

Problèmes de coordination de tournées dans le cadre du WSRP : résolution par PPC

E. BOURREAU (LIRMM), T. GARAIX (EME), **M. GONDRAN** (LIMOS),
P. LACOMME (LIMOS), N. TCHERNEV (LIMOS)



ROADEF
Février 2019

Introduction

- Contributions :
 - Entrée :
 - Des tournées pas forcément synchronisables
 - Sortie :
 - Des tournées synchronisées et « proches » des initiales

Workforce Scheduling and Routing Problem (WSRP)

- LE WSRPT :
 - Un ensemble de visites
 - Un ensemble d'employés
 - Objectif :
 - Affecter un employé à chaque visite
 - Générer les tournées des employés

- Englobe des problèmes de
 - Home Health Care planning (HHC)
 - VRPTW
 - Scheduling Techniciens
 - Ship Routing and Scheduling Problem

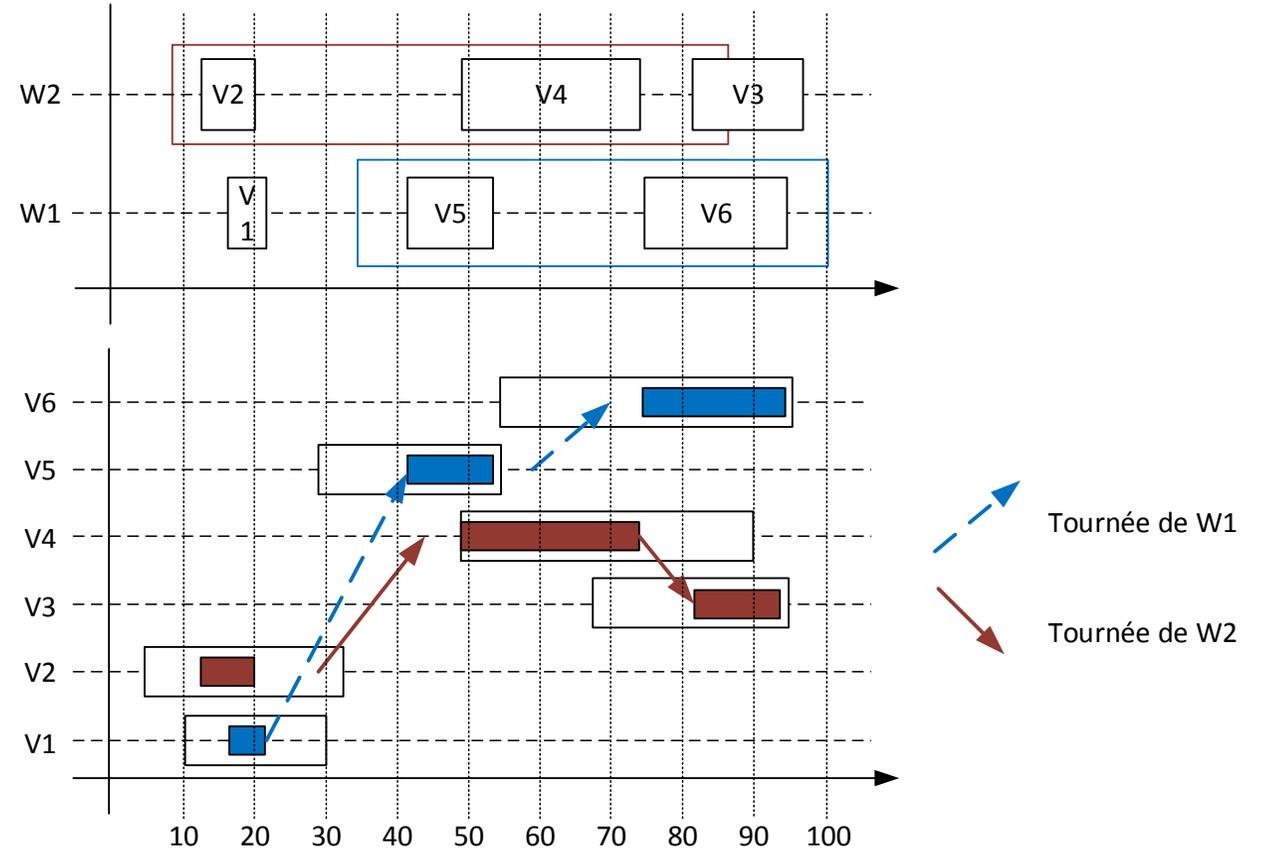
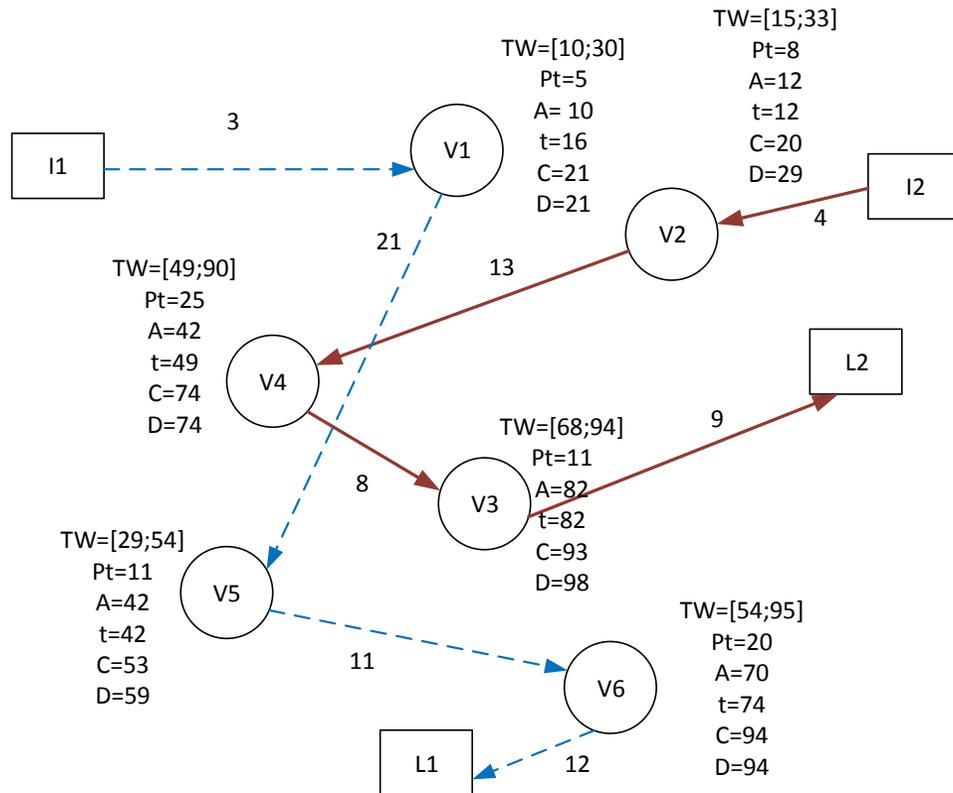
- Castillo-Salazar, J.A., Landa-Silva, D., Qu, R., 2016. Workforce scheduling and routing problems: literature survey and computational study. *Ann. Oper. Res.* 239, 39–67.
- de Armas, J., Lalla-Ruiz, E., Expósito-Izquierdo, C., Landa-Silva, D., Melián-Batista, B., 2015. A hybrid GRASP-VNS for ship routing and scheduling problem with discretized time windows. *Eng. Appl. Artif. Intell.* 45, 350–360.

