HAL
open science

MSPSP avec préemption partielle pour l'ordonnancement des activités d'un laboratoire nucléaire

Oliver Polo Mejia, Marie-Christine Anselmet, Christian Artigues, Pierre Lopez

To cite this version:

Oliver Polo Mejia, Marie-Christine Anselmet, Christian Artigues, Pierre Lopez. MSPSP avec préemption partielle pour l'ordonnancement des activités d'un laboratoire nucléaire. 19e congrès annuel de la société Française de Recherche Opérationnelle et d'Aide à la Décision (ROADEF 2018), Feb 2018, Lorient, France. 2p. hal-02352244

HAL Id: hal-02352244

https://laas.hal.science/hal-02352244v1

Submitted on 6 Nov 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.

MSPSP avec préemption partielle pour l'ordonnancement des activités d'un laboratoire nucléaire

Oliver Polo Mejia[1,2], Marie-Christine Anselmet[1], Christian Artigues[2], Pierre Lopez[2]

[1] Service LECA-STAR, CEA Cadarache, St Paul lez Durance, France
[2] LAAS-CNRS, Université de Toulouse, CNRS, Toulouse, France
oliver.polomejia@cea.fr

Mots-clés : *RCPSP, ordonnancement préemptif, multi-compétences, laboratoire nucléaire*

1 Introduction

Cette communication aborde le problème de l'ordonnancement des activités dans l'un des laboratoires du Commissariat à l'Énergie Atomique et aux Énergies Alternatives (CEA). Après analyse, nous montrons que ce problème peut être modélisé comme une nouvelle extension du problème d'ordonnancement de projet à moyens limités (RCPSP) : un MSPSP avec préemption partielle. Cette nouvelle variante est issue de la combinaison des caractéristiques du RCPSP préemptif et du problème d'ordonnancement de projet multi-compétences (MSPSP).

Dans le RCPSP préemptif, la préemption est autorisée pour toutes les activités [1]. Cependant, dû aux contraintes opérationnelles, nous devons interdire la préemption d'un sous-ensemble d'activités. Une autre hypothèse est la libération de toutes les ressources pendant les périodes de préemption. Dans notre cas d'étude, nous sommes intéressés à éviter la libération de certains équipements sujets à un temps de préparation important.

Les conditions du fonctionnement du laboratoire nous dirigent vers le MSPSP. Ici les ressources ne peuvent répondre qu'à une exigence de compétence unique par activité [2]. Cependant, dans le laboratoire étudié, les ressources peuvent répondre à plus d'une compétence par activité. De plus, pour des raisons opérationnelles, nous devons garantir un nombre minimum de ressources présentes lors de l'exécution de l'activité.

Prenant compte des aspects mentionnés ci-dessus, nous proposons de travailler avec un MSPSP avec préemption partielle. Cette variante a comme objectif de trouver le meilleur ordonnancement pour un ensemble d'activités sur des ressources renouvelables multi-compétences, pouvant répondre à plus d'une exigence de compétences par activité. Une activité est définie par sa durée, ses relations de précédence et ses besoins de ressources et de compétences. La préemption est traitée en trois niveaux : 1) Non-préemption (aucune ressource préemptible) ; 2) Préemption partielle (un sous-ensemble de ressources préemptibles) ; et 3) Préemption complète (toutes les ressources sont préemptibles).

2 Modèle PLNE

Pour modéliser cette nouvelle variante, nous proposons un modèle en PLNE construit en utilisant une formulation à temps discret du type on/off présentée ci-dessous :

- $Y_{i,t} \in \{0,1\}$, $Y_{i,t} = 1 \iff$ l'activité i est en exécution pendant la période t
- $O_{j,i,t} \in \{0,1\}$,$O_{j,i,t} = 1 \iff$ le technicien j est alloué à l'activité i pendant la période t
- $Z_{i,t} \in \{0,1\}$, $Z_{i,t} = 1 \iff$ l'activité i débute à la période t ou avant
- $W_{i,t} \in \{0,1\}$, $W_{i,t} = 1 \iff$ l'activité i finit à la période t ou après
- $Pp_{i,t} \in \{0,1\}$, $Pp_{i,t} = 1 \iff$ l'activité i est préemptée pendant la période t
- $Tard_i =$ Retard de l'activité i

