



**HAL**  
open science

## Modèles mathématiques à base de flots pour le RCPSP multi-site

Arnaud Laurent, Laurent Deroussi, Nathalie Grangeon, Sylvie Norre

► **To cite this version:**

Arnaud Laurent, Laurent Deroussi, Nathalie Grangeon, Sylvie Norre. Modèles mathématiques à base de flots pour le RCPSP multi-site. ROADEF 2018, Feb 2018, Lorient, France. hal-01954119

**HAL Id: hal-01954119**

**<https://hal.science/hal-01954119v1>**

Submitted on 13 Dec 2018

**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.

# Modèles mathématiques à base de flots pour le RCPSP multi-site

Arnaud Laurent, Laurent Deroussi, Nathalie Grangeon, Sylvie Norre

LIMOS CNRS UMR 6158, Université Clermont Auvergne,  
Campus Universitaire des Cézeaux, 2 rue de la chebarde, TSA 60125, CS 60026, 63173 Aubière  
Cedex, France.

{arnaud.laurent, laurent.deroussi, nathalie.grangeon, sylvie.norre}@uca.fr

**Mots-clés :** *RCPSP, Multi-Site, Multiflots, Temps de déplacement, CPLEX.*

## 1 Présentation du RCPSP Multi-site

Le Resource-Constrained Project Scheduling Problem (RCPSP) a pour but d'ordonnancer un ensemble de tâches nécessitant des ressources pour s'exécuter. Ces tâches peuvent être liées par des contraintes de précédence. L'extension du RCPSP multi-site [3] ajoute au problème un contexte multi-site avec le choix du lieu d'exécution pour les tâches. Chaque couple de sites est séparé par un temps de déplacement. Une tâche a obligatoirement besoin d'un site pour être exécutée. Une ressource est soit mobile, soit fixe. Les ressources mobiles peuvent se déplacer d'un site à l'autre. Les ressources fixes sont affectées à un site de référence. Les ressources mobiles sont sujettes à des temps de déplacement dans le cas où elles doivent exécuter successivement deux tâches sur deux sites différents. Ce temps s'applique aussi s'il existe une contrainte de précédence entre deux tâches qui ne sont pas réalisées sur le même site. L'objectif est d'affecter les tâches sur les sites, de les ordonnancer et de déterminer quelles ressources doivent les exécuter. Nous avons rencontré ce problème en étudiant la mutualisation des ressources dans les groupements hospitaliers de territoire. Ce problème peut trouver des applications dans un contexte industriel (emplois du temps ou gestion de projet multi-site).

## 2 Proposition de modèles mathématiques

Nous proposons un modèle pour le problème de RCPSP multi-site basé sur la modélisation du RCPSP sous forme de multiflots [1]. Ce modèle reprend les contraintes du modèle du RCPSP en considérant deux flots distincts :

- Un flot de ressources fixes
- Un flot de ressources mobiles

Ces deux flots sont distingués en raison de la nature des ressources fixes. En effet, le flot de ressources fixes  $ff_{s,j}$  sur le site  $s$  affecté à une tâche  $j$  donnée doit être nul si  $j$  ne s'effectue pas sur le site  $s$ .

Par souci de place, nous ne présentons pas ici le modèle détaillé. Les contraintes composant ce modèle sont les suivantes :

- Le critère d'optimisation est le makespan
- Les contraintes de précédence et le transfert de ressources entraînent un temps de transport égal à la durée de transport entre les deux sites d'affectation des tâches. Ce temps de transport peut être nul si les deux tâches sont effectuées sur un même site. Dans ce cas, la contrainte se comporte comme une contrainte disjonctive classique.
- La somme des flots assignée à une tâche doit être égale à la quantité de ressources nécessaire, pour chaque type de ressource.

- La somme des flots entrant doit être égale à la somme des flots sortant sur chaque tâche, pour les ressources fixes et mobiles.
- La somme des flots de ressources fixes vers une tâche est nulle si cette tâche ne s'exécute pas sur le site de référence de ces ressources.
- Chaque tâche doit être affectée à un site pour être exécutée.

Deux autres modèles pour le problème de RCPSP multi-site ont été proposés [2]. Le premier modèle reprend les contraintes cumulatives sur les quantités de ressources disponibles du RCPSP. La différence avec le RCPSP classique se situe dans le fait que la quantité de ressources disponible dépend du site. Cette quantité est égale à la somme des ressources fixes et mobiles présentes sur le site à la période  $t$ .

Le deuxième modèle individualise les ressources qui vont effectuer les tâches et n'utilise plus les contraintes cumulatives. Ce modèle identifie individuellement l'affectation des ressources aux tâches.

Ce nouveau modèle basé sur les flots fait le lien entre ces deux modèles. Il utilise les contraintes de disjonction présentes dans le modèle à ressources individualisées, sans pour autant déterminer l'affectation des ressources aux tâches comme le modèle à contraintes cumulatives.

Les premiers résultats obtenus avec ce nouveau modèle montrent un intérêt pour la modélisation à base de flots comparée aux modèles à contraintes cumulatives et à ressources individualisées.

### 3 Conclusion et perspectives

Nous souhaitons intensifier nos expérimentations afin de déterminer les avantages et les inconvénients de chacun des trois modèles existants.

L'objectif de ces travaux est par la suite de proposer des méthodes de résolution approchées pour le RCPSP Multi-Site, en s'inspirant des méthodes d'insertion de tâches dans un flot [1].

### Références

- [1] Christian Artigues, Philippe Michelon, and Stéphane Reusser. Insertion techniques for static and dynamic resource-constrained project scheduling. *European Journal of Operational Research*, 149(2) :249 – 267, 2003. Sequencing and Scheduling.
- [2] Arnaud Laurent. *Proposition et étude d'une extension du RCPSP pour la Mutualisation entre plusieurs sites : définition, formalisation, méthodes exactes et méta-heuristiques*. PhD thesis, Université Clermont Auvergne, 2017.
- [3] Arnaud Laurent, Laurent Deroussi, Nathalie Grangeon, and Sylvie Norre. Comparison of Three Solution Encodings and Schedule Generation Scheme for the Multi-Site RCPSP. In *20th IFAC World Congress*, Toulouse, France, July 2017.