Workforce Scheduling and Routing Problem (WSRP)

- Employé
 - Time Window pour travailler
 - Zones géographiques préférées pour travailler
 - Compétences
 - Un dépôt de départ, un dépôt d'arrivée
- Client / visite
 - Localisé à un endroit précis
 - Time Window
 - Requièrent des compétences particulières
 - À un indice de préférence qui est fonction de l'employé
 - Un cout suivant quel employé réalise la visite

Workforce Scheduling and Routing Problem (WSRP)

- Modélisation sous forme de graphe
- Exemple de solution (2 employés, 6 visites)



Workforce Scheduling and Routing Problem (WSRP)

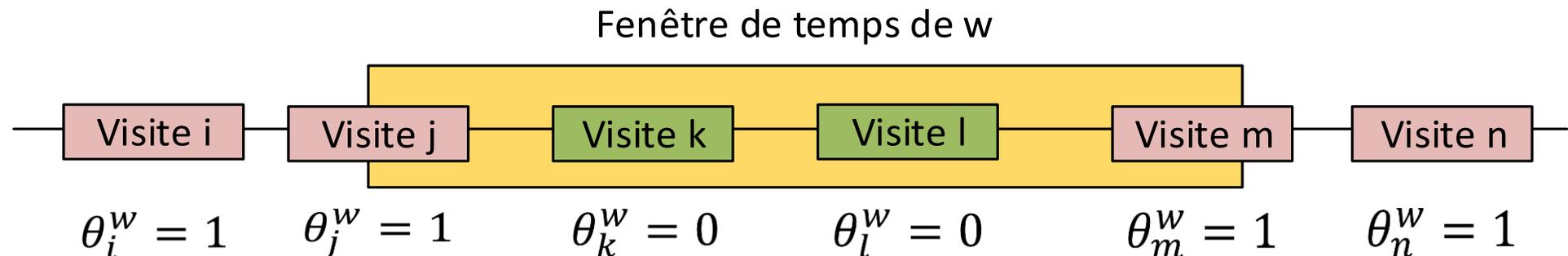
- Fonction objectif

- 4 critères
- $Min f(S) = \lambda_1 \cdot F_1 + \lambda_2 \cdot F_2 + \lambda_3 \cdot F_3 + \lambda_4 \cdot F_4$
- Critères ordonnés : $\lambda_1 \ll \lambda_2 \ll \lambda_3 \ll \lambda_4$.
- F_1 : distance + cout de payement
- F_2 : satisfaction des clients (Qualité de Service des clients)
- F_3 : **violation des Time windows** et des zones préférées des employés
- F_4 : nombre de visites non effectuées

- Pinheiro, R.L., Landa-Silva, D., Atkin, J., 2016. A Variable Neighbourhood Search for the Workforce Scheduling and Routing Problem, in: Pillay, N., Engelbrecht, A.P., Abraham, A., du Plessis, M.C., Snášel, V., Muda, A.K. (Eds.), Advances in Nature and Biologically Inspired Computing. Springer International Publishing, Cham, pp. 247–259.

Workforce Scheduling and Routing Problem (WSRP)

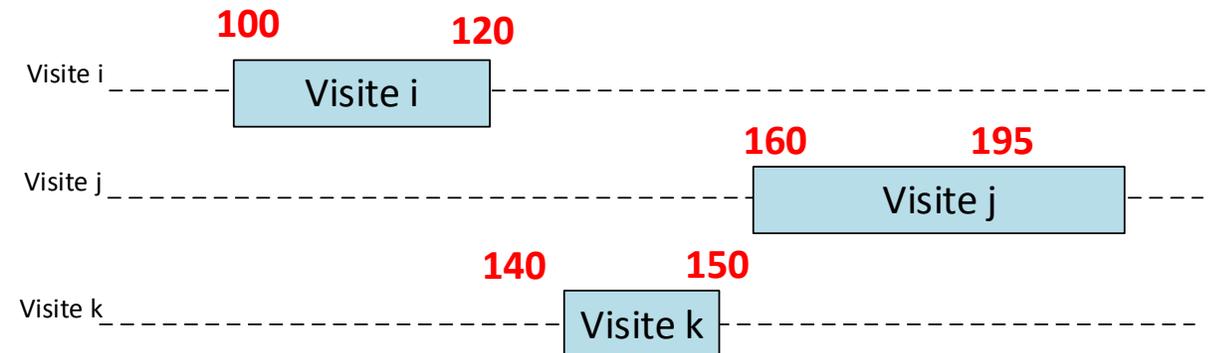
- **Violation des Time windows des employés**
 - Un employé peut partir avant sa fenêtre de temps



