



Optimisation heuristique pour la résolution du m-PDPTW statique et dynamique

Imen Harbaoui Harbaoui Dridi

► To cite this version:

Imen Harbaoui Harbaoui Dridi. Optimisation heuristique pour la résolution du m-PDPTW statique et dynamique. Autre. Ecole Centrale de Lille; École nationale d'ingénieurs de Tunis (Tunisie), 2010. Français. NNT : 2010ECLI0031 . tel-00590443

HAL Id: tel-00590443

<https://theses.hal.science/tel-00590443>

Submitted on 3 May 2011

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.

ÉCOLE CENTRALE DE LILLE
UNIVERSITÉ DE TUNIS EL MANAR
ÉCOLE NATIONALE D'INGÉNIEURS DE TUNIS

THÈSE

Présentée en vue d'obtenir le grade de

DOCTEUR

en

Spécialité : Automatique, Génie Informatique et Traitement de Signal

par

Imen HARBAOUI DRIDI

Ingénieur - INSAT

**Doctorat délivré conjointement par l'École Centrale de Lille
et l'École Nationale d'Ingénieurs de Tunis**

Titre de la thèse :

**OPTIMISATION HEURISTIQUE POUR LA RÉSOLUTION DU m-PDPTW
STATIQUE ET DYNAMIQUE**

Soutenue le 15 décembre 2010 devant le jury d'examen :

Président :	M. Abdellah EL MOUDNI	Professeur, UTBM, France
Rapporteur :	M. Khaled GHEDIRA	Professeur, ISG, Tunis
Rapporteur :	M. Imed KACEM	Professeur, UPV-M, France
Examinatrice :	Mme Hanen BOUCHRIHA	Professeur, ENIT, Tunis
Co-Directeur de thèse :	M. Pierre BORNE	Professeur, EC- Lille, France
Co-Directeur de thèse :	M. Mekki KSOURI	Professeur, ENIT, Tunis

Thèse préparée dans le laboratoire LAGIS de l'École Centrale de Lille et au LACS de l'École Nationale d'Ingénieurs de Tunis, sous la direction des Professeurs P.Borne et M. Ksouri

DEDICACES

Je dédie ce travail

A mon cher père et ma chère mère,

A mon cher épouse,

A mon bonheur et ma joie de vie Minou,

A mes chers frères

Qui m'ont toujours accordé leurs amours

Et leurs sacrifices.

A tous mes amis

Amen

Remerciements

C'est beaucoup plus qu'une formule si je tiens à remercier ici les personnes qui dans le cadre de leurs fonctions, ont participé à l'élaboration de ce travail.

D'abord, je tiens à exprimer mes remerciements à M. Pierre BORNE, professeur à l'EC-LILLE, pour sa confiance et son énorme soutien scientifique tout au long de ces trois dernières années. J'ai eu de la chance de travailler avec lui et je lui suis reconnaissante pour tout ce qu'il m'a appris.

Je tiens à remercier pareillement M. Mekki KSOURI, Professeur à l'ENIT, pour ses encouragements et son soutien durant l'élaboration de ces travaux de thèse. Il a énormément de qualités humaines et j'ai pris énormément de plaisir à travailler avec lui.

Je ne saurai oublier de remercier M. Ryan KAMMARTI, maître assistant à l'ISI, pour sa patience et sa disponibilité tout au long de ma thèse. Il m'a toujours soutenu et même pendant les moments les plus difficiles il a été toujours présent pour me remonter le moral. Un ami plus qu'un encadreur de thèse.

Ensuite, je présente mes remerciements à tous ceux qui ont contribué, directement ou indirectement à l'élaboration de ce travail.

Mes remerciements les plus respectueux s'adressent à M. Abdellah EL MOUDNI, professeur à l'UTBM, pour l'honneur qu'il m'a fait en acceptant d'être président de mon jury de thèse.

Je remercie également M. Khaled GHEDIRA, professeur à l'ISG Tunis, et M. Imed KACEM, professeur à l'UPV-M, pour avoir accepté la charge d'être rapporteurs de ma thèse.

Mes vifs remerciements s'adressent pareillement à Mme Hanen BOUCHRIHA, professeur à l'ENIT, d'avoir accepté d'examiner mon mémoire et de faire partie de mon jury de thèse.

Finalement, merci à mes amis : Naddou (Nedia AOUANI), Soussou (Asma Merdassi), Hajar (Hajer BEN MAHMOUD), Noussa (Ines HAMMAMI) et Ammouna (Imen AYACHI) pour leurs encouragements et leurs disponibilités quand j'en ai eu besoin.

*Veillez bien trouver ici le témoignage de ma profonde
estime.*

Remerciements

Table des matières

Liste des Figures.....	11
Liste des tableaux.....	14
Introduction générale.....	16
Chapitre 1 : Etat de l'art	
1.1 Introduction.....	20
1.2 Le VRP : Vehicle Routing Problem.....	20
1.3 Formulation mathématique : CVRP : Capacited Vehicle Routing Problem.....	21
1.4 Les méthodes de résolution du VRP et de ses variantes.....	25
1.4.1 Méthodes de résolution exactes.....	26
1.4.2 Méthodes de résolution heuristiques.....	27
1.4.3 Méthodes de résolution métaheuristiques.....	29
1.5 Le PDPTW: Pickup and Delivery Problem with Time Windows.....	33
1.5.1 Etat de l'art du 1-PDPTW.....	33
1.5.2 Etat de l'art du m-PDPTW.....	36
1.5.3 Modélisation Mathématique du m-PDPTW.....	38
1.6 Conclusion.....	40
Chapitre 2 : Algorithme génétique pour la résolution du m-PDPTW	
2.1 Introduction.....	42
2.2 Les algorithmes génétiques.....	42
2.2.1 Principe.....	42
2.2.2 L'opérateur de croisement.....	44
2.2.3 L'opérateur de mutation.....	45
2.2.4 L'opérateur de sélection.....	46

Table des matières

2.3 Un algorithme génétique pour le m-PDPTW [I. Harbaoui Dridi et al, 2008] [I. Harbaoui Dridi et al, 2009a].....	47
2.3.1 Codage de chromosomes.....	49
2.3.2 Décodage du passage des véhicules.....	50
2.3.3 Croisement.....	50
2.3.4 Mutation.....	52
2.5.3 Procédure de l'approche proposée pour la minimisation du coût total de transport	52
2.5.3.1 Génération de la population initiale.....	52
2.5.3.2 Génération de la population nœuds / Véhicules.....	53
2.5.3.3 Procédure de calcul [I. Harbaoui Dridi et al, 2009b].....	57
2.6 Conclusion.....	60

Chapitre 3 : Optimisation multicritère pour la résolution du m-PDPTW

3.1 Introduction.....	63
3.2 Présentation des problèmes d'optimisation multi-objectif.....	63
3.2.1 Dominance et optimalité au sens de Pareto.....	63
3.2.2 Classification des méthodes.....	65
3.2.3 Méthodes de transformation du problème multi-objectif en un problème mono-objectif.....	66
3.2.3.1 Méthode d'agrégation.....	66
3.2.3.2 Méthode ϵ -contrainte.....	67
3.2.3.3 Programmation par but.....	68
3.3 1 ^{ère} Approche multicritère pour l'optimisation du m-PDPTW : [I. Harbaoui Dridi et al, 2009c].....	69
3.3.1 Evaluation multicritère : Dominance Pareto.....	69
3.3.2 Approche multicritère proposée pour l'optimisation du m-PDPTW.....	70

Table des matières

3.4 2 ^{ème} Approche multicritère pour l'optimisation du m-PDPTW : [I. Harbaoui Dridi et al, 2009d].....	73
3.5 Calcul des bornes inférieures et approche multicritère [I. Kacem, 2003].....	73
3.6 3 ^{ème} Approche multicritère pour l'optimisation du m-PDPTW :.....	76
3.7 Conclusion.....	80

Chapitre 4 : Etude multi-objectif pour la résolution du m-PDPTW dynamique

4.1 Introduction.....	85
4.2 Les problèmes de tournées de véhicules dynamiques.....	85
4.3 Les degrés de dynamisme.....	87
4.3.1 Degré de dynamisme pour les systèmes sans fenêtres de temps.....	87
4.3.2 Degré de dynamisme effectif.....	89
4.3.3 Dynamisme avec fenêtre de temps.....	89
4.4 Classification des systèmes dynamiques.....	91
4.5 Le problème de tournée de véhicule dynamique (DVRP : Dynamic vehicle routing problem).....	93
4.5.1 Le DVRP et ses méthodes de résolution	93
4.5.2 Le DVRPTW (Dynamic Vehicle Routing Problem with Time Windows).....	93
4.5.2.1 Système de module.....	94
4.5.2.2 Module de routage.....	95
4.6 Approche multi-objectif pour la résolution du m-PDPTW dynamique [I. Harbaoui Dridi et al 2010].....	95
4.6.1 Formulation mathématique.....	96

4.6.2 Etude dynamique.....	97
4.6.2.1 Algorithme proposé pour la première méthode de résolution du m-PDPTW dynamique.....	99
4.6.2.2 Algorithme proposé pour la deuxième méthode de résolution du m-PDPTW dynamique.....	102
4.7 Conclusion.....	104

Chapitre 5 : Simulations et Résultats

5.1 Introduction.....	107
5.2 Les instances Li et Lim.....	107
5.3 Simulation et résultats : m-PDPTW statique [I. Harbaoui Dridi et al, 2008].....	111
5.4 Simulation et résultats : m-PDPTW statique [I. Harbaoui Dridi et al, 2009].....	119
5.5 Simulation et résultats : m-PDPTW dynamique [I. Harbaoui Dridi et al, 2010].....	125
5.6 Conclusion.....	128

Liste des figures

Figure 1.1 : Problème de tournées de véhicules.....	21
Figure 1.2 : Algorithme du problème de type CFA.....	21
Figure 1.3 : Modèle du processus pour le VRSP dynamique.....	24
Figure 1.4 : Algorithme LNS.....	25
Figure 1.5 : Classification des méthodes de résolution.....	26
Figure 1.6 : Algorithme de Fisher et Jaikumar.....	28
Figure 1.7 : L'algorithme pétale.....	28
Figure 1.8 : Algorithme de la recherche tabou.....	30
Figure 1.9 : Algorithme de recuit simulé.....	30
Figure 1.10 : Principe des algorithmes génétiques.....	31
Figure 1.11 : Algorithme des colonies de fourmis.....	31
Figure 1.12 : Représentation du Transport à la Demande.....	33
Figure 1.13 : Architecture de l'algorithme génétique hybride proposé.....	35
Figure 1.14 : un double-horizon basé sur d'heuristiques appliqué au PDPTW dynamique....	35
Figure 2.1 : Principe générale du fonctionnement d'un algorithme génétique.....	43
Figure 2.2 : Croisement à un seul point, $k = 5$	44
Figure 2.3 : Croisement à deux points, $k_1 = 3, k_2 = 7$	44
Figure 2.4 : Croisement uniforme.....	45
Figure 2.5 : Principe de l'opérateur de mutation, $k = 4$	45
Figure 2.6 : Codage par liste de permutation.....	49
Figure 2.7 : Ordre de passage des véhicules.....	50
Figure 2.8 : Croisement à un point.....	50
Figure 2.9 : Algorithme de croisement à un point p	51
Figure 2.10 : Opération de mutation.....	52
Figure 2.11 : Algorithme de mutation.....	52
Figure 2.12 : Exemple d'individu de $P_{vehicule}$	53
Figure 2.13 : principe de correction de précédence.....	53
Figure 2.14 : principe de correction de capacité.....	53
Figure 2.15 : Algorithme de correction de précédence.....	54
Figure 2.16 : Algorithme de correction de capacité.....	55
Figure 2.17 : Exemple d'individus de $P_{noeud/vehicule}$	56

Liste des figures

Figure 2.18 : Exemple de la matrice de distances.....	56
Figure 2.19 : Algorithme de calcul de la matrice de distances.....	57
Figure 2.20 : Procédure de calcul.....	58
Figure 2.21 : Algorithme de correction de couplage des nœuds.....	59
Figure 2.22 : Algorithme génétique pour le m-PDPTW.....	60
Figure 3.1 : Exemple de dominance.....	64
Figure 3.2 : Classification des méthodes d'optimisation multi-objectif.....	65
Figure 3.3: Exemple d'optimisation par agrégation à deux objectifs.....	66
Figure 3.4 : La méthode ϵ -contrainte.....	68
Figure 3.5 : Exemple d'un individu de $P_{pareto-dominance}$	71
Figure 3.6 : Structure de l'algorithme de l'évaluation multicritère.....	72
Figure 3.7 : Fonction d'appartenance des différentes valeurs des critères.....	75
Figure 3.8 : Direction de recherche.....	76
Figure 3.9 : Algorithme de calcul de la borne inférieure f_{1b}	78
Figure 3.10 : de calcul de la borne inférieure f_{2b}	79
Figure 3.11 : Structure de l'algorithme génétique pour l'optimisation du m-PDPTW : utilisation de la méthode d'agrégation et des bornes inférieures.....	80
Figure 4.1 : Exemple de problème de tournées de véhicules dynamique.....	86
Figure 4.2 : Instants d'arrivée des demandes dynamique, deux scénarios ayant les mêmes valeurs dod	88
Figure 4.3 : Temps de réactions de deux demandes dynamiques avec fenêtres de temps.....	90
Figure 4.4 : Deux scénarios de deux demandes dynamiques.....	90
Figure 4.5 : Classification des systèmes de tournées dynamiques selon leurs degrés de dynamisme et leurs objectifs.....	92
Figure 4.6 : Simulateur pour le DVRPTW.....	94
Figure 4.7 : Principe d'insertion de demandes dynamique.....	96
Figure 4.8 : Première méthode d'insertion de nœuds dynamiques.....	98
Figure 4.9 : Deuxième méthode d'insertion de nœuds dynamiques.....	99
Figure 4.10 : Structure générale de la première méthode de résolution du m-PDPTW dynamique.....	100
Figure 4.11 : Principe de croisement pour le m-PDPTW dynamique.....	101

Liste des figures

Figure 4.12a : Principe de mutation pour le m-PDPTW dynamique.....	101
Figure 4.12b : Principe de mutation pour le m-PDPTW dynamique.....	102
Figure 4.13 : Algorithme de création de la population dynamique pour la deuxième méthode de résolution du m-PDPTW dynamique.....	103
Figure 4.14 : Structure générale de la deuxième méthode de résolution du m-PDPTW dynamique.....	104
Figure 5.1 : Présentation des nœuds pour le problème LC101 selon les coordonnées (x,y).....	108
Figure 5.2 : Présentation des nœuds pour le problème LR101 selon les coordonnées (x, y).....	109
Figure 5.3 : Présentation des nœuds pour le problème LRC101 selon les coordonnées (x, y).....	109
Figure 5.4 : Présentation des nœuds selon leurs dates de début de fenêtre de temps pour le problème de type LC101.....	110
Figure 5.5 : Présentation des nœuds selon leurs dates de début de fenêtre de temps pour le problème de type LC201.....	110
Figure 5.6 : Chemin parcouru par chaque véhicule pour le problème de type LC101.....	113
Figure 5.7 : Chemin parcouru par chaque véhicule pour le problème de type LR101.....	116
Figure 5.8 : Chemin parcouru par chaque véhicule pour le problème de type LRC101.....	118
Figure 5.9 : Évolution du critère coût de transport par rapport à la taille de la population $P_{noeud/véhicule}$ pour le problème de type LRC101.....	119

Liste des tableaux

Tableau 1.1 : Différentes extensions du VRP.....	32
Tableau 5.1 : Résultats des simulations pour les problèmes de type LC1.....	112
Tableau 5.2 : Résultats des simulations pour les problèmes de type LR1.....	115
Tableau 5.3 : Résultats des simulations pour les problèmes de type LRC1.....	118
Tableau 5.4 : Résultats des simulations du m-PDPTW : optimisation multi-objectif, Pareto dominance.....	122
Tableau 5.5 : Résultats des simulations du m-PDPTW : optimisation multi-objectif, Méthode d'agrégation et calcul des bornes inférieures.....	124
Tableau 5.6 : Paramètres des problèmes dynamiques.....	125
Tableau 5.7 : Résultats de simulation pour les problèmes de type LRC1 : première méthode d'insertion des nœuds dynamiques.....	126
Tableau 5.8 : Résultats de simulation pour les problèmes de type LRC1 : deuxième méthode d'insertion des nœuds dynamiques.....	127

Introduction générale

Introduction générale

De nos jours, le problème de transport de marchandises occupe une place importante dans la vie économique des sociétés modernes.

Avec les contraintes temporelles et économiques qu'implique ce problème, sa résolution devient très difficile, nécessitant l'utilisation d'outils issus de disciplines différentes (productique, informatique, optimisation combinatoire, etc.). En effet, les processus issus des systèmes de transports et de l'ordonnancement sont de plus en plus complexes, par leurs dimensions importantes, par la nature de leurs relations dynamiques, et par la multiplicité des contraintes auxquelles ils sont soumis.

Les problèmes de tournées de véhicules sont très étudiés à cause de l'importance croissante du transport de passagers et de marchandises aujourd'hui. Le problème de ce type le plus simple et le plus connu est le Problème de Voyageur de Commerce (Traveling Salesman Problem, TSP). Il consiste à déterminer une tournée acheminée par un véhicule, de manière à servir à coût minimal un ensemble de clients répartis dans un réseau. Ce modèle de base peut être enrichi par diverses contraintes relatives au nombre de véhicules, à leurs charges, ou à des contraintes relatives aux nœuds, à leurs fenêtres temporelles, ou à des dépendances entre eux.

Plusieurs recherches se sont principalement orientées vers la résolution du problème de tournées de véhicules (**VRP** : Vehicle Routing Problem). Ce dernier s'agit d'un problème d'optimisation de tournées de véhicules devant satisfaire des demandes de transport.

Ces problèmes de tournées de véhicules sont en général sujets à plusieurs types de contraintes. Les plus étudiées sont : les contraintes de capacité et les contraintes de temps.

Les contraintes de capacité : elles sont amenées par des opérations de chargement / déchargement devant les sites et la limite de la capacité du véhicule qui doit transporter les produits.

Les contraintes de temps : apparaissent lorsque le service ne peut avoir lieu que dans un intervalle de temps donné, **fenêtre de temps** ou bien, lorsque les véhicules sont disponibles uniquement durant des périodes de temps données.

Une autre grande partie des recherches s'est intéressée à une importante variante du VRP qui est le **PDPTW**, où en plus de l'existence des contraintes temporelles et des contraintes de capacité sur les véhicules, ce problème implique un ensemble de clients et un ensemble de fournisseurs géographiquement localisés. Chaque tournée doit également satisfaire les contraintes de précédence pour garantir qu'un client ne doit pas être visité avant son fournisseur.

Le PDPTW qui est le problème de collecte et distribution à fenêtres de temps (Pickup and Delivery Problem with Time Windows), se divise en deux : **1-PDPTW** (à un véhicule) et **m-PDPTW** (à plusieurs véhicules).

Ces derniers peuvent aussi être traités selon deux versions : statique ou dynamique.

Un problème est dit statique si toutes les données sont connues sur l'horizon de temps où l'on doit calculer les tournées, c'est-à-dire de façon définitive au début du calcul des tournées de véhicules. Dans le cas dynamique, le système doit être capable d'intégrer des imprévus alors que les tournées ont déjà été planifiées et que leur exploitation a démarré. Ces imprévus peuvent être la panne ou le retard d'un véhicule, l'apparition ou la disparition d'un ou de plusieurs nœuds (client / fournisseur).

Nous allons nous intéresser au problème de collecte et de distribution à fenêtre de temps, à plusieurs véhicules. Notre but est de concevoir un outil de résolution du m-PDPTW statique et dynamique, basé sur les algorithmes génétiques et qui permet de satisfaire un certain nombre de contraintes.

Ce mémoire est constitué de cinq chapitres, le premier chapitre présente un état de l'art du VRP et ses variantes, en décrivant les différentes méthodes de résolution de ces problèmes. Nous détaillerons ainsi, le problème de VRP avec des collectes et livraisons de marchandises à fenêtres de temps correspondant au PDPTW et qui fera l'objet de nos travaux.

Dans le deuxième chapitre, nous présenterons le principe des algorithmes génétiques en détaillant leurs caractéristiques, leurs mécanismes et leurs rôles dans notre travail.

Les problèmes d'optimisation multi-objectif (PMO) ou multicritère ayant pour but d'optimiser simultanément plusieurs composants d'un vecteur fonction coût fera l'objet du troisième chapitre. Dans ce dernier, nous allons présenter une approche multicritère pour la résolution du m-PDPTW basée sur les algorithmes génétiques, les méthodes d'agrégation et les valeurs minimales permettant de minimiser certains critères.

Introduction générale

Le quatrième chapitre sera consacré aux problèmes de tournées de véhicules dynamiques ainsi que leurs propriétés. Nous détaillerons ainsi l'approche multi-objectif élaborée pour la résolution du m-PDPTW dynamique.

Le dernier chapitre sera dédié à la présentation et à l'implémentation des instances de tests, en exposant les simulations effectuées et les résultats acquis.

1 *Etat de l'art*

Qui ne sait pas tirer les leçons de 3000 ans
vit seulement au jour le jour

[Goethe]

1.1 Introduction

Le problème de tournées de véhicules (VRP) est une classe de recherche opérationnelle et d'optimisation combinatoire. Il s'agit de déterminer les tournées d'un ensemble de véhicules afin de livrer une liste de clients [Dantzig et al, 1959]. L'objectif est de servir ces clients en minimisant un ou plusieurs critères liés au coût de livraison des biens. Ce problème est en fait, une extension classique du problème du voyageur de commerce.

De nombreuses variantes du problème de tournées de véhicules sont survenues, comme le problème de tournées de véhicules avec contraintes de capacité (CVRP) où les véhicules ont une capacité d'emport limitée (quantité, taille, poids, etc.), le problème de tournées de véhicules avec fenêtre de temps (VRPTW) où pour chaque client on impose une fenêtre de temps dans laquelle la livraison doit être effectuée, ou encore le problème de tournées de véhicules avec collecte et livraison (PDVRP) où un certain nombre de marchandises doivent être déplacées de sites de collecte vers des sites de livraisons, etc.

Ce chapitre est consacré à l'état de l'art du VRP et ses variantes, en présentant d'abord la formulation mathématique générale du VRP. Nous décrirons ensuite les différentes méthodes de résolution de ces problèmes. Enfin, nous détaillerons le problème de VRP avec des collectes et livraisons de marchandises à fenêtres de temps correspondant au PDPTW (*Pickup & Delivery Problem with Time Windows*) ou (Problème de Ramassage & Livraison avec Fenêtres de temps) et qui fera l'objet de nos travaux.

1.2 Le VRP : Vehicle Routing Problem

Le problème général de construction de tournées de véhicules est connu sous le nom de *Vehicle Routing Problem* (VRP) et représente un problème d'optimisation combinatoire multi-objectif qui a fait l'objet de nombreux travaux et de nombreuses variantes dans la littérature. Il appartient à la catégorie NP-difficile. [Christofides, N et al, 1979] [Lenstra, J et al, 1981] [Savelsbergh. M.P.W et al, 1995]

Le principe du VRP (Figure 1.1) est, étant donné un dépôt D et un ensemble de commandes de clients $C = \{c_1, \dots, c_n\}$, de construire un ensemble de tournées, pour un nombre fini de véhicules, commençant et finissant à un dépôt. Dans ces tournées, un client doit être desservi une seule fois par un seul véhicule et la capacité de transport d'un véhicule pour une tournée ne doit pas être dépassée. [Nabaa, M et al, 2007]

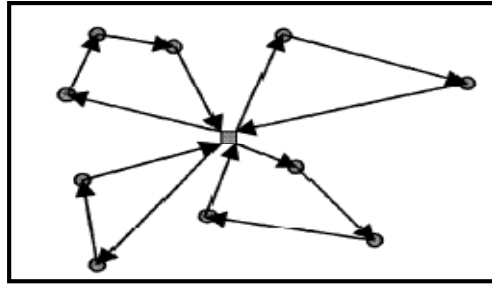


Figure 1.1 : Problème de tournées de véhicules

Tous les problèmes de transports peuvent s'écrire sous la forme d'un problème d'affectation de flot et de capacités, ou encore Capacity and Flow Assignment Problem (CFA). Gerla fût le premier à avoir énoncé ce problème dans sa thèse [Gerla M, 1973].

Trouver sur un réseau $G = (N, A)$, un flot $F \geq 0$ et un multi flot $f = (f^k)$, $k \in K$ tel que :

1. f respecte certaines contraintes,
2. chaque composante f^k du multi flot f conduit une quantité de flot d'un ensemble d'origines vers un ensemble de destinations,
3. f et F respectent une relation de couplage pour tout arc $a \in A$,
4. une fonction coût soit minimale.

Figure 1.2 : Algorithme du problème de type CFA

Nous proposons de présenter dans ce qui suit la formulation mathématique du CVRP : Capacited Vehicle Routing Problem. [Rego, C et al, 1994]

1.3 Formulation mathématique : CVRP : Capacited Vehicle Routing Problem

Le critère le plus utilisé dans ce genre de problème est soit la minimisation de la distance totale parcourue, soit la minimisation du coût, par un nombre minimum de véhicules.

Soient :

- $G = (N, A)$ un graphe où $N = \{0, \dots, n\}$ est un ensemble de sommets avec le sommet 1 fixé comme dépôt et $A = \{(i, j) \mid i, j \in N \text{ et } i \neq j\}$ est l'ensemble des arcs,
- n = nombre de sommets,
- m = nombre de véhicules,
- D = capacité d'un véhicule,

- T_k = temps maximal de la tournée du véhicule k ,
- d_i = demande du sommet i ,
- t_i^k = temps nécessaire au véhicule k pour charger ou décharger au sommet i ,
- t_{ij}^k = temps nécessaire au véhicule k pour voyager du sommet i au sommet j ,
- C_{ij} = coût ou distance du voyage du sommet i au sommet j .
- $x_{ij}^k = \begin{cases} 1 & \text{Si le véhicule } k \text{ voyage du noeud } i \text{ vers le noeud } j \\ 0 & \text{Sinon} \end{cases}$

La fonction à optimiser est notée comme suit :

$$\text{Minimiser } \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^m C_{ij} x_{ij}^k \quad (1.1)$$

Sous :

$$\sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^m x_{ij}^k = 1, j = 2, \dots, n \quad (1.2)$$

$$\sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^m x_{ij}^k = 1, i = 2, \dots, n \quad (1.3)$$

$$\sum_{i=1}^n x_{ip}^k - \sum_{j=1}^n x_{pj}^k = 0, k = 1, \dots, m; p = 1, \dots, n \quad (1.4)$$

$$\sum_{i=1}^n t_i^k \sum_{j=1}^n x_{ij}^k + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n t_{ij}^k x_{ij}^k \leq T_k, k = 1, \dots, m \quad (1.5)$$

$$\sum_{i=1}^n d_i \left(\sum_{j=1}^n x_{ij}^k \right) \leq D, k = 1, \dots, m \quad (1.6)$$

$$\sum_{j=2}^n x_{1j}^k \leq 1, k = 1, \dots, m \quad (1.7)$$

$$\sum_{i=2}^n x_{i1}^k \leq 1, k = 1, \dots, m \quad (1.8)$$

Les équations (1.2) et (1.3) assurent que chaque nœud n'est servi qu'une seule fois par un et un seul véhicule.

L'équation (1.4) assure la continuité d'une tournée par un véhicule : le nœud visité doit impérativement être quitté.

L'équation (1.5) assure le respect de la contrainte de la durée totale d'une tournée.

L'équation (1.6) assure le respect de la contrainte de capacité du véhicule.

Les équations (1.7) et (1.8) assurent qu'un véhicule ne sort du dépôt et n'y revient qu'une seule fois.

Des métaheuristiques ont été appliquées pour la résolution des problèmes de tournée de véhicules. Parmi ces méthodes nous pouvons citer les algorithmes de colonies de fourmis, qui ont été utilisés par [Montamenni, R et al, 2002] pour la résolution du DVRP (Dynamic Vehicle Routing Problem), ou encore les algorithmes génétiques utilisés par [V. Vacic et al, 2002] pour la résolution du VRPTW (Vehicle Routing Problem with Time Windows).

D'autres travaux ont utilisé la logique floue pour la résolution du VRP. Dans ce genre de problème, le temps de déplacement d'un véhicule et les contraintes associées sont considérés comme des variables floues, caractérisées par leurs fonctions d'appartenance. [P. Wesolek, 2005]

[Hayari. N et al, 2003] se sont intéressés à la résolution du problème de tournées sélectives sous contraintes de fenêtres de temps (VRPTW) impliquant une flotte homogène et ce en utilisant un Algorithme Evolutionniste (AE).

Une autre variante du VRP appelée : problème de tournées de véhicules avec demandes stochastiques et fenêtres de temps (VRPSDTW) a été traitée par [Jian. X et al, 2007] dans le but de minimiser la distance totale parcourue par les véhicules et la somme des retards chez les clients, et ce en proposant de modéliser la contrainte de capacité des véhicules et les demandes des clients par des nombres floues. Un algorithme génétique a été de même utilisé, intégrant une simulation de scénario d'apprentissage pour la résolution de ce problème.

[Slater. A, 2002] présente un algorithme d'insertion parallèle pour résoudre un système d'ordonnancement et de tournées de véhicules dynamique (DVRSP : Dynamic Vehicle Routing and Scheduling Problem). La résolution de cette variante du VRP suit le modèle illustré par la figure 1.3.

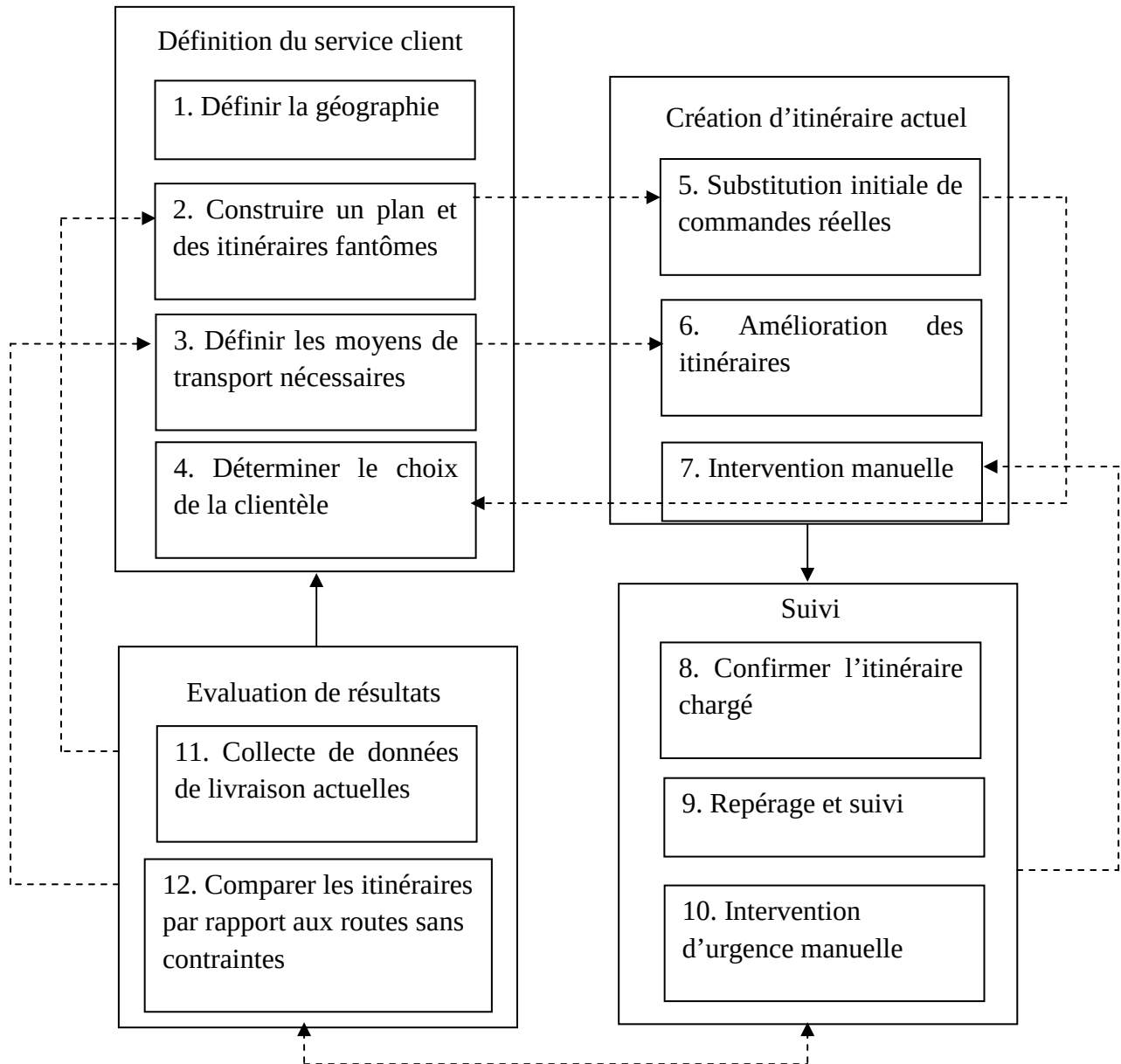


Figure 1.3 : Modèle du processus pour le VRSP dynamique

[Goel. A et Gruhn. V, 2005] présentent un algorithme appelé LNS : Large Neighborhood Search, introduit par [Shaw. P, 1998], pour la résolution du VRP avec plusieurs emplacements de collectes et de livraisons. Ils proposent des approches d'amélioration itératives basées sur la recherche de voisinage. Cet algorithme est caractérisé par des temps de réponse très courts et ainsi, peut être utilisé dans les systèmes de routage dynamiques.

