

## Proposition de stage de fin d'études 2020-2021

### «Etude de différentes formulations et contraintes spécifiques pour la planification de projet avec contraintes de ressources dans l'incertain»

#### *Descriptif :*

##### **Contexte**

La planification de projet consiste à attribuer des dates à un ensemble de tâches tout en respectant des contraintes de précédence avec l'objectif de minimiser le makespan, i.e. la date de fin de la dernière tâche. Quand l'exécution des tâches nécessite l'utilisation de ressources renouvelables mais limitées en quantité cela conduit au problème classique du Resource-Constrained Project Scheduling Problem (RCPSP). Le RCPSP est un problème NP-difficile correspondant à de nombreuses applications industrielles [1]. Les techniques de résolution de la littérature sont essentiellement des heuristiques pour des grandes instances et quelques méthodes exactes issues de la programmation mathématique ou de la programmation par contrainte pour des petites instances.

En contexte opérationnel, la durée des tâches est souvent incertaine, mais il est important d'être en mesure de disposer à l'avance d'un planning fiable, des dates des tâches et des ressources requises. Le concept d'ancrage introduit dans [2] et [3] pour le problème d'ordonnancement de projet permet de maintenir les dates de certaines tâches inchangées en présence d'allongements possibles des durées des tâches: ces tâches sont dites ancrées. Des travaux récents ont permis d'étendre le concept d'ancrage pour prendre en compte les ressources. EDF s'intéresse à une variante du RCPSP dans laquelle d'autres contraintes opérationnelles doivent être prises en compte. Une première contrainte concerne la disponibilité des ressources, qui est souvent variable dans le temps ou définie suivant un calendrier. Une seconde contrainte concerne les temps de configuration, appelés *setup*, qui doivent être ajoutés au planning avant l'exécution d'un lot de tâches nécessitant la même configuration. L'objectif du stage est de développer une méthode de résolution efficace pour cette variante du problème de façon à traiter des instances construites à partir de celles de la littérature et des instances d'un cas d'usage industriel.

Le cas d'usage est relatif au projet de Remplacement des Générateurs de Vapeurs (RGV) d'un réacteur nucléaire, projet conditionnant la durée totale de l'arrêt du réacteur lors du rechargement de son combustible. Lors du remplacement d'un GV, chaque raccordement à une tuyauterie nécessite un soudage, suivi d'une vérification de conformité par tir radiographique. Le soudage de certaines tuyauteries doit se faire en respectant un calendrier de disponibilité de la ressource correspondant au soudeur, tandis que le soudage d'autres n'a pas de contrainte sur cette même ressource. La réalisation de tirs nécessite quant à elle la pose préalable d'un balisage de la zone de tirs pour la protection des équipes, ce balisage correspond à une tâche de *setup* précédant immédiatement une série de tirs dans la zone.

##### **Objectif**

Plusieurs formulations par programmation linéaire en nombres entiers ont été proposées dans la littérature [4]. Elles dépendent en particulier du choix des variables considérées : dates, flots de ressources ou événements. Le stage débutera par un benchmark de ces différentes formulations sur des instances classiques de la littérature et par l'analyse des adaptations possibles pour la prise en compte des deux contraintes spécifiques à la variante considérée du problème.

Dans la suite du stage, une adaptation des formulations obtenues dans un cadre d'optimisation robuste sera considérée en étudiant progressivement différents types de problèmes robustes. Le cas le plus simple est celui du problème robuste statique équivalent déterministe pire cas. Vient ensuite le cas du problème robuste ajustable à deux étapes dans lequel les dates sont totalement modifiables en deuxième étape et enfin celui où certaines dates peuvent être ancrées. Des algorithmes de résolution heuristiques devront également être adaptés dans l'idée de pouvoir résoudre des instances de taille assez grande et en particulier suffisante pour le cas d'usage. L'application au cas d'usage pourra se faire en parallèle au fur et à mesure de l'avancement des résultats en utilisant des données générées réalistes avant de traiter des instances de taille réelle.

### Références bibliographiques :

- [1] Christian Artigues, Sophie Demasse, and Emmanuel Neron. Resource-Constrained Project Scheduling: Models, Algorithms, Extensions and Applications. *ISTE/Wiley*, 2008. URL <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00482946>.
- [2] Pascale Bendotti, Philippe Chrétienne, Pierre Fouilhoux, and Alain Quilliot. Anchored reactive and proactive solutions to the CPM-scheduling problem. *European Journal of Operational Research*, 261(1):67{74, 2017. doi:10.1016/j.ejor.2017.02.007.
- [3] Pascale Bendotti, Philippe Chrétienne, Pierre Fouilhoux, and Adèle Pass-Lanneau. The Anchor-Robust Project Scheduling Problem. May 2019. URL <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-02144834>.
- [4] Oumar Koné, Christian Artigues, Pierre Lopez, and Marcel Mongeau. Comparison of mixed integer linear programming models for the resource-constrained project scheduling problem with consumption and production of resources. *Flexible Services and Manufacturing Journal*, 25(1-2):24{47, 2013. doi:10.1007/s10696-012-9152-5.

### Conditions matérielles :

Le stagiaire sera encadré à EDF par Pascale Bendotti et Rodolphe Griset, Ingénieurs Chercheurs à EDF R&D.

Lieu du stage : Le stage se déroulera sur le nouveau site d'EDF R&D à Saclay. EDF R&D ; 7, Boulevard Gaspard Monge ; 91120 Palaiseau. Le site est accessible par transports en commun.

Durée : 6 mois à partir de février 2021

Rémunération : selon école.

Niveau : Master 2 ou 3<sup>ème</sup> année d'école d'ingénieur.

Profil : Mathématiques appliquées, Informatique, Optimisation combinatoire, Recherche Opérationnelle

Informatique : Bases de programmation

### Renseignements complémentaires :

Rodolphe Griset      tél : 06.69.27.39.48  
Pascale Bendotti    tél : 01.78.19.39.75

E-mail : [rodolphe.griset@edf.fr](mailto:rodolphe.griset@edf.fr)  
E-mail : [pascale.bendotti@edf.fr](mailto:pascale.bendotti@edf.fr)