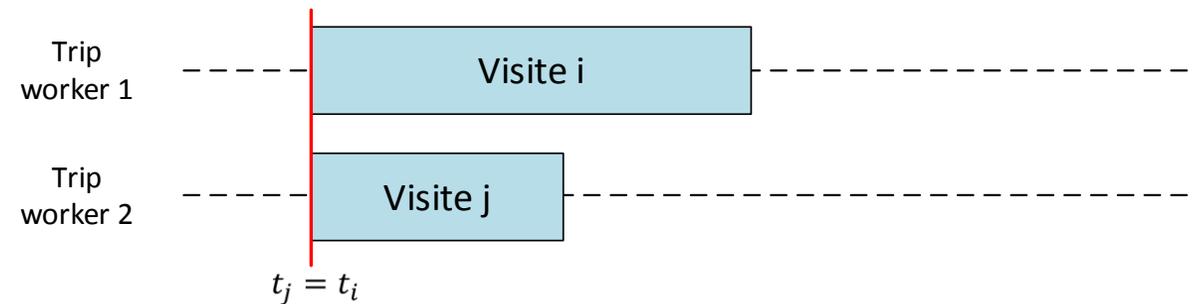
- Solution non semi-active !

Contraintes de coordination

- Proposition de 9 contraintes de coordination
 - (C1) : contrainte disjonctive
 - 2 (ou plus) visites ne doivent pas s'exécuter en même temps

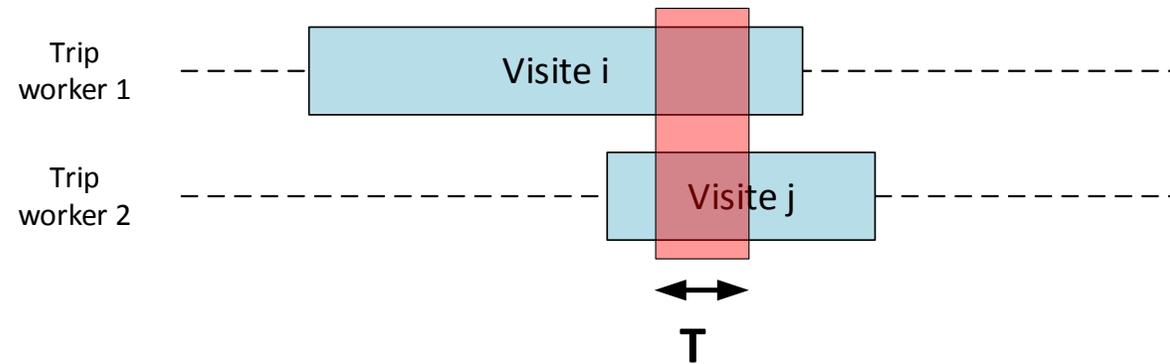


- (C2) : synchronisation
 - 2 visites doivent débuter à la même date

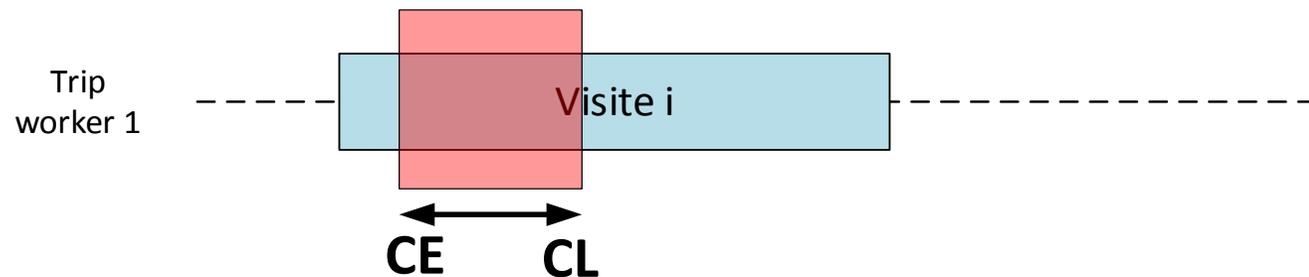


Contraintes de coordination

- Proposition de 9 contraintes de coordination :
 - (C3) : visites avec une durée d'exécution en commun

