Ordonnancement multiprojet à contraintes de ressources partagées par plusieurs agents

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(2)

meya.haroune@etu.univ-tours.fr,{emmanuel.neron, ameur.soukhal}@univ-tours.fr

[2] Université de Nouakchott, Unité de recherche Documents Numériques et Interaction de l'Université de Nouakchott, Mauritanie

dhib.cheikh@iscae.mr, hafedh.mohamed-babou@esp.mr, farouk@una.mr

Mots-clés : *Planification de projets, Ordonnancement multiagent, Programmation linéaire, Heuristiques, Recherche Tabou.*

1 Introduction et description du problème

Dans cette étude, plusieurs chefs de projet, chacun gérant un ou plusieurs projets, sont en concurrence pour obtenir les ressources humaines nécessaires à l'exécution de leurs projets. L'affectation des personnes pour l'ordonnancement des activités doit permettre d'optimiser une fonction objectif propre à chaque chef de projets. Il s'agit donc d'un problème d'ordonnancement ou chacun a son propre ensemble d'activités à réaliser. La fonction objectif d'un chef de projets dépend uniquement de l'ordonnancement de ses propres activités. Nous cherchons alors une bonne solution de compromis. Il s'agit d'un problème d'ordonnancement multiagent dans un contexte de gestion de projets [1].

Dans [1], les auteurs ont identifié quatre scénarios de problèmes d'ordonnancement multiagent : Symétrique, Compétition, Interférant et Non-Disjoint. Ces différents cas sont classés selon la relation des sous-ensembles des activités des agents (s'ils partagent ou non certaines activités). Dans cette étude, nous considérons le scénario "Compétition", i.e. un problème d'ordonnancement de projet multiagents où les sous-ensembles des activités de chaque agent sont disjoints.

La démarche développée dans ce résumé, est valable pour un nombre d'agents quelconque, mais pour faciliter la lecture, elle est illustrée pour 2 agents (chefs de projets), A et B. Les l projets sont donc répartis en deux sous-ensembles indépendants et doivent être planifiés sur un horizon de temps fixé, exprimé en nombre de semaines. Chaque semaine est décomposée en 10 demi-journées. Nous supposons que les $\{1, ..., l_A\}$ (resp. $\{l_A + 1, ..., l\}$) premiers (resp. derniers) projets sont ceux de l'agent A (resp. B). Un projet l est constitué d'un ensemble de phases. Chaque phase k d'un projet l est définie par un ensemble d'activités préemptives et indépendantes et doit être réalisée avant une date de fin souhaitée d_k^l (numéro de semaine). Dans cette étude, une seule phase par projet est considérée. Pour simplifier l'écriture, nous notons par d^l la semaine échue commune des activités du même projet. Sans perte de généralité, nous supposons que $\{J_1, \ldots, J_{n_A}\}$ (resp. $\{J_{n_A} + 1, \ldots, J_n\}$) est l'ensemble des n_A (resp. $n - n_A$) activités de l'agent A (resp. B) à réaliser. Pour chaque activité J_i, nous avons donc : une charge estimée p_i en jour.homme, une date de début au plus tôt r_i, une date échue commune aux activités du même projet d^l et une pénalité de retard w_i. Les périodes de disponibilité des personnes par semaine sont connues. A un instant t donné, une personne M_j ne peut traiter qu'une seule activité à la fois. Chaque personne dispose d'un niveau d'efficacité pour la réalisation d'une activité qu'elle maîtrise (i.e. compétence $\neq 0$). Ainsi, la charge nominale d'une activité est calculée en fonction de l'efficacité de la personne en charge de son traitement. On définit la charge de l'activité J_i affectée à la personne M_j comme suit : $p_{i,j} = (2 - v_{i,j})p_i$, où $v_{i,j}$ est le niveau d'efficacité de la ressource M_j dans l'exercice de l'activité J_i, $0 \leq v_{i,j} \leq 1$. Le nombre d'activités affectées à une personne durant la même semaine est borné par une valeur donnée b_j. Ainsi, une charge minimale et une autre maximale par activité sont définies permettant d'encadrer les quantités de sa réalisation par semaine. Une activité est affectée à une seule personne tout au long de sa réalisation. Une solution à ce problème consiste à trouver une affectation des personnes aux différentes activités des projets en définissant par personne une quotité allouée à chaque projet, i.e. définir le taux de participation d'une personne à chaque projet. Par cette affectation, nous cherchons une solution de meilleur compromis minimisant la somme pondérée des retards des activités de chaque agent A et B, notées : $f^A = \sum_{i=1}^{n_A} w_i T_i$ et $f^B = \sum_{i=n_A+1}^{n} w_i T_i$. Noter qu'une activité d'un projet l en retard d'une unité de temps ($T_i = 1$) peut se terminer en début ou en fin de la semaine $d^l + 1$.