La figure 1.4 montre un pseudo-code de l'algorithme LNS. Cet algorithme possède les paramètres suivants : x_b est la meilleure solution, x est la solution actuelle et x_t représente la solution temporaire. Les fonctions $d(\cdot)$ et $R(\cdot)$ représentent respectivement la méthode de suppression et la méthode de réparation. Le choix le plus simple pour la fonction *accept* est d'accepter les solutions améliorées.

```
1.  $x$  = solution réalisable ;  
    $x_b = x$  ;  
    $x_f$  = solution finale ;  
2. Boucler tant que le critère d'arrêt n'est pas satisfait  
    $x_t = R(d(x))$  ;  
3. si accept ( $x_t, x$ ) alors  
    $x = x_t$  ;  
   Fin si  
4. si  $c(x_t) < c(x_b)$  alors  
    $x_b = x_t$  ;  
   Fin si  
   Fin  
5.  $x_f = x_b$ 
```

Figure 1.4 : Algorithme LNS

Dans d'autres travaux, [Michel, S et Vanderbeck, F, 2006] proposent une résolution du problème de tournées de véhicules combinées à la gestion des stocks. Le problème consiste à dresser un planning périodique de visite client qui évite les situations de rupture de stock chez les clients et ceci en minimisant les coûts des tournées des véhicules.

1.4 Les méthodes de résolution du VRP et de ses variantes

On distingue essentiellement deux catégories de méthodes pour la résolution du VRP et de ses variantes : les méthodes exactes et les méthodes de résolution heuristiques et métaheuristiques. La figure 1.5 résume ces différentes méthodes.

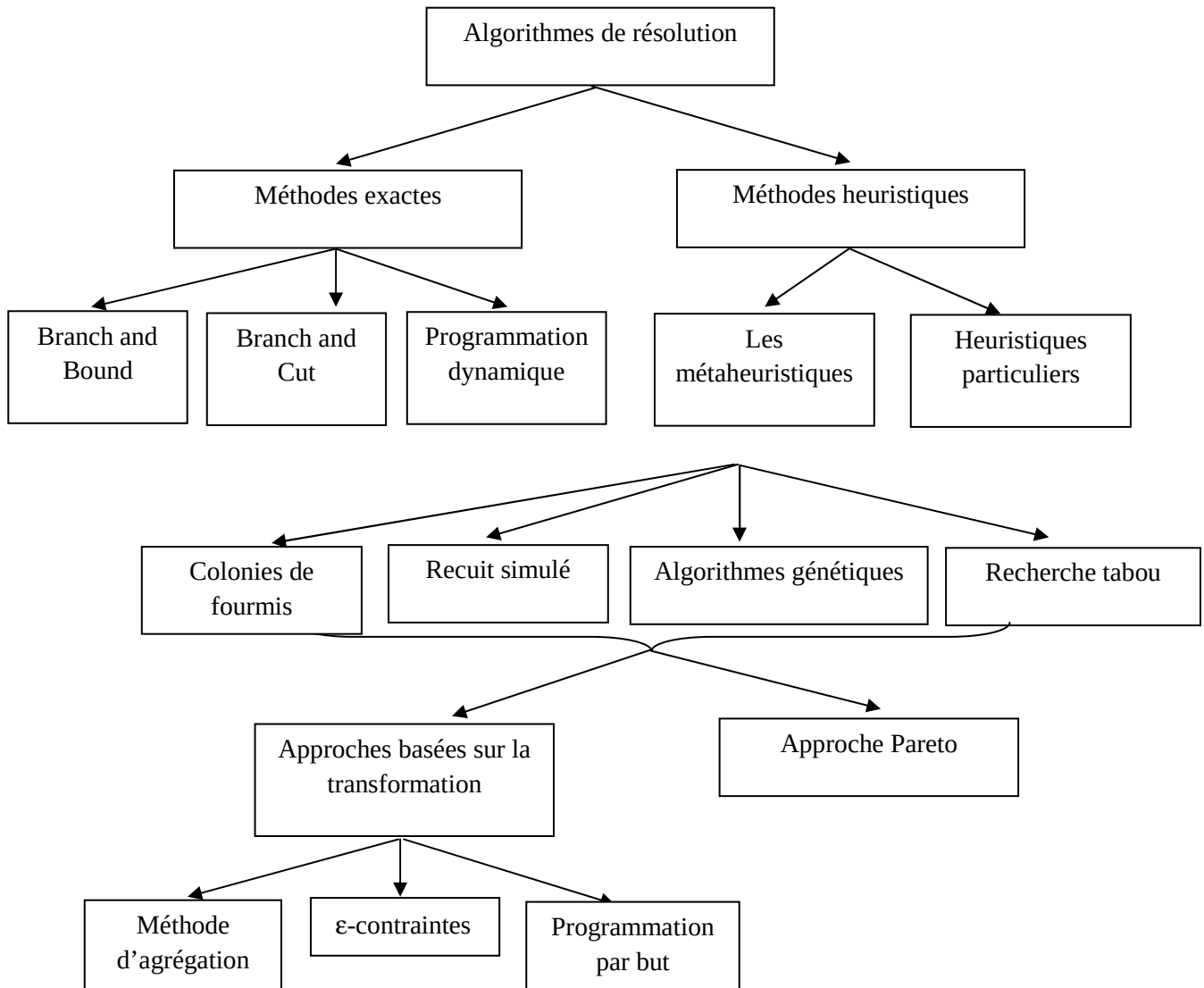


Figure 1.5 : Classification des méthodes de résolution

1.4.1 Méthodes de résolution exactes

Une méthode de résolution est dite exacte si elle garantit l'obtention d'une solution optimale du problème. Parmi ces méthodes, nous pouvons distinguer trois grandes familles de méthodes exactes pour la résolution du problème de tournées de véhicule [Laporte. G, 1992] :

- Les méthodes de recherche arborescente
- La programmation dynamique
- La programmation linéaire entière

Nous citons aussi les méthodes de séparation et d'évaluation (Branch and Bound) qui comptent parmi les plus efficaces pour résoudre de manière exacte ce problème. Ou encore les méthodes de coupes (Branch and Cut) [Paolo. T et Daniele. V, 2002]

1.4.2 Méthodes de résolution heuristiques

Vu la complexité du problème qui implique un temps de calcul important, les heuristiques et par suite les métaheuristiques, sont utilisées de manière intensive pour résoudre des problèmes de grandes tailles avec des temps de résolution et des résultats acceptables.

Parmi les heuristiques classiques [Gilbert. L et Frédéric. S, 1998] utilisées pour la résolution du VRP nous citons trois classes :

- Les heuristiques de construction
- Les heuristiques 2-phases
- Les méthodes d'amélioration.

Les **heuristiques de construction** calculent en général un coût d'insertion des arcs.

L'heuristique la plus connue est la méthode d'insertion de Clarke & Wright [G. Clarke et J.W. Wright, 1964] mais on trouve également d'autres approches comme l'insertion séquentielle et les méthodes dites *matching based savings*.

On distingue deux types d'**heuristiques 2-phases**: « ***groupe en premier, route en second*** », « ***route en premier, groupe en second*** ». Pour la première famille, il s'agit de faire des sous-ensembles de sommets voisins pour lesquels on construit ensuite une tournée (la méthode de balayage en fait partie) [A. LeBouthilier, 2000].

L'algorithme le plus connu pour cette famille est celui de [Fisher et Jaikumar, 1981], il résout un problème généralisé d'affectation (Generalized Assignment Problem :GAP) pour former des clusters. Cet algorithme peut être décrit comme le montre la figure 1.6, en fixant K le nombre de véhicules utilisés.

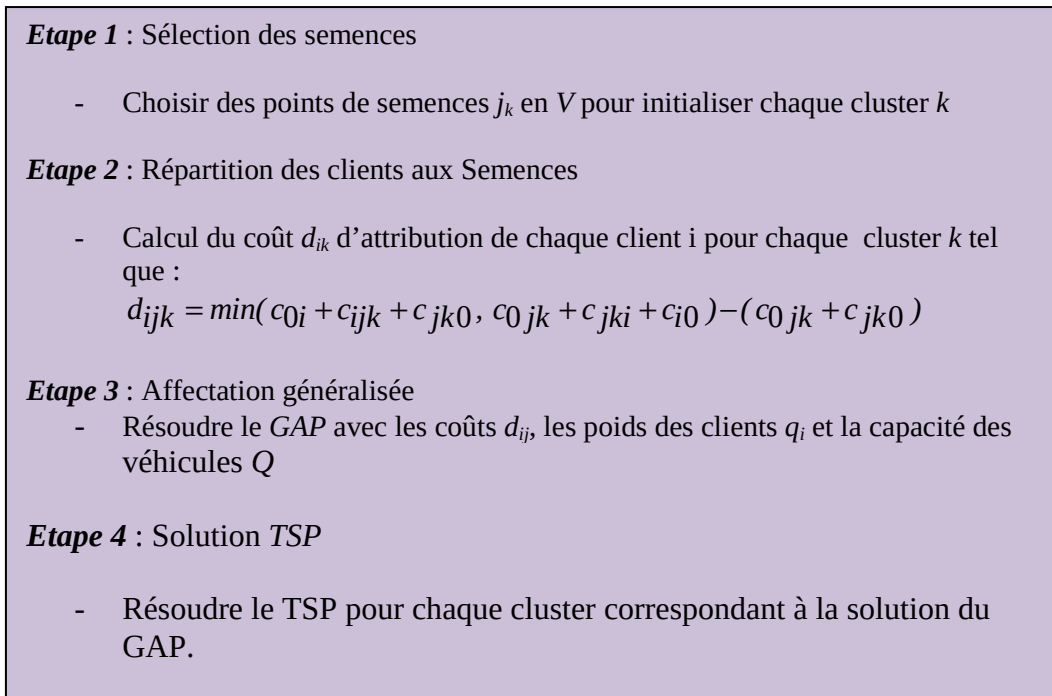


Figure 1.6 : Algorithme de Fisher et Jaikumar

En ce qui concerne la deuxième famille, certaines contraintes sont relâchées. Une tournée hamiltonienne globale (problème du Voyageur de Commerce) peut être construite dans un premier temps. Celle-ci est ensuite corrigée pour respecter les contraintes afin d'obtenir des solutions acceptables pour le VRP. [Bodin et al, 1979] [Goldberg et al, 1982]

Les **algorithmes pétales** sont une extension des algorithmes de balayage : les tournées générées (pétales) sont sélectionnées en résolvant un problème de partitionnement. Notons que si les tournées correspondent à des secteurs continus des arcs, alors le problème peut être résolu en temps polynomial.

$$\begin{aligned} \min \sum_{k \in S} d_k x_k \\ \text{sous :} \\ \sum_{k \in S} a_{ik} x_k = 1, (i = 1, \dots, n) \\ x_k = 0 \text{ ou } 1 (k \in S) \end{aligned}$$

Figure 1.7 : L'algorithme pétale

La figure 1.8 décrit l'algorithme pétale où : S est l'ensemble des itinéraires, $x_k = 1$ si et seulement si l'itinéraire k appartient à la solution, a_{ik} est le paramètre binaire et n'est égal à 1 que si le sommet i appartient à l'itinéraire k , et d_k est le coût de pétale k . Si les itinéraires

correspondent à des secteurs contigus de sommets, ce problème possède la propriété de colonne circulaire et est résolu en temps polynomial [Ryan et al, 1993].

Les **méthodes d'amélioration** sont fondées sur des échanges d'un certain nombre d'arcs dont nous citons les trajets de Lin. [Lin. S, 1965] [Lin. S et Brian W. Kernighan, 1973]

Tous les trajets ont été initialement créés pour résoudre les problèmes de TSP et ont été ensuite adaptés pour le VRP.

[Tolga. B, 2006] présente une vue générale sur les différentes méthodes de résolution exactes ou heuristiques proposées pour le TSP et de ses variantes.

1.4.3 Méthodes de résolution métaheuristiques

Les métaheuristiques ont été développées pour le même but que les heuristiques, obtenir des résultats convenables en un temps acceptable [K. Ghedira, 2007]. Toutefois, ces dernières sont intrinsèquement plus puissantes.

Parmi ces méthodes nous citons :

- **La recherche tabou** : cette métaheuristique a été développée par Glover et Hansen en 1986. [F. Glover, 1986] [P. Hansen, 1986]

Cette méthode combine une procédure de recherche locale avec un certain nombre de règles et de mécanismes lui permettant de dominer l'obstacle des extremums locaux, tout en évitant les problèmes de cycles. [F. Glover, 1989] [F. Glover, 1990]

En effet, en sélectionnant une solution initiale s engendrée aléatoirement et appartenant à l'ensemble de solutions S , nous générons un sous-ensemble de solution $N(s)$ qui appartient au voisinage S . Nous choisissons par la suite la meilleure solution s' parmi l'ensemble de solutions voisines $N(s)$, en utilisant une fonction d'évaluation qui permet de retenir le voisin qui améliore le valeur de f . Cet algorithme est décrit par la figure 1.8.

```
1. Initialisation
 $s_0$  = une solution initiale dans  $S$ ,  $s^* = s_0$ ,  $c^* = f(s_0)$ 
 $T = \emptyset$ 

2. Générer un sous-ensemble de solution en voisinage de  $s_0$ 
 $s' \in N(s_0)$  tel que  $\forall x \in N(s_0), f(x) \geq f(s')$  et  $s' \notin T$ 
Si  $f(s') < c^*$  alors  $s^* = s'$ ,  $c^* = f(s')$ 
Mise à jour de  $T$ 

3. Retour à l'étape 2 si la condition d'arrêt n'est pas satisfaite
```

Figure 1.8 : Algorithme de la recherche tabou

• **La méthode de recuit simulé** : cette métaheuristique est inspirée d'un processus utilisé en métallurgie, qui alterne des cycles de refroidissement lent et de réchauffage (recuit) qui tendent à minimiser l'énergie du matériau. [S. Kirkpatrick et al, 1983] [V. Cerny, 1985]

```
1. Initialisation
 $s$  = une solution initiale
 $t$  = une température initiale,  $t > 0$ 

2. Sélectionner au hasard  $s' \in N(s)$ ;
 $\delta = f(s') - f(s)$ ;
si  $\delta < 0$ 
    alors  $s = s'$ 
    sinon  $x = \text{hasard}([0,1])$ ;
    if  $x < \exp(-\delta/t)$  alors  $s = s'$ 

3. Retour à l'étape 2 si la condition d'arrêt n'est pas satisfaite
Actualiser la température  $t$ .
```

Figure 1.9 : Algorithme de recuit simulé

• **Les algorithmes génétiques** : ces algorithmes appelés évolutionnaires, sont introduits par Holland dès 1975. [J. Holand, 1975]

Ces algorithmes s'inspirent de l'évolution génétique des espèces, ils copient de façon extrêmement simplifiée certains comportements des populations naturelles. Ainsi, ces

techniques reposent toutes sur l'évolution d'une population de solutions qui sous l'action de règles précises optimisent un comportement donné, exprimé sous forme d'une fonction, dite *fonction coût (fitness function)* caractérisant l'adaptation à l'environnement.

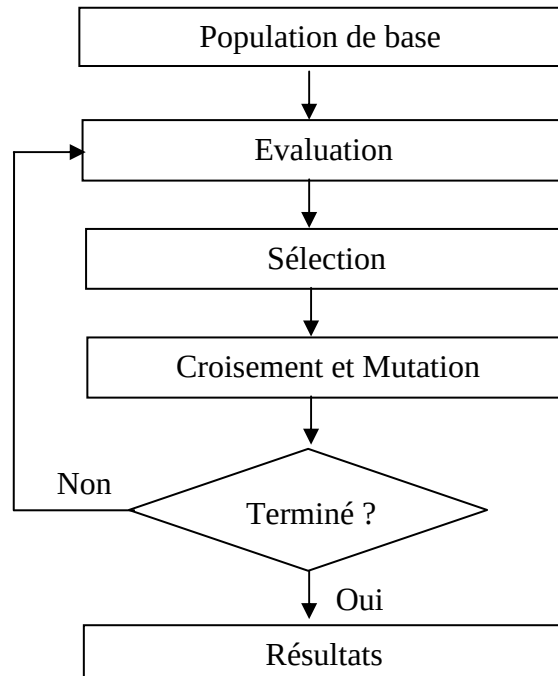


Figure 1.10 : Principe des algorithmes génétiques

- **Les colonies de fourmis** : C'est une nouvelle méthode de résolution des problèmes combinatoires. Les colonies de fourmis sont basées sur le comportement réel et la communication chez les fourmis qui consiste en « phéromone ». Cette métaheuristique a été introduite pour la première fois dans [A. Colorni et al, 1992] et a été appliquée au problème du voyageur de commerce.

Une méthode de type **ACO** (Ant Colony Optimization) suit l'algorithme suivant :

Initialisation des pistes de phéromone,
Boucler tant que le critère d'arrêt n'est pas atteint :

1. **Pour** chaque fourmi **faire**
2. Choisir l'état suivant en fonction de la mémoire et l'environnement local (trace),
3. Evaluer la solution obtenue,

Fin

4. **mise à jour** des pistes de phéromone ;

Fin.

Figure 1.11 : Algorithme des colonies de fourmis

Ces différentes métaheuristiques sont de plus en plus hybridées entre elles ou avec des méthodes exactes pour donner des schémas de résolution encore plus puissants. Ce problème général de tournées de véhicules (**VRP**) sert de base à de nombreuses variantes. Le tableau 1.1 rappelle un certain nombre de ces différentes extensions. [Yon. L, 2005]

ACVRP	Asymmetric Capacitated Vehicle Routing Problem Problème Asymétrique de Tournées de Véhicules avec Capacités
BRP	Bus Routing Problem Problème de tournées de bus
CVRP	Capacitated Vehicle Routing Problem Problème de Tournées de Véhicules avec Capacité
DARP	Dial-a-Ride Problem Problème de transport à la demande
MDVRP	Multi Depots Vehicle Routing Problem Problème de tournées de véhicules à dépôts multiples
MDVRPTW	Multi Depots Vehicle Routing Problem with Time Windows Problème de tournées de véhicules à dépôts multiples et Fenêtres de temps
OVRP	Open Vehicle Routing Problem Problème de Tournées de Véhicules Ouvert
PDVRP	Pickup and Delivery Vehicle Routing Problem Problème de Livraison-Collecte
MPDPTW	Multiple Pickup and Delivery Problem with Time Windows Problème avec Fenêtres de temps et livraisons-collectes multiples
SBRP	School Bus Routing Problem Problème du Ramassage Scolaire
SCVRP	Symmetric Capacitated Vehicle Routing Problem Problème Symétrique de Tournées de Véhicules avec Capacités
STSP	Selective Traveling Salesman Problem Problème du Voyageur de Commerce Sélectif
SVRP	Selective Vehicle Routing Problem Problème de Tournées de Véhicules Sélectives
SP	Scheduling Problem Problème de Planification (ou Planning)
TSP	Traveling Salesman Problem Problème du Voyageur de Commerce
VRP	Vehicle Routing Problem Problème de Tournées de Véhicules
VRPBTW	Vehicle Routing Problem with Backhauls and Time Windows Problème de Tournées de Véhicules avec Backhauls et Fenêtres de Temps
VRPDC	Vehicle Routing Problem with Stochastic Demands and Customers Problème de Tournées de Véhicules avec Demandes et Clients Stochastiques
VRPTW	Vehicle Routing Problem with Time Windows Problème de Tournées de Véhicules avec Fenêtres de Temps

Tableau 1.1 : Différentes extensions du VRP

Le problème de VRP avec des collectes et livraison de marchandises à fenêtres de temps correspond au PDPTW (*Pickup & Delivery Problem with Time Windows* ou Problème de Ramassage & Livraison avec Fenêtres de temps).

1.5 Le PDPTW: Pickup and Delivery Problem with Time Windows

Le PDPTW, que nous traitons dans ce travail, est une variante du CVRPTW où en plus de l'existence des contraintes temporelles et de capacité, ce problème implique un ensemble de clients et un ensemble de fournisseurs géographiquement localisés. Chaque tournée doit également satisfaire les contraintes de précédence pour garantir qu'un client ne doit pas être visité avant son fournisseur.

Cette variante de problème se divise en deux catégories : le 1-PDPTW (avec un seul véhicule) et le m-PDPTW (à plusieurs véhicules).

1.5.1 Etat de l'art du 1-PDPTW

Une approche de programmation dynamique pour résoudre le 1-PDP sans et avec fenêtres de temps a été développée par [H.N. Psaraftis, 1980] en considérant comme fonction objectif la minimisation d'une pondération de la durée totale de la tournée et de la non-satisfaction des clients.

Dans [Garaix, T et al, 2005], les auteurs proposent une méthode robuste d'optimisation de tournées, en zone rurale peu dense (Pays du Doubs Central, Franche-Comté) pour la résolution du problème de transports à la demande (TAD). Et ce en précisant les fonctionnalités du service définies par et pour les collectivités et le formalisme mathématique qui en découle.

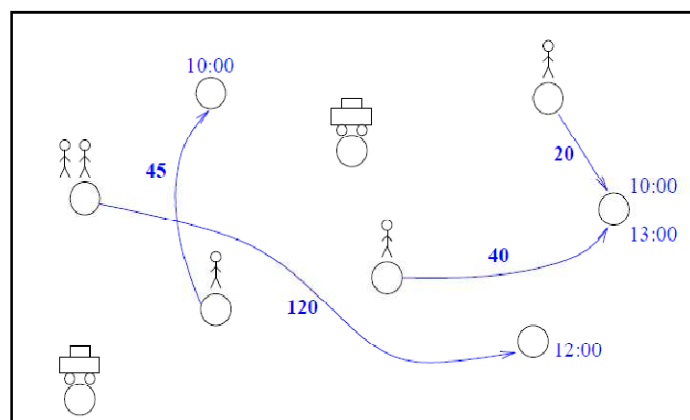


Figure 1.12 : Représentation du Transport à la Demande

La figure 1.13 indique les demandes (flèches), les durées de tournée (pondération des flèches) estimées de l'origine (cercle surmonté de personnages) vers la destination. L'heure d'arrivée désirée est présentée à côté de la destination. Les cercles accotés aux véhicules représentent les dépôts de ces derniers.

[Jih, W et al, 1999] ont développé une approche basée sur les algorithmes génétiques hybrides pour résoudre le 1-PDPTW, ayant pour objectif de minimiser une combinaison du coût total et de la somme des temps d'attente. L'algorithme développé utilise quatre différents opérateurs de croisement ainsi que trois opérateurs de mutation.

Dans d'autres travaux, un algorithme génétique a été développé par [Velasco, N et al, 2006] pour résoudre le 1-PDP bi-objectif dans lequel la durée totale des tournées doit être minimisée tout en satisfaisant en priorité les demandes les plus urgentes. Dans cet article, la méthode proposée, pour résoudre ce problème est inspirée d'un algorithme appelé Non dominated Sorting Algorithm (NSGA-II).

D'autres travaux traitent le 1-PDPTW, en minimisant le compromis entre la distance totale parcourue, le temps total d'attente et le retard total et ce en utilisant un algorithme évolutionniste avec des opérateurs génétiques spéciaux, la recherche tabou et la Pareto optimalité pour fournir un ensemble de solutions viables. [Kammarti, R et al, 2004]

Ces travaux ont été étendus, et ceci en proposant une nouvelle approche basée sur l'utilisation de bornes inférieures pour l'évaluation des solutions et de leur qualité, minimisant le compromis entre la distance totale parcourue et la somme des retards. [Kammarti, R et al, 2005]

[Kammarti, R et al, 2006] ont aussi développé une nouvelle approche pour la résolution du 1-PDPTW, utilisant des algorithmes évolutionnistes avec des opérateurs génétiques spéciaux afin de réduire le temps de calcul, et la méthode de Pareto dominance pour fournir un ensemble de solutions possibles et satisfaisantes, minimisant le compromis entre la distance totale parcourue et la somme des retards.

[Jih, W et Jan, Y, 1999] proposent une approche hybride, basée sur les algorithmes génétiques et la programmation dynamique, pour la résolution du 1-PDPTW dynamique. Cette approche utilise d'abord la programmation dynamique pour générer la route optimale. Si la solution optimale n'est pas trouvée dans un délai précis, ils appliquent les algorithmes génétiques sur les routes partiellement construites. La figure 1.13 illustre l'architecture de cette approche hybride.

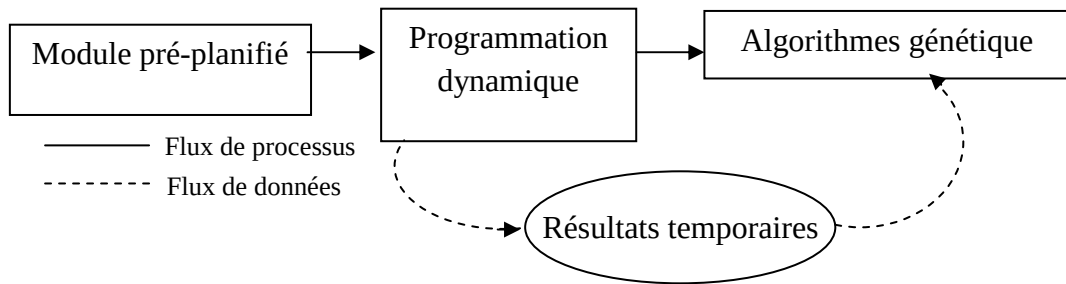


Figure 1.13 : Architecture de l'algorithme génétique hybride proposé

Dans [Mitrovic-Minic, S et al, 2004], les auteurs présentent un double-horizon basé sur des heuristiques pour la résolution du PDPTW dynamique. Les résultats de calcul de cette approche montrent l'avantage d'utiliser un double-horizon, en liaison avec les heuristiques d'insertion et d'amélioration. La méthode de résolution se compose d'une procédure d'insertion/réinsertion et d'une procédure d'amélioration de recherche tabou. La longueur de l'horizon à court terme est d'une heure et la durée de la procédure d'amélioration est de 15 minutes. La figure 1.14 montre le déroulement d'une telle approche.

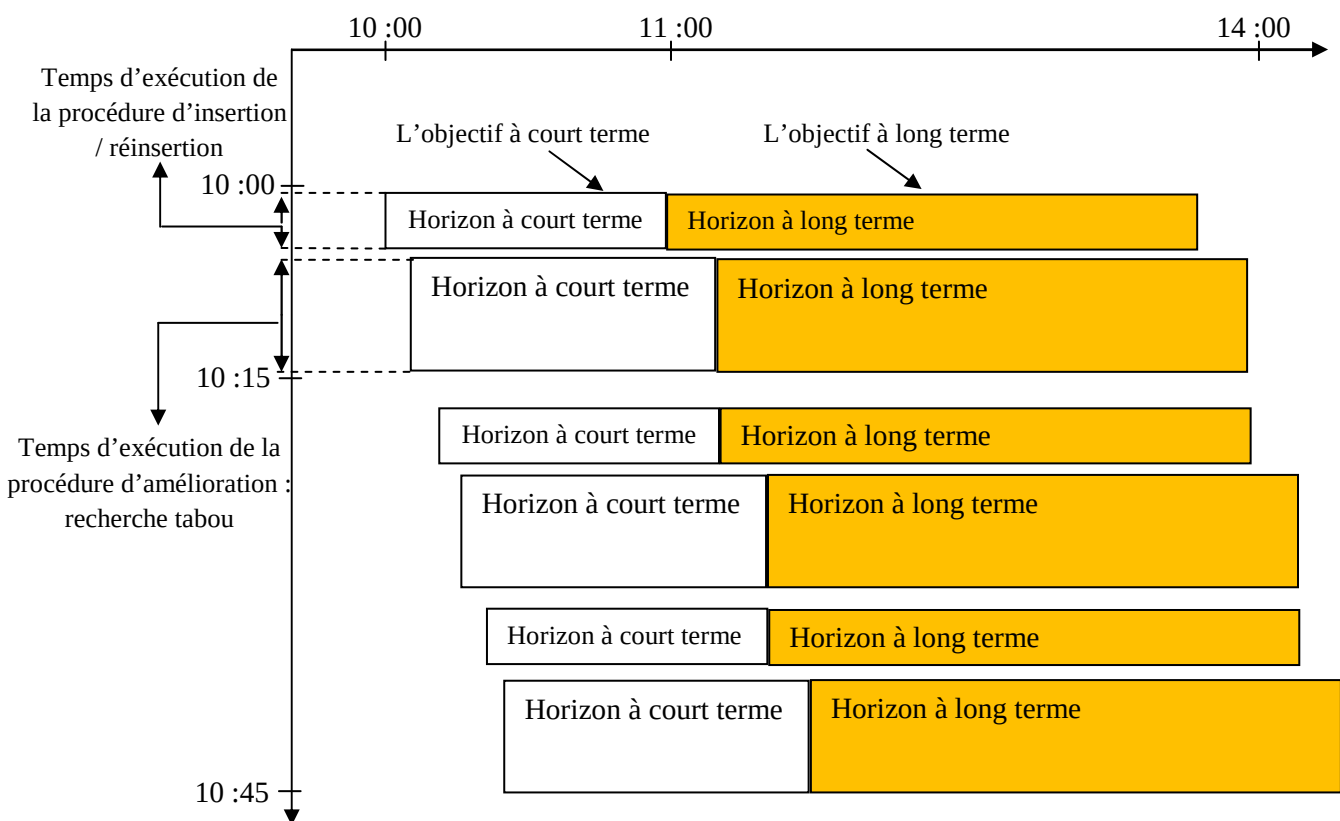


Figure 1.14 : un double-horizon basé sur d'heuristiques appliqué au PDPTW dynamique

[Ropke, S et Cordeau, J-F, 2008] présentent une nouvelle approche basée sur l'algorithme Branch-and-Cut-and-price et le calcul des bornes inférieures pour la résolution du PDPTW.

1.5.2 Etat de l'art du m-PDPTW

[Sol, M et al, 1994] ont proposé un algorithme de *branch and price* pour résoudre le m-PDPTW et ce en minimisant le nombre de véhicules nécessaires pour satisfaire toutes les demandes de transport et la distance totale parcourue.

[Jaw et al, 1986] présentent un algorithme d'insertion séquentielle avec comme fonction objectif une pondération des coûts et de la non-satisfaction des clients pour résoudre le m-PDP multi-objectif.

[Jung et Haghani, 2000] ont développé un algorithme génétique qui résout le m-PDPTW dans lequel un véhicule fait une seule tournée et les fenêtres de temps ne sont pas respectées impérativement. La fonction objectif est une pondération du coût et des pénalisations causées par la satisfaction d'une demande de transport en dehors de sa fenêtre de temps.

[Quan, L et al, 2003] ont arboré une heuristique de construction basée sur le principe d'insertion ayant pour fonction objectif, la minimisation du coût total, incluant les coûts fixes des véhicules et les frais de déplacement qui sont proportionnels à la distance de déplacement.

Une nouvelle métaheuristique se basant sur un algorithme de recherche tabou intégré dans un recuit simulé, a été développée par [Li, H et Lim. A, 2001] pour résoudre le m-PDPTW, ceci en recherchant, à partir de la meilleure solution courante s'il y a amélioration pendant plusieurs itérations. La fonction objectif est une pondération du nombre de véhicules, de la distance totale parcourue, du temps total et du temps d'attente.

D'autres travaux ont aussi utilisé la recherche tabou pour la résolution du m-PDPTW, ayant pour objectif de maximiser le nombre de demandes affectées aux véhicules et de réduire le coût total du voyage. [F. Malca1 et F. Semet, 2003]

[Li, H et al, 2002] ont développé une méthode appelée « *Squeaky wheel* » pour résoudre le m-PDPTW avec une recherche locale. Dans ce travail les auteurs cherchent à minimiser la taille de la flotte de véhicules, la distance parcourue, la durée totale et les temps d'attente. Ils ont utilisé l'heuristique d'insertion de Solomon pour construire une solution. Cette solution

est analysée pour générer des priorités qui détermineront l'ordre dans lequel une heuristique gloutonne construira une nouvelle solution.

[Lao et Liang, 2002] présentent une méthode à deux phases pour le m-PDPTW. Dans la première phase, une nouvelle heuristique hybride basée sur une procédure d'insertion standard est appliquée pour construire la solution initiale. Dans la deuxième phase, ils proposent une méthode de recherche tabou pour améliorer cette solution. L'algorithme est aussi évalué sur un ensemble d'instances de problèmes générés par Solomon.

[Bent, R et Van Hentenryck, P, 2006] présentent un algorithme hybride à deux étapes pour la résolution du m-PDPTW. La première étape utilise un algorithme de recuit simulé simple pour diminuer le nombre de routes, tandis que la deuxième étape utilise l'algorithme LNS pour diminuer le coût total de transport.

Le DARP (*Dial-a-Ride Problem*) qui est une extension du PDP a été de même étudié, où les marchandises sont des personnes, d'où certaines contraintes techniques supplémentaires dues au transport de personnes comme par exemple, le fait d'avoir un seul point d'embarquement par point de débarquement et vice versa, et l'obligation de respecter des délais particuliers.

[Y. Dumas et al, 1989] regroupent les demandes par véhicule suivant des critères de proximité puis construisent les tournées réalisables par un algorithme de résolution du *Single-Vehicle* DARP. Ceci se fait par une méthode de génération de colonnes utilisant un algorithme exact de programmation dynamique [Desrosiers et al, 1986] pour le sous-problème de routage (1-PDPTW).

