacrer par semaine à chaque tâche, tout en respectant toutes les contraintes mentionnées ci-dessus.

La fonction objectif considérée est la minimisation de la somme des retards pondérés des tâches, définie par la formule $f = \sum_{i=1}^{n} w_i T_i$, où T_i est le nombre de semaines de retard de la tâche J_i. Si une tâche est terminée dans la semaine $(d_l + 1)$, elle a une unité de retard $(T_i = 1)$. On indique par F_i la date de fin de la tâche J_i donné en nombre de semaines.

Le modèle abordé dans cette étude, peut être classé sous la catégorie des problèmes d'ordonnancement multi-projet sous contraintes de ressources multi-compétence. En raison de la forte complexité de ce type de problème [1], peu d'études ont été menées pour le résoudre [2].

2 Méthodes de résolution

Du fait de sa complexité, une résolution à l'exact du problème est très difficile en temps raisonnable. Nous proposons donc une heuristique itérative opérant en trois phases. Dans la première phase, un modèle mathématique simplifié basé sur la programmation linéaire en nombres entiers est appliqué afin d'allouer les quotités nécessaires des travailleurs aux projets. Ce modèle considère uniquement les contraintes sur les disponibilités hebdomadaires des travailleurs, ainsi que les charges des projets à réaliser dans l'horizon. La deuxième phase, basée sur des algorithmes de bin packing et des règles de priorités, à pour but de déterminer à partir de ces quotités une affectation des travailleurs aux différentes tâches des projets. Finalement, dans la troisième phase, nous appliquons une méthode de recherche tabou à fin de déterminer un ordonnancement réalisable des tâches dans le temps en améliorant itérativement la solution trouvée. Pour plus des détails sur cette recherche tabou nous renvoyons le lecteur à [1]. Les résultats expérimentaux de ces heuristiques seront présentés lors de la conférence.

Références

[1] M. Haroune, Ch. Dhib, E. Neron, A. Soukhal, H. Babou, et F. NANNE (2021) *Multi-project scheduling problems with shared multi-skill resource constraints.* PMS, Toulouse, France.

[2] R. Chen, Ch. Liang, D. Gu, J. Y-T. Leung (2017) *A multi-objective model for multi-project scheduling and multi-skilled staff assignment for IT product development considering competency evolution*, International Journal of Production Research, 55 :21, 6207-6234, DOI : 10.1080/00207543.2017.1326641.