HAL open science

Le problème de la minimisation des arrêts

Samuel Deleplanque, Ana Luisa Marques, Luiza Bernardes Real, Alain Quilliot

To cite this version:

Samuel Deleplanque, Ana Luisa Marques, Luiza Bernardes Real, Alain Quilliot. Le problème de la minimisation des arrêts. ROADEF 2013, Feb 2013, Troyes, France. hal-00766178

HAL Id: hal-00766178

https://hal.science/hal-00766178v1

Submitted on 18 Dec 2012

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.

Le problème de la minimisation des arrêts

Samuel Deleplanque[1], Ana Luísa Marques[2], Luiza Bernardes Real[2], Alain Quilliot[1]

[1] LIMOS, UMR CNRS 6158, Bât. ISIMA, Université BLAISE PASCAL, France

[2] Universidade Federal de Minas Gerais, Brésil

{deleplan, quilliot}@isima.fr {analuisamf, luizabreal}@ufmg.br

Mots-clés : *Transport, planning, minimisation des arrêts, Dial a Ride.*

1 Introduction au problème de la minimisation des arrêts

La recherche opérationnelle (RO) a longtemps accompagné les problématiques de transport, que ce soit en ce qui concerne les tournées ou encore l'approvisionnement en matières premières des sites de production. De la modélisation à la résolution, les techniques de RO doivent s'adapter aux nouvelles évolutions technologiques. Nos travaux posent alors le problème d'une intégration d'une importante contrainte de fiabilité dans la supervision d'une flotte de véhicules proposant un service de transport à la demande (TaD) à petite échelle. Cette fiabilité naît de l'essor de l'autonomie des véhicules et s'associe aux nombres d'opérations de chargement, de déchargement et d'aiguillage vers les stations liées à l'arrêt des véhicules.

Malgré son absence dans la littérature scientifique, plusieurs services requerraient une minimisation du nombre d'arrêts. L'idée est née du projet VIPA cherchant à exploiter un service de partage de *Véhicules Individuels Publics Autonomes* évoluant sur une boucle ; mais il semble que d'autres exploitations concrètes pourraient en profiter comme les *Private Rapid Transit* et toute autre exploitation, outre celles qui intègrent une forte contrainte de fiabilité, où les temps de service, soit la durée nécessaire à toutes les manipulations effectuées à l'arrêt, seraient importants et peu liés au volume du chargement.

Afin de poser correctement le problème, nous ne tiendrons pas compte des contraintes de temps que nous pourrions par exemple trouver dans les problèmes classiques de TaD comme pour le *Dial a Ride Problem*. Nous posons le problème comme suit : considérons un axe horizontal où sont alignés N stations/arrêts, puis un second ensemble D de demandes d, chacune composée d'un 3-uplet $o(d), e(d), ch(d)$ où $o()$ et $e()$ sont deux fonctions, respectivement pour l'origine et la destination, de D dans N et $ch()$ de D dans Q, cette dernière déterminant la quantité à transporter et enfin K véhicules homogènes de capacité CAP. Le but du problème est de distribuer les demandes de D sur les K véhicules de façon à minimiser le nombre d'arrêts en station tout en respectant la capacité des véhicules.

2 Modèles mathématiques

Les tout premiers travaux réalisés sur la minimisation du nombre d'arrêts furent la réalisation d'un simple programme linéaire et la mise en place d'un protocole de tests sous CPLEX V12. Un second modèle que nous considérons comme standard a ensuite été écrit.

2.1 Programme linéaire : le modèle mathématique simple

En reprenant les entrées du problème décrits ci-dessus, nous ajoutons deux paramètres $a_{i,d} \in \{0;1\}$ et $b_{i,d} \in \{0;1\}$. Si $i \in (1..N)$, le premier est égal à 1 si le nœud i est l'origine de d et le second si i est sa destination, sinon 0 dans les deux cas contraires. Trois variables, x_i^k booléen de valeur 1 si k s'arrête en i, y_d^k autre booléen de valeur 1 si d est satisfaite par k et z_i^k la charge

du véhicule $k \in (1..K)$ sortant de i, sont soumises aux 5 contraintes ci-dessous. La fonction Objectif est la minimisation du nombre total d'arrêts : $Min \sum_{k\in(1..K)} \sum_{i\in(1..N)} x_i^k$.