[Diana et Dessouky, 2004] présentent une heuristique d'insertion parallèle pour résoudre le DARP à grande échelle avec fenêtres de temps. L'algorithme proposé est testé sur un ensemble de données de 500 et 1000 demandes compilé à partir de données du service de transport de Los Angeles.

Un récent état de l'art à ce sujet est proposé par Cordeau, et Laporte [Cordeau. J-F et Laporte. G, 2003].

Vu que le VRP est un problème NP-difficile [Savlesbergh, 1995], le PDPTW étant une extension de ce dernier à laquelle sont additionnées les différentes contraintes est aussi un problème NP-Difficile.

1.5.3 Modélisation Mathématique du m-PDPTW

L'objectif est de servir toutes les demandes des clients, en minimisant le coût total de transport. Ce coût est relatif au nombre de véhicules utilisés et à la distance parcourue par chaque véhicule.

Ce problème est caractérisé par les paramètres suivants :

- N : Ensemble des nœuds clients, fournisseurs et dépôt,
- N' : Ensemble des nœuds clients, fournisseurs,
- N^+ : Ensemble des nœuds fournisseurs,
- N^- : Ensemble des nœuds clients,
- K : Nombre de véhicules,
- d_{ijk} : distance euclidienne entre le nœud i et le nœud j parcourue par la véhicule k , si $d_{ijk} = \infty$ alors le chemin entre i et j n'existe pas (impasse, rue piétonne,...)
- t_{ijk} : temps mis par le véhicule k pour aller du nœud i au nœud j ,
- $[e_i, l_i]$: fenêtre de temps du nœud i ,
- s_i : temps d'arrêt au nœud i ,
- q_i : quantité à traiter au nœud i . Si $q_i > 0$, le nœud est fournisseur ; Si $q_i < 0$, le nœud est un client et si $q_i = 0$ alors le nœud a été servi.
- Q_k : capacité du véhicule k ,
- $i = 0..N$: indice des nœuds prédécesseurs,
- $j = 0..N$: indice des nœuds successeurs,
- $k = 1..K$: indice des véhicules,
- $X_{ijk} = \begin{cases} 1 & \text{Si le véhicule } k \text{ voyage du nœud } i \text{ vers le nœud } j \\ 0 & \text{Sinon} \end{cases}$
- A_i : temps d'arrivée au nœud i ,
- D_i : temps de départ du nœud i ,

- y_{ik} : quantité présente dans le véhicule k visitant le nœud i ,
- C_k : coût de transport par unité de distance associé au véhicule k ,
- Un nœud (fournisseur ou client) n'est servi que par un seul véhicule
- Il y a un seul dépôt,
- Les contraintes de capacité doivent être respectées,
- Les contraintes de temps sont rigides concernant l'heure d'arrivée,
- Chaque véhicule commence le trajet du dépôt et y retourne à la fin,
- Un véhicule reste à l'arrêt à un nœud le temps nécessaire pour le traitement de la demande.
- Si un véhicule arrive au nœud i avant la date e_i de début de sa fenêtre, il attend.

La fonction à minimiser est donnée comme suit :

$$\text{Minimiser } f = \left(\sum_{k \in K} \sum_{i \in N} \sum_{j \in N} C_k d_{ijk} X_{ijk} \right) \quad (1.9)$$

Sous :

$$\sum_{i=1}^N \sum_{k=1}^K X_{ijk} = 1, j = 2, \dots, N \quad (1.10)$$

$$\sum_{j=1}^N \sum_{k=1}^K X_{ijk} = 1, i = 2, \dots, N \quad (1.11)$$

$$\sum_{i \in N} X_{i0k} = 1, \forall k \in K \quad (1.12)$$

$$\sum_{j \in N} X_{0jk} = 1, \forall k \in K \quad (1.13)$$

$$\sum_{i \in N} X_{iuk} - \sum_{j \in N} X_{ujk} = 0, \forall k \in K, \forall u \in N \quad (1.14)$$

$$X_{ijk}=1 \Rightarrow y_{jk} = y_{ik} + q_i, \forall i, j \in N; \forall k \in K \quad (1.15)$$

$$y_{0k} = 0, \forall k \in K \quad (1.16)$$

$$Q_k \geq y_{jk} \geq 0, \forall j \in N; \forall k \in K \quad (1.17)$$

$$D_w \leq D_v, \forall w \in N^+; \forall v \in N^- \quad (1.18)$$

$$D_0 = 0 \quad (1.19)$$

$$X_{ijk} = 1 \Rightarrow D_i + t_{ijk} \leq D_j, \forall i, j \in N; \forall k \in K \quad (1.20)$$

Les équations (1.10) et (1.11) assurent que chaque nœud n'est servi qu'une seule fois par un et un seul véhicule.

Les équations (1.12) et (1.13) assurent qu'un véhicule ne sort du dépôt et n'y revient qu'une seule fois.

L'équation (1.14) assure la continuité d'une tournée par un véhicule : le nœud visité doit impérativement être quitté.

Les équations (1.15), (1.16) et (1.17) assurent le non dépassement de la capacité de transport d'un véhicule.

Les équations (1.18), (1.19) et (1.20) assurent le respect des précédences. Un client ne doit pas être visité avant son fournisseur.

1.6 Conclusion

Au terme de ce chapitre, nous avons évoqué les différentes études réalisées dans le domaine de l'ordonnancement de transport, à savoir le problème général de construction de tournées de véhicules : le *VRP* et ses différentes variantes.

Ensuite, nous avons présenté un état de l'art du PDPTW ainsi que sa formulation mathématique. Les métaheuristiques telles que les algorithmes génétiques, qui permettent d'obtenir des résultats convenables en un temps acceptable, feront l'objet du chapitre suivant et ce en les adaptant au problème auquel nous allons nous intéresser : le **m-PDPTW**.

2 *Algorithme génétique pour la résolution du m -PDPTW*

Il a bien fallu qu'à un moment donné
quelque chose surgisse du néant.

[Le jardin d'Eden]

2.1 Introduction

Les **algorithmes génétiques** découlent de la famille des algorithmes évolutionnistes. Leur objectif est d'obtenir une solution approchée d'un problème d'optimisation, lorsqu'il n'existe pas de méthode exacte pour le résoudre en un temps raisonnable. Les algorithmes génétiques s'appuient sur des techniques dérivées de l'évolution naturelle : croisement, mutation, sélection, etc.

Nous allons présenter, dans ce chapitre, le principe des algorithmes génétiques en détaillant leurs caractéristiques, leurs mécanismes et leurs rôles dans notre travail.

2.2 Les algorithmes génétiques

2.2.1 Principe

L'utilisation d'algorithmes génétiques a été réalisée, pour la première fois dans [Holland, J, 1962]. Ces travaux ont été par la suite étendus suite à la contribution de David Goldberg, [Goldberg, D, 1989]

Afin de permettre la résolution de problèmes d'optimisation, les algorithmes génétiques se basent sur les différents principes de la figure 1.11 du chapitre précédent. Ces derniers sont décrits ci-dessous :

- Le **codage** : cette étape associe à chaque solution une structure de données. Elle se place généralement après une phase de modélisation du problème traité, afin de permettre de représenter les solutions sous forme de chromosome.

Le **codage binaire** a été très utilisé à l'origine. Son principe est de coder la solution selon une chaîne de bits, qui ont les valeurs 0 ou 1.

Le **codage sous forme d'arbre** : Ce codage utilise une structure arborescente avec une racine de laquelle peuvent être issus un ou plusieurs fils. Un des avantages de ce codage est qu'il peut être utilisé dans le cas de problèmes où les solutions n'ont pas une taille finie.

Le **codage réel** est le plus utilisé, notamment pour les problèmes d'optimisation à variables réelles.

- La **génération de la population initiale**. Cette phase permet de générer une population d'individus qui servira de base pour les générations futures. Le choix de la population

initiale est important car il peut rendre plus ou moins rapide la convergence vers l'optimum global.

- Une **fonction à optimiser** : Celle-ci renvoie une valeur appelée *fitness*, il s'agit d'une fonction d'évaluation de l'individu.
- Des **opérateurs** permettant de modifier la population au cours des générations et d'explorer l'espace de solutions. On distingue deux types d'opérateurs : L'opérateur de **croisement** recombine les gènes d'individus existant dans la population. L'opérateur de **mutation** a pour but de garantir l'exploration de l'espace de solutions.
- Des paramètres de dimensionnement : taille de la population, nombre total de générations ou critère d'arrêt, probabilités d'application des opérateurs de croisement et de mutation.

La figure 2.1 représente le principe général du fonctionnement d'un algorithme génétique.

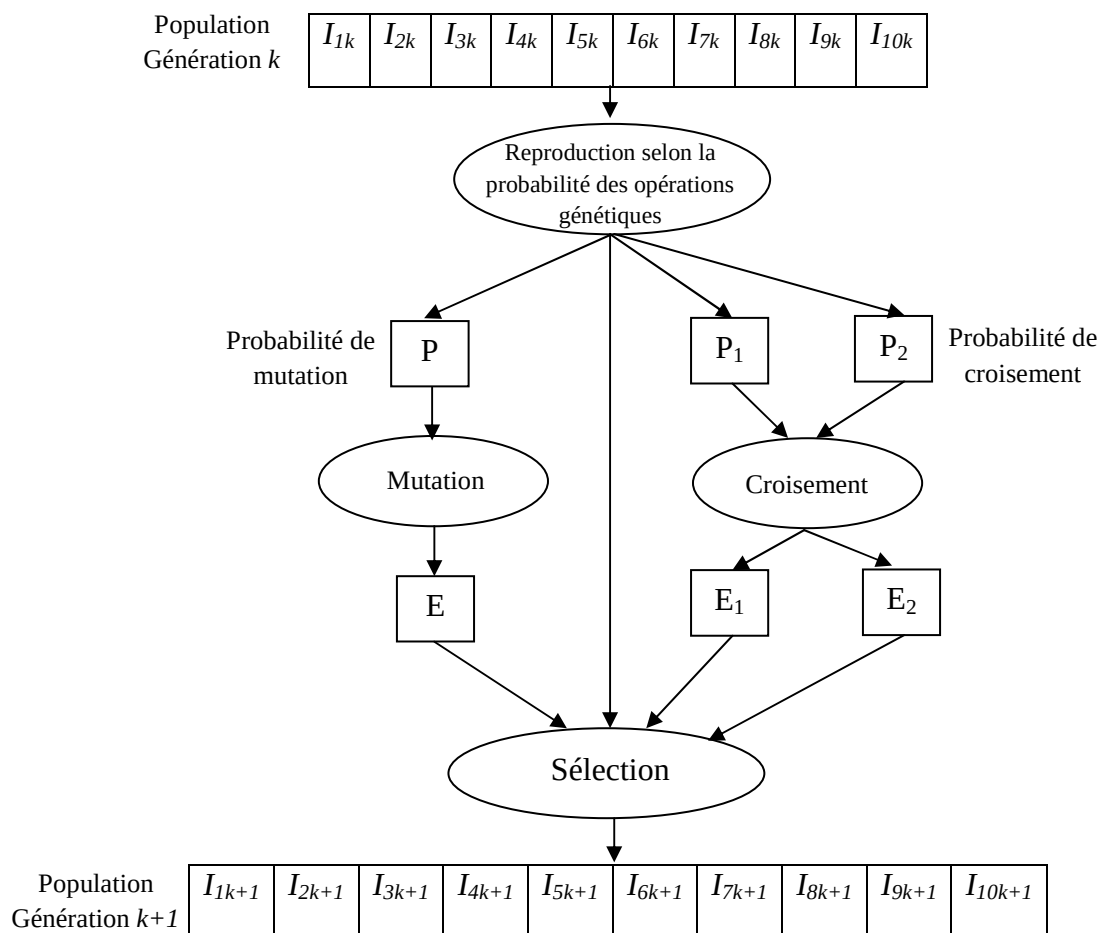


Figure 2.1 : Principe général du fonctionnement d'un algorithme génétique

Les algorithmes génétiques commencent d'abord par générer une population d'individus de façon aléatoire. Pour passer d'une génération k à la génération $k+1$, les trois opérations de croisement, de mutation et d'évaluation sont répétées pour tous les éléments de la population

k . L'opérateur de croisement est appliqué aux deux parents P_1 et P_2 avec une probabilité P_c et génère deux enfants E_1 et E_2 . L'opérateur de mutation est appliqué avec la probabilité P_m (P_m est généralement inférieur à P_c) et génère un enfant muté E . L'évaluation est ensuite appliquée aux enfants E_1 , E_2 et E avant leur insertion dans la nouvelle population.

Nous allons maintenant détailler chacune de ces opérations.

2.2.2 L'opérateur de croisement

Le croisement a pour objectif d'enrichir la diversité de la population en manipulant la combinaison des chromosomes. Généralement, les croisements sont envisagés avec deux parents et génèrent deux enfants.

Au niveau de cette opération, deux chromosomes s'échangent des parties de leurs chaînes, pour donner de nouveaux chromosomes. Le croisement peut être simple, à un seul point, ou multiples, à deux ou plusieurs points.

Dans le premier cas, illustré par la figure 2.2, les deux chromosomes se croisent et s'échangent des portions « d'ADN » en un seul point. Dans le deuxième cas, présenté par la figure 2.3, il y a plusieurs points de croisement.

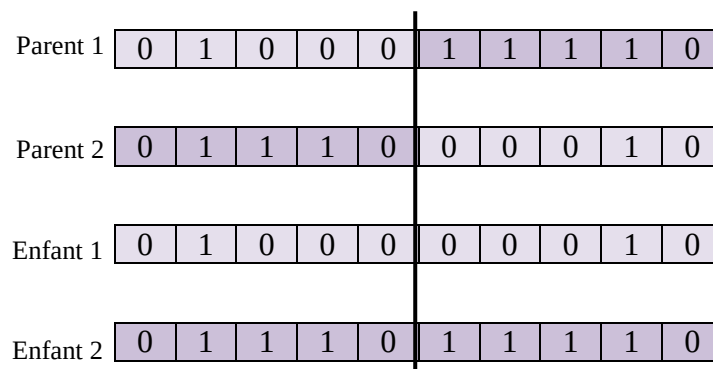


Figure 2.2 : Croisement à un seul point, $k = 5$

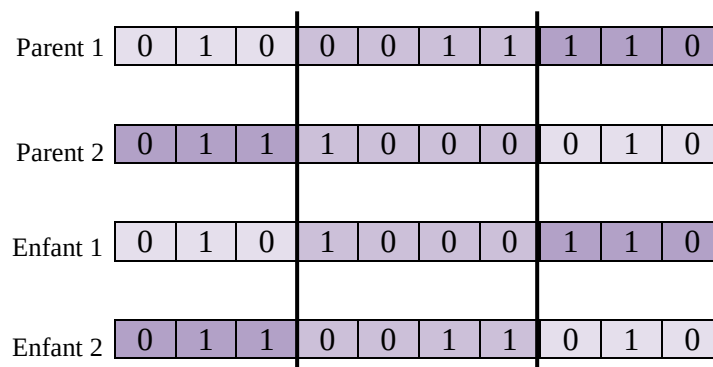


Figure 2.3 : Croisement à deux points, $k_1 = 3$, $k_2 = 7$

Nous pouvons citer aussi une autre méthode très utilisée dans le cas des problèmes modélisés par un codage binaire, il s'agit du **croisement uniforme**. La mise en œuvre de ce procédé consiste à définir au hasard un "masque" de même longueur que les chromosomes des parents, destiné à savoir, de quel parent les enfants devront hériter leurs gènes. Si le masque présente un 0, l'enfant héritera le gène s'y trouvant du premier parent, s'il présente un 1 il en héritera du deuxième parent. La création du deuxième enfant se fait de manière symétrique : si pour un gène donné le masque indique que le premier enfant devra recevoir celui-ci du premier parent, alors le deuxième enfant le recevra du deuxième parent, et si le premier enfant le reçoit du deuxième parent alors le deuxième enfant le recevra du premier parent. Ce type de croisement est représenté par la figure 2.4.

Parent 1	0	0	1	0	0	1	1	1	1	0
Parent 2	1	1	0	1	1	0	0	0	0	1
Enfant 1	0	0	0	1	0	1	1	1	1	0
Enfant 2	1	1	1	0	1	0	0	0	0	1

Figure 2.4 : Croisement uniforme

2.2.3 L'opérateur de mutation

L'opérateur de mutation consiste à remplacer, de façon aléatoire, un gène au sein d'un chromosome par un autre.

La mutation sert à éviter une convergence trop rapide de l'algorithme génétique vers un minimum local. Il est donc nécessaire de choisir pour cet opérateur une valeur relativement faible de manière à ne pas tomber dans une recherche aléatoire et conserver le principe de sélection et d'évolution. Ainsi, les propriétés de convergence des algorithmes génétiques sont donc fortement dépendantes de cet opérateur sur le plan théorique.

Avant la mutation	0	1	0	0	0	1	1	1	1	0
Après la mutation	0	1	0	1	0	1	1	1	1	0

Figure 2.5 : Principe de l'opérateur de mutation, $k = 4$

2.2.4 L'opérateur de sélection

La sélection permet d'identifier statistiquement les meilleurs individus d'une population et d'éliminer les mauvais. Il existe plusieurs techniques de sélection. Nous citons les principales techniques utilisées:

- Le principe de sélection par **Roulette pondérée** (*Roulette wheel selection*) : consiste à associer à chaque individu un segment dont la longueur est proportionnelle à sa valeur d'évaluation. Ces segments sont ensuite concaténés sur un axe que l'on normalise entre 0 et 1. On tire alors un nombre aléatoire de distribution uniforme entre 0 et 1, puis on fixe le segment sélectionné. Avec ce système, les segments sélectionnés, c'est-à-dire les bons individus, seront souvent choisis. [Goldberg. D, 1989]
- Le principe de sélection par **Tournoi** : Cette technique utilise la sélection au hasard de deux paires d'individus, puis choisit pour chaque paire l'individu qui a le meilleur score d'évaluation.
- Le principe de sélection **Uniforme** se fait aléatoirement, uniformément et sans intervention de la valeur d'évaluation. Chaque individu admet donc une probabilité, égale à $\frac{1}{P}$, d'être sélectionné, où P est le nombre total d'individus dans la population.

Quand la taille de la population est réduite, il est difficile d'acquérir en pratique une meilleure sélection en raison du peu de tirages réalisés. La *Stochastic remainder without replacement selection* évite ce genre de problème. [Goldberg. D, 1989]

- La sélection **Stochastic remainder without replacement** est décrite comme suit :
 - Pour chaque élément i , on détermine le rapport r_i de sa fitness sur la moyenne des fitness.
 - Soit $e(r_i)$ la partie entière de r_i , chaque élément est reproduit exactement $e(r_i)$ fois.

Nous allons, dans ce qui suit, nous intéresser à l'application des algorithmes génétiques dans notre problème étudié : le m-PDPTW.

2.3 Un algorithme génétique pour le m-PDPTW [I. Harbaoui Dridi et al, 2008] [I. Harbaoui Dridi et al, 2009a]

Dans le problème m-PDPTW auquel nous nous intéressons, nous considérons une flotte de véhicules V_k de capacité Q_k et un ensemble de biens à transporter des fournisseurs vers différentes destinations. L'objectif est de servir un ensemble de clients, sous certaines contraintes relatives aux véhicules, à leurs capacités et à des précédences entre les nœuds, et ce en minimisant le coût total de transport. Ce coût est relatif au nombre de véhicules utilisés et à la distance parcourue par chaque véhicule.

Notre problème est caractérisé par les paramètres suivants :

- N : Ensemble des nœuds clients, fournisseurs et dépôt,
- N' : Ensemble des nœuds clients, fournisseurs,
- N^+ : Ensemble des nœuds fournisseurs,
- N^- : Ensemble des nœuds clients,
- K : Nombre de véhicules,
- d_{ij} : distance euclidienne entre le nœud i et le nœud j , si $d_{ij} = \infty$ alors le chemin entre i et j n'existe pas (impasse, rue piétonne,...)
- t_{ijk} : temps mis par le véhicule k pour aller du nœud i au nœud j ,
- $[e_i, l_i]$: fenêtre de temps du nœud i ,
- s_i : temps d'arrêt au nœud i ,
- q_i : quantité à traiter au nœud i . Si $q_i > 0$, le nœud est fournisseur ; Si $q_i < 0$, le nœud est un client.
- Q_k : capacité du véhicule k ,
- $i = 0..N$: indice des nœuds prédécesseurs,
- $j = 0..N$: indice des nœuds successeurs,
- $k = 1..K$: indice des véhicules,
- $x_{ijk} = \begin{cases} 1 & \text{Si le véhicule } k \text{ voyage du nœud } i \text{ vers le nœud } j \\ 0 & \text{Sinon} \end{cases}$

- A_i : temps d'arrivée au nœud i ,
- D_i : temps de départ du nœud i ,
- y_{ik} : quantité présente dans le véhicule k visitant le nœud i ,
- c_k : coût de transport par unité de distance associé au véhicule k ,
- Un nœud (fournisseur ou client) n'est servi que par un seul véhicule et en une seule fois,
- Il y a un seul dépôt,
- Les contraintes de capacité doivent être respectées,
- Les contraintes de temps sont rigides concernant l'heure d'arrivée,
- Chaque véhicule commence le trajet du dépôt et y retourne à la fin,
- Un véhicule reste à l'arrêt à un nœud le temps nécessaire pour le traitement de la demande.
- Si un véhicule arrive au nœud i avant la date e_i de début de sa fenêtre, il attend.

La fonction à minimiser est donnée comme suit :

$$\text{Minimiser } f = \left(\sum_{k \in K} \sum_{i \in N} \sum_{j \in N} c_k d_{ijk} x_{ijk} \right) \quad (2.1)$$

Sous :

$$\sum_{i=1}^N \sum_{k=1}^K x_{ijk} = 1, j = 2, \dots, N \quad (2.2)$$

$$\sum_{j=1}^N \sum_{k=1}^K x_{ijk} = 1, i = 2, \dots, N \quad (2.3)$$

$$\sum_{i \in N} X_{i0k} = 1, \forall k \in K \quad (2.4)$$

$$\sum_{j \in N} X_{0jk} = 1, \forall k \in K \quad (2.5)$$

$$\sum_{i \in N} X_{iuk} - \sum_{j \in N} X_{ujk} = 0, \forall k \in K, \forall u \in N \quad (2.6)$$

$$X_{ijk}=1 \Rightarrow y_{jk} = y_{ik} + q_i, \forall i, j \in N; \forall k \in K \quad (2.7)$$

$$y_{0k} = 0, \forall k \in K \quad (2.8)$$

$$Q_k \geq y_{jk} \geq 0, \forall j \in N; \forall k \in K \quad (2.9)$$

$$D_w \leq D_v, \forall w \in N^+; \forall v \in N^- \quad (2.10)$$

$$D_0 = 0 \quad (2.11)$$

$$X_{ijk} = 1 \Rightarrow D_i + t_{ijk} \leq D_j, \forall i, j \in N; \forall k \in K \quad (2.12)$$

Les équations (2.2) et (2.3) assurent que chaque nœud n'est servi qu'une seule fois par un et un seul véhicule.

Les équations (2.4) et (2.5) assurent qu'un véhicule ne sort du dépôt et n'y revient qu'une seule fois.

L'équation (2.6) assure la continuité d'une tournée par un véhicule : le nœud visité doit impérativement être quitté.

Les équations (2.7), (2.8) et (2.9) assurent le non dépassement de la capacité de transport d'un véhicule.

Les équations (2.10), (2.11) et (2.12) assurent le respect des précédence.

2.3.1 Codage de chromosomes

Le codage permet de représenter les solutions sous forme de chromosomes. Un chromosome est une suite (permutation) de nœuds, qui indique l'ordre dans lequel un véhicule doit visiter tous les nœuds. Ce type de codage (Figure 2.6) est appelé codage par liste de permutation.

Position	début	1 ^{ère}	2 ^{ème}	3 ^{ème}	4 ^{ème}	5 ^{ème}	6 ^{ème}	7 ^{ème}	8 ^{ème}	9 ^{ème}	10 ^{ème}	fin
Nœud (i)	0	5	2	6	4	3	10	8	7	9	1	0

Figure 2.6 : Codage par liste de permutation

Le nœud « 0 » représente le dépôt.

2.3.2 Décodage du passage des véhicules

Le décodage permet, à partir de chaque chromosome de la population, d'obtenir une solution initiale indiquant le passage de chaque véhicule sur les nœuds correspondants. (Figure 2.7)

Véhicule	coût	début	1 ^{ère}	2 ^{ème}	3 ^{ème} / fin	4 ^{ème}	fin
v_1	c_1	0	2	4	1	5	0
v_2	c_2	0	3	6	7	10	0
v_3	c_3	0	8	9	0		

Figure 2.7 : Ordre de passage des véhicules

2.3.3 Croisement

Suite à la génération aléatoire de la population initiale, nous procédons la phase de croisement qui assure la recombinaison de gènes parentaux pour former de nouveaux descendants. Pour ce faire, nous considérons p la position de croisement, et nous traitons cette phase comme le montre la figure 2.8.

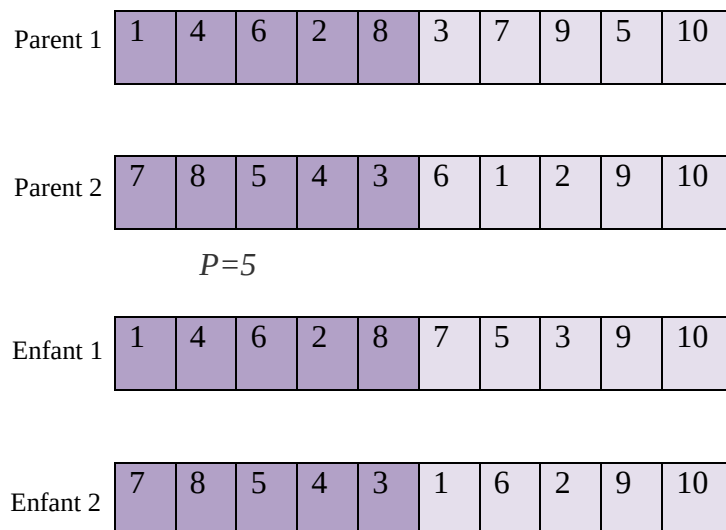


Figure 2.8 : Croisement à un point

Le principe de ce type de croisement, est de choisir aléatoirement un point de croisement p . Ensuite le premier enfant héritera du premier parent les mêmes gènes qui précèdent le point p . Après, pour achever cet enfant, nous explorons le deuxième parent gène par gène, si le gène n'a pas été inséré dans le premier enfant, alors nous le dupliquons dans cet enfant. Enfin, nous reproduisons cette démarche pour générer le deuxième enfant.

La figure 2.9 représente l'algorithme de cet opérateur de croisement à un point.

```
I1, I2 : Individus parents ;
I3, I4 : Individus enfants ;
P : Point de croisement ;
n : Nombre de gènes par individu ;
Début
Choisir aléatoirement une position de croisement  $p$  ;
  Pour  $i$  de 1 à  $p$  faire
    I3[i] = I1[i] ;
    I4[i] = I2[i] ;
  Fin
   $k = p+1$ ;
  Tant que  $k < n$  faire
    Répéter du premier gène du parent I2 jusqu'à  $n$ 
      Si le gène de I2 n'existe pas dans I3 alors
        I3[k] = le gène de I2 ;
      Fin
    Passer au gène suivant de I2 ;
     $k = k+1$  ;
  Fin
   $k = p+1$ ;
  Tant que  $k < n$  faire
    Répéter du premier gène du parent I1 jusqu'à  $n$ 
      Si le gène de I1 n'existe pas dans I4 alors
        I4[k] = le gène de I1 ;
      Fin
    Passer au gène suivant de I1 ;
     $k = k+1$  ;
  Fin
Fin
```

Figure 2.9 : Algorithme de croisement à un point p

2.3.4 Mutation

Un exemple de mutation (Figure 2.10) consiste à choisir deux gènes, au hasard, dans un chromosome et à échanger leurs valeurs respectives.

Parent	1	4	6	2	8	7	5	3	9	10	Avant mutation
Enfant	1	4	7	2	8	6	5	3	9	10	Après mutation

Figure 2.10 : Opération de mutation

La figure 2.11 illustre l'algorithme de mutation utilisé dans nos travaux.

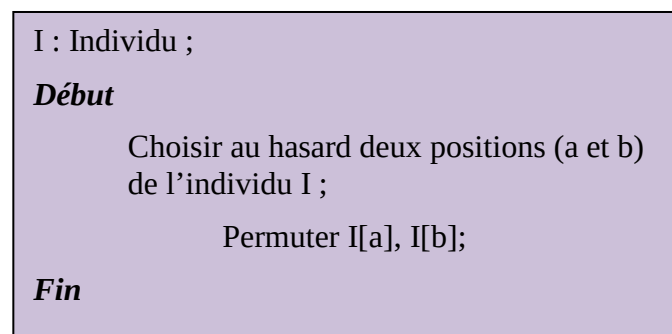


Figure 2.11 : Algorithme de mutation

Notons ici qu'il faut respecter les contraintes de précédence et de capacité, afin de garantir qu'un client ne soit pas visité avant son fournisseur et pour assurer la non surcharge de chaque véhicule.

2.3.5 Procédure de l'approche proposée pour la minimisation du coût total de transport

2.3.5.1 Génération de la population initiale

Le mécanisme de génération de la population initiale permet de produire une population d'individus qui servira de base pour les futures générations. Le choix de la population initiale est important car il peut rendre plus ou moins rapide la convergence vers l'optimum global.

Dans notre cas, nous allons générer deux types de populations.

Une première population notée P_{noeud} , qui représente tous les nœuds à visiter par l'ensemble des véhicules, selon le codage par liste de permutation. (Figure 2.6)

La deuxième population notée $P_{vehicule}$ indique le nombre de nœuds visités par chaque véhicule. Sachant que k varie entre 1 et K véhicules. La figure 2.12 montre un exemple d'un individu de $P_{vehicule}$, avec $K=10$.

V_1	V_2	V_3	V_4	V_5
6	4	0	0	0

Figure 2.12 : Exemple d'individu de $P_{vehicule}$

Notant ici que nous avons élaboré deux méthodes différentes pour déterminer la population $P_{vehicule}$. Soit nous explorons tous les véhicules disponibles, soit nous utilisons un certain nombre de véhicules permettant ainsi de répondre à nos exigences de moindre coût.

2.5.3.2 Génération de la population nœuds / Véhicules

Avant d'entamer la construction de la population $P_{noeud/vehicule}$, nous procédons à la phase de correction de précédence et de capacité entre les nœuds.

Soient les couples client / fournisseur suivants : (1,5), (2,8), (9,7), (10,3) et (4,6), notant que $Q_{kmax} = 60$ et que la quantité servie ou desservie pour chaque nœud est égale à 20, nous présentons, respectivement, dans les figures 2.13 et 2.14, le principe de correction de précédence et de capacité.

0	3	2	6	8	1	4	5	9	10	7	0
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	---	---

Avant correction

0	3	8	2	6	5	1	4	7	9	10	0
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	---

Après correction

Figure 2.13 : principe de correction de précédence

0	5	8	7	3	1	2	4	9	6	10	0
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	---

Avant correction

0	5	8	7	9	3	1	2	4	6	10	0
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	---

Figure 2.14 : principe de correction de capacité

Le principe de correction de précédence consiste à vérifier que chaque client n'est pas visité avant son fournisseur. Pour cela, nous parcourons chaque individu gène par gène, si ce dernier est un client et que son fournisseur n'a pas été visité avant lui, nous cherchons son fournisseur dans la suite du chromosome et nous l'insérons dans la position qui précède ce client. Ce principe est décrit dans l'algorithme de la figure 2.15.

```

I : Individu ;
n : Nombre de gène par individu ;
posf : Position du fournisseur f ;
posc : Position du client c ;
Début
  Pour i de 1 à n faire
    c = I[i];
    posc = i;
    Si c est un client alors
      f = fournisseur [c] ;
      Pour k de 0 à n faire
        Si f = I[k] alors
          Posf = k;
          Si (posf > posc) alors
            Pour m de posf à (posc+1) faire
              I[m] = [m-1] ;
            Fin
          I[posc] = f ;
        Fin
      Fin
    Fin
  Fin

```

Figure 2.15 : Algorithme de correction de précédence

Quant au principe de correction de capacité, il s'agit de même de parcourir l'individu gène par gène et de calculer à chaque nœud la quantité transportée par le véhicule. Si celle-ci est supérieure à la capacité du véhicule, alors nous cherchons dans la suite des nœuds qui précèdent cette position d'excès de capacité, un fournisseur dont le client n'a pas encore été servi et nous insérons son client dans la position qui le suit immédiatement.

La figure 2.16 représente l'algorithme du principe de correction de capacité.

```

I : Individu ;
n : Nombre de gènes par individu ;
Début
 $Q_{max}$  ;
 $qt = 0$  ;
Pour i de 1 à n faire
     $f = I[i]$  ;
     $qt = qt + qt[f]$  ; //  $qt[f]$  représente la quantité associée au nœud f
    Si (  $Q_{max} < qt$  ) alors
        Pour k de (i-1) à 0 faire
            Si  $I[k]$  est un fournisseur dont le client n'a pas été servi alors
                Pour m de (i+1) à n faire
                    Si  $I[m]$  est le client de  $I[k]$  alors
                         $c = I[m]$  ;
                        Pour j de m à (k+2) faire
                             $I[j] = I[j-1]$  ;
                        Fin
                         $I[k+1] = c$  ;
                         $qt = qt - qt[I[i]] + qt[client[I[k]]]$  ;
                    Fin
                Fin
            Fin
        Fin
    Fin
    Fin
    Fin
    Fin
    Fin

```

Figure 2.16 : Algorithme de correction de capacité

En considérant la population P_{noeud} , donnée par la figure 2.6, les procédures de correction et la population $P_{vehicule}$, donnée par la figure 2.12, nous illustrons dans la Figure 2.17 un exemple d'individus correspondants de la population $P_{noeud/vehicule}$.