$$
\begin{array}{lcll}
\min & \sum_i Tard_i + \sum_i \sum_t t * Y_{i,t} & & (1) \\
s.t. & \sum_i O_{j,i,t} \leq DO_{j,t} & \forall j, \forall t & (2) \\
& \sum_i ((Y_{i,t} + PR_{i,k} * Pp_{i,k}) * Br_{i,k}) \leq DR_{i,k} & \forall t, \forall k & (3) \\
& (Y_{i,t} + Pc_i * Pp_{i,t}) * Bc_{i,c} \leq \sum_j (O_{j,i,t} * CO_{j,c}) & \forall i, \forall t, \forall c & (4) \\
& \sum_j O_{j,i,t} \geq (Y_{i,t} + Pc_i * Pp_{i,t}) * Nt_i & \forall t, \forall i & (5) \\
& \sum_t Y_{i,t} \geq D_i & \forall i & (6) \\
& D_l * (1 - Y_{i,t}) \geq \sum_{t'=t}^{T} Y_{l,t'} & \forall i, \forall l, \forall t & (7) \\
& \sum_{t=d_i+1}^{T} Y_{i,t} \leq 0 & \forall i & (8) \\
& \sum_{t=1}^{r_i-1} Y_{i,t} \leq 0 & \forall i & (9) \\
& Pp_{i,t} \geq Z_{i,t} + W_{i,t} - Y_{i,t} - 1 & \forall i, \forall t & (10) \\
& Z_{i,t} \geq Y_{i,t'} & \forall i, \forall t, \forall t' \leq t & (11) \\
& W_{i,t} \geq Y_{i,t'} & \forall i, \forall t, \forall t' \geq t & (12) \\
& Z_{i,t} \leq \sum_{t'=1}^{t} Y_{i,t'} & \forall i, \forall t & (13) \\
& W_{i,t} \leq \sum_{t'=t}^{T} Y_{i,t'} & \forall i, \forall t & (14) \\
& Tard_i \geq t * Y_{i,t} - d_i & \forall i, \forall t & (15)
\end{array}
$$

L'objectif (1) représente la minimisation du retard et assure également la programmation des unités de durée au plus tôt. Les équations (2) assurent que la capacité des opérateurs ($DO_{j,t}$) est respectée. Les équations (3) garantissent que les besoins de ressources ($Br_{i,k}$) sont satisfaits en respectant leur capacité ($DR_{k,t}$). Le paramètre $PR_{i,k}$ indique si une ressource est préemptible ($PR_{i,k}$=0) ou non ($PR_{i,k}$=1). Les contraintes (4) garantissent le respect des besoins de compétences ($Bc_{i,c}$), tenant compte de l'ensemble de compétences du technicien ($CO_{j,c} = 1$ si le technicien (j) a la compétence c, 0 sinon). Le paramètre Pc_i indique si le technicien peut être préempté (Pc_i=0) ou non (Pc_i=1). Les contraintes (5) et (6) assurent le respect du nombre minimum de techniciens (Nt_i) et de la durée des activités (D_i). Les relations de précedence sont données en (7). Les inégalités (8) et (9) sont relatives aux contraintes de fenêtres $[r_i, d_i]$. Les équations (10) déterminent si une activité a été préemptée ou pas. Les équations (11) jusqu'à (14) servent à obtenir les valeurs pour les variables $Z_{i,t}$ et $W_{i,t}$. Finalement, les inégalités (15) calculent le retard.

Pour tester ce modèle, nous avons généré un ensemble d'instances inspirées de données réelles. Avec CPLEX, nous avons pu résoudre de façon optimale un ensemble de petites instances (20 activités, durée comprise entre 1 et 10 unités de temps, 4 relations de précédence moyenne et 13 compétences) dans un temps moyen de 7,23 secondes. Pour un ensemble d'instances de taille plus grande (20 activités, durée comprise entre 5 et 20 unités de temps, une moyenne 6 relations de précédence et 13 compétences), il n'a pas été possible de résoudre le problème de manière optimale et l'on obtient après 2 heures de calcul des résultats avec un gap final entre 3 et15 %.

Dans les travaux futurs, nous devrons développer de nouvelles heuristiques nous permettant d'obtenir de solutions proches de la solution optimale dans des délais raisonnables. Des techniques plus sophistiquées de résolution exacte, des méthodes de décomposition du modèle de programmation mathématique par exemple, seront aussi étudiées.

Références

[1] Behrouz Afshar-Nadjafi. Resource constrained project scheduling subject to due dates : preemption permitted with penalty. *Advances in Operations Research*, vol. 2014 : 2014.

[2] Carlos Montoya, Odile Bellenguez-Morineau, Eric Pinson and David Rivreau. Integrated column generation and lagrangian relaxation approach for the multi-skill project scheduling problem. *Handbook on Project Management and Scheduling Vol. 1*, Springer International, : 565-586, 2015.