$$\sum_{k\in(1..K)} y_d^k = 1, \forall d \in d \tag{1}$$

$$a_{i,d} + y_d^k - 1 \leq x_i^k, \forall i \in (1..N), d \in D, k \in (1..K). \tag{2}$$

$$b_{i,d} + y_d^k - 1 \leq x_i^k, \forall i \in (1..N), d \in D, k \in (1..K) \tag{3}$$

$$z_i^k = z_{i-1}^k + \sum_{d\in D} a_{i,d}.ch_d.y_d^k - \sum_{d\in D} b_{i,d}.ch_d.y_d^k, \forall i \in (1..N), k \in (1..K) \tag{4}$$

$$z_i^k \leq CAP \tag{5}$$

2.2 Programme linéaire : le modèle mathématique vectoriel

Le modèle standard a été ensuite établi pour une plus grande efficacité : il facilite la mise en place de techniques de résolution, comme par exemple la *reformulation* en un problème de couverture des demandes. Il est défini comme suit :

- **Vecteurs inconnus** :
  - $Z = (Z_{d,k}, d \in D, k = 1..K)$ à valeurs dans $\{0; 1\}$ de sémantique : $Z_{d,k} = 1$ ssi la demande d est traitée par le véhicule k,
  - $T = (T_{k,i}, k = 1..K, i \in 0..N)$, à valeurs dans $\{0; 1\}$, de sémantique : $T_{k,i} = 1$ ssi le véhicule k s'arrête en i ;
- **Contraintes** de capacité puis de couplage :
  - Pour tout véhicule k, tout point d'arrêt $i = 0..N-1$, $\sum_{d\in A(i)} ch(d).Z_{d,k} \leq CAP$, où $A(i)$ désigne l'ensemble des demandes d telles que $o(d) \leq i < i+1 \leq e(d)$,
  - Pour tout véhicule k, tout point d'arrêt i, toute demande d dans $B(i)$, $Z_{d,k} \leq T_{k,i}$, où $B(i)$ est l'ensemble des demandes d telles que $e(d) = i$ ou $o(d) = i$;
- **Objectif** f : minimiser $\sum_{k,i} T_{k,i}$.

3 Premières expérimentations

Les premières expérimentations portaient sur la génération d'instances du problème simple et leur résolution par CPLEX. Le *solveur* nécessitait déjà un temps de calcul déraisonnable dès lors que $|D| > 50$ avec un parcours de 10 arrêts. Il nous a paru donc vite nécessaire d'établir diverses techniques de résolution dont une heuristique. La procédure développée pour ces premiers travaux sur la minimisation des arrêts est une heuristique gloutonne randomisée. Dans un premier temps, elle partitionne l'ensemble des demandes en 3 catégories de demandes selon les stations d'origine et de destination qu'elles ont en commun. Le processus est ensuite randomisé sur la liste des demandes les plus à même d'être insérées.

Le tableau 1 présente les tout premiers travaux mettant en relief l'efficacité de l'heuristique ci-dessus en comparaison du modèle simple. Les instances sont résolues de manière exacte par CPLEX puis par notre première heuristique gloutonne randomisée d'insertions répliquée sur 10^2 et 10^4 réplications (r). Tous les volumes présentés reflètent les résultats de 30 instances dont la solution optimale converge vers le même nombre d'arrêts f. Les temps $t(s)$ sont relevés en secondes. La prochaine étape du travail sera d'appliquer ce même protocole d'expérimentations au modèle standard et à de nouveaux processus rapides de résolution.

N*|D|*K	N. f	N. $t(s)$	10^2 f	10^2 $t(s)$	10^4 f	10^4 $t(s)$
11*17*7	17,43	0,5090	18,50	0,0003	18,37	0,7310
14*26*7	24,17	1,6470	25,57	0,0083	25,33	1,2710

TAB. 1 – Premiers résultats sur la minimisation des arrêts