V_1	C_1	0	5	8	2	6	4	3	0
V_2	C_2	0	10	7	9	1	0		

Figure 2.17 : Exemple d'individus de $P_{\text{nœud/vehicule}}$

Une fois la population $P_{\text{nœud/vehicule}}$ générée, nous abordons la phase de calcul qui permet de déterminer la solution qui minimise notre fonction objectif.

Cependant, nous devons d'abord déterminer la matrice de distances entre les différents nœuds, vu que le coût total de transport est lié aux distances parcourues par les véhicules utilisés. La figure 2.18 représente un exemple de ce type de matrice.

Rappelons que le nœud « 0 » représente le dépôt.

		Nœud i									
Nœud j	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	1	0	104.5	200	85	203.7	55	63	78	89	100
	2	104.5	0	47	108	114	57	99	120	87	102
	3	200	47	0	105	74	76	59	213	184	546
	4	85	108	105	0	89.78	88.7	312	123.4	107	58
	5	203.7	114	74	89.78	0	105.8	73.8	156	213	86
	6	55	57	76	88.7	105.8	0	92.4	73.8	82	50
	7	63	99	59	312	73.8	92.4	0	78	456	321
	8	78	120	213	123.4	156	73.8	78	0	45	123
	9	89	87	184	107	213	82	456	45	0	52
	10	100	102	546	58	86	50	321	123	52	0

Figure 2.18 : Exemple de la matrice de distances

Le principe de la procédure de calcul de distance (Figure 2.19) est de générer une matrice diagonale et symétrique, ayant pour entrées les coordonnées (x, y) des différents nœuds, représentant les distances entre ces derniers.

Cette procédure de calcul de distance concerne les problèmes ayant des nœuds très éloignés, nous considérons donc une estimation des distances qui séparent chaque nœud par rapport aux autres.

Dans d'autres problèmes, cette matrice de distance n'est pas nécessairement symétrique à cause des sens interdits. Généralement, elle fait partie de l'ensemble des données du problème.

(x_i, y_i) : Les coordonnées du nœud i ;
 $M_{dist} : [n+1, n+1]$: Matrice de distance avec $(n+1)$ lignes et $(n+1)$ colonnes ;
 $n+1$: nombre de nœud + dépôt ;
Début
 Pour i de 1 à $n+1$ **faire**
 Pour j de 1 à $n+1$ **faire**
 $M_{dist} [i] [j] = M_{dist} [j] [i] = \text{sqrt} ((x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2)$;
 Fin
 Fin
Fin

Figure 2.19 : Algorithme de calcul de la matrice de distances

2.5.3.3 Procédure de calcul [I. Harbaoui Dridi et al, 2009b]

Chaque véhicule part servir les nœuds dans sa tournée selon l'ordre d'affectation. Une fois rentré au dépôt, nous calculons le coût de transport correspondant à la distance parcourue, et nous répétons ceci jusqu'à ce que tous les nœuds soient servis.

Nous reproduisons ce travail pour chaque individu de la population $P_{vehicule}$ en tenant compte des différentes combinaisons possibles entre $P_{vehicule}$ et P_{noeud} , afin d'obtenir par la suite l'individu correspondant de la population $P_{noeud/vehicule}$ qui minimise notre fonction objectif. Nous illustrons dans la figure 2.20 la démarche à suivre pour déterminer la population $P_{noeud/vehicule}$.

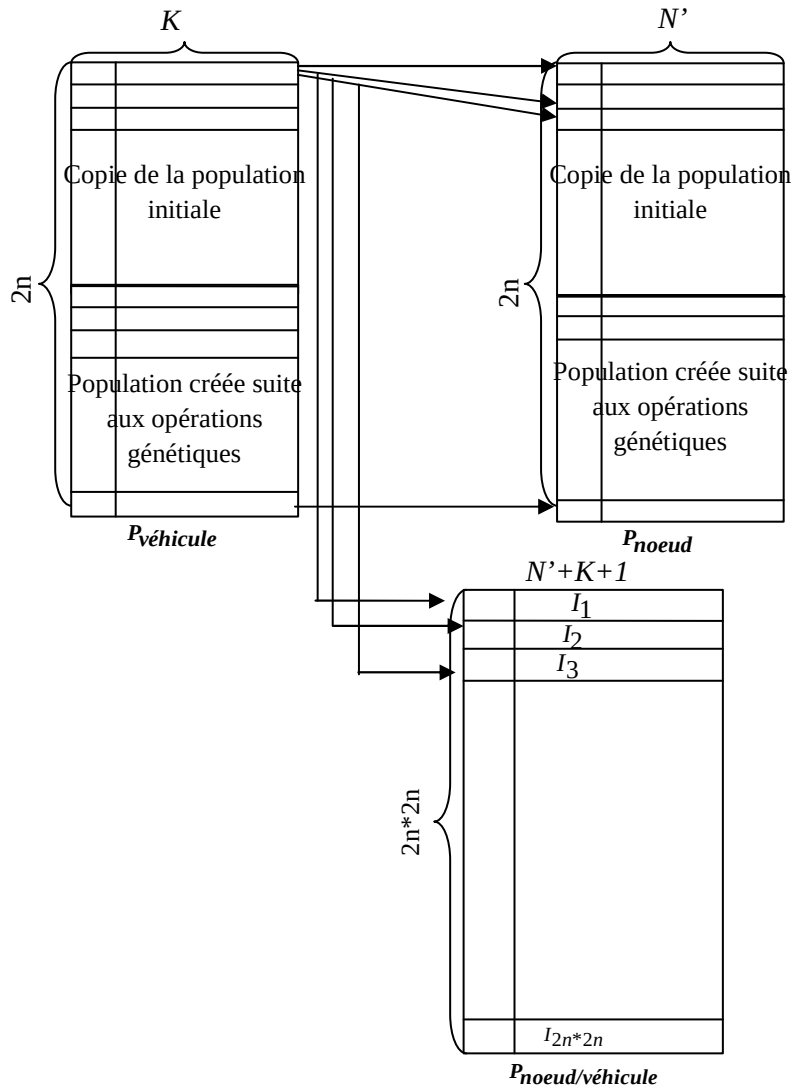


Figure 2.20 : Procédure de calcul

Avec :

n : taille de la population initiale,

f_i : fonction objectif à minimiser (donnée par l'équation 2.1) correspondant à l'itération i ;

$i = 1 \dots 2n * 2n$.

Nous déterminons par la suite :

$$f_{recherchée} = \min_i f_i \quad (2.13)$$

Avant d'entamer la procédure de calcul citée précédemment (Figure 2.20), il faut d'abord vérifier que chaque couple n'est visité que par un seul véhicule.

L'algorithme illustré par la figure 2.21 a pour but de corriger chaque individu de la population $P_{\text{nœud/véhicule}}$ vis-à-vis du couplage des nœuds, afin d'assurer qu'un client est visité par le même véhicule qui a déjà visité son fournisseur.

```

Pop : la population  $P_{\text{nœud/véhicule}}$  ;
n : nombre de nœuds à visiter ;
K : nombre de véhicules disponibles ;

Début
Pour l de 0 à ( $2n*2n$ ) faire
  h = 0 ;

  Pour j de (h+1) à (n+K+1) faire
    h = j ;
    f = Pop [l] [j] ;
    posf = j ;

    Si (f est un fournisseur) alors
      c = client [f] ;
    Fin

    poszéro = position du fin de parcours d'un véhicule au dépôt ;

    Pour k de j à poszéro faire
      Si (Pop [l] [k]  $\neq c$ ) alors
        Pour i de (poszéro + 1) à (n+K+1) faire
          Si (Pop [l] [i] = c) alors
            posc = i ;

            Pour m de posc à (posf + 2) faire
              Pop [l] [m] = Pop [l] [m - 1];
            Fin

            Pop [l] [posf + 1] = c;
          Fin
        Fin
      Fin
    Fin
  Fin
Fin

```

Figure 2.21 : Algorithme de correction de couplage des nœuds

L'algorithme génétique développé pour résoudre le m -PDPTW, et pour minimiser le coût total de transport est représenté par la figure 2.22.

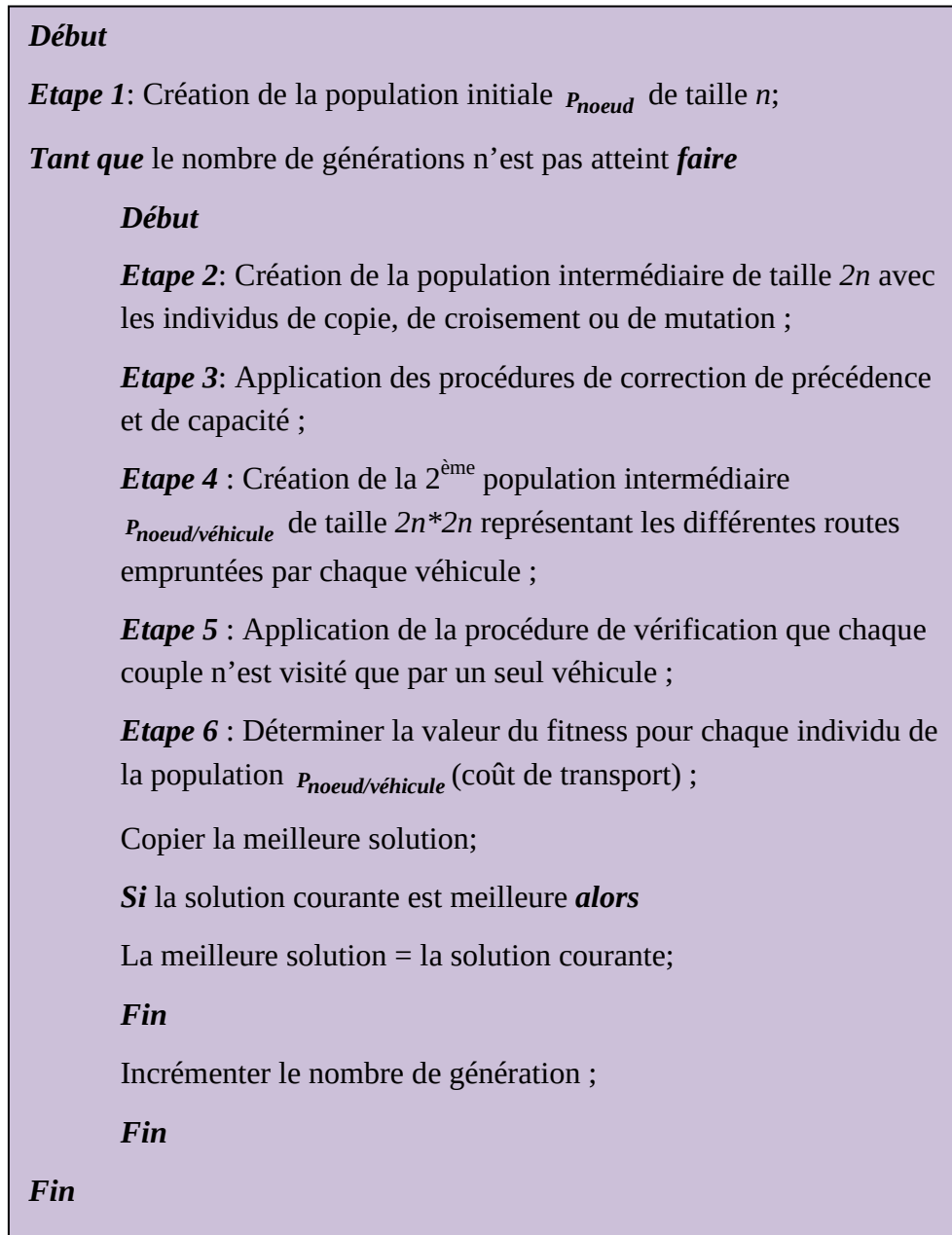


Figure 2.22 : Algorithme génétique pour le m -PDPTW

2.6 Conclusion

Au niveau de ce chapitre, nous avons présenté en premier lieu les algorithmes génétiques et leur principe de fonctionnement. Ensuite, nous avons introduit notre cas d'étude en énonçant la modélisation mathématique du m -PDPTW. En troisième lieu, nous avons montré l'utilisation des algorithmes génétiques pour la résolution de notre problème et ceci en détaillant les différentes procédures de génération de populations, de correction de précédence et de capacité entre les nœuds, en montrant un codage qui représente les paramètres

Chapitre 2 : Algorithme génétique pour la résolution du m -PDPTW

caractérisant chaque individu. Enfin, nous avons présenté notre algorithme de minimisation du coût total de transport pour le m-PDPTW.

Dans le chapitre suivant, nous présenterons l'optimalité au sens de Pareto et son utilisation dans notre problème afin d'optimiser certains critères.

3 *Optimisation multicritère pour la résolution du m-PDPTW*

Aussi vide et nue qu'un tableau noir avant
l'entrée du professeur.

[Locke]

3.1 Introduction

Les problèmes d'optimisation multi-objectif (PMO) ou multicritère ont pour but d'optimiser simultanément plusieurs composants d'un vecteur fonction coût. Ces problèmes peuvent être NP-complets. Par la suite, leur résolution en un temps raisonnable devient nécessaire et oriente plusieurs chercheurs à y travailler.

Dans ce chapitre, nous allons présenter, les différentes méthodes d'optimisation multicritère permettant de trouver un ensemble de solutions optimales définissant la frontière Pareto. Notre but est de concevoir une approche multicritère pour la résolution du m-PDPTW basée sur les algorithmes génétiques, les méthodes d'agrégation et les valeurs minimales permettant de minimiser certains critères.

3.2 Présentation des problèmes d'optimisation multi-objectif

Un PMO peut être présenté de la façon suivante :

$$(PMO) \begin{cases} \min F(x) = (f_1(x), f_2(x), \dots, f_n(x)) \\ \text{sous } x \in C \end{cases} \quad (3.1)$$

où $n \geq 2$ représente le nombre de fonctions objectifs, $x = (x_1, \dots, x_n)$ est le vecteur désignant les variables de décision, C est l'ensemble des solutions réalisables associé à des contraintes d'égalité ou d'inégalité et $F(x) = (f_1(x), f_2(x), \dots, f_n(x))$ est le vecteur des critères à optimiser.

Pour décider si une solution est meilleure qu'une autre, il convient de définir la notion de dominance.

3.2.1 Dominance et optimalité au sens de Pareto

Il s'agit de trouver des solutions représentant un compromis possible entre les critères. Dans ce domaine, le concept de Pareto - optimalité introduit par l'économiste V. Pareto est fréquemment utilisé [Pareto, 1964].

V. Pareto, formule le concept suivant : dans un problème multicritère, il existe un équilibre tel que l'on ne peut pas améliorer un critère sans détériorer au moins un des autres. Cet équilibre a été appelé optimum de Pareto. Un point est dit Pareto optimal s'il n'est dominé par

aucun autre point appartenant à l'espace des solutions. Ces points sont également appelés solutions *non inférieures* ou *non dominées*.

Un point $X \in E$ domine $Y \in E$ si et seulement si :

$$\begin{cases} \forall i, f_i(x) \leq f_i(y) \\ \text{et } \exists j, \text{ tel que } f_j(x) < f_j(y) \end{cases} \quad (3.2)$$

La figure 3.1 illustre un exemple où l'on cherche à minimiser f_1 et f_2 . Les points 1, 3 et 5 ne sont pas dominés. Par contre le point 2 est dominé par le point 3, et le point 4 est dominé par le point 5.

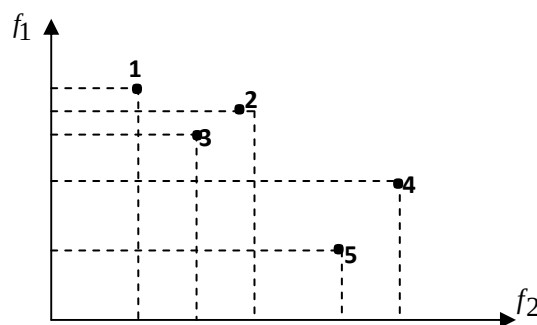


Figure 3.1 : Exemple de dominance

Les problèmes monocritère sont caractérisés par un seul optimum global, par contre l'optimisation multicritère génère un ensemble de solutions optimales traduisant un compromis entre les critères à optimiser. Cet ensemble de solutions désigne les solutions Pareto optimales, et demande ainsi une interaction avec le décideur.

L'intervention du décideur dans le choix des solutions peut être classée en trois cas: [Talbi, 1999] et [Deb et al, 2000]

Choix *a priori* : il s'agit de transformer le problème multicritère en un problème monocritère, en allouant des pondérations qui traduisent l'importance de chaque critère. Toutefois, cette approche requiert une connaissance *a priori* des pondérations de chaque objectif.

Choix *a posteriori* : Le décideur choisit une solution parmi l'ensemble de solutions issues de l'optimisation. Dans ce cas, la qualité du choix dépend de la méthode de résolution.

Choix *progressif ou interactif* : Le décideur choisit une solution au problème par optimisations consécutives. Pour cela, il établit des préférences de façon progressive, lorsqu'il connaît au mieux les caractéristiques du problème.

3.2.2 Classification des méthodes

Les méthodes de résolution pour les problèmes d'optimisation multi-objectif peuvent être regroupées comme le montre la figure suivante :

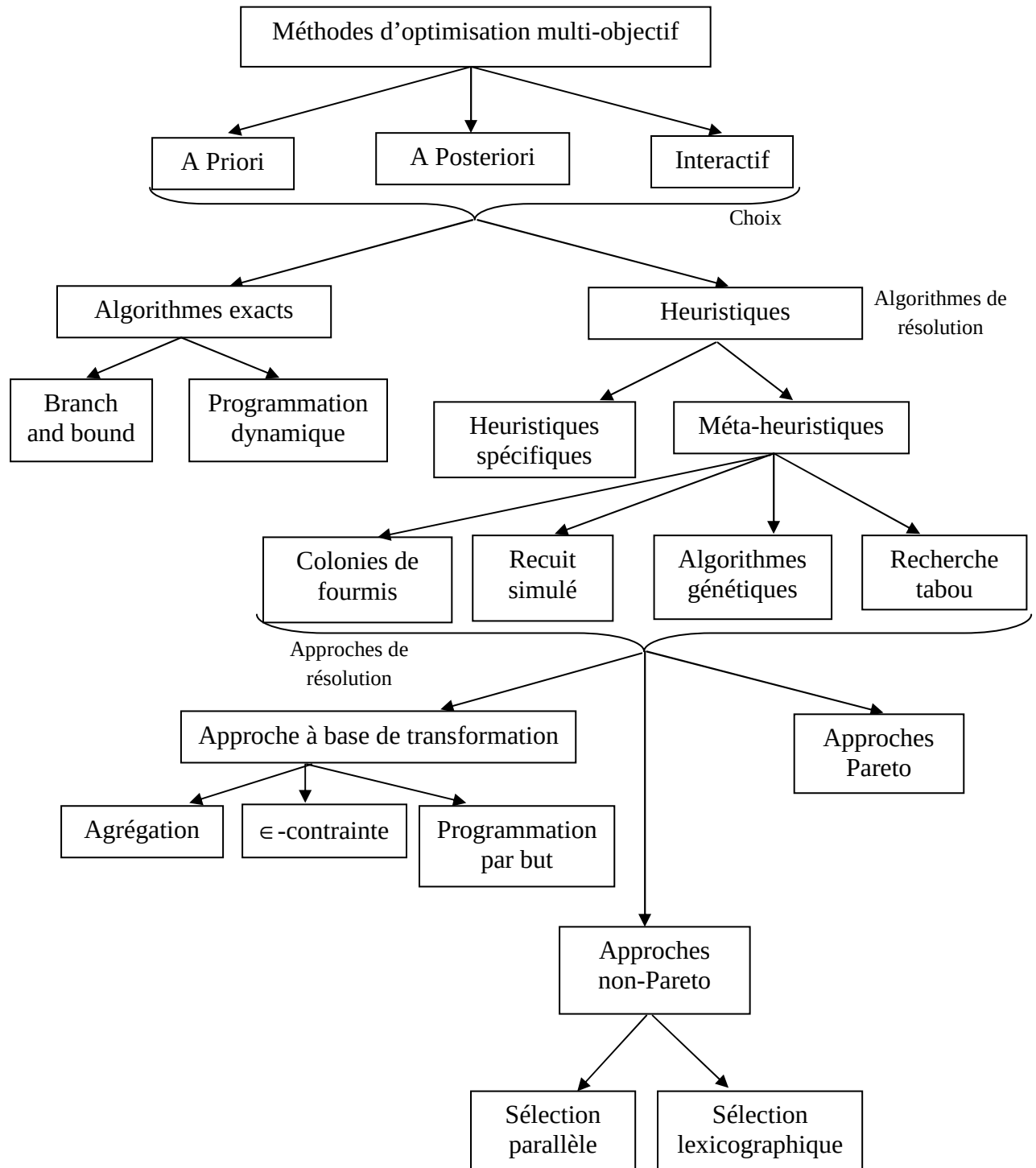


Figure 3.2 : Classification des méthodes d'optimisation multi-objectif

3.2.3 Méthodes de transformation du problème multi-objectif en un problème mono-objectif

Pour la résolution de Problèmes Multi-Objectifs (PMO), plusieurs méthodes classiques transforment le PMO en un problème mono-objectif. Parmi ces méthodes nous distinguons les méthodes d'agrégation, les méthodes ϵ -contrainte, et les méthodes de programmation par but.

3.2.3.1 Méthode d'agrégation

La méthode d'agrégation est l'une des premières méthodes utilisée pour la génération de solutions Pareto optimales. Il s'agit d'inclure tous les objectifs dans une seule fonction d'utilité ou d'agrégation [Roy, 1985], en leur attribuant des poids choisis. Ceci présume que tous les critères à optimiser sont commensurables alors que ce n'est pas toujours le cas. Pour cela le choix de poids s'avère important, afin de mettre en échelle les différentes fonctions coût f_i du problème multi-objectif. La fonction objectif F qui combine ces dernières, généralement de façon linéaire, [Hwang et Masud, 1979] peut être représentée comme suit :

$$F(x) = \sum_{i=1}^n \lambda_i f_i(x) \quad (3.3)$$

Où λ_i sont des coefficients de pondération.

Le fonctionnement de la méthode d'agrégation (Figure 3.3) consiste à fixer un vecteur poids c.à.d. trouver un hyper-plan dans l'espace objectif (une droite pour un problème bi-critères) avec une orientation fixée. La solution Pareto optimale est le point où l'hyper-plan possède une tangente commune avec l'espace réalisable.

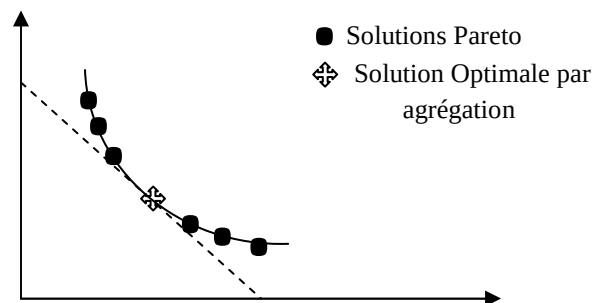


Figure 3.3: Exemple d'optimisation par agrégation à deux objectifs

Si les différents objectifs sont non-commensurables, nous pouvons remplacer l'équation 3.3 sous la forme suivante :

$$F(x) = \sum_{i=1}^n c_i \lambda_i f_i(x) \quad (3.4)$$

Où λ_i sont des coefficients de pondération et c_i sont des constantes qui mettent à la même échelle les différents objectifs. Les constantes c_i sont généralement initialisées à $\frac{1}{f_i(x^*)}$ où $f_i(x^*)$ est la solution optimale associée à la seule fonction objectif $f_i(x)$. Dans ce cas, le vecteur est uniformisé par rapport au vecteur idéal.

L'avantage de la méthode d'agrégation est la production d'une seule solution et ne nécessitent donc pas d'interaction avec le décideur.

3.2.3.2 Méthode ϵ -contrainte

Dans cette méthode, le problème admet une seule fonction objectif f_k à optimiser, avec des contraintes sur les autres fonctions objectifs. Ce type de problème peut être formulé comme le montre l'équation 3.5.

$$(PMO_k(\epsilon)) \begin{cases} \min f_k(x) \\ x \in C \\ \text{s.c. } f_j(x) \leq \epsilon_j, j = 1, \dots, n, j \neq k \end{cases} \quad (3.5)$$

où $\epsilon = (\epsilon_1, \dots, \epsilon_{k-1}, \epsilon_{k+1}, \dots, \epsilon_n)$.

Les différentes valeurs de ϵ_i peuvent être données pour pouvoir générer différentes solutions Pareto optimales. La connaissance des intervalles appropriés pour les valeurs ϵ_i est nécessaire pour tous les objectifs. Pour définir les valeurs appropriées pour ϵ_i , le vecteur idéal doit être calculé pour déterminer les bornes inférieures. On aura donc:

$$\epsilon_i \geq f_i(x^*), i = 1, 2, k-1, k+1, n \quad (3.6)$$

La figure 3.4 représente la méthode ϵ -contrainte pour un problème de minimisation à deux objectifs, où $F(C)$ est l'espace objectif du problème, restreint à $F'(C)$ par la transformation du problème, en minimisant la fonction et en insérant la contrainte $f_2 \leq \epsilon_2$.

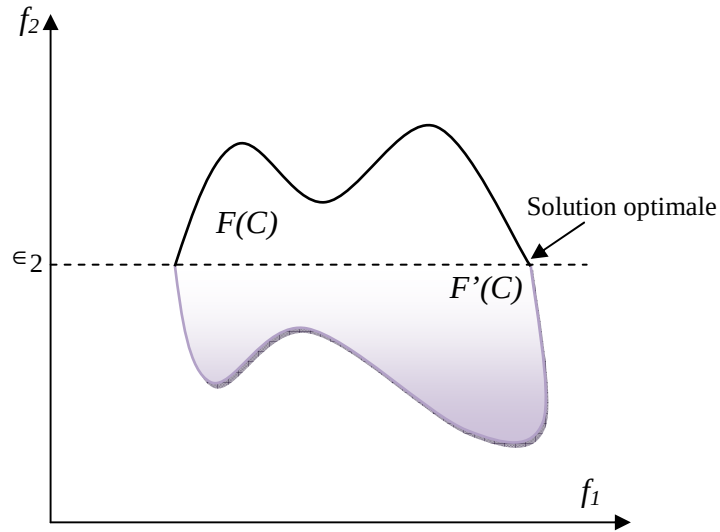


Figure 3.4 : La méthode ϵ -contrainte

3.2.3.3 Programmation par but

Dans cette méthode, le décideur doit indiquer des objectifs qu'il désire satisfaire pour chaque critère. Ces valeurs sont introduites dans la formulation du problème, le transformant en un problème mono-objectif. Par exemple, la fonction coût peut intégrer une norme pondérée qui minimise les déviations par rapport aux objectifs. Le problème peut être formulé comme l'indique l'équation 3.7.

$$(PMO_k(\epsilon)) \begin{cases} \min \left(\sum_{j=1}^n \lambda_j |f_j(x) - z_j|^p \right)^{1/p} \\ \text{s.t. } x \in C \end{cases} \quad (3.7)$$

Où $1 \leq p \leq \infty$ et $\mathbf{z}$ est le vecteur de référence. Si $p = \infty$, l'équation peut être définie comme une fonction Min-Max. Un choix arbitraire du vecteur de référence peut ne pas être désirable, étant donné qu'un mauvais choix du vecteur de référence peut générer une solution qui n'est pas Pareto optimale. [Meunier. H, 2002]

Pour l'optimisation multicritère de notre problème, le m-PDPTW, on a eu recours à l'utilisation des bornes inférieures. Avant de présenter le modèle mathématique adopté, nous allons présenter, dans ce qui suit, les méthodes de calcul des ces bornes.

3.3 1^{ère} Approche multicritère pour l'optimisation du m-PDPTW : [I. Harbaoui Dridi et al, 2009c]

Notre objectif ici, est de servir toutes les demandes des clients, en minimisant le compromis entre le nombre de véhicules, la somme des retards et le coût total de transport. Notre problème est caractérisé par les paramètres déjà cités dans le deuxième chapitre, au niveau du paragraphe 2.3.

La fonction à minimiser est donnée comme suit :

$$\text{Minimiser } f = \begin{cases} K, \\ \sum_{i \in N} \sum_{j \in N} \max(0, D_i - l_i), \\ \sum_{i \in N} \sum_{j \in N} \sum_{k \in K} C_k d_{ijk} X_{ijk} \end{cases} \quad (3.8)$$

En respectant de même, les contraintes de précédence, de capacité des véhicules ainsi que la disponibilité des véhicules et le respect de la continuité des tournées. Ces dernières sont assurées par les équations (2.2), (2.3), (2.4), (2.5), (2.6), (2.7), (2.8), (2.9), (2.10), (2.11) et (2.12) évoquées dans le chapitre précédent.

3.3.1 Evaluation multicritère : Dominance Pareto

Notre problème multicritère (3.8) est défini comme tout problème multicritère P , constitué de n variables, m contraintes d'inégalités, p contraintes d'égalités et k critères. Il peut donc être formulé de la manière suivante

$$P \Rightarrow \begin{cases} \min f(x) = [f_1, f_2, f_3, \dots, f_k(x)] \\ g_i(x) \leq 0 \quad i=0 \dots m \\ g_j(x) = 0 \quad j=0 \dots p \end{cases} \quad (3.9)$$

x étant un vecteur solution $x = (x_1, \dots, x_n)$ d'un univers E de dimension n , appelé *espace de décision* (ou *espace des paramètres*). L'espace défini par $f = (f_1, f_2, \dots, f_k)$ noté U , est appelé *espace des critères* (ou *espace des objectifs*). La fonction d'évaluation $F : E \rightarrow U$, d'un problème multicritère, fait donc correspondre un vecteur $y (y = y_1, \dots, y_k)$ de dimension k tel que $y_k = f_k(x)$ à tout vecteur x de dimension n de l'espace E .

Notre but est de trouver des solutions représentant un compromis possible entre les critères, d'où l'intérêt d'utiliser la dominance Pareto.

Vu que nous minimisons f , pour $k = 3$, on dit qu'une solution sol_1 domine une autre sol_2 si et seulement si $f_{11} \leq f_{21}$ et $f_{12} \leq f_{22}$ et $f_{13} \leq f_{23}$. On dit aussi que deux solutions sont non dominées l'une par rapport à l'autre si est seulement si elles vérifient une des conditions du système suivant :

$$\left\{ \begin{array}{l} f_{11} > f_{21}, f_{12} \leq f_{22} \text{ et } f_{31} \leq f_{32} \\ f_{11} \leq f_{21}, f_{12} > f_{22} \text{ et } f_{31} \leq f_{32} \\ f_{11} \leq f_{21}, f_{12} \leq f_{22} \text{ et } f_{31} > f_{32} \\ f_{11} > f_{21}, f_{12} > f_{22} \text{ et } f_{31} \leq f_{32} \\ f_{11} > f_{21}, f_{12} \leq f_{22} \text{ et } f_{31} > f_{32} \\ f_{11} \leq f_{21}, f_{12} > f_{22} \text{ et } f_{31} > f_{32} \end{array} \right.$$

avec :

$$\begin{aligned} f_1 &= K, \\ f_2 &= \sum_{i \in N} \sum_{j \in N} \max(0, D_i - l_i), \\ f_3 &= \sum_{i \in N} \sum_{j \in N} \sum_{k \in K} C_k d_{ijk} X_{ijk}, \end{aligned}$$

et $sol_1(f_{11}, f_{12}, f_{13})$ et $sol_2(f_{21}, f_{22}, f_{23})$

3.3.2 Approche multicritère proposée pour l'optimisation du m-PDPTW

Rappelons ici, que le mécanisme de génération de la population initiale $P_{noeud/vehicule}$ représenté par la figure 2.17 est aboutit suite à la conception des deux populations P_{noeud} et $P_{vehicule}$ détaillées dans le chapitre précédent, et illustrées par les figure 2.6 et 2.12.

Avant de poursuivre le calcul pour déterminer l'ensemble de solutions non-dominées, nous devons d'abord vérifier qu'un client est visité par le véhicule qui a déjà visité son fournisseur. Ceci, en respectant la capacité de chaque véhicule. Ces corrections sont assurées par les procédures notées dans les figures 2.15, 2.16 et 2.21 au niveau du deuxième chapitre.

Nous calculons par la suite pour chaque individu de la population $P_{noeud/vehicule}$, les valeurs de f_1 , f_2 et f_3 qui correspondent respectivement au nombre de véhicules, à la somme des retards et au coût total de transport.

Nous obtenons ainsi une population notée $P_{pareto-dominance}$. La figure 3.5 illustre un exemple d'un individu de cette population.

