

Problèmes d'Affectation, de Planification et de Routage des tournées des Employés

Challenge IT45 (Printemps 2022)

Introduction

Le challenge IT45 vise à confronter les étudiants à un problème de recherche opérationnelle concret afin qu'il puisse appliquer et adapter les techniques qui auront été vues en cours. Il sera évalué suivant 3 critères :

- Le travail réalisé par l'équipe qui sera mesuré en termes de performances obtenues pour les jeux d'essais utilisés pour l'évaluation, mais également en considérant l'originalité de la démarche, la rigueur du travail accompli, ainsi que la clarté des codes sources,
- Un rapport de quelques pages qui explique la problématique traitée et la méthode adoptée pour solutionner le problème considéré,
- Une soutenance d'une dizaine de minutes au cours de laquelle vous exposerez votre travail.

1 Problème d'optimisation

1.1 Description du Problème

Un SESSAD est un centre proposant des Services d'accompagnement d'Éducation Spécialisée À Domicile. C'est une structure regroupant des intervenant.e.s qui ont pour rôle d'accompagner des personnes vulnérables (personnes âgées, personnes en situation d'handicaps ou des enfants présentant des déficiences) à des formations pour les accompagner tout au long de la durée de la formation.

Ainsi, les équipes pluridisciplinaires d'un SESSAD interviennent au domicile familial de l'apprenant, à l'école, ou encore dans les locaux du SESSAD. Lorsqu'une mission est confiée à un intervenant, il doit se rendre depuis le SESSAD sur le lieu de formation. L'intervenant fait sa prestation de traduction pour la formation qui peut durer plusieurs heures. Ensuite, l'intervenant réalise sa mission suivante. A la fin de sa journée, l'intervenant revient au centre SESSAD.

Les intervenants se caractérisent par leurs compétences soit le langage des signes ou le codage LPC et par une ou plusieurs spécialités tels que la menuiserie, l'électricité, la musique, la mécanique, le jardinage, etc. De même, ils se caractérisent par le quota de travail. Les intervenants peuvent travailler à temps plein (35h) ou à temps partiel (24h).

Une mission, par ailleurs, est la combinaison d'un apprenant avec sa formation. Elle a la compétence de l'apprenant et la spécialité d'une formation. Elle est définie par son horaire.

Les personnes à accompagner doivent l'être par un intervenant qui a la bonne compétence. Un intervenant qui n'a pas la spécialité attendue pour une formation peut quand même être affectée à cette formation, même s'il est préférable d'affecter un intervenant ayant cette spécialité.

Les intervenants doivent avoir si possible une pause d'une heure à midi pour se reposer et se restaurer. L'amplitude horaire de la journée est de 12h, c'est à dire que si la journée commence à 06:00 du matin, la journée doit se terminer avant 18:00, mais une journée de travail ne peut pas durer plus de 8h.

1.2 Objectifs

Le but de l'optimisation est de répondre aux objectifs de tous les utilisateurs de la plateforme. Par conséquent, le planning des employés doit satisfaire :

1. L'équité et l'égalité entre les employés en harmonisant la charge de travail et la distance parcourue.
2. Les préférences des apprenants en minimisant le nombre des affectations dont la spécialité est insatisfaite.
3. L'objectif du centre SESSAD en minimisant le nombre d'heures supplémentaires et perdues et la distance totale parcourue.

1.3 Contraintes

L'optimisation doit tenir en compte les contraintes suivantes :

1. Toutes les missions doivent être affectées,
2. Une mission ne peut être assignée qu'à un intervenant ayant la même compétence,
3. Chaque Intervenant ne peut réaliser qu'une mission à la fois,
4. Une mission est réalisée par un et un seul Intervenant,
5. Accorder à chaque intervenant au moins une heure de pause-midi par jour entre midi et 14h,
6. Respecter les heures maximales à travailler par jour (Temps Plein = 8h/jour, Temps partiel = 6h/jour),
7. Respecter la limite des heures supplémentaires autorisées à travailler par les intervenants sur le plan de planification (heures supplémentaires = 10h/semaine, 2h/jour),
8. Respecter l'amplitude de la journée de travail de chaque intervenant (amplitude = 12h),
9. Un intervenant doit avoir assez de temps pour se déplacer d'une mission à une autre.