Ce problème est $\mathcal{NP}$-difficile, car le cas particulier où nous cherchons l'affectation des personnes aux projets selon des quotités fixées a été montré $\mathcal{NP}$-difficile [2].

2 Approches de résolution : exactes et approchées

Pour calculer une solution de Pareto strictement non-dominée, deux approches de résolution sont considérées : combinaison linéaire des critères et ε-contrainte.

Lorsque la combinaison linéaire des critères est considérée, par la réécriture de la fonction objectif, nous montrons que le problème étudié est équivalent au cas monocritère, où l'objectif est la minimisation de la somme pondérée des retards des activités. Cette réécriture permet de définir les nouveaux poids de chaque activité à ordonnancer en fonction des coefficients de la combinaison linéaire choisis. Ainsi, les méthodes de résolution exactes et approchées développées dans [2] peuvent donc être appliquées.

Lorsque l'approche ε-contrainte est considérée, le problème consiste à trouver une solution minimisant la somme pondérée des retards des activités de l'agent A ($Mininimser f^A$) sous-contrainte $f^B \leq Q_B$. Nous proposons d'adapter les méthodes développées dans le cas monocritère au problème étudié. En effet, pour chercher une solution de Pareto optimale avec une valeur Q_B donnée, nous procédons comme suit. (i) Résoudre par le PLNE le problème en minimisant f^A sous contrainte $f^B \leq Q_B$. La solution trouvée est optimale pour le critère A, notée (f^{*A}, Q_B). (ii) Résoudre une deuxième fois le problème en minimisant f^B sous contrainte $(f^A \leq f^{*A})$. La solution ainsi obtenue est optimal au sens de Pareto strict.

Pour résoudre des instances de grande taille, des heuristiques à deux-phase sont développées : (i) déterminer l'affectation des activités aux personnes selon une des règles de priorité considérées ; (ii) A partir de cette affectation, calculer un ordonnancement pour minimiser le retard des activités de chaque agent. Pour cette deuxième phase, nous développons une heuristique basée sur la recherche de flot maximum à coût minimum.

Une méthode de type recherche tabou est également proposée où la solution initiale est générée en appliquant l'heuristique à 2-phase avec les meilleures paramètres.

L'analyse des performances des méthodes proposées est en cours et sera donc présentée lors de la conférence.

Références

[1] A. Agnetis, J.-C. Billaut, S. Gawiejnowicz, D. Pacciarelli, and A. Soukhal. *Multiagent Scheduling, Models and Algorithms*. Springer-Verlag, Berlin Heildelberg New York, 2014.

[2] Meya Haroune, Cheikh Dhib, Emmanuel Néron, Ameur Soukha, Hafed Babou, Mohameddade Nanne. *Ordonnancement multi-projets à contraintes de ressources partagées multi-compétences*. 20ème congrès annuel de la société FranÃ§aise de Recherche Opérationnelle et d'Aide à la Décision, Le Havre, 2019.