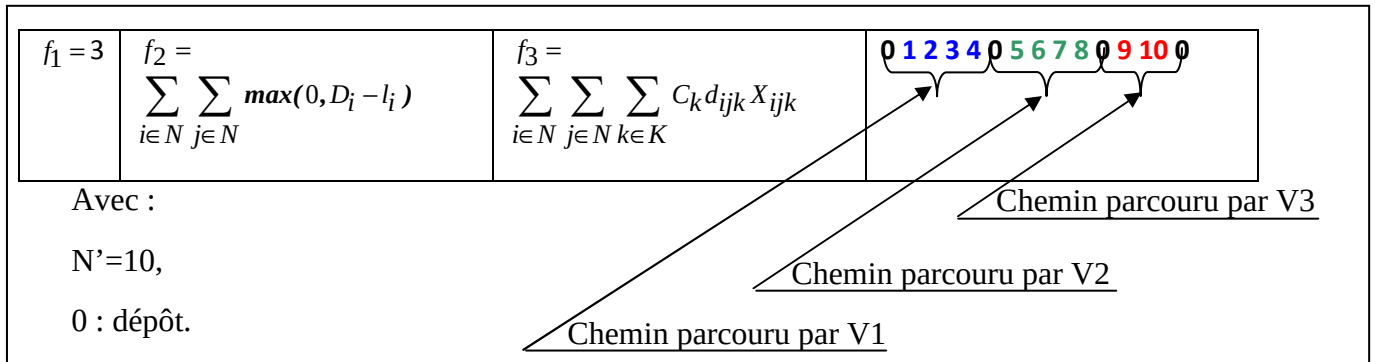


Figure 3.5 : Exemple d'un individu de $P_{pareto-dominance}$

Nous reproduisons ce calcul pour chaque individu de la population $P_{noeud/vehicule}$, afin de remplir toute la population $P_{pareto-dominance}$.

Ceci étant, nous trions la population $P_{pareto-dominance}$ selon les valeurs de f_1 , f_2 et f_3 les moins élevées, jusqu'à obtenir toutes les solutions non-dominées.

L'approche multicritère basée sur les algorithmes génétiques, proposée pour l'optimisation du m-PDPTW est représentée par la figure 3.6.

L'objectif des algorithmes génétiques est de proposer une approximation de la frontière Pareto assez bonne. Ceci, en explorant l'espace des solutions afin d'obtenir une population la plus diversifiée possible.

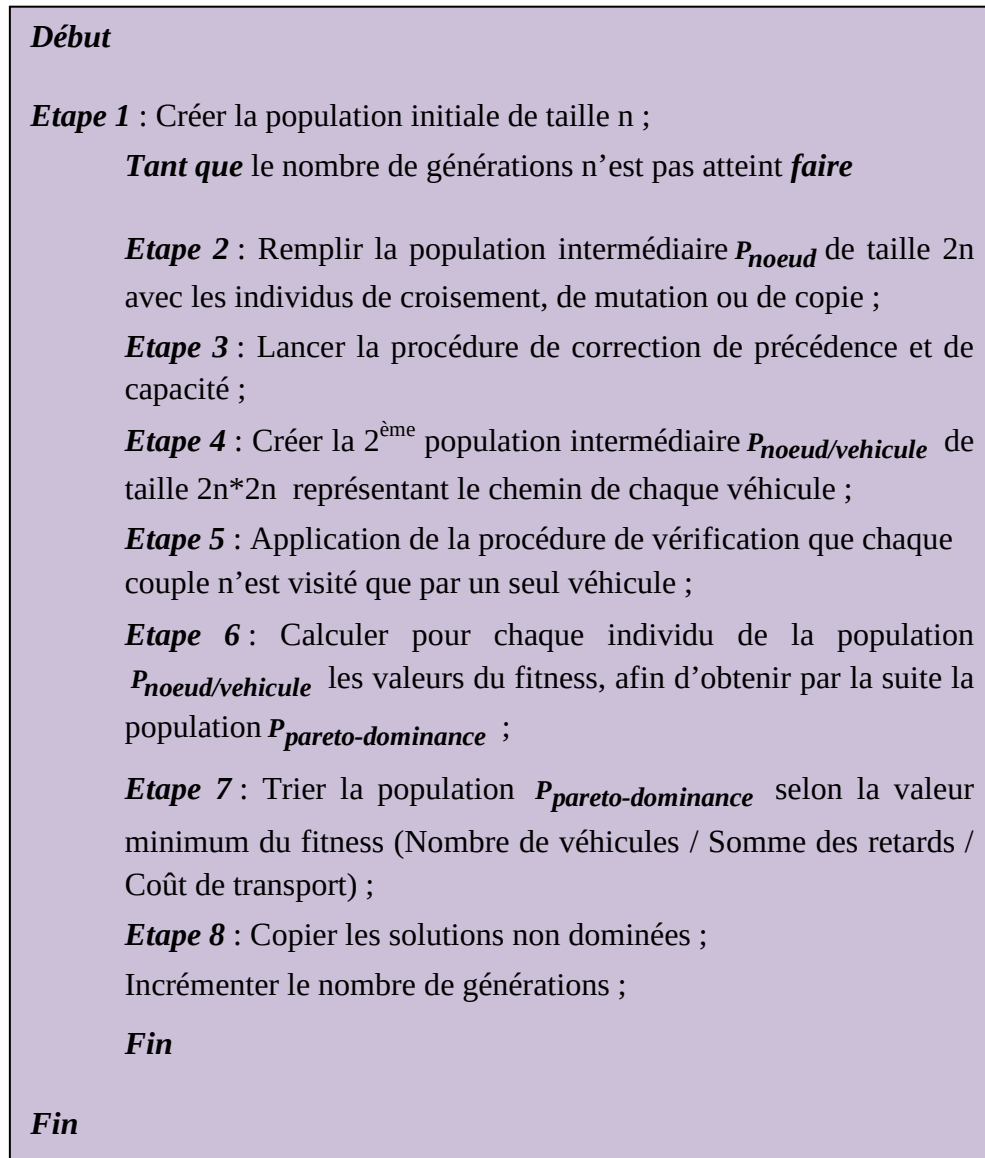


Figure 3.6 : Structure de l'algorithme de l'évaluation multicritère

Nous proposons dans ce qui suit, d'utiliser la méthode d'agrégation pour développer une approche qui permet de minimiser la somme pondérée des différents critères de notre problème.

L'avantage de la méthode d'agrégation est la génération d'une seule solution qui ne nécessite pas d'interaction avec le décideur.

3.4 2^{ème} Approche multicritère pour l'optimisation du m-PDPTW : [I. Harbaoui Dridi et al, 2009d]

Le modèle mathématique adopté pour la minimisation de la somme pondérée entre le nombre de véhicules : f_1 , la somme des retards : f_2 et le coût total de transport : f_3 , est noté par l'équation 3.10.

$$\text{Minimiser } f = \begin{cases} \lambda_1 K + \\ \lambda_2 \sum_{i \in N} \sum_{j \in N} \max(0, D_i - l_i) + \\ \lambda_3 \sum_{i \in N} \sum_{j \in N} \sum_{k \in K} C_k d_{ijk} X_{ijk} \end{cases} \quad (3.10)$$

Le problème traité est caractérisé de même par les paramètres notés dans le paragraphe 2.3 du chapitre précédent, les λ_i sont des coefficients de pondération.

Nous attribuons un coût correspondant à chaque véhicule utilisé et un autre associé à chaque unité de temps pour la fonction de la somme des retards. Ceci pour que nous puissions calculer par la suite la somme pondérée des critères à minimiser.

Nous avons traité dans cette partie le cas où un client peut posséder plusieurs fournisseurs et un fournisseur peut avoir plusieurs clients.

Le résultat obtenu par cette approche, qui n'est autre que le chemin parcouru par chaque véhicule (où le nombre de véhicules utilisés varie entre 1 et K) minimisant notre fonction objectif, peut comprendre le fait qu'un nœud peut être visité plusieurs fois, soit par le même véhicule, soit par plusieurs véhicules.

Cependant, pour éviter l'ambiguïté du choix des coûts associés aux f_1 et f_2 , permettant ainsi de mettre à l'échelle toutes les fonctions objectifs, nous proposons d'adopter notre modèle mathématique en utilisant l'équation 3.4, qui s'avère la plus adéquate dans le cas où les différents objectifs sont non-commensurables.

3.5 Calcul des bornes inférieures et approche multicritère [I.Kacem, 2003]

Le calcul des bornes inférieures a été étudié dans la littérature pour plusieurs problèmes d'ordonnancement dont nous citons : les problèmes à une machine [Jouglet et al, 2002], à

machines parallèles [Jurich, 1992] et [Carlier, 1987], les problèmes de flow-shop hybride [Billaut et al, 2001] ou encore l'ordonnancement des job-shop [Carlier, 1989]. Ces méthodes proposées pour le calcul des bornes inférieures se basent généralement, sur la relaxation de certaines contraintes (préemption des tâches, contraintes associées aux ressources...) pour minimiser un ou plusieurs critères de l'ordonnancement optimal. Nous allons rappeler dans le paragraphe suivant, la démarche adoptées dans [I. Kacem, 2003] pour le calcul de certaines bornes pour le problème de job shop flexible.

Le problème de job shop flexible (FJSP) appartient aux problèmes d'optimisation de type NP difficile. Pour la résolution de ce type de problèmes, les méthodes exactes nécessitent un temps de calcul qui croît exponentiellement avec la taille des instances du problème. L'objectif proposé dans les travaux de [I. Kacem, 2003] est de présenter des bornes inférieures pour mieux évaluer la qualité des solutions possibles d'un problème de job shop flexible. Ces bornes permettent de prédire des limites précises pour les valeurs optimales des critères.

L'objectif principal étant de résoudre le problème de job shop flexible en élaborant un ensemble de bornes inférieures pour : le makespan, la charge de la machine critique et la charge totale de toutes les machines.

L'approche d'évaluation multicritère consiste à transformer le problème (PMO) en un problème (PMO_λ) combinant les différentes fonctions coût f_q du problème en une seule fonction objectif F , qui peut être exprimée comme suit :

$$F(x) = \sum_{q=1}^L \lambda_q f_q(x) \quad (3.11)$$

Pour chaque fonction objectif, une borne inférieure est associée, telle que :

$$f_q(x) \geq f_q^* \quad (3.12)$$

Avec f_q^* est la borne inférieure associée au critère q .

Pour éviter que les critères ne soient dominés les uns par les autres, la fonction objectif globale F (3.18) doit être homogénéisée, d'où l'application la logique floue:

- Soit f_q^k la moyenne des solutions de la $q^{ème}$ fonction objectif trouvée avec l'algorithme génétique à la $k^{ème}$ itération.

- Appliquer, pour chaque vecteur $f(x)$, une fuzzification des composantes $f_q(x)$ suivant les intervalles $[f_q^*, f_q^0 + \varepsilon_q]$, où $\varepsilon_q > 0$.
- Construire un ensemble de solutions Pareto optimales sans donner aucune préférence à une fonction objectif. Cette approche repose sur un algorithme dans lequel les pondérations λ_q seront déterminées dynamiquement en utilisant une règle floue [I. Kacem, 2003]. Cette approche est nommée : Approche agrégative avec direction de recherche dynamique.

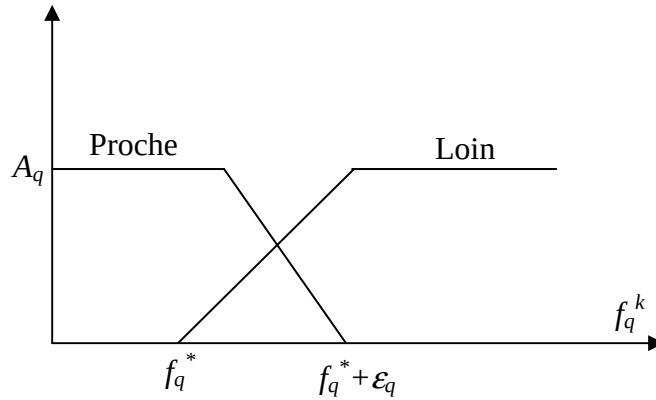


Figure 3.7 : Fonction d'appartenance des différentes valeurs des critères

Les fonctions d'appartenance sont exprimées comme suit : [I. Kacem, 2003]

$$A_q(f_q^k) = \frac{f_q^k - f_q^*}{f_q^0 - f_q^* + \varepsilon_q} \quad (3.13)$$

$$\begin{cases} \text{si } f_q^k \in [f_q^*, f_q^0 + \varepsilon_q] \\ \text{sinon } A_q(f_q^k) = 1 \end{cases}$$

Le calcul de diverses pondérations λ_q^{k+1} est réalisé en utilisant la règle floue suivante :

Si f_q^k est proche de f_q^* alors λ_q^{k+1} diminue,

Si f_q^k est loin de f_q^* alors λ_q^{k+1} augmente.

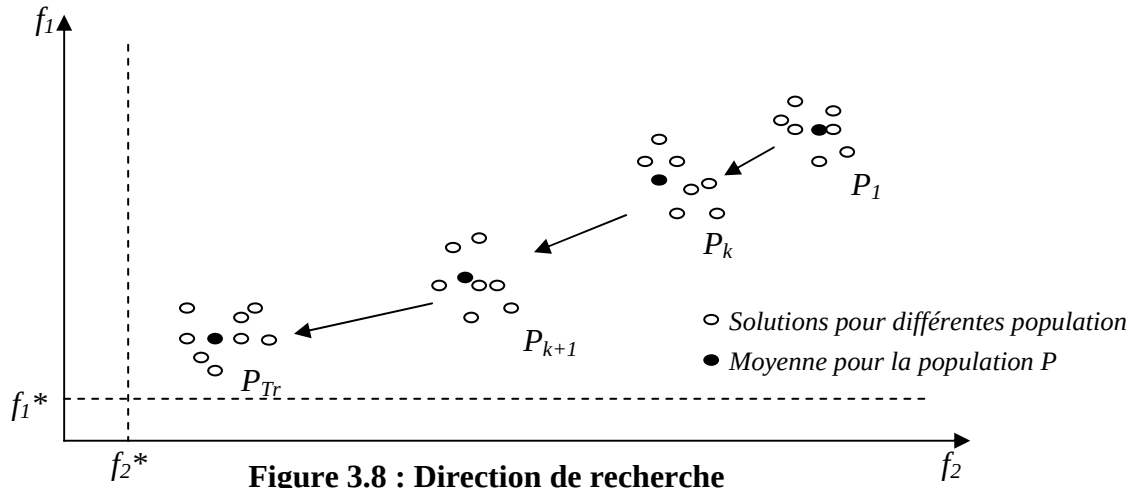
Ce qui déduit la formule décrite par l'équation 3.18.

$$\lambda_q^1 = \frac{1}{L} \forall 1 < q \leq L, \quad (3.14)$$

$$\lambda_q^{k+1} = \frac{A_q(f_q^k)}{\sum A_q(f_q^k)} \forall 1 \leq q \leq L \text{ et } 1 \leq k \leq T_r - 1$$

Où T_r est le nombre total d'itérations.

L'objectif est d'améliorer les solutions en allouant la priorité à l'optimisation des fonctions objectif pour lesquelles la moyenne des valeurs est loin de la valeur optimale (ou de la borne inférieure). Le principe de cet objectif est illustré par la figure 3.8.



3.6 3^{ème} Approche multicritère pour l'optimisation du m-PDPTW :

Le modèle mathématique adopté pour la minimisation de la somme pondérée entre le la somme des retards : f_1 et le coût total de transport : f_2 , est noté par l'équation 3.22.

$$\text{Minimiser } f = \begin{pmatrix} \lambda_1 c_1 \sum_{k \in K} \sum_{i \in N} \sum_{j \in N} C_k d_{ijk} X_{ijk} + \\ \lambda_2 c_2 \sum_{k \in K} \sum_{i \in N} \sum_{j \in N} \max(0, D_i - l_i) X_{ijk} \end{pmatrix} \quad (3.15)$$

Où λ_i sont des coefficients de pondération et c_i sont des constantes qui mettent à la même échelle les différents objectifs. Comme il a été énoncé précédemment, les constantes c_i sont

généralement initialisées à $\frac{1}{f_i(x^*)}$ où $f_i(x^*)$ est la solution optimale associée à la fonction objectif $f_i(x)$.

Comme nous n'avons pas d'information sur les solutions optimales associées aux différentes fonctions coût f_i pour notre problème, nous procédons au calcul des valeurs minimales de chaque population pour déterminer les constantes d'échelle c_i .

Pour cet objectif, nous utilisons la relaxation des différentes contraintes caractérisant notre problème.

Pour trouver une valeur minimale associée au critère du coût total de transport $f_1 = \sum_{k \in K} \sum_{i \in N} \sum_{j \in N} C_k d_{ij} X_{ijk}$, nous avons traité ce problème comme étant le problème du voyageur de commerce que nous essayons de minimiser.

Nous avons ensuite déterminé le parcours traversé par un seul véhicule, en minimisant la distance totale en intégrant les contraintes de capacité et de précédence. Ce qui nous donne $d_{min.p.c}$.

$$d_{min.p.c} = \min \left(\sum_{i \in N} \sum_{j \in N} d_{ij} X_{ij} \right) \quad (3.16)$$

En fixant K, le nombre de véhicules utilisés, nous obtenons :

$$d_{min k.p.c} = \frac{d_{min.p.c}}{K} \quad (3.17)$$

Par conséquent, nous acquérons la valeur f_{1b} qui représente une valeur minimale du coût total de transport représenté comme suit :

$$f_{1b} = \sum_{k \in K} C_k d_{min k.p.c} \quad (3.18)$$

L'algorithme qui permet de déterminer la valeur minimale du coût total de transport f_{1b} , pour une population P_{noeud} , est représenté par la figure 3.9.

P : Population **P_{noeud}** de taille $[2*N, n+2]$, commençant et finissant par le dépôt : noeud '0' ;
n : Nombre de nœuds client / fournisseur ;
C_k : Coût associé au véhicule V_k ;
M_{dist} : Matrice carrée et diagonale représentant les distances qui séparent chaque nœud d'un autre, de taille $[n+1, n+1]$;
K : Nombre de véhicules possibles à utiliser ;
d_{relax} : Vecteur de distances de taille $2*N$, initialisé à zéro ;
f_{1b} : Valeur minimale de la population associée à la fonction objectif f_1 initialisé à zéro ;

Début
//Chargement du vecteur **d_{relax}**

Pour i de 1 à $(2*N)$ **faire**
 Pour j de 1 à $(n+1)$ **faire**
 $a = P[i][j]$;
 $b = P[i][j]$;
 $d_{relax}[i] = d_{relax}[i] + M_{dist}[a][b]$;
 Fin
Fin

//Détermination du minimum pour le vecteur **d_{relax}**

$d_{min} = d_{relax}[1]$;
Pour i de 2 à $(2*N)$ **faire**
 Si $(d_{relax}[i] < d_{min})$ **alors**
 $d_{min} = d_{relax}[i]$;
 Fin
Fin

$d_{mink} = (d_{min} / K)$;
Pour i de 1 à K **faire**
 $f_{1b} = f_{1b} + C_i * d_{mink}$;
Fin

Figure 3.9 : Algorithme de calcul de la valeur minimale f_{1b}

Pour calculer la valeur minimale associée à la fonction objectif f_2 , représentant la somme des retards, nous fixons K le nombre de véhicules et nous déterminons la population **P_{noeud / vehicule}** . Ainsi, nous calculons le retard total pour chaque individu et en déduisons le minimum.

$$f_{2b} = \sum_{k \in K} \sum_{i \in N} \sum_{j \in N} \max(0, D_i - l_i) X_{ijk} \quad (3.19)$$

Sachant que pour le critère de retard, la valeur zéro est potentiellement la valeur optimale. Nous avons donc calculé la valeur f_{2b} qui fera l'objet de la valeur minimale associée à ce dernier critère.

La constante de mise à l'échelle associée à la deuxième fonction objectif est exprimée comme suit :

$$\begin{cases} c_2 = \frac{1}{f_{2b}} \\ s.c. \quad f_{2b} \neq 0 \end{cases} \quad (3.20)$$

L'algorithme qui permet de déterminer la valeur minimale de la somme totale des retards f_{2b} , pour une population $P_{\text{nœud/vehicule}}$, est représenté par la figure 3.10.

P : Population $P_{\text{nœud/vehicule}}$ de taille $[2N*2N, n+K+1]$;
n : nombre de gène par individu ;
[e_i, l_i] : fenêtre de temps pour le nœud i ;
V : vitesse moyenne de véhicules ;
s_i : Temps de service associé au nœud i ;
Début
 Tant que le nombre d'individus de la population **P** n'est pas atteint faire
Etape 1 : Calculer pour chaque individu la date d'arrivée et la date de départ des nœuds i :
 $date_arr[i] = date_dep[i-1] + (distance(i, i-1)/V)$;
 $date_dep[i] = date_arr[i] + S[i]$;
Etape 2 : Calculer pour chaque individu le retard au nœud i :
 $Retard[i] = d_dep[i] - l[i]$;
 Si ($Retard[i] < 0$) alors
 $Retard[i] = 0$;
Etape 3 : Calculer pour chaque individu la somme des retards
 Pour j de 1 à (n+K+1) **faire**
 $Ret_total[j] = Ret_total[j] + Retard[j]$;
 Fin
Fin
Etape 4 : Déterminer le minimum de la somme des retards qui fera la valeur minimale f_{2b}
Fin

Figure 3.10 : Calcul de la valeur minimale f_{2b}

La structure de l'algorithme génétique qui permet de minimiser la somme pondérée entre les critères de notre problème, en utilisant les valeurs minimales, est illustrée par la figure 3.11.

Début

Etape 1 : Créer la population initiale de taille n ;

Tant que le nombre de générations n'est pas atteint **faire**

Etape 2 : Remplir la population intermédiaire P_{noeud} de taille $2n$ avec les individus de croisement, de mutation ou de copie ;

Etape 3 : Lancer la procédure de correction de précédence et de capacité ;

Etape 4 : Calculer la valeur minimale de la population associée au critère : coût total de transport : f_{1b} ;

Etape 5 : Créer la 2^{ème} population intermédiaire $P_{noeud/vehicule}$ de taille $2n*2n$ représentant le chemin de chaque véhicule ;

Etape 6 : Application de la procédure de vérification que chaque couple n'est visité que par un seul véhicule ;

Etape 7 : Calculer la valeur minimale de la population associée au critère : somme des retards : f_{2b} ;

Etape 8 : Calculer pour chaque individu de la population $P_{noeud/vehicule}$ les valeurs du fitness : f_1 et f_2 ;

Etape 9 : Calculer pour chaque individu de la population $P_{noeud/vehicule}$ la somme pondérée des critères à minimiser ;

Etape 10 : Trier la population $P_{noeud/vehicule}$ selon la valeur du fitness (somme pondérée des critères) ;

Etape 11 : Copier la meilleure solution;

Si la solution courante est meilleure **alors**

Best = Solution courante ;

Fin

Incrémenter nombre de générations ;

Fin

Fin

Figure 3.11 : Structure de l'algorithme génétique pour l'optimisation du m-PDPTW : utilisation de la méthode d'agrégation et des valeurs minimales

37. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté les problèmes d'optimisation multi-objectif ainsi que les différentes méthodes de leur résolution. En second lieu, nous avons évoqué le calcul des bornes inférieures, dont l'utilisation s'avère importante pour la résolution de problème

multicritère. Enfin, nous avons introduit notre cas d'étude en énonçant la modélisation mathématique du m-PDPTW, en montrant les différentes étapes de résolution qui permettent de générer une ou plusieurs solutions minimisant nos fonctions objectifs. Ceci en utilisant les algorithmes génétiques, la méthode d'agrégation et les valeurs minimales.

Au niveau du chapitre suivant, nous présenterons les problèmes de tournées de véhicules dynamiques ainsi que les approches proposées pour la résolution du m-PDPTW dynamique.

4 *Etude multi-objectif pour la résolution du m -PDPTW dynamique*

Or, quand on travaille pour demain, et pour
l'incertain, on agit avec raison :
Car on doit travailler pour l'incertain par la
règle des parties qui est démontrée.

[Pascal]

4.1 Introduction

Le PDPTW qui est le problème de collecte et distribution à fenêtres de temps (Pickup and Delivery Problem with Time Windows), peut être traité selon deux versions : statique ou dynamique.

Un problème est dit statique si toutes les données sont connues sur l'horizon de temps où l'on doit calculer les tournées, c'est-à-dire de façon définitive préalablement au début du calcul des tournées de véhicules. Dans le cas dynamique, le système doit être capable d'intégrer des imprévus alors que des tournées ont déjà été planifiées et que leur exploitation a démarré. Ces imprévus peuvent être la panne ou le retard d'un véhicule, l'apparition ou la disparition d'un ou de plusieurs nœuds (client / fournisseur).

Dans ce chapitre, nous allons d'abord présenter les problèmes de tournées de véhicules dynamiques ainsi que leurs propriétés. Ensuite, nous présenterons le modèle mathématique associé à notre problème : le m -PDPTW dynamique, dont le but est d'optimiser certains critères, en respectant certaines contraintes. Enfin, nous détaillerons l'approche multi-objectif élaborée pour la résolution du m -PDPTW dynamique.

4.2 Les problèmes de tournées de véhicules dynamiques

Un problème de tournées de véhicules dynamique se caractérise par la non connaissance de certaines informations lors de la planification des tournées, ou encore par le changement des données du problème après que les tournées aient été construites à partir des données initiales.

La figure 4.1 illustre un exemple simple d'un problème de tournées de véhicules dynamique. Les cercles blancs désignent les clients dynamiques, quant aux clients statiques, ils sont désignés par des cercles noirs. Les flèches noires représentent la tournée prévue pour le véhicule, avant l'arrivée des clients dynamiques, alors que les flèches en pointillés indiquent les nouveaux itinéraires suite à l'insertion des clients dynamiques. Les chevrons désignent la position actuelle du véhicule.

Idéalement, les nouveaux clients doivent être insérés dans les tournées déjà planifiées, sans que l'ordre des clients non visités soit modifié et avec un minimum de retard. Toutefois, en pratique, l'insertion de nouveaux clients est généralement une tâche très compliquée et impliquerait une re-planification de la partie du réseau de clients non visités.

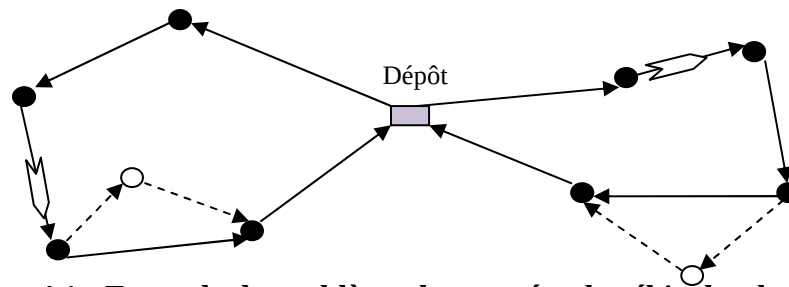


Figure 4.1 : Exemple de problème de tournées de véhicules dynamique

Nous notons dans ce qui suit les différents points qui caractérisent un problème de tournées de véhicules dynamique du cas statique. [N. Psaraftis, 1988]

- **La dimension temporelle est essentielle** : Pour le problème statique, la dimension temporelle peut ne pas avoir d'importance. En revanche pour le cas dynamique, le temps est toujours essentiel. Le planificateur doit connaître constamment la position de tous les véhicules et surtout lorsque la demande dynamique apparaît.
- **Les informations peuvent être imprécises ou inconnues** : Dans un problème statique toutes les informations sont censées être connues et de la même qualité. Dans un problème dynamique l'avenir n'est presque jamais connu avec certitude.
- **Les événements à court terme sont les plus importants** : Dans un cadre dynamique, il serait risqué d'engager des ressources de véhicules à des exigences à long terme. L'objectif du planificateur doit donc être sur les événements à court terme pour traiter un problème de tournée dynamique.
- **Les mécanismes de mise à jour de l'information sont essentiels** : Presque toutes les entrées d'un problème de tournée dynamique sont sujettes à des changements pendant la journée de l'opération. Il est donc essentiel d'élaborer des mécanismes de mise à jour de ces changements.
- **La réaffectation des décisions peut être justifiée** : Dans un problème dynamique les nouvelles entrées peuvent impliquer que les décisions prises par le planificateur deviennent non-optimales. Cela force le planificateur à réordonnancer les tâches ou même réaffecter les véhicules afin de répondre à la nouvelle situation.

- **Un temps de calcul plus rapide est nécessaire** : Pour le cas statique, l'attente de quelques heures afin d'obtenir une solution de haute qualité est faisable. Pour le problème dynamique ce n'est pas possible, parce que le planificateur souhaite connaître la solution au problème actuel le plus tôt possible. Cette contrainte de temps implique que les réordonnancements sont souvent établis en utilisant des heuristiques d'amélioration locale.
- **Le mécanisme de report est faisable** : L'éventualité qu'une demande soit reportée est possible, en raison de ses caractéristiques géographiques défavorables par rapport aux autres demandes. Le planificateur peut donc la reporter indéfiniment ou l'annuler.
- **La file d'attente des tâches est importante** : Si le taux de demande de la clientèle dépasse un certain seuil, le système deviendra encombré et les algorithmes doivent nécessairement produire des résultats. Le système de planification doit avoir une file d'attente pour sauvegarder les demandes apparues quand ce dernier est occupé par le réordonnement.

4.3 Les degrés de dynamisme

Un problème dynamique dépend, non seulement du nombre de clients et de la distribution géographique entre eux, mais aussi du nombre de demandes dynamiques et du moment où ces dernières ont effectivement eu lieu. Par conséquent, une mesure pour décrire le dynamisme du système serait très utile quand on veut une méthode de résolution dans des conditions variables, d'où le concept du degré de dynamisme. Ce degré peut être traité dans des systèmes sans ou avec des fenêtres de temps. [Larsen, 2001]

4.3.1 Degré de dynamisme pour les systèmes sans fenêtres de temps

Dans les problèmes de tournées dynamiques, de nombreuses informations ne sont pas toujours reçues tandis que le système est en ligne. Souvent, un certain niveau d'information est recueilli un jour avant que l'opération commence. L'étendue de nouvelles informations émergentes au cours de la phase opérationnelle du système peut être utilisée pour évaluer le dynamisme du système en question. La mesure la plus fondamentale à cet effet dans un contexte de routage est le nombre de demandes dynamiques par rapport au total. Ce rapport noté degré de dynamisme *dod* peut être défini comme le montre l'équation 4.1. [Karsten, L et al, 1996]

$$dod = \frac{\text{demandes dynamiques}}{\text{demandes totales}} \quad (4.1)$$

Dans l'exemple illustré par la figure 4.1 le degré de dynamisme est donc de 20% (2 demandes parmi 10 sont dynamiques).

Cette mesure ne prend pas en compte les instants d'arrivée des requêtes dynamiques. Cela signifie que les deux systèmes, celui dans lequel les demandes dynamiques sont apparues au début de l'horizon de planification et celui où les demandes dynamiques se produisent plus tard dans la journée, sont perçus comme équivalents. Naturellement, dans les applications du monde réel, ces deux scénarios sont cependant très différents. La figure 4.2 illustre deux scénarios du DVRP où les temps d'arrivée des demandes dynamiques sont considérablement différents. Dans le premier scénario, les six demandes dynamiques sont reçues relativement tôt au cours de l'horizon de planification. Dans le second scénario, les demandes sont réparties presque uniformément dans l'horizon de planification. Le planificateur préférerait ce dernier scénario, vu qu'il aura le temps pour réagir à la demande dynamique, par opposition à la situation indiquée par le premier scénario où il peut ne pas avoir assez de temps pour une réaction appropriée à la demande dynamique

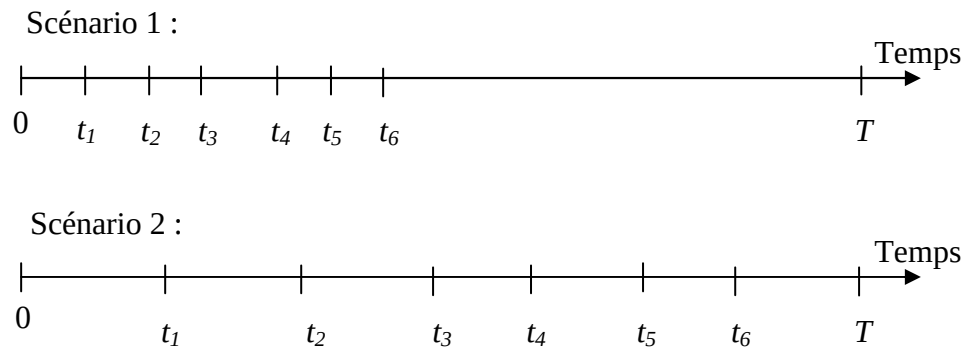


Figure 4.2 : Instants d'arrivée des demandes dynamique, deux scénarios ayant les mêmes valeurs dod

Les systèmes illustrés par les deux scénarios de la figure 4.2, ont la même valeur dod . Toutefois, le planificateur dans le premier scénario à t_6 , possède toutes les informations sur l'emplacement des demandes dynamiques, ce qui signifie qu'à partir de ce point il pourrait constituer un TSP optimal, Contrairement au deuxième scénario où t_6 figure à la fin de l'horizon de planification.

4.3.2 Degré de dynamisme effectif

Considérons maintenant un scénario dans lequel l'horizon de planification commence à l'instant 0 et se termine à l'instant T . Les demandes statiques sont reçues avant le début de l'horizon de planification. La $i^{ème}$ demande dynamique est reçue à l'instant notée t_i , tel que $0 < t_i \leq T$.