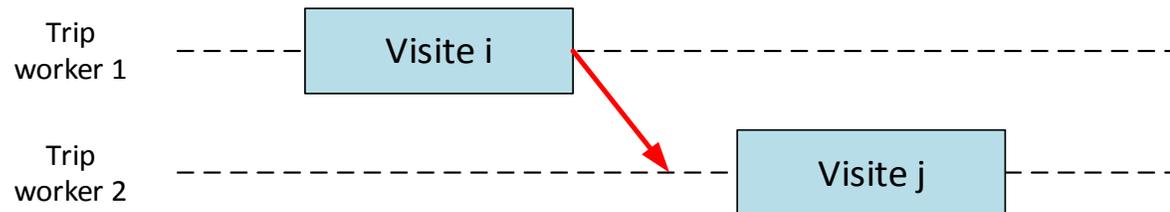


- (C4) : Visite avec une durée d'exécution pendant un intervalle $[CE; CL]$

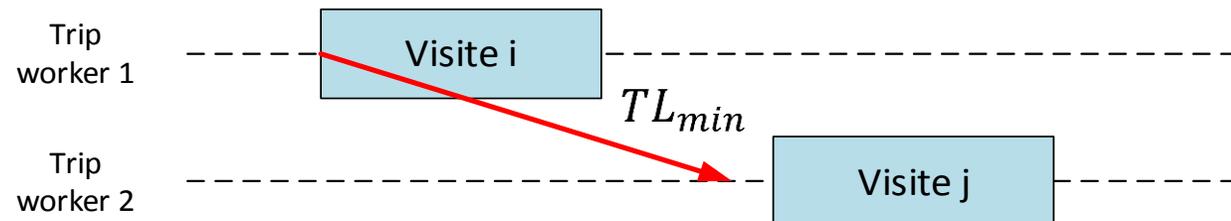


Contraintes de coordination

- Proposition de 9 contraintes de coordination :
 - (C5) : visites conjonctives

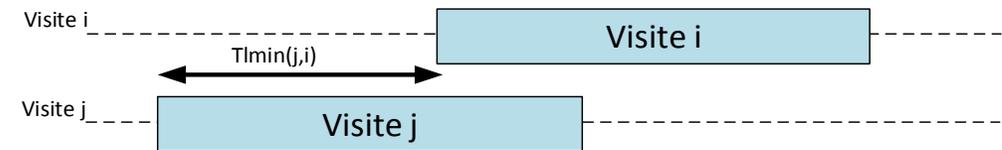
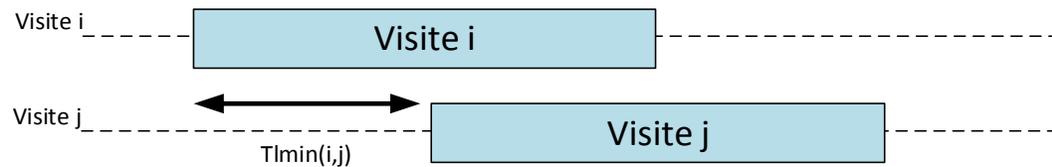


- (C6) : Time-lag minimal conjonctif
 - Ordre des visites est imposé

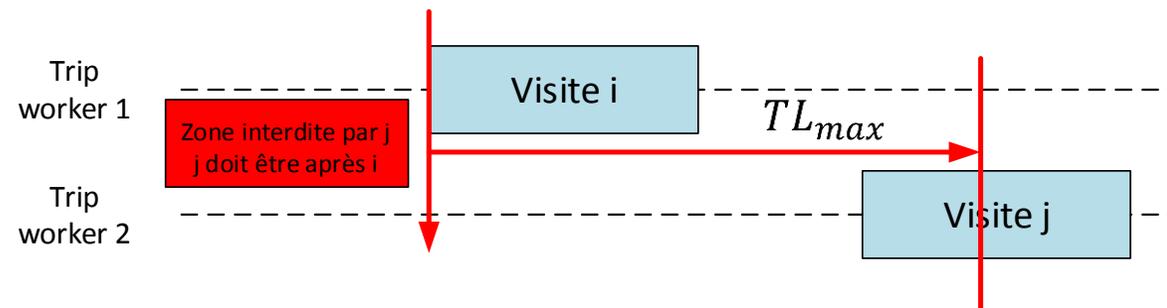


Contraintes de coordination

- (C7) : Time-lag minimal disjonctif



- (C8) : Time-lag maximal conjonctif (l'ordre est imposé)



- (C8) : Time-lag maximal disjonctif (l'ordre n'est pas imposé)