2 Travail à réaliser

- **Objectif** : on demande de concevoir une méthode de résolution qui permette de trouver la meilleure solution possible. Une solution sera valide si elle respecte toutes les contraintes. On considère 3 critères :
 - $f_{employees}$ qui correspond à l'équilibre entre les employés au travers de l'écart type des heures supplémentaires travaillées, l'écart type des heures non-travaillées et l'écart type de la distance parcourue.
 - $f_{students}$ qui est le nombre d'affectations dont la spécialité est insatisfaites
 - f_{SESSAD} qui est la distance parcourue et la somme du nombres des heures non-travaillées et supplémentaires

Le premier objectif du projet est de faire un programme qui optimise le 1er critère $f_{employees}$. Ensuite vous pourrez tenter de faire une optimisation en cascade sur les 2 autres critères $f_{students}$ et f_{SESSAD} . Une optimisation en cascade commence par appliquer le 1er critère et ne retient que les meilleures solutions $S1$ associées à ce critère. Ensuite les solutions $S1$ sont filtrées avec le 2ème critère pour ne garder que les meilleures solutions $S2$ relativement au 2ème critère. Enfin le 3ème critère permet de filtrer les solutions $S2$ pour retenir la meilleure solution par rapport au dernier critère. L'équation (1) présente les fonctions objectifs en cascade pour une solution s .

$$\begin{aligned}
 f_{employees} &= \frac{\zeta \cdot \sigma_{WH}(s) + \gamma \cdot \sigma_{OH}(s) + \kappa \cdot \sigma_D(s)}{3} \\
 f_{students} &= \alpha \cdot penalties(s) \\
 f_{SESSAD} &= \frac{\beta \cdot sumWOH(s) + \kappa \cdot moyD(s) + \kappa \cdot maxD(s)}{3}
 \end{aligned} \tag{1}$$

avec :

- $\sigma_{WH}(s)$ = écart type des heures non-travaillées (wasted hours) des employés pour s
- $\sigma_{OH}(s)$ = écart type des heures supplémentaires des employés pour s
- $\sigma_D(s)$ = écart type des distances des employés pour s
- $penalties(s)$ = nombre d'affectations dont la spécialité est insatisfaite pour s
- $sumWOH(s)$ = somme des heures non-travaillées et des heures supplémentaires de tous les employés pour s
- $moyD(s)$ = distance moyenne parcourue par les employés pour s
- $maxD(s)$ = distance maximale parcourue par les employés pour s
- $\alpha, \beta, \gamma, \zeta$ et κ sont des facteurs de corrélation.
 - $\alpha = 100$ / nombre total de missions dans le problème
 - $\beta = 100$ / nombre total d'heures qu'un employé peut travailler en semaine (45h)
 - $\gamma = 100$ / nombre total des heures supplémentaires tolérées (10h)
 - $\zeta = 100$ / moyenne des heures du quota du travail des employés
 - $\kappa = 100$ / moyenne de toutes les distances $\left(\frac{\sum_{m \in M} (d_{(center, m)} + d_{(m, center)})}{nombre d'intervenants} \right)$

- **Instances de résolution** : des instances de problème de différentes tailles seront proposées pour l'évaluation de votre méthode.
- **Temps limite** : un temps limite d'exécution de votre algorithme devra être intégré à votre programme. Lorsque le temps limite est dépassé, l'algorithme devra s'arrêter et afficher la meilleure solution trouvée jusque-là.
- **Etapes du projet** : deux étapes principales seront envisagées pour le projet.
 1. **Analyse, conception** : la 1ère étape aura pour objet d'analyser le problème considéré et de proposer un algorithme de résolution. C'est dans cet étape qu'il faudra proposer un modèle pour le problème concerné qui pourra comprendre le codage des résolutions, les opérateurs de voisinage, l'algorithme de la méthode de résolution, etc.... Cette 1ère étape devra se traduire par la rédaction d'un dossier d'analyse/conception du problème d'environ 2-4 pages, à rendre d'ici fin mai.
 2. **Développement** : dans cette 2ème phase, il faudra développer l'algorithme imaginé pendant la phase de conception en C/C++ ou java. En fonction des résultats que vous obtiendrez en testant les différentes instances, vous aurez ensuite à régler les paramètres de votre algorithme pour l'améliorer. Cette 2ème phase devra se terminer avant le 15 juin. Les livrables de cette phase sont :
 - (a) une archive de votre projet contenant un README.md permettant d'expliquer comment compiler et exécuter votre programme. Votre projet doit pouvoir s'exécuter sur une plateforme linux.
 - (b) un script bash nommé 'build' permettant de compiler votre projet et un script bash nommé 'run' permettant d'exécuter votre projet.
 - (c) le rapport au format pdf.