Le nombre de demandes dynamiques reçues au cours de l'horizon de planification est noté n_{dyn} et le nombre de demandes statiques est noté n_{stat} . Le nombre total de demandes noté n_{tot} est donc $n_{dyn} + n_{stat}$.

Le degré de dynamisme effectif, noté **edod** peut être exprimé comme suit :

$$edod = \frac{\sum_{i=1}^{n_{dyn}} \left(\frac{t_i}{T} \right)}{n_{tot}} \quad (4.2)$$

Le degré de dynamisme effectif représente un moyen de mesurer le temps de réception des demandes dynamiques par rapport au temps le plus tardif possible où les demandes pourraient être reçues. Ce degré est compris dans l'intervalle suivant :

$$0 \leq edod \leq 1 \quad (4.3)$$

Quand le $edod = 0$, le système est entièrement statique, dans lequel toutes les demandes sont reçues au temps 0, et lorsque le $edod = 1$, le système est entièrement dynamique et par conséquent toutes les demandes sont reçues au temps T . Donc, il peut être montré que :

$$\lim_{t_i \rightarrow T \forall i} edod = 1 \quad (4.4)$$

4.3.3 Dynamisme avec fenêtre de temps

Dans les problèmes de tournées de véhicules avec fenêtres de temps, le temps de réaction est une question très importante. Ce dernier est la distance temporelle entre le moment où la demande est reçue et le moment le plus tard possible où le service de demande devrait commencer. La figure 4.3 montre le temps de réaction notée r_i d'une demande i .

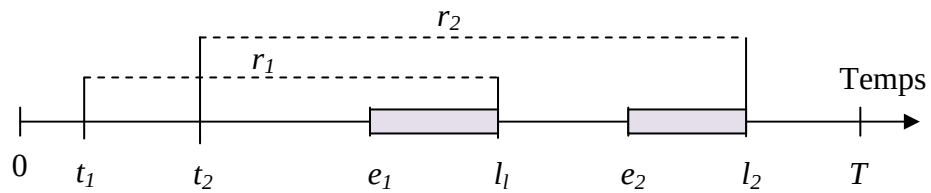


Figure 4.3 : Temps de réactions de deux demandes dynamiques avec fenêtres de temps

La figure 4.4 montre deux scénarios ayant deux demandes dynamiques avec fenêtres de temps. Dans le premier scénario, la largeur des fenêtres de temps des demandes dynamiques est relativement large par rapport à celle de la fenêtre de temps dans le deuxième scénario. En outre, le temps de réaction dans le premier scénario est relativement long par rapport à celui du deuxième scénario. Cela signifie que le premier scénario serait préférable pour le planificateur, car cette situation lui donne beaucoup plus de place pour insérer les demandes dynamiques dans les itinéraires.

En général, le planificateur préfère disposer d'un temps de réaction relativement long pour les demandes dynamiques. Le degré de dynamisme avec fenêtres de temps utilise donc la relation entre le temps de réaction et la partie restante de l'horizon de la planification comme élément clé.

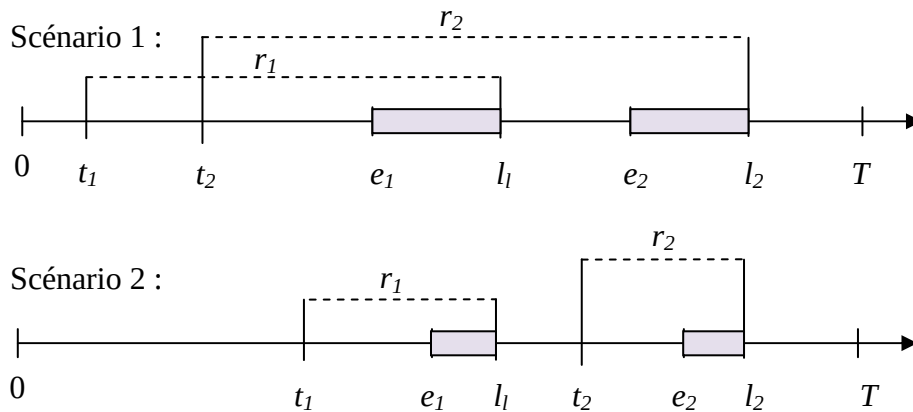


Figure 4.4 : Deux scénarios de deux demandes dynamiques

Le degré de dynamisme effectif avec fenêtre de temps noté *edod-tw* s'exprime comme le montre l'équation 4.5.

$$\begin{aligned}
 edod - tw &= \frac{1}{n_{tot}} \sum_{i=1}^{n_{tot}} \left(\frac{T - (l_i - t_i)}{T} \right) \\
 &= \frac{1}{n_{tot}} \sum_{i=1}^{n_{tot}} \left(1 - \frac{r_i}{T} \right)
 \end{aligned} \tag{4.5}$$

De même :

$$0 \leq edod - tw \leq 1 \tag{4.6}$$

Vu que :

$$l_i - t_i \leq T, i = 1, 2, \dots, n_{tot} \tag{4.7}$$

4.4 Classification des systèmes dynamiques

[Larsen, 2001] propose un cadre général pour les systèmes de tournées dynamiques en fonction de leur degré de dynamisme, dans lequel, il est possible de classer ces systèmes en trois catégories : les systèmes faiblement dynamiques, les systèmes moyennement dynamiques et ceux qui sont fortement dynamiques.

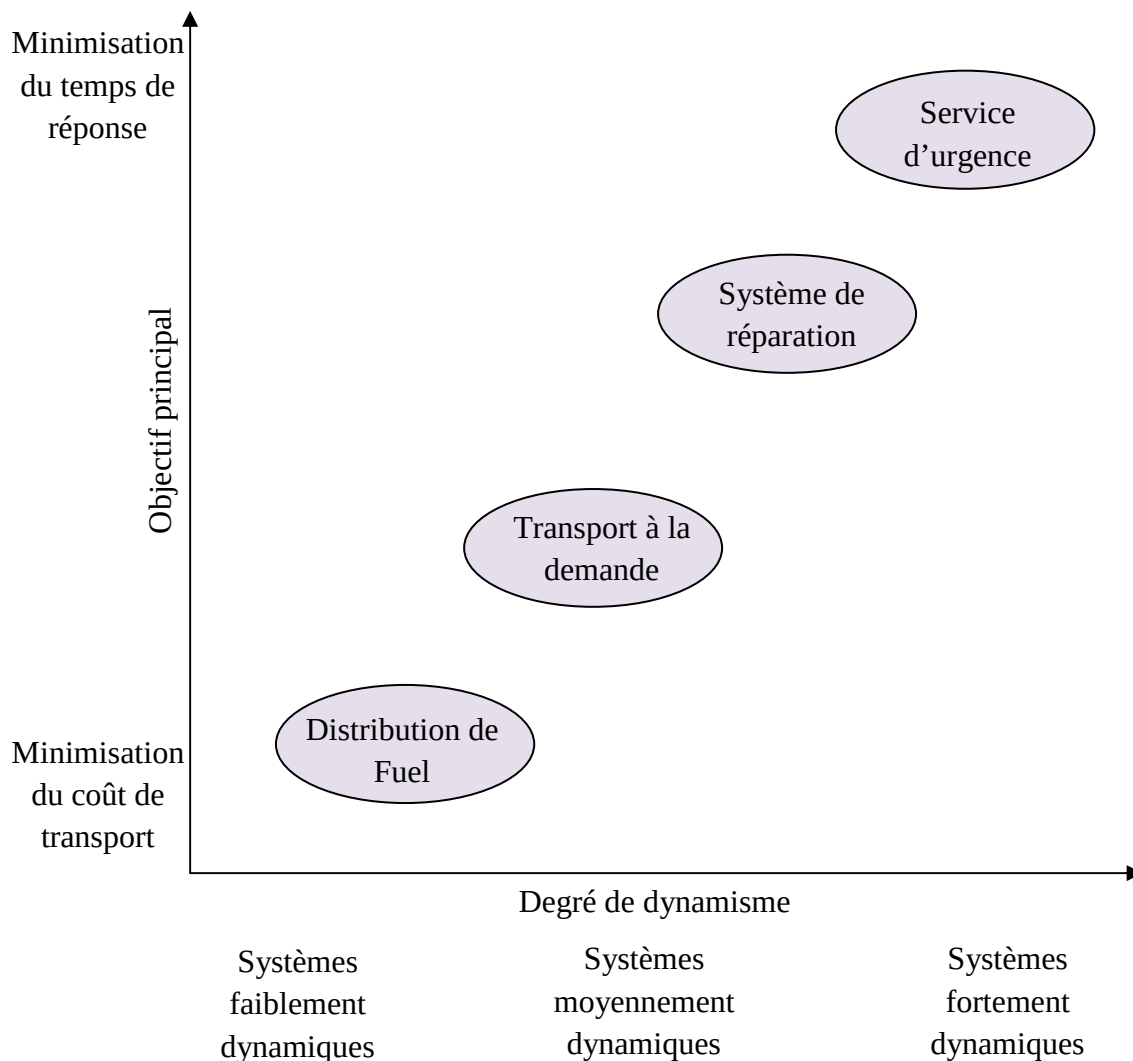
- **Les systèmes faiblement dynamiques** : Ces systèmes ayant un faible degré de dynamisme concernent la distribution de fuel ou de gaz liquides aux services privés, ou encore des services de réparation à domicile. Dans cet exemple, la plupart des clients (plus de 80%) sont statiques. Les demandes peuvent également être reçues au cours de la journée (demandes dynamiques), dont elles sont assurées en fonction de leur niveau d'apparition, la disponibilité, et la capacité du réservoir utilisé. Le temps de réaction est considérablement long dans un tel problème.

- **Les systèmes moyennement dynamiques** : Ce type de systèmes concerne par exemple la réparation d'appareils pour des particuliers, la distribution de courrier...etc. Dans ce cadre, les clients statiques seront discontinus suite à l'apparition d'autres clients dynamiques qui nécessitent une attention immédiate en raison de la gravité de leur demande. Comparés aux systèmes faiblement dynamiques, le nombre de demandes dynamiques représente une partie substantielle du nombre total de clients qui doivent être entretenus. Pour une large gamme d'applications, les chercheurs ont aussi inclus la programmation stochastique pour la résolution de ce genre de système. Toutefois, ce sont des cas extrêmement difficiles à résoudre en raison de leur nature combinatoire. La

stratégie de solution a souvent été basée sur le report des décisions jusqu'au dernier moment possible.

- **Les systèmes fortement dynamiques** : Les services d'urgence comme les ambulances, la police et les pompiers présentent de forts comportements dynamiques. Ces systèmes sont caractérisés par le rythme accéléré des changements dans les données et l'urgence de la quasi-totalité des demandes reçues. Le but principal de ce genre de systèmes est de minimiser le temps de réponse aux demandes.

L'objectif d'un système de tournée dynamique est souvent étroitement lié au temps de réponse du service fourni. La figure 4.5 illustre la relation entre le degré de dynamisme et les objectifs de différentes classes de systèmes dynamiques.



4.5 Le problème de tournée de véhicule dynamique (DVRP : Dynamic vehicle routing problem)

Le DVRP implique des demandes à la fois statistiques et dynamiques. Il peut être défini comme suit :

- Un véhicule se déplace à vitesse constante dans une zone restreinte A ,
- Un sous-ensemble des demandes est dynamique. Les emplacements des clients sont indépendants et uniformément répartis dans A ,
- Chaque demande nécessite un temps de service,
- L'objectif principal est de minimiser le coût total de transport.

4.5.1 Le DVRP et ses méthodes de résolution

Plusieurs heuristiques ont été initialement analysées par Bertsimas et Van Ryzin [Bertsimas. D et Van Ryzin. G, 1991] pour la résolution du DVRP. Parmi ces heuristiques nous citons :

- **FCFS (First Come First Serve)** : Les demandes sont servies dans l'ordre dans lequel elles sont reçues par le planificateur.
- **SQM (Stochastic Queue Median)** : Il s'agit d'une modification de l'heuristique FCFS où le serveur se rend directement à partir de la médiane de la région de service à l'emplacement de la demande suivante. Après que le service a été terminé, le serveur revient à la médiane et attend la demande suivante.
- **NN (Nearest Neighbor)** : Après avoir accompli son service à un endroit, le serveur se rend à la plus proche demande voisine qui n'a pas été encore servie.
- **PART (Partitioning policy)** : La région de service est divisée en un certain nombre de sous-régions, dans laquelle les demandes sont servies avec la politique FCFS.

4.5.2 Le DVRPTW (Dynamic Vehicle Routing Problem with Time Windows)

Dans cette partie, nous décrivons le simulateur mis en œuvre par [Lund. K et al, 1996], pour la résolution du DVRPTW. La structure du simulateur est illustrée par la figure 4.6. Ce

dernier est constitué essentiellement de deux modules de base: un module de contrôle de système et un module de routage.

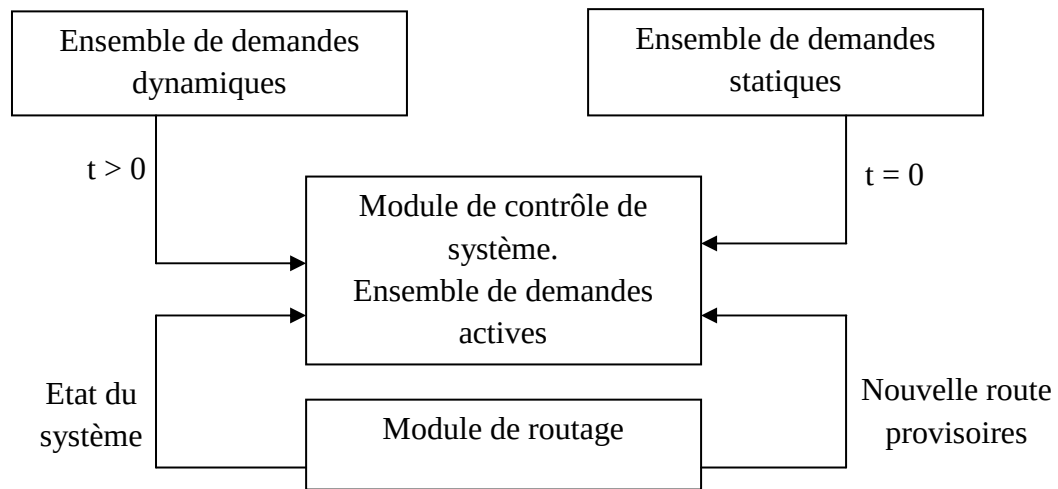


Figure 4.6 : Simulateur pour le DVRPTW

4.5.2.1 Système de module

Le module de contrôle du système permet de gérer les véhicules : leurs emplacements géographiques, leurs capacités, leurs états, etc.

Deux différents types d'événements peuvent se produire lors de la simulation : un premier événement lié aux demandes, qui se produit chaque fois qu'une nouvelle demande de service est reçue, et un deuxième lié aux véhicules, qui se produit chaque fois que les véhicules changent d'état. Le simulateur fonctionne en trois différents états de véhicule : conduite, entretien et attente.

Le module de contrôle vérifie l'état du système à chaque minute. Si un événement lié aux demandes ou aux véhicules a eu lieu à l'instant t , le module de contrôle met à jour l'état du système, et par la suite, le module de routage sera activé.

Les m vecteurs d'état $VE(n, t) = (loc_t, Cap_t, veh_t)$; $n = 1, 2, \dots, m$, caractérisent la situation actuelle de répartition pour chaque véhicule en ce qui concerne la localisation géographique actuelle, la capacité et l'état du véhicule

4.5.2.2 Module de routage

Le module de routage permet de résoudre le problème actuel de tournées.

Il y a essentiellement deux façons pour gérer une nouvelle route provisoire, si une demande dynamique apparaît, à savoir les procédures d'heuristique locale ou globale.

Une procédure locale examine seulement les insertions possibles dans l'ordre actuel des arrêts, alors qu'une procédure globale résout le problème actuel chaque fois qu'une saisie d'entrée se produit. Cette procédure globale inclut la possibilité de réaffectation et de reséquençage.

Le module de routage mis en œuvre par [Lund, K et al, 1996] est une version modifiée de l'heuristique d'insertion élaborée par [Solomon, 1987], dans laquelle la somme pondérée de déviation et du délai est minimisée afin d'identifier le meilleur endroit d'insertion pour chaque client.

Toutefois, [Lund, K et al, 1996] a décidé que les nouvelles demandes dynamiques ne devraient pas être incluses dans les routes au détriment des demandes déjà prévues. Le problème a été résolu en utilisant les deux priorités suivantes lors de l'insertion de nouvelles demandes:

- *Priorité 1*: Insérer le client de la nouvelle demande dynamique dans la solution actuelle si la solution est réalisable,
- *Priorité 2* (insertion forcée): Insérer le client de la nouvelle demande dynamique dans la solution actuelle, en minimisant l'écart entre le temps d'insertion b_i et le temps de début de la fenêtre de temps du client e_i .

4.6 Approche multi-objectif pour la résolution du m-PDPTW dynamique [I. Harbaoui Dridi et al, 2010]

Le problème m-PDPTW dynamique est une extension du m-PDPTW, où l'on doit satisfaire l'intégration de nouvelles demandes alors que les routes ont été planifiées et que leur exploitation a commencé. Nous proposons dans ce qui suit, notre approche multi-objectif permettant de minimiser le compromis entre le coût total de transport et la somme des retards, et ce en utilisant les algorithmes génétiques et les valeurs minimales.

Dans notre cas, nous utilisons deux principaux paramètres pour l'insertion de nouvelles demandes dynamiques, à savoir l'instant où la demande apparaît et les positions des véhicules à cet instant. Nous prédisons qu'un véhicule ne change d'itinéraire qu'après avoir servi le nœud vers lequel il se dirigeait. Ce principe d'insertion de nœuds dynamiques est illustré par la figure 4.7. Sachant que nous insérons le nœud dynamique après avoir vérifié certaines contraintes et nous exploitons la solution qui minimise nos critères.

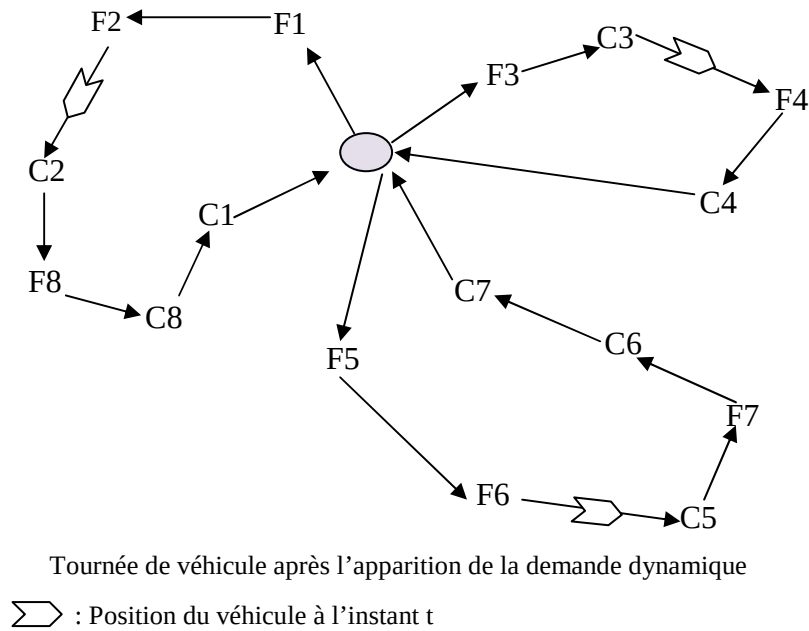
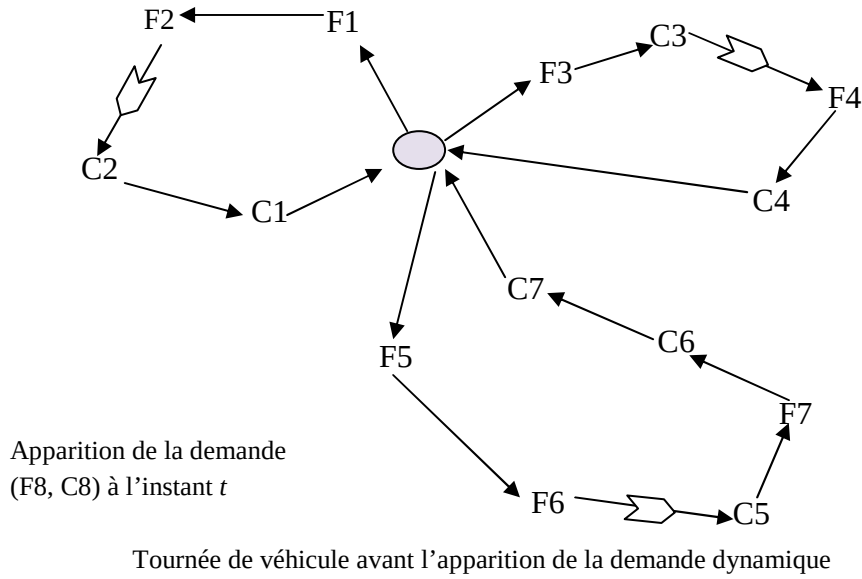


Figure 4.7 : Principe d'insertion de demandes dynamique

4.6.1 Formulation mathématique

Le modèle mathématique adopté pour la résolution de m-PDPTW dynamique permettant la minimisation de la somme pondérée entre la somme des retards : f_1 et le coût total de transport : f_2 , est décrit par l'équation 4.1.

$$\text{Minimiser } f = \begin{pmatrix} \lambda_1 c_1 \sum_{k \in K} \sum_{i \in N} \sum_{j \in N} C_k d_{ijk} X_{ijk} + \\ \lambda_2 c_2 \sum_{k \in K} \sum_{i \in N} \sum_{j \in N} \max(0, D_i - l_i) X_{ijk} \end{pmatrix} \quad (4.1)$$

Où λ_i sont des coefficients de pondération et les c_i des constantes qui mettent à la même échelle les différents objectifs. Comme il a été énoncé dans le chapitre précédent, les constantes c_i sont généralement initialisées à $\frac{1}{f_i(x^*)}$ où $f_i(x^*)$ est la solution optimale associée à la fonction objectif $f_i(x)$.

En respectant de même, les contraintes de précédence, de capacité des véhicules ainsi que la disponibilité d'un véhicule et le respect de la continuité des tournées. Ces dernières sont assurées par les équations (2.2), (2.3), (2.4), (2.5), (2.6), (2.7), (2.8), (2.9), (2.10), (2.11) et (2.12) évoquées dans le deuxième chapitre.

En ce qui concerne le calcul des valeurs minimales, cette partie a été évoquée dans le chapitre précédent. Tout calcul fait, on obtient f_{1b} et f_{2b} qui représentent successivement une valeur minimale du coût total de transport et une valeur minimale de la somme des retards.

$$\begin{cases} c_1 = \frac{1}{f_{1b}} \\ f_{1b} = \sum_{k \in K} C_k d_{min k.p.c} \end{cases} \quad (4.2)$$

$$\begin{cases} c_2 = \frac{1}{f_{2b}} \\ f_{2b} = \sum_{k \in K} \sum_{i \in N} \sum_{j \in N} \max(0, D_i - l_i) X_{ijk} \\ s.c. \quad f_{2b} \neq 0 \end{cases} \quad (4.3)$$

4.6.2 Etude dynamique

Le planificateur doit répondre aux nouvelles demandes en plus des anciennes tout en optimisant les critères choisis et en respectant les contraintes imposées.

Nous allons présenter notre approche de l'adaptation dynamique, en utilisant deux méthodes différentes pour l'insertion de demandes dynamiques. La première méthode illustrée par la figure 4.8 est basée sur l'adaptation des opérateurs génétiques et des procédures de correction de précédence et de capacité, initialement conçue pour le cas statique, pour servir

dans le cas dynamique. Tout en assurant que les véhicules ne doivent en aucun cas, visiter un nœud déjà servi. La deuxième méthode représentée par la figure 4.9 consiste à insérer les nœuds dynamiques dès leurs apparitions dans la route qui minimise les critères choisis, tout en satisfaisant ces derniers. Pour cela, nous gardons la même liste de nœuds restants à visiter, après l'insertion des demandes dynamiques.

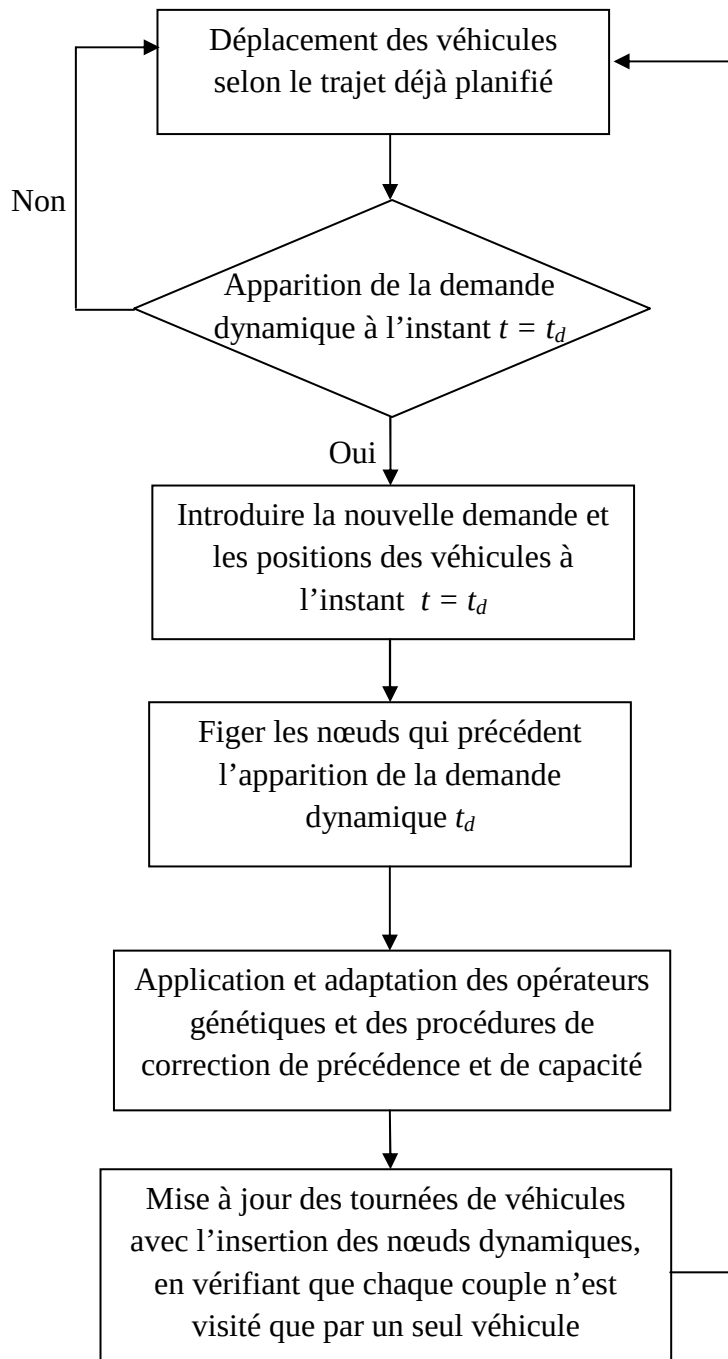


Figure 4.8 : Première méthode d'insertion de nœuds dynamiques

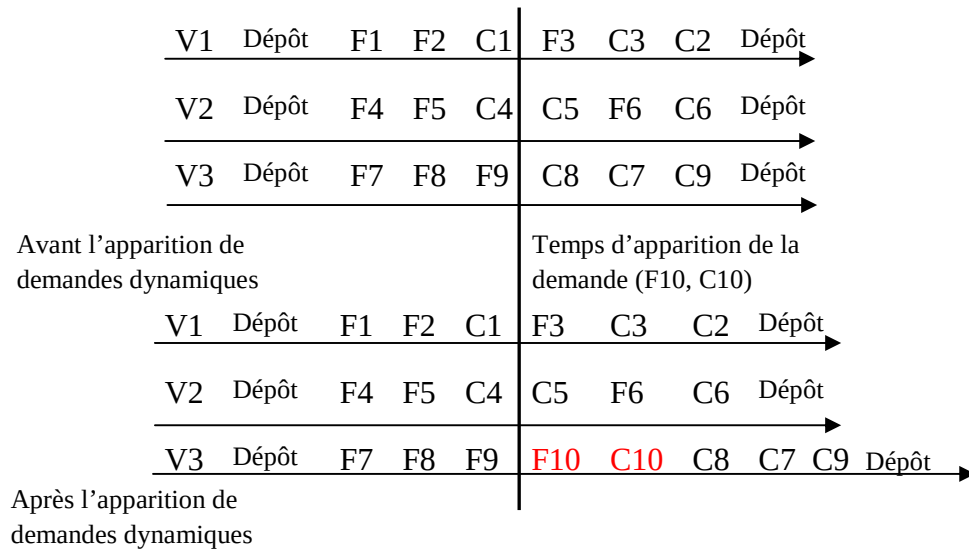


Figure 4.9 : Deuxième méthode d'insertion de nœuds dynamiques

Les nœuds qui précèdent l'apparition de la demande dynamique restent figés.

Nous proposons dans ce qui suit, les structures des algorithmes élaborés pour la résolution du m-PDPTW dynamique. En un premier lieu, nous allons nous intéresser à la première méthode d'insertion de nœuds dynamiques. La deuxième méthode (Figure 4.9) sera détaillée en second lieu.

4.6.2.1 Algorithme proposé pour la première méthode de résolution du m-PDPTW dynamique

Notre approche consiste d'abord à élaborer une population initiale qui comporte les différents nœuds statiques à visiter. Nous générons ensuite une population intermédiaire en appliquant les opérateurs génétiques de croisement et de mutation. Par la suite, les procédures de correction de capacité et de précedence seront appliquées afin de générer un ensemble d'itinéraires pour chaque véhicule. Dès l'apparition d'un nœud dynamique à l'instant $t = t_d$, nous l'insérons dans chaque individu de la population, en figeant l'ensemble des nœuds déjà visités et en traitant les positions de chaque véhicule à l'instant t_d . Ensuite, nous appliquons les opérateurs génétiques de croisement et de mutation adoptés pour le cas dynamique. Les procédures de correction de capacité et de précedence seront de nouveau appliquées. Ceci étant, les tournées de véhicules sont mises à jour avec l'insertion du nœud dynamique, en vérifiant que chaque couple n'est visité que par un seul véhicule. Ces étapes se répètent à chaque fois qu'il y a une apparition d'un nœud dynamique.

Notant ici, que le calcul des valeurs minimales se fait au fur et à mesure des étapes décrites dans le paragraphe précédent. La figure 4.10 représente la structure générale de l'algorithme

proposé pour l'insertion de nœuds dynamiques et par conséquent, il permet de résoudre le m-PDPTW dynamique en minimisant le compromis entre le coût total de transport et la somme des retards.

Début

Etape 1 : Créer la population initiale de taille n ;

Tant que le nombre de générations n'est pas atteint **faire**

Etape 2 : Remplir la population intermédiaire $P_{\text{nœud}}$ de taille $2n$ avec les individus de croisement, de mutation ou de copie ;

Etape 3 : Lancer la procédure de correction de précédence et de capacité ;

Etape 4 : Créer la 2^{ème} population intermédiaire $P_{\text{nœud/vehicule}}$ de taille $2n*2n$ représentant le chemin de chaque véhicule ;

Etape 5 : Application de la procédure de vérification que chaque couple n'est visité que par un seul véhicule ;

Etape 6 : Insertion de la nouvelle demande dynamique, dès son apparition à $t = t_d$;

Etape 7 : Calcul de la valeur minimale associée au critère : coût total de transport : f_{1b} ;

Etape 8 : Créer la 3^{ème} population intermédiaire $P_{\text{nœud/vehicule/dyn}}$ de taille $2*(2n*2n)$ en appliquant les opérateurs de croisement, de mutation ou de copie adoptés au m-PDPTW dynamique ;

Etape 9 : Lancer la procédure de correction de précédence, de capacité et de vérification que chaque couple n'est visité que par un seul véhicule adoptées au m-PDPTW dynamique ;

Etape 10 : Calcul de la valeur minimale associée au critère : somme des retards : f_{2b} ;

Etape 11 : Trier la population $P_{\text{nœud/vehicule/dyn}}$ selon la valeur minimum du fitness (somme pondérée des critères) ;

Etape 12 : Copier la solution optimale ;

Si la solution courante est meilleure **alors**

Solution optimale = Solution courante ;

Fin

Incrémenter nombre de générations ;

Fin

Fin

Figure 4.10 : Structure générale de la première méthode de résolution du m-PDPTW dynamique

Une fois générée la population finale comportant les nœuds dynamiques, nous calculons pour chaque individu de cette dernière, la valeur du fitness F afin de déterminer la solution qui minimise notre fonction objectif.

Notons ici que, les procédures de correction de précedence, de capacité et de vérification que chaque couple n'est visité que par un seul véhicule appliquées au m-PDPTW dynamique, suivent les mêmes instructions que les figures 2.15, 2.16 et 2.21 du deuxième chapitre, et ceci en fixant l'ensemble des nœuds déjà visités avant l'instant t_d qui représente l'instant de l'apparition de la demande dynamique.

En ce qui concerne l'algorithme de croisement, le point de croisement doit être supérieur à la position des véhicules à $t = t_d$. La figure 4.11 illustre le principe de croisement adopté au m-PDPTW dynamique.

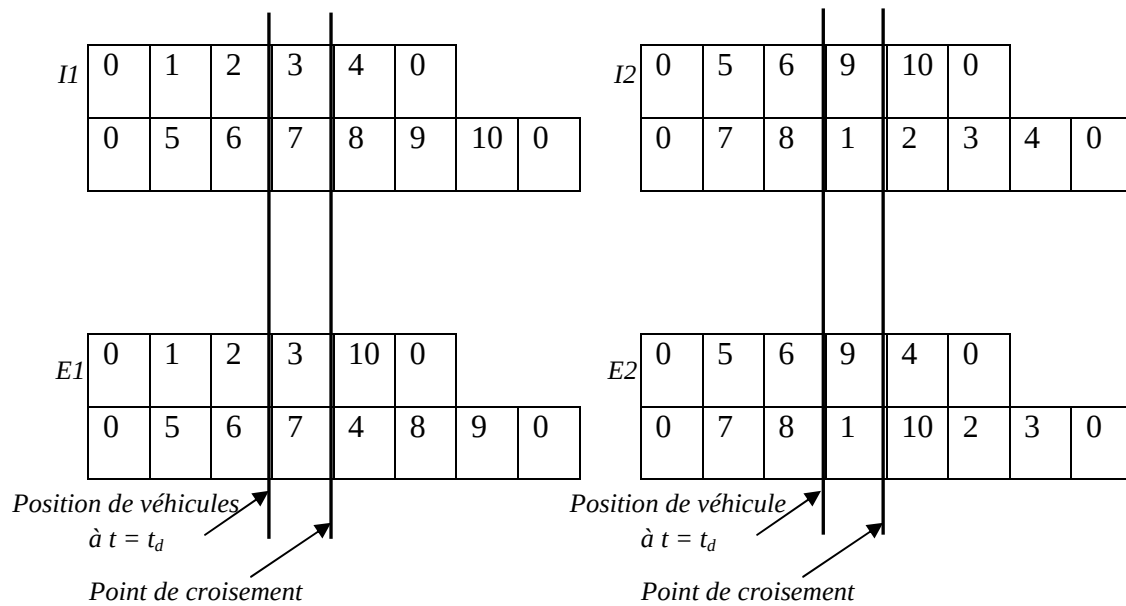


Figure 4.11 : Principe de croisement pour le m-PDPTW dynamique

Quant à l'algorithme de mutation, le gène sélectionné ainsi que sa nouvelle position doivent être de même postérieurs à la position des véhicules à $t = t_d$. Les figures 4.12a et 4.12b représentent le principe d'un tel algorithme.

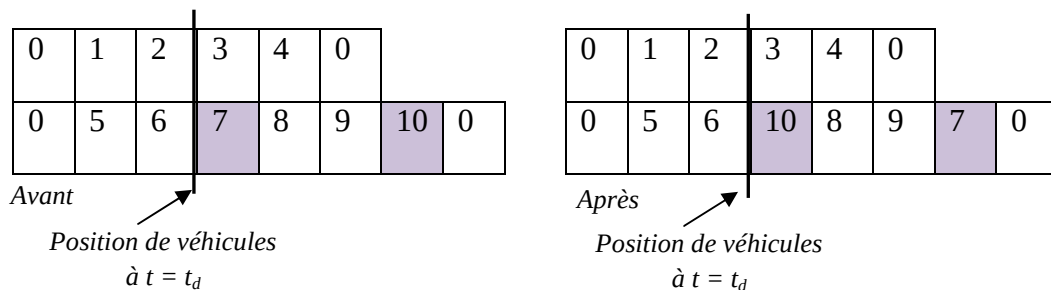


Figure 4.12a : Principe de mutation pour le m-PDPTW dynamique

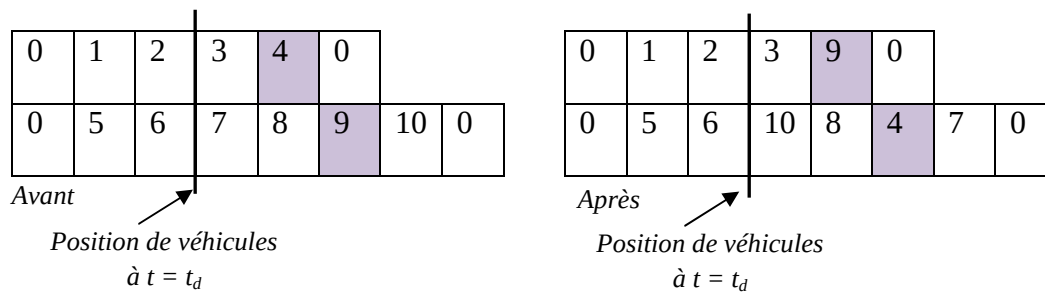


Figure 4.12b : Principe de mutation pour le m-PDPTW dynamique

4.6.2.2 Algorithme proposé pour la deuxième méthode de résolution du m-PDPTW dynamique

Notre deuxième méthode proposée pour la résolution de m-PDPTW dynamique, consiste à intégrer les nœuds dynamiques dès leurs apparitions dans la route qui minimise les critères choisis, tout en satisfaisant ces derniers.

Pour cela, nous étudions d'abord les positions des véhicules, pour chaque individu de la population $P_{\text{nœud/vehicule}}$ créée pour le cas statique, à l'instant $t = t_d$, ensuite nous trions ces positions pour en déterminer le meilleur endroit pour insérer le nœud dynamique selon les critères suivants :

- Le véhicule le plus proche,
- Le non dépassement de la capacité du véhicule,
- La minimisation du retard par rapport à la fenêtre du temps du nœud dynamique.

Enfin, nous parcourons la nouvelle population créée $P_{\text{nœud/vehicule/dyn}}$ individu par individu, en utilisant de même le calcul des valeurs minimales et la méthode d'agrégation, pour déterminer celui qui minimise notre fonction objectif 4.1, représentant le compromis entre le coût total de transport et la somme des retards.

La figure 4.13 illustre la création de la population $P_{\text{nœud/vehicule/dyn}}$ en suivant les étapes décrites dans le paragraphe précédent.

$P_{noeud/vehicule}$: Population de taille $[2N*2N] [n+K+1]$ représentant les tournées pour chaque véhicule créé pour le cas statique ;

t_d : l'instant d'apparition du nœud dynamique ;

d_{dep} : Matrice des temps de départ de chaque nœud de la population $P_{noeud/vehicule}$ de taille $[2N*2N] [n+K+1]$;

min_ind : vecteur colonne de taille $[2N*2N]$;

$diff$: matrice de taille $[2N*2N] [n+K+1]$ représentant la différence entre la date de départ de chaque nœud et l'instant d'apparition du nœud dynamique ;

$[e_{dyn}, l_{dyn}]$: fenêtre de temps du nœud dynamique ;

Début

Pour i de 0 à $(2N*2N)$ **faire**

Pour j de 0 à $(n+K+1)$ **faire**

$diff[i][j] = t_d - d_{dep}[i][j]$;

Fin

Fin

Pour i de 0 à $(2N*2N)$ **faire**

$min = diff[i][0]$;

Pour j de 0 à $(n+K+1)$ **faire**

Si $(diff[i][j] < min)$ et $(diff[i][j] >= 0)$ **alors**

$min = diff[i][j]$;

$ind = j$;

Fin

$min_ind[i][0] = ind$;

Fin

Fin

Pour i de 0 à $(2N*2N)$ **faire**

Pour j de 0 à $(n+K+1)$ **faire**

Si $((qt[i][j] + qt[nœud\ dynamique]) \leq Q_{max})$ et $min_ind[i][0] = j$ et $(date\ de\ départ\ après\ avoir\ visité\ le\ nœud\ dynamique \leq l_{dyn})$ **alors**

 Insérer le nœud dynamique à la position $j+1$;

Fin

Fin

Fin

Fin

Figure 4.13 : Algorithme de création de la population dynamique pour la deuxième méthode de résolution du m-PDPTW dynamique

Nous représentons dans la figure 4.14 la structure générale de l'algorithme dédié à la deuxième méthode de résolution du m-PDPTW dynamique.

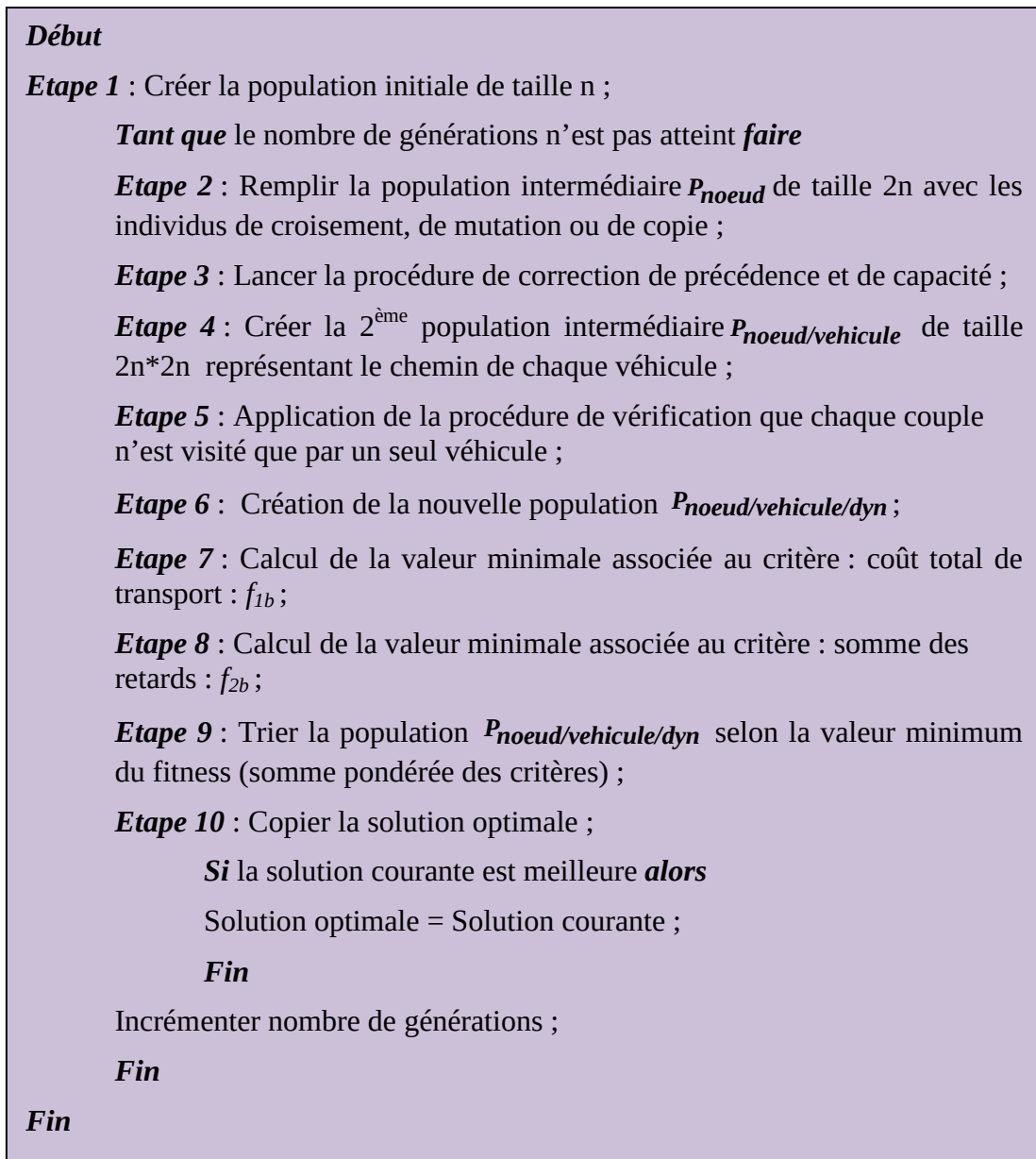


Figure 4.14 : Structure générale de la deuxième méthode de résolution du m-PDPTW dynamique

4.7 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté en premier lieu les problèmes de tournées de véhicules dynamiques ainsi que leurs caractéristiques. Ensuite nous avons décrit les degrés de dynamismes associés à ce genre de problèmes, suivis de la classification de ces systèmes dynamiques.

En troisième lieu, nous avons introduit les problèmes de tournées de véhicules avec fenêtres de temps, il s'agit du DVRPTW.

Notre approche d'optimisation multi-objectif a été par la suite énoncée, en détaillant la modélisation mathématique du problème adopté. Enfin, nous avons décrit l'algorithme proposé pour la résolution du m -PDPTW, et ceci en présentant deux méthodes différentes d'insertion de nœuds dynamiques. Notre approche est basée sur les algorithmes génétiques, le calcul des valeurs minimales et la méthode d'agrégation pour générer la meilleure solution qui minimise le compromis entre le coût total de transport et la somme des retards.

Le chapitre suivant est dédié aux résultats et simulations en utilisant un ensemble d'instances de problèmes conçus par Li et Lim [Li et al, 2001] à partir de ceux générés par Solomon [Solomon, 1987].

5 *Simulations et Résultats*

L'effort ne porte pleinement sa récompense que lorsqu'on a refusé d'abandonner.

[Napoleon Hill]

5.1 Introduction

Dans ce chapitre nous allons nous intéresser à la présentation et à l'implémentation des instances de tests.

Nous présentons en premier lieu ces instances, il s'agit des benchmarks de Li et Lim [Li et al, 2001]. Ensuite, nous allons traiter les m-PDPTW statique et dynamique pour tester notre approche en utilisant ces instances de tests. Les simulations effectuées et les résultats acquis seront donc exposés en dernier lieu.

5.2 Les instances Li et Lim

Pour tester notre approche nous avons utilisé un ensemble d'instances de problèmes conçus par Li et Lim [Li et al, 2001] à partir de ceux générés par Solomon [Solomon, 1987].

Parmi ces benchmarks, nous distinguons 56 instances répartis en six catégories de problèmes : LC1, LC2, LR1, LR2, LRC1 et LRC2. Tous ces problèmes renferment environ 100 nœuds (clients et fournisseurs).

Chaque problème est présenté sous la forme d'un fichier qui comporte : l'identifiant de chaque nœud, leurs fenêtres de temps, leurs temps de service, leurs quantités de biens, la capacité de transport, et les contraintes de précédence et de succession. Ces paramètres sont définis sous trois classes comme suit :

- La classe qui définit les paramètres de chaque nœud (client / fournisseur)
 - Id : identifiant du nœud (client ou fournisseur),
 - (x, y) : coordonnées du nœud (client ou fournisseur),
 - q : quantité de biens associée au nœud (client ou fournisseur),
 - (e, l) : fenêtre de temps du nœud (client ou fournisseur),
 - s : temps de service à un nœud (client ou fournisseur),
 - $pred(i)$: prédécesseur du client ou du fournisseur i ,
 - $succ(i)$: successeur du client ou du fournisseur i .

Notons ici que si un nœud i admet une quantité de service négative, alors ce dernier est un client, et par la suite $succ(i)$ est égal à 0. En revanche, si un nœud i admet une quantité de service positif, alors ce dernier est un fournisseur, et par la suite $pred(i)$ est égal à 0.

- La classe qui définit les paramètres du dépôt :
 - (x, y) : coordonnées du dépôt,
 - (e, l) : fenêtre de temps du dépôt.
- La classe qui définit les véhicules :
 - C : la capacité du véhicule,
 - V : la vitesse du véhicule.

Tous les fichiers de cet ensemble d'instances de problèmes, utilisés pour tester notre approche, sont présentés dans l'annexe A.

Concernant les problèmes de type LC, les fournisseurs et les clients sont rassemblés. Alors que dans les problèmes de type LR, ils sont générés aléatoirement. Quant aux problèmes de type LRC, les nœuds clients et fournisseurs sont relativement rassemblés et générés aléatoirement à la fois.

Concernant les fenêtres de temps des nœuds, nous observons deux types d'horizon de planification :

- Un horizon de planification court, et ceci concerne les problèmes LC1, LR1 et LRC1,
- Un horizon de planification long, concernant les problèmes LC2, LR2 et LRC2.

Les figures 5.1, 5.2 et 5.3 représentent la répartition des nœuds (client / fournisseurs) selon leurs coordonnées (x, y) . Ces figures montrent le regroupement ou la génération aléatoire des nœuds, selon le type de problème : LC101, LR101 et LRC101. [Kammarti. R, 2006]

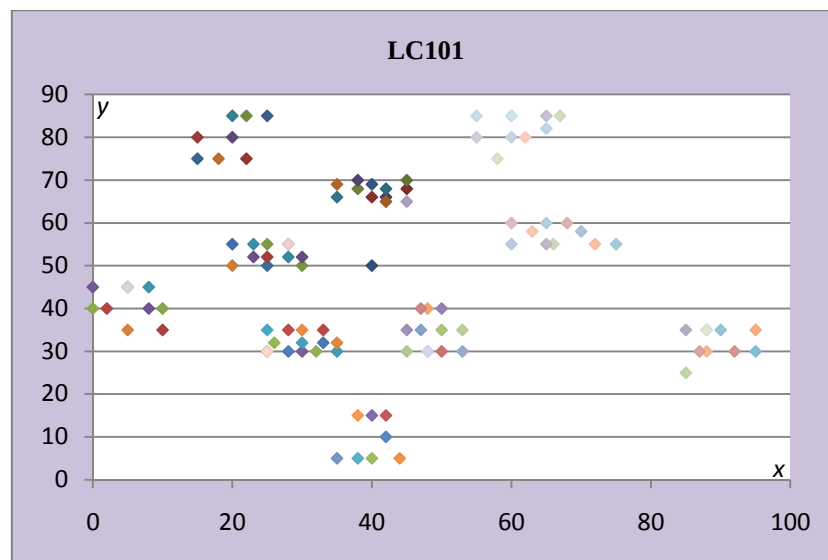


Figure 5.1 : Présentation des nœuds pour le problème LC101 selon les coordonnées (x,y)

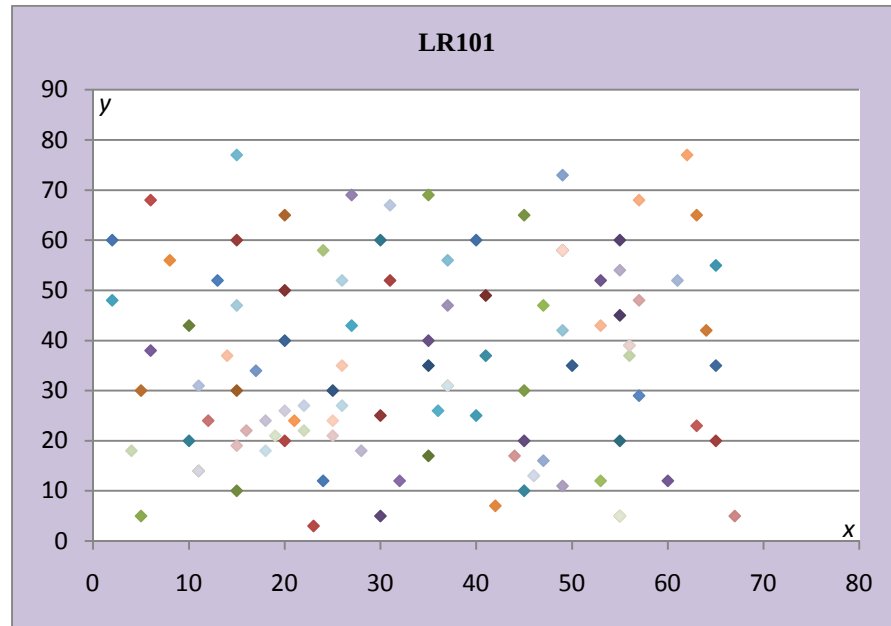


Figure 5.2 : Présentation des nœuds pour le problème LR101 selon les coordonnées (x, y)

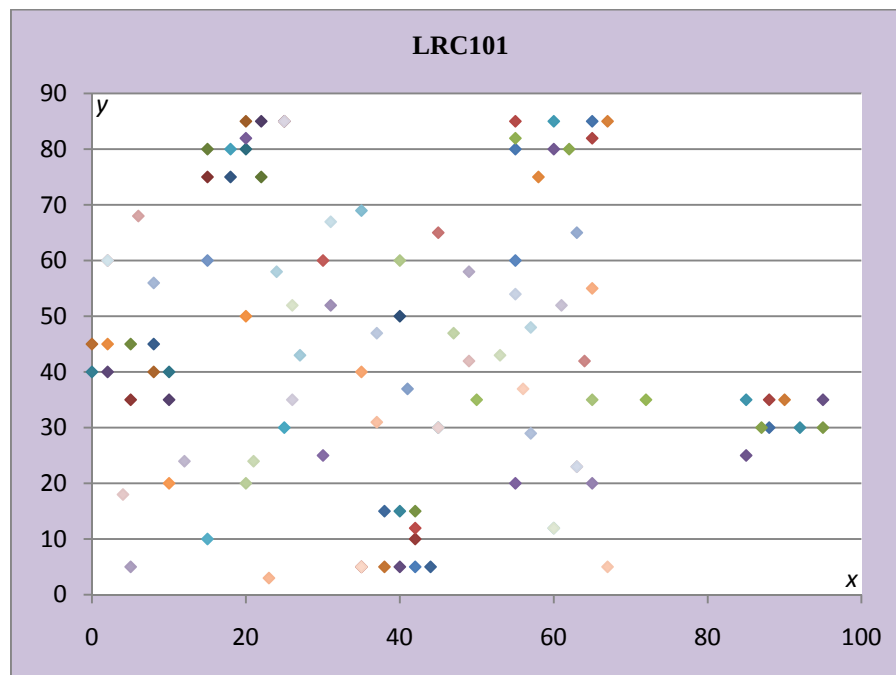


Figure 5.3 : Présentation des nœuds pour le problème LRC101 selon les coordonnées (x, y)

Nous présentons dans ce qui suit (Figure 5.4 et 5.5), le classement des nœuds dans le temps. Ceci permet de montrer les deux types d'horizon de planification : court pour les problèmes LX1 et long pour ceux de types LX2.

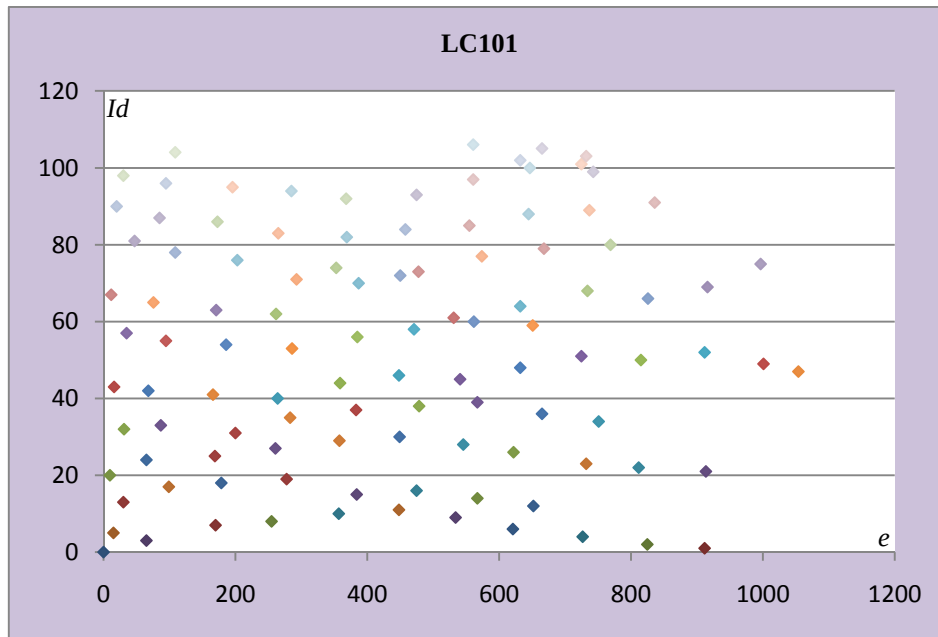


Figure 5.4 : Présentation des nœuds selon leurs dates de début de fenêtre de temps pour le problème de type LC101

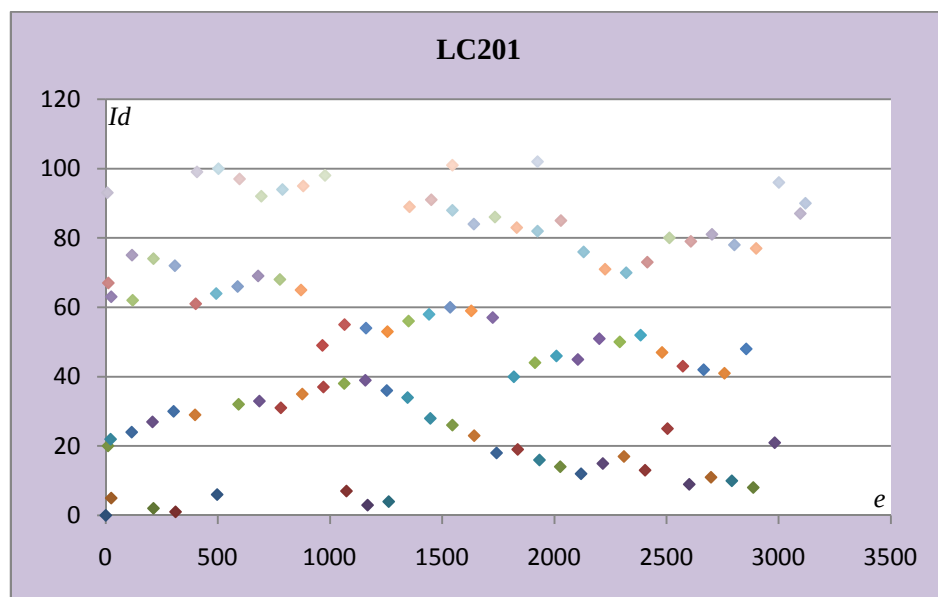


Figure 5.5 : Présentation des nœuds selon leurs dates de début de fenêtre de temps pour le problème de type LC201

Nous proposons de présenter dans ce qui suit les résultats donnés par notre approche, basée sur les algorithmes génétiques, en utilisant tout l'ensemble des instances de problème de Li et Lim [Li et al, 2001].

Concernant l'outil de programmation utilisé est le **Microsoft Visual C++**.

5.3 Simulation et résultats : m-PDPTW statique [I. Harbaoui Dridi et al, 2008]

Nous commençons d'abord par tester notre approche vis-à-vis la minimisation de la distance totale parcourue et par la suite le coût de transport.

Chaque type d'instance (LX1 ou LX2) comporte environ 10 problèmes à traiter, dont nous citons comme exemple : LC101, LC102, LC103,..., LC109.

Le tableau 5.1 illustre les résultats obtenus, pour le m-PDPTW statique en utilisant l'approche de [I. Harbaoui Dridi et al, 2008]. Ces résultats seront enregistrés directement dans un fichier *text* appelé *result*. Quelques exemples de ces fichiers sont illustrés dans l'annexe B.

Type de problème	Distance totale minimale	Coût total de transport	Nombre de véhicules utilisés	Chemin parcouru
LC101	2153.848389	430.769745	7	0 50 52 54 60 56 59 90 88 65 72 96 94 32 31 35 39 18 12 98 95 6 2 13 17 0 0 42 40 53 58 97 106 0 0 28 22 87 83 82 85 71 77 45 48 64 102 25 27 86 91 76 73 0 0 67 61 36 105 23 103 33 37 29 26 19 15 0 0 57 55 16 14 43 41 81 70 63 74 8 10 100 99 92 93 3 75 20 24 49 47 38 34 0 0 66 69 79 80 5 7 62 68 44 46 51 101 0 0 9 4 11 1 84 89 30 21 0
LC102	2240.550293	448.110107	7	0 1 75 38 36 27 30 29 26 3 10 6 4 57 60 8 2 42 48 41 51 65 72 50 106 52 49 0 0 98 94 82 85 13 12 7 11 97 101 20 22 0 0 44 47 39 104 93 99 76 73 79 80 68 102 67 61 55 53 31 35 37 34 0 0 95 100 17 19 90 86 71 77 46 45 0 0 16 14 88 91 0 0 63 69 5 9 81 70 74 64 78 105 54 56 62 66 58 59 0 0 23 21 28 103 83 84 24 25 32 33 18 15 43 40 96 92 87 89 0
LC103	2141.583740	428.316772	7	0 10 6 4 2 13 12 22 21 18 16 97 100 7 9 62 74 93 102 3 8 0 0 40 48 15 14 94 99 29 28 32 33 17 19 1 75 0 0 98 92 86 89 85 91 26 103 0 0 83 82 55 59 79 63 81 78 76 77 43 51 41 44 5 11 67 65 64 69 0 0 20 24 71 73 35 104 70 80 54 56 27 30 57 53 90 84 61 66 72 68 45 50 52 47 0 0 25 23 31 38 42 49 46 101 58 60 37 39 36 34 0 0 96 95 87 88 0
LC104	2114.402100	422.880402	6	0 42 52 30 21 3 8 75 106 53 59 57 56 27 29 12 10 95 93 13 16 0 0 55 54 40 46 24 101 7 4 82 84 83 88 94 99 36 34 98 96 0 0 43 41 2 1 5 9 67 68 61 66 44 48 0 0 20 25 35 39 32 37 58 60 80 63 33 103 26 22 62 69 47 105 28 23 0

Chapitre 5 : Simulations et Résultats

				0 76 73 50 49 45 51 90 87 72 64 85 89 17 18 19 15 97 100 65 74 0 0 14 102 31 38 11 6 81 71 78 70 77 79 92 104 86 91 0
LC105	2119.274414	423.854889	6	0 86 91 61 68 17 12 8 4 28 22 6 2 0 0 65 103 63 72 43 44 10 11 7 9 79 102 0 0 74 66 54 53 19 15 25 27 1 75 98 95 31 35 41 40 42 48 23 106 46 45 0 0 96 92 71 73 87 89 62 69 99 105 94 100 37 39 29 30 67 64 93 97 13 18 5 3 0 0 20 24 26 21 51 50 33 38 34 101 57 56 60 59 82 88 81 70 77 80 83 84 78 76 0 0 90 85 32 36 49 47 55 58 16 14 52 104 0
LC106	2150.073730	430.014862	6	0 40 52 9 2 96 92 81 104 19 15 41 47 0 0 30 28 8 4 3 75 98 97 66 103 72 68 0 0 83 89 77 80 45 49 13 17 18 14 36 102 20 25 26 21 7 11 70 73 85 88 0 0 22 105 27 29 50 101 32 35 90 87 31 34 38 39 6 1 67 62 65 74 57 55 42 46 0 0 16 12 100 106 78 71 82 91 43 48 53 56 54 59 33 37 86 84 58 60 61 69 44 51 0 0 24 23 63 64 95 99 76 79 94 93 5 10 0
LC107	2193.603516	438.720795	7	0 23 102 8 2 67 69 44 46 41 51 38 34 20 30 33 36 3 10 7 11 35 37 0 0 5 9 63 66 65 62 0 0 19 15 43 48 17 18 54 56 74 64 81 104 27 29 26 22 45 52 0 0 70 73 87 82 84 89 6 4 76 79 77 80 0 0 13 14 90 83 94 92 39 101 28 21 98 93 95 99 42 40 58 59 32 31 96 97 86 88 0 0 50 49 100 106 16 12 24 25 1 75 85 91 0 0 55 53 61 103 78 71 72 68 57 60 0
LC108	2071.420410	414.284149	7	0 68 102 2 75 67 61 46 48 41 45 38 36 32 34 25 30 33 37 3 10 11 9 0 0 5 1 63 69 62 66 0 0 15 12 18 14 19 16 53 56 74 64 81 71 26 23 24 29 20 22 0 0 43 52 73 77 87 83 84 89 7 8 6 4 0 0 79 103 76 80 13 17 98 94 97 101 28 21 93 99 95 100 39 104 42 44 60 59 40 47 0 0 78 70 31 35 86 91 90 88 54 58 51 50 0 0 65 72 82 85 27 106 49 105 96 92 0
LC109	2009.323853	401.864807	6	0 1 75 36 103 27 105 29 26 10 11 6 60 59 48 106 46 51 65 62 50 47 57 55 52 49 0 0 95 94 85 91 19 12 25 30 97 99 28 22 96 104 98 93 76 71 79 80 77 102 0 0 67 64 33 31 38 34 92 100 90 88 86 84 5 3 9 2 35 39 41 40 44 45 0 0 18 16 63 74 81 78 0 0 54 56 53 58 23 21 61 69 72 101 83 82 43 42 68 66 70 73 20 24 7 4 87 89 0 0 32 37 17 15 13 14 0

Tableau 5.1 : Résultats des simulations pour les problèmes de type LC1

La figure 5.6 représente l'ensemble des nœuds visités par les véhicules V1 et V2, et ceci en utilisant le problème de type LC101.