Contraintes de coordination

C1 : disjonction

$$t_i + Pt_i - M(1 - b_{ij}) \leq t_j$$

$$b_{ij} = 1 \text{ si } i \text{ avant } j$$

$$t_j + Pt_j - Mb_{ij} \leq t_i$$

C2 : synchronisation

$$t_i - t_j - M * C_{ij}^2 < 0$$

$$t_j - t_i - M * C_{ij}^2 < 0$$

C3 : durée d'exécution en commun

$$t_i + (F - Pt_j) - M * C_{ij}^3 \leq t_j$$

F : durée en commun

$$t_j + (F - Pt_i) - M * C_{ij}^3 \leq t_i$$

C4 : durée d'exécution pendant un intervalle particulier

$$(Cl - Pt_i) \leq t_i$$

l'intervalle est $[CE, CL]$

$$CE \geq t_i$$

l'intervalle de la visite est $[CL - Pt_i; CE]$

C5 : contrainte conjonctive

$$t_i + Pt_i \leq t_j$$

C6 : Time-lag minimal conjonctif

$$t_i + TL_{ij}^{min} \leq t_j$$

TL_{ij}^{min} : time-lag min entre i et j

C7 : Time-lag minimal disjonctif

$$t_i + TL_{ij}^{min} - M * (1 - b_{ij}) \leq t_j$$

$$b_{ij} + b_{ji} = 1$$

C8 : Time-lag maximal conjonctif

$$t_i - TL_{ij}^{max} + M * C_{ij}^8 \geq t_j$$

TL_{ij}^{max} : time-lag min entre i et j

$$t_i - M * C_{ij}^8 \leq t_j$$

(dans l'autre sens avec j,i)

C9 : Time-lag maximal disjonctif

$$t_i - TL_{ij}^{max} + M * (1 - b_{ij}) + M * C_{ij}^9 \geq t_j$$

(dans l'autre sens avec j,i)

$$b_{ij} + b_{ji} = 1$$

Contraintes de coordination

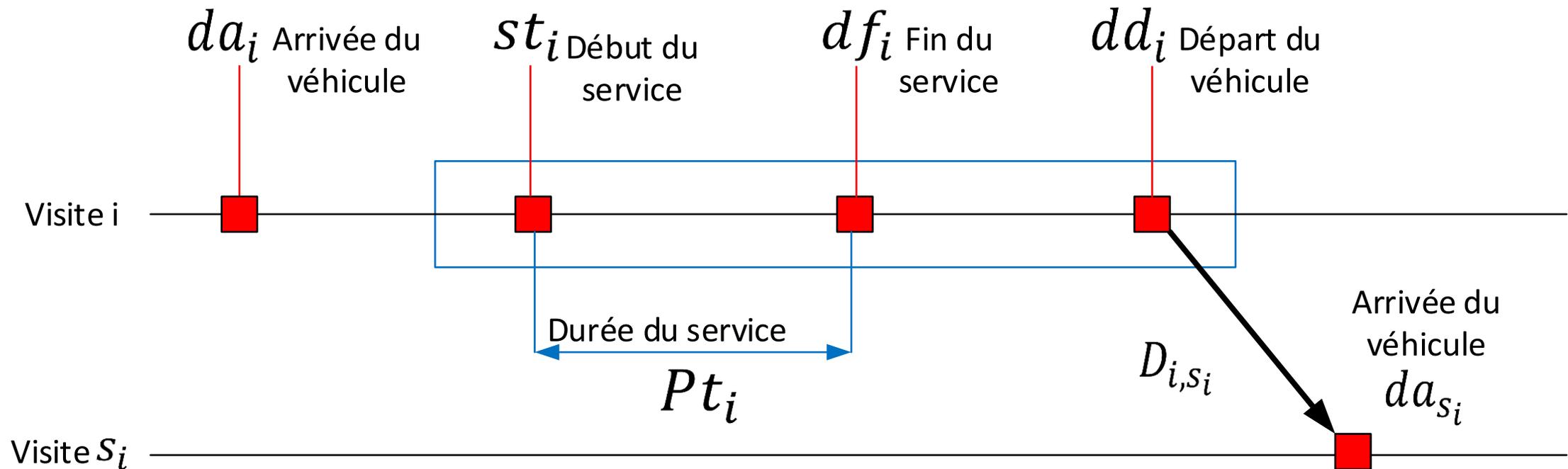
- Comparaison avec la littérature

Contraintes	(Algethami et al., 2016) WSRP	(Bredström et Rönnqvist, 2008) HHC	(Rasmussen et al., 2012) VRPTW	Proposition WSRP+COORDINATION
C1 : disjonction				X
C2 : synchronisation	X	X	X	X
C3 : durée d'exécution en commun			X	X
C4 : durée d'exécution pendant un intervalle particulier				X
C5 : contrainte conjonctive				X
C6 : Time-lag minimal conjonctif			X	X
C7 : Time-lag minimal disjonctif				X
C8 : Time-lag maximal conjonctif			X	X
C9 : Time-lag maximal disjonctif				X
(C10) Min+max conjonctif (C6+C8)			X	X
(C11) Min+max disjonctif (C7+C9)				X

Objectif

- Une génération de colonnes sans synchronisation
- Prendre des tournées (pas synchronisées)
- Les synchroniser grâce à un modèle PPC

- Passage WSRP - VRPTW



Modèle en PPC

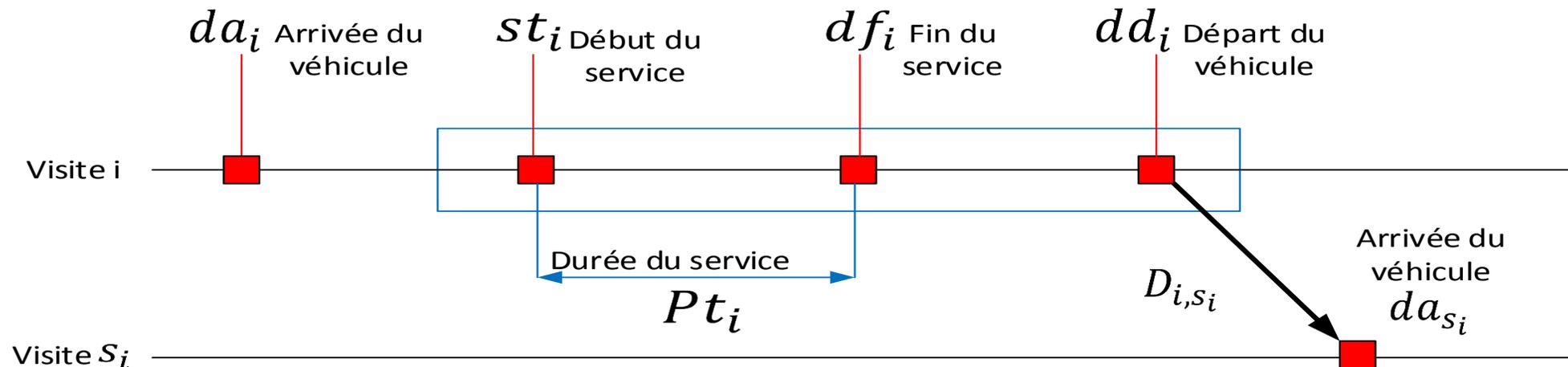
- Modèle inspiré des modèles de type VRPTW
 - Variables :
 - a_i : l'affectation de la visite i à un véhicules
 - s_i : le successeur de la visite i
 - p_i : la position de la visite i dans sa tournée
 - da_i : la date d'arrivée du véhicule sur la visite i
 - st_i : la date de début de la visite i
 - df_i : la date de fin de la visite i
 - dd_i : la date de départ du véhicule de la visite i

Modèle en PPC

- Les contraintes

- Les dates :

- $st_i \geq \max(da_i, TW_i^-)$: date de début de i après sa date d'arrivée et sa time window
 - $df_i = st_i + Pt_i$: date de fin de i après sa durée (Pt_i)
 - $dd_i = df_i$: date de départ dès que la visite est finie
 - $da_{s_i} = df_i + D_{i,s_i}$: date d'arrivée sur le successeurs

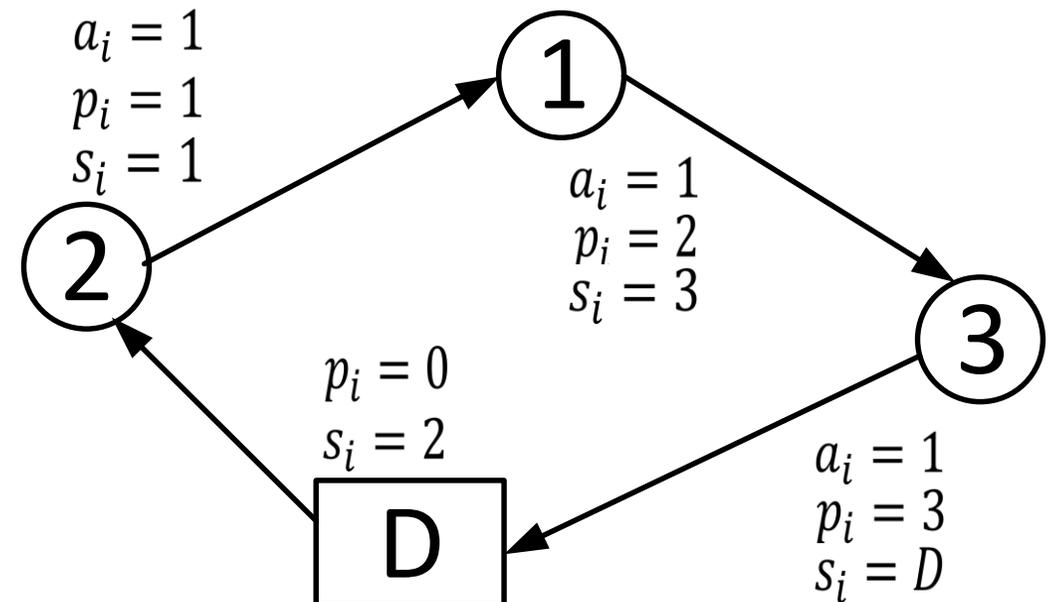


Modèle en PPC

- Les contraintes

- **Les tournées :**

- $a_i = a_{s_i}$: s_i est assigné au même véhicule que i
- $p_{s_i} = p_i + 1$: le rang de s_i par rapport à i
- $s_i \neq s_j$: tous les successeurs doivent être différents
- $s_i \neq i$: interdiction des sous-tours de taille 1



Principe du déroulement de la PPC

- A chaque variable est affecté un domaine de valeur possible
- Descente arborescente
- Chaque nœud, on sélectionne une variable et une valeur
 - Suppression des valeurs impossibles des domaines des autres variables

Principe du déroulement de la PPC

- Avantages du modèle PPC
 - Exploration des solutions proches de la solution initiale
 - Le solveur construit au fur et à mesure les tournées
 - Il essaye de conserver les mêmes tournées et si c'est impossible, il déplace une visite dans une autre tournée
- Branchement d'abord sur les variables a_i puis sur les s_i

Résultats numériques

- Des instances basées sur celles de (Castillo-Salazar et al., 2016) pour le WSRP

• Castillo-Salazar, J.A., Landa-Silva, D., Qu, R., 2016. Workforce scheduling and routing problems: literature survey and computational study. *Ann. Oper. Res.* 239, 39–67.

- Ajout de contraintes de coordination
- Objectif :
 - $f = 100 * TWV + Ch$
 - TWV est la somme des durées de violations des TW des visites
 - Ch est la somme des durées de visites en disjonction qui se chevauchent

Résultats numériques

- Les tournées sont aléatoirement mélangées
- 10 réplifications
- Distance à la solution initiale : 4
- 1 seconde de calculs

Instance	Nb visites	Nb employés	Nb de contraintes	Nb solutions obtenues / 10	AVG(TWV)	AVG(Ch)
1	32	14	19	7	16,3	0,3
2	31	11	15	10	0,0	0,0
3	38	11	9	9	0,0	0,4
4	28	19	3	10	0,0	2,0
5	13	4	6	10	0,0	0,0
6	28	13	10	10	0,1	0,2
7	36	13	5	10	5,9	2,3
8	30	10	14	10	0,0	0,0
9	62	16	15	10	160,0	1,0
10	61	21	13	10	0,0	3,0
11	177	56	23	9	0,0	7,9

Conclusion

- Un modèle PPC qui permet de coordonner des visites pour un problème de tournées
 - Il est très rapide
 - Il permet de conserver des solutions proches
 - Dépend des tournées initiales
- Travaux en cours :
 - Insérer la fonction objectif dans le solveur PPC
 - Résolution des instances de (Bredström et Rönnquist, 2008) du HHC

Merci de votre écoute



ROADEF
Février 2019