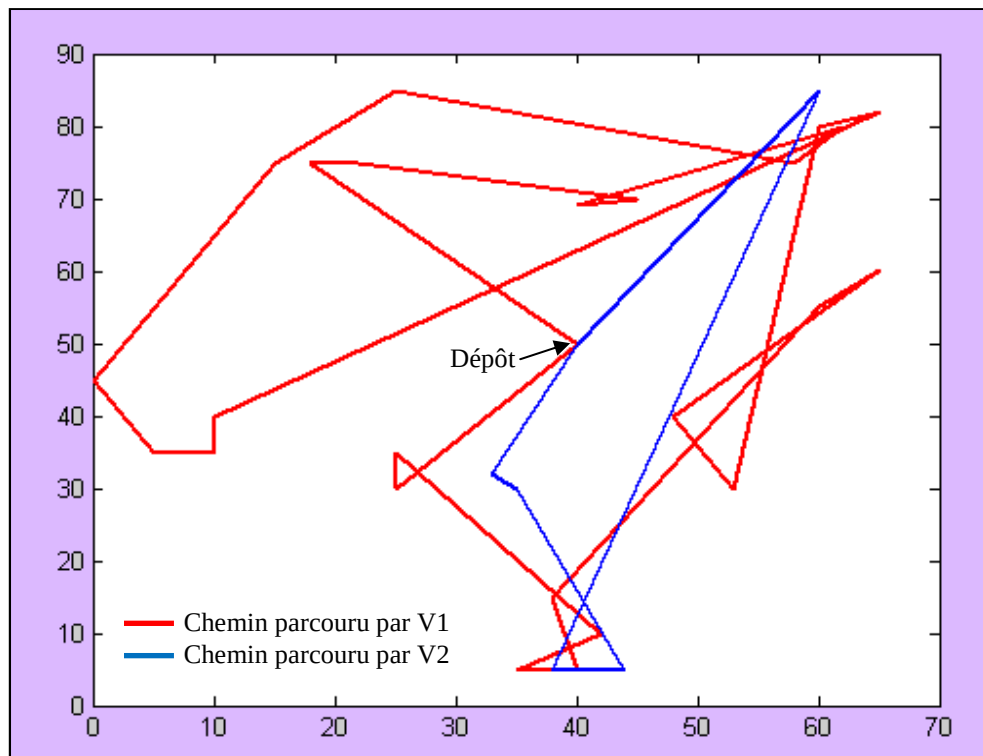


Figure 5.6 : Chemin parcouru par V1 et V2 pour le problème de type LC101

Rappelons ici que nous avons généré deux procédures d’insertion des véhicules, soit nous utilisons tous les véhicules disponibles, soit nous minimisons le nombre de véhicules utilisés. Cette dernière approche permet ainsi, de donner de meilleurs résultats en minimisant la distance totale parcourue et par la suite le coût total de transport.

Les résultats des simulations pour la première procédure d’insertion de véhicules sont présentés dans l’annexe C, ceci en fixant le nombre de véhicules possibles à utiliser $K = 25$.

Nous illustrons dans le tableau 5.2 les résultats donnés en traitant les problèmes de type LR1. Nous représentons de même, dans la figure 5.7, les chemins parcourus par les véhicules V1 et V2, et ceci concernant le problème de type LR101.

Type de problème	Distance totale minimale	Coût total de transport	Nombre de véhicules utilisés	Chemin parcouru
LR101	2245.142090	449.028381	7	<pre> 0 8 17 2 73 69 3 56 4 92 57 18 89 88 7 64 48 30 9 33 34 55 25 0 0 28 12 65 81 75 22 43 13 74 102 24 80 0 0 45 84 83 37 62 70 0 0 14 38 11 20 82 60 0 0 21 41 29 78 51 101 35 77 52 6 95 100 98 86 36 19 31 10 66 1 44 105 68 103 0 0 5 85 72 58 27 79 71 50 63 49 39 67 99 94 61 93 47 46 90 32 0 0 42 87 59 96 76 54 23 104 40 26 53 106 15 97 16 91 0 </pre>
LR102	2309.273438	461.854614	7	<pre> 0 59 102 10 109 95 74 43 58 5 89 83 61 86 100 0 </pre>

Chapitre 5 : Simulations et Résultats

				0 62 8 88 46 32 70 87 13 0 0 7 19 14 2 22 103 57 97 91 37 42 15 41 21 78 34 3 106 50 1 63 64 0 0 23 26 54 80 67 110 72 24 65 81 33 51 36 104 99 6 73 12 90 31 30 9 0 0 4 25 0 0 44 38 71 20 35 77 47 18 49 82 85 16 94 96 40 53 75 56 60 107 0 0 52 11 48 105 69 76 28 29 17 93 45 84 39 55 79 68 92 98 27 101 66 108 0
LR103	2309.336182	461.867279	7	0 52 17 2 4 26 3 23 29 79 31 62 84 71 35 20 51 60 6 0 0 81 77 19 11 97 13 36 64 16 61 86 37 44 85 38 91 92 100 41 21 0 0 90 70 27 69 65 28 98 14 22 75 12 80 55 24 0 0 7 47 57 73 96 87 40 68 42 72 74 58 43 15 0 0 78 34 0 0 45 99 53 101 18 89 94 95 50 76 49 32 63 102 0 0 83 5 39 67 8 46 56 25 9 66 33 10 88 103 48 82 93 59 30 1 54 104 0
LR104	2249.379150	449.875824	7	0 28 1 52 62 90 10 87 41 78 3 20 35 48 36 17 45 65 50 0 0 60 89 59 99 88 32 49 7 82 47 39 55 86 16 56 23 24 29 94 84 21 54 76 95 0 0 53 26 33 77 69 13 6 96 61 91 0 0 71 51 14 44 42 72 18 8 34 81 0 0 92 85 57 73 12 79 40 102 43 15 2 74 4 25 80 68 11 31 46 19 0 0 75 67 22 103 66 9 27 104 64 63 0 0 97 58 83 5 93 101 98 38 100 37 70 30 0
LR105	2308.127441	461.625549	5	0 95 92 34 77 63 70 98 99 71 20 50 24 52 7 45 102 94 6 39 55 27 69 15 87 5 16 0 0 73 56 30 35 64 11 62 88 44 37 31 81 17 60 72 25 53 26 76 40 0 0 33 1 85 84 59 61 14 86 97 13 36 19 41 74 67 54 47 49 9 66 0 0 28 79 12 29 22 58 89 103 21 75 96 106 42 38 83 18 82 8 91 93 46 48 0 0 43 100 23 4 2 57 51 78 90 10 32 104 65 105 3 80 68 101 0
LR106	2305.194580	461.038940	7	0 39 55 3 77 100 98 8 17 5 60 50 33 79 12 29 78 0 0 30 1 54 4 72 23 92 95 15 87 38 93 49 7 40 53 0 0 62 20 21 67 63 11 46 102 47 52 88 32 66 70 56 58 0 0 42 13 61 99 48 36 9 35 94 57 74 2 6 89 90 31 64 10 37 43 97 104 45 18 0 0 28 73 59 14 71 51 65 34 68 80 41 75 0 0 19 82 81 24 69 76 44 86 0 0 26 22 85 16 27 103 96 91 83 84 25 101 0
LR107	2291.857910	458.371490	5	0 36 17 87 2 67 3 55 29 79 101 62 64 9 35 20 81 40 6 11 89 19 48 96 13 0 0 38 97 61 93 14 86 52 82 98 44 85 104 94 92 26 23 41 25 90 70 10 32 47 46 0 0 53 95 7 102 8 84 27 1 5 103 0 0 51 30 65 50 56 4 75 54 60 45 21 39 74

Chapitre 5 : Simulations et Résultats

				73 66 71 69 76 88 63 34 68 78 28 0 0 91 37 57 72 24 77 83 99 42 22 33 31 16 100 59 58 49 18 80 12 43 15 0
LR108	2307.945557	461.589081	8	0 75 39 0 0 36 47 0 0 27 94 0 0 67 4 38 100 13 58 18 46 1 76 16 61 2 74 41 26 29 33 77 28 99 89 0 0 14 86 92 44 23 25 72 56 8 7 12 81 66 65 84 83 0 0 70 20 31 63 90 10 87 22 88 11 53 97 5 17 71 35 0 0 15 42 43 73 98 91 96 93 57 21 85 37 82 19 49 32 0 0 34 78 52 48 45 60 62 64 80 9 24 51 30 68 50 40 69 95 55 54 79 3 6 59 0
LR109	2329.197510	465.839447	7	0 95 34 102 20 70 99 104 27 71 81 24 31 7 6 96 39 22 69 30 15 87 43 0 0 83 16 98 13 56 103 0 0 33 35 11 90 88 8 37 93 2 55 44 14 17 89 72 40 53 26 0 0 85 94 84 100 59 38 86 91 77 50 45 19 0 0 21 25 67 41 73 54 5 61 82 47 51 66 18 60 28 79 29 78 36 48 52 46 97 58 0 0 65 1 92 42 23 75 76 80 74 4 12 9 0 0 57 105 62 63 10 101 64 32 3 68 0
LR110	2222.802979	444.560669	5	0 31 20 82 8 96 91 92 85 83 16 27 65 73 40 39 4 22 26 10 101 77 104 33 103 0 0 43 13 14 86 7 18 47 36 54 24 75 56 46 48 17 60 6 94 19 49 95 84 12 29 0 0 5 61 59 87 97 100 74 53 32 102 0 0 37 93 23 55 81 34 69 66 71 35 67 25 52 88 15 42 2 41 21 72 57 58 99 98 0 0 64 70 62 11 45 89 28 68 9 51 50 80 44 38 76 78 30 1 63 90 79 3 0
LR111	2252.909180	450.581818	5	0 57 102 83 91 43 41 39 80 21 58 52 31 59 97 82 107 63 32 62 10 25 24 89 106 0 0 14 16 77 103 65 66 8 105 95 42 86 5 44 38 23 55 73 108 88 90 0 0 94 13 76 4 99 87 30 51 69 53 92 98 37 6 40 12 27 101 100 93 0 0 74 56 70 104 19 47 18 45 46 48 84 85 7 36 29 3 15 72 1 81 2 22 0 0 17 60 61 96 11 20 33 71 35 34 9 50 78 68 75 67 28 79 64 49 54 26 0

Tableau 5.2 : Résultats des simulations pour les problèmes de type LR1

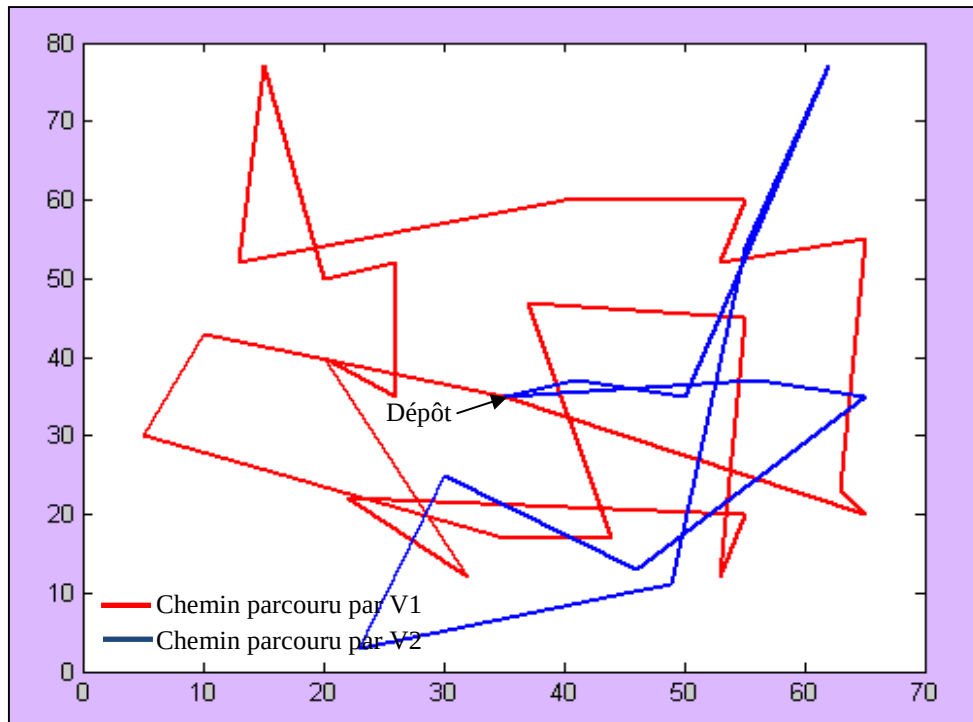


Figure 5.7 : Chemin parcouru par V1 et V2 pour le problème de type LR101

Notons ici, que les trajets qui séparent les nœuds ne sont pas nécessairement linéaires à cause des sens interdits.

Nous indiquons dans le tableau 5.3, les résultats des simulations pour les problèmes de type LRC1, en représentant dans la figure 5.8, un exemple de chemin parcouru par les deux premiers véhicules pour le problème LRC101.

Type de problème	Distance totale minimale	Coût total de transport	Nombre de véhicules utilisés	Chemin parcouru
LRC101	2657.291748	531.458435	5	0 1 105 98 88 8 3 40 35 45 2 75 58 53 100 67 71 84 66 49 20 76 104 69 78 14 47 0 0 99 86 82 16 10 17 64 103 72 36 63 51 92 95 29 93 5 4 50 80 0 0 28 26 62 94 12 46 59 97 23 21 22 24 25 101 27 91 30 32 0 0 87 77 19 18 90 56 85 102 313 89 81 96 52 57 83 48 33 34 79 55 61 68 0 0 7 6 11 15 9 13 73 106 60 70 65 74 38 43 39 54 41 37 42 44 0
LRC102	2904.760010	580.952087	9	0 45 1 88 17 2 3 40 35 0 0 87 58 69 53 0 0 71 67 56 66 22 20 72 104 14 15 64 86 16 9 32 103 49 24 85 63 0 0 92 95 78 10 34 93 46 4 5 60 94 80 28 31 62 30 26 50 0 0 13 12 77 105 59 52 19 23 21 25 91 57 83 18 76 51 6 98 61 90 47 97 75 102 0 0 96 106 0

Chapitre 5 : Simulations et Résultats

				0 65 48 82 55 29 89 39 84 8 101 0 0 81 54 11 73 79 7 36 44 33 27 100 70 38 37 41 43 42 68 0 0 99 74 0
LRC103	2699.364502	539.872986	7	0 1 3 36 37 27 30 32 26 10 13 6 55 98 60 45 8 20 48 51 63 65 64 50 67 0 0 57 101 21 49 71 94 0 0 75 77 76 85 12 17 14 11 97 58 22 19 47 104 40 93 73 79 0 0 28 102 33 31 84 106 29 34 100 70 90 99 0 0 59 86 44 38 7 46 2 5 39 35 41 72 53 16 95 91 9 87 81 96 74 52 0 0 68 105 43 80 56 66 92 62 18 23 61 42 0 0 83 89 82 15 25 24 69 88 54 103 0
LRC104	2748.739502	549.747986	5	0 84 57 52 70 1 46 4 5 100 35 41 51 74 102 99 75 85 89 27 29 13 108 25 24 0 0 78 79 72 54 21 18 58 103 9 86 19 48 20 22 47 11 73 6 8 68 0 0 63 64 98 17 97 77 33 28 30 34 80 56 95 96 94 105 12 82 67 81 0 0 7 2 40 39 45 101 42 37 43 36 61 3 69 53 44 38 90 65 16 10 91 93 0 0 55 104 66 106 14 15 32 107 87 59 76 83 92 50 88 60 26 31 62 71 49 23 0
LRC105	2863.019043	572.603821	5	0 39 40 71 81 92 86 18 25 36 37 2 5 95 57 42 61 19 20 6 3 1 100 41 96 35 104 0 0 65 22 15 97 90 53 27 50 32 80 55 101 67 85 48 21 91 106 78 108 0 0 87 75 16 103 10 17 73 60 24 105 83 23 49 77 14 13 38 43 26 30 0 0 66 56 64 52 59 58 45 79 44 70 72 94 33 76 54 93 29 28 62 84 89 102 0 0 69 88 31 34 63 51 98 47 11 9 7 68 99 74 82 12 4 107 8 46 0
LRC106	2815.670410	563.134094	7	0 1 104 98 88 46 3 37 35 2 5 11 58 53 10 67 32 63 66 86 20 0 0 45 4 69 13 14 74 15 16 9 17 12 103 99 49 72 71 95 62 30 93 0 0 80 105 27 28 40 41 34 50 26 101 59 97 65 23 24 91 25 77 18 48 47 78 76 56 0 0 90 94 51 102 31 29 92 96 82 52 55 106 85 84 61 81 0 0 6 100 64 19 83 21 0 0 87 75 8 7 73 79 44 38 54 68 0 0 33 89 36 43 42 39 57 22 60 70 0
LRC107	2714.000977	542.800171	8	0 91 102 2 6 0 0 71 67 1 46 41 43 38 44 28 34 26 30 33 101 17 10 11 15 39 37 5 45 0 0 63 89 62 6 18 48 19 20 21 56 74 105 81 106 0 0 23 49 31 29 22 66 52 24 73 70 87 59 95 84 0 0 8 3 4 100 0 0 69 79 51 80 12 13 83 86 94 54 72 93 42 40 55 104 7 103 47 9 0 0 27 32 35 36 97 77 82 99 14 16 88 53 64 25 75 58 61 90 98 78 60 68 0 0 50 96 92 85 65 57 0

LRC108	2715.322754	543.064575	6	0 29 34 92 85 50 56 3 4 6 2 15 10 12 17 22 23 51 18 0 0 70 100 14 9 58 74 95 102 97 75 79 8 0 0 48 66 99 87 32 30 76 19 82 86 67 62 33 28 26 93 98 78 90 55 63 91 0 0 88 81 25 77 43 37 41 44 5 45 65 57 64 89 24 21 16 11 73 46 40 35 53 60 0 0 84 80 61 94 71 72 52 59 20 101 1 103 38 39 42 36 27 31 0 0 69 68 54 96 7 104 47 13 83 49 0
--------	-------------	------------	---	---

Tableau 5.3 : Résultats des simulations pour les problèmes de type LRC1

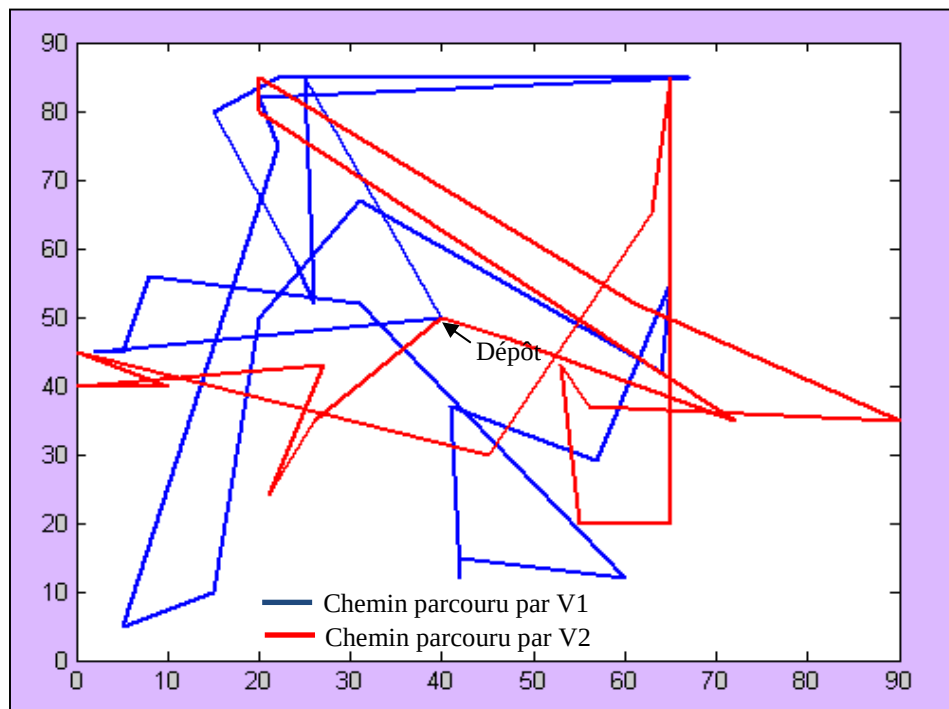


Figure 5.8 : Chemin parcouru par V1 et V2 pour le problème de type LRC101

Ces derniers tableaux (5.1, 5.2 et 5.3) représentent pour chaque type de problème, la distance totale minimale et par la suite le coût total de transport minimal. Il en résulte, le chemin parcouru par chaque véhicule qui minimise nos critères.

Ces distances et ces coûts sont exprimés respectivement en unités de distance et unité de coût. Ces unités sont variables d'une application à une autre.

Notons de même que ces résultats varient par rapport à la taille des populations P_{noeud} , $P_{véhicule}$ et $P_{noeud/véhicule}$ (Figure 2.20 du deuxième chapitre). La figure 5.9 montre l'évolution du critère coût total de transport selon la taille de la population $P_{noeud/véhicule}$.

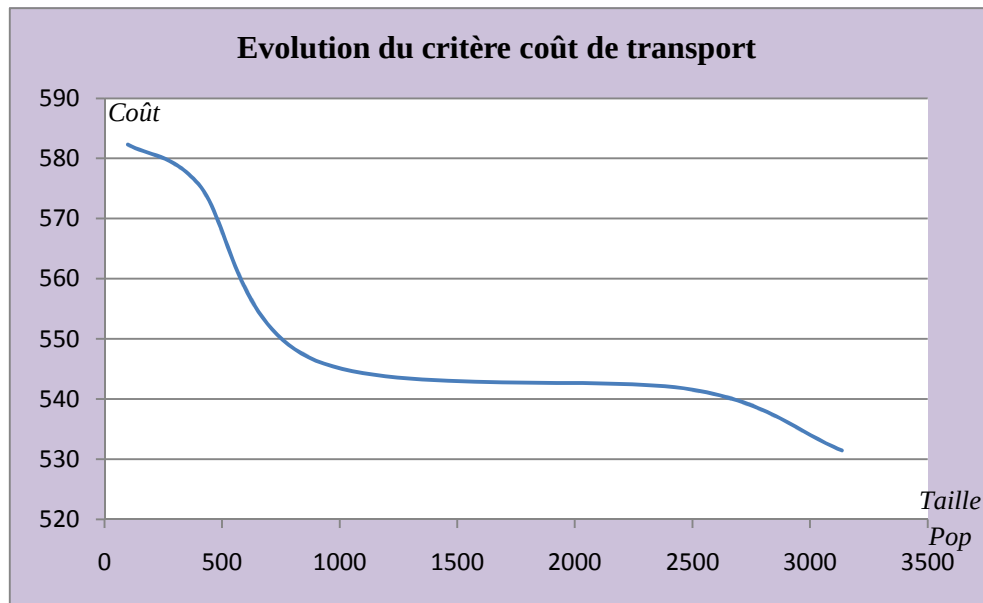


Figure 5.9 : Évolution du critère coût de transport par rapport à la taille de la population $p_{\text{nœud/véhicule}}$ pour le problème de type LRC101

Nous observons que le critère coût total de transport diminue en fonction de l'augmentation de la taille de la population. Ceci justifie l'utilisation des algorithmes génétiques permettant ainsi de converger vers la solution optimale.

5.4 Simulation et résultats : m-PDPTW statique [I. Harbaoui Dridi et al, 2009]

Dans cette partie nous allons présenter les résultats des simulations appliqués sur les mêmes benchmarks, ceux générés par Li et Lim.

Nous allons tester notre approche multi-objectif, développée pour la résolution du m-PDPW statique et qui minimise le compromis entre le nombre de véhicules, la somme des retards et le coût total de transport.

Rappelons ici que nous avons développé deux approches, une qui minimise les trois critères déjà cités, en utilisant la dominance au sens de Pareto, et celle qui minimise la somme pondérée entre ces critères, en utilisant les méthodes d'agrégation et le calcul des valeurs minimales.

Le tableau 5.4 résume quelques résultats donnés pour le m-PDPTW statique (Equation 3.8 du chapitre 3).

Chapitre 5 : Simulations et Résultats

Type problème	Min f_1 : Nombre de véhicules utilisés	Min f_2 : Somme des retards	Min f_3 : Coût total de transport	Chemin parcouru
LC201	13	35.436063	668.760376	0 62 59 23 17 22 24 81 87 88 71 37 28 0 0 98 83 8 21 61 45 33 25 91 76 0 0 82 102 29 13 0 0 16 12 67 68 20 27 65 58 95 79 64 57 89 96 84 85 0 0 56 60 43 42 18 19 55 44 1 80 0 0 74 51 30 14 31 36 6 32 46 41 0 0 69 49 75 78 63 66 3 90 0 0 38 34 15 11 26 101 53 52 0 0 2 94 70 73 47 48 9 10 0 0 72 54 0 0 40 50 35 39 0 0 5 77 99 86 92 7 0 0 97 4 93 100 0
	8	227.005449	557.789734	0 40 50 63 66 47 48 92 7 2 94 91 76 65 58 53 52 1 80 9 10 93 100 18 19 75 78 0 0 26 101 22 24 64 57 98 83 62 59 35 39 38 34 23 17 16 12 30 14 33 25 29 13 0 0 20 27 88 71 61 45 5 77 6 32 46 41 43 42 0 0 74 51 81 87 37 28 31 36 15 11 95 79 72 54 69 49 3 90 0 0 8 21 0 0 55 44 56 60 0 0 97 4 67 68 0 0 89 96 70 73 99 86 84 85 82 102 0
LC205	13	8.089891	653.479492	0 81 102 82 73 6 17 0 0 4 77 37 28 53 47 86 96 94 91 54 58 11 21 71 87 76 70 0 0 84 85 93 92 3 89 2 7 19 12 60 43 35 15 0 0 22 39 88 83 55 57 72 64 0 0 38 13 29 33 0 0 67 63 16 101 31 23 0 0 24 34 49 44 0 0 5 99 62 40 52 42 59 51 46 45 14 9 0 0 79 78 10 8 0 0 61 48 74 65 75 95 0 0 20 27 69 68 97 98 1 100 66 56 0 0 50 41 30 32 80 90 0 0 18 25 36 26 0
	6	196.192752	556.875671	0 69 68 14 9 86 96 31 23 46 45 50 41 71 87 19 12 29 33 61 48 88 83 11 21 93 92 0 0 2 7 18 25 22 39 36 26 74 65 52 42 30 32 37 28 6 17 0 0 5 99 84 85 72 64 75 95 49 44 54 58 59 51 0 0 94 91 3 89 38 13 97 98 20 27 60 43 66 56 10 8 0 0 79 78 53 47 55 57 1 100 4 77 82 73 0 0 35 15 16 101 67 63 76 70 80 90 81 102 62 40 24 34 0
LC208	13	0.000000	648.304993	0 81 102 82 73 17 14 0 0 4 77 37 28 53 47 86 96 94 91 54 58 11 21 71 87 76 70 0 0 84 85 93 92 3 89 2 7 19 101 50 43 35 12 0

Chapitre 5 : Simulations et Résultats

				0 22 39 88 83 55 57 72 64 0 0 60 42 38 13 0 0 29 33 67 63 61 48 0 0 5 99 69 68 0 0 18 25 75 95 36 26 74 65 16 9 10 8 0 0 79 78 6 15 0 0 20 27 80 90 1 100 0 0 30 32 52 41 97 98 49 44 31 23 0 0 62 40 59 51 46 45 0 0 66 56 24 34 0
	6	142.984729	557.968750	0 69 68 17 14 86 96 31 23 46 45 50 43 0 0 71 87 0 0 19 101 29 33 61 48 88 83 11 21 93 92 2 7 18 25 22 39 36 26 74 65 60 42 0 0 30 32 37 28 6 15 5 99 84 85 72 64 75 95 49 44 54 58 59 51 52 41 0 0 94 91 3 89 38 13 97 98 20 27 66 56 10 8 79 78 53 47 0 0 55 57 1 100 4 77 82 73 16 9 35 12 67 63 76 70 80 90 81 102 62 40 24 34 0
LR201	10	0.000000	477.428375	0 20 1 28 79 30 3 29 81 66 35 59 6 5 7 8 18 47 36 0 0 87 26 48 60 12 71 49 17 44 86 95 85 0 0 94 91 52 27 2 72 21 56 23 41 75 57 15 97 31 78 0 0 19 62 74 4 25 101 0 0 98 61 38 96 0 0 43 13 16 58 0 0 83 90 88 46 33 63 68 24 69 9 0 0 22 55 80 77 0 0 10 70 65 51 50 32 73 54 84 102 45 64 82 11 40 53 0 0 37 100 93 89 14 99 92 42 76 34 39 67 0
	7	0.041773	462.002899	0 20 1 28 79 30 3 29 81 66 35 59 6 5 7 8 18 47 36 87 26 48 60 0 0 12 71 49 17 44 86 95 85 94 91 52 27 2 72 0 0 21 56 23 41 75 57 15 97 31 78 19 62 74 4 25 101 98 61 38 96 43 13 0 0 16 58 83 90 88 46 33 63 68 24 69 9 22 55 80 77 10 70 65 51 0 0 50 32 73 54 84 102 45 64 82 11 40 53 37 100 93 89 0 0 14 99 92 42 0 0 76 34 0
LR205	7	0.000000	579.714294	0 59 15 83 40 7 99 79 26 3 50 27 65 31 73 12 66 0 0 44 84 96 100 45 57 98 90 20 9 68 102 23 8 0 0 91 58 14 16 85 38 21 61 71 78 29 51 60 97 0 0 36 1 77 70 63 19 28 76 32 37 18 74 41 43 5 53 0 0 64 56 92 42 93 13 95 46 11 24 33 30 0 0 6 22 35 34 47 62 82 4 10 17 81 101 54 80 48 89 39 67 75 2 72 86 87 49 0 0 25 55 88 94 69 52 0

LR208	10	0.000000	627.144714	0 55 58 92 2 28 3 9 71 94 16 82 24 0 0 18 81 25 74 20 65 10 78 51 96 49 63 62 27 46 50 23 90 0 0 99 44 0 0 4 6 31 79 35 13 67 85 0 0 75 91 15 86 47 77 0 0 19 89 60 88 38 17 0 0 42 22 87 45 57 84 61 32 0 0 80 26 43 5 52 53 8 30 0 0 72 40 34 37 73 100 0 0 33 29 7 98 48 76 95 14 93 68 54 97 41 64 36 12 11 69 21 59 70 1 39 56 0
LRC201	7	0.225111	738.415039	0 14 1 2 98 87 9 12 6 61 94 57 13 17 100 77 58 45 40 23 21 96 91 0 0 59 4 16 73 82 18 65 7 49 5 6 10 70 102 0 0 52 35 95 63 69 76 38 32 27 99 20 54 5 88 97 60 31 90 86 74 48 25 0 0 29 30 42 44 33 71 37 80 47 78 66 93 41 26 85 22 11 68 83 84 0 0 15 55 81 50 92 53 19 51 89 24 75 79 8 46 28 67 0 0 64 43 39 34 0 0 3 101 0
	7	0.000000	750.809814	0 45 40 23 21 96 91 59 4 16 73 82 18 65 7 17 100 49 56 62 10 70 102 0 0 52 35 12 6 95 63 57 13 69 76 38 32 27 99 0 0 20 54 5 88 97 60 31 90 86 74 48 25 29 30 42 44 33 71 37 80 47 78 0 0 66 93 41 26 85 22 11 68 83 84 15 55 2 98 87 9 61 94 81 50 0 0 92 53 77 58 19 51 89 24 75 79 8 46 28 67 64 43 0 0 14 1 39 34 0 0 3 101 0

Tableau 5.4 : Résultats des simulations du m-PDPTW : optimisation multi-objectif, Pareto dominance

Le tableau 5.4 illustre les résultats de simulations pour le m-PDPTW statique en traitant quelques types de problèmes de Li et Lim. Dans ce dernier, nous avons noté, parmi les solutions non dominées, la solution qui minimise la somme des retards et celle qui minimise le coût total de transport.

Notons que les résultats sont exprimés en unité de temps pour le retard et en unité de coût pour le coût total de transport.

Nous observons que notre approche donne de bons résultats vis-à-vis du critère de la somme des retards où il est égal à zéro pour plusieurs cas d'étude.

Nous observons de même, que notre approche donne des résultats prometteurs pour les types de problèmes ayant un long horizon de planification (LX2) et une génération plus au

moins aléatoire des nœuds client / fournisseurs (LR et LRC). Nous trouvons un retard total qui est toujours inférieur à une unité de temps.

Nous présentons dans le tableau qui suit (Tableau 5.5), les résultats de simulation donnés par la deuxième approche multi-objectif, (Equation 3.22) ayant pour but de générer une seule solution ne nécessitant pas d'interférence avec le décideur.

Type de problème	N_{sol}	N_k	f_{1b}	f_{2b}	f_1	f_2	$F(x)$
LRC101	4	11	679,7197	0,651	1870,8573	2,173	1,09
					1921,5078	2,09	
					1928,4393	1,32	
					1949,1178	0,651	
	1	25	679,7197	0	2162,6126	0	2,49
LRC102	5	11	707,7818	0,076	2020,9451	0,51	1,09
					1878,0154	2,109	
					2197,5123	0,076	
					1882,345	0,972	
					2000,965	0,637	
	1	25	707,7818	0	2243,394	0	2,49
LRC103	2	11	645,1144	0	1946,2465	0	1,09
					1711,304	0,429	
	1	25	645,1144	0	2081,1978	0	2,49
LRC104	4	9	656,5339	0	1884,2375	1,18	0,89
					1850,387	2,32	
					1945,4715	0	
					1907,2671	0,33	
	1	25	65653,39	0	2165,4384	0	2,49
LRC105	3	9	697,0005	0,823	1862,0582	4,28	0,89
					1965,2465	0,823	
					1947,6537	4,27	
	2	25	697,005	0	2171,1193	0,107	2,49
					2246,6729	0	
LRC106	2	11	677,3827	0	1873,9464	0,21	1,09

					1893,9464	0	
	1	25	677,3827	0	2254,6023	0	2,49
LRC107	1	11	647,345	0	1803,9515	0	1,09
	1	25	647,345	0	2171,1006	0	2,49
LRC108	3	5	665,2764	11,51	1927,8653	13,9	0,49
					1953,8573	11,51	
					1864,8687	16,08	
	1	25	665,2764	0	2144,6321	0	2,49

**Tableau 5.5 : Résultats des simulations du m-PDPTW : optimisation multi-objectif,
Méthode d'agrégation et calcul des valeurs minimales**

Dans le tableau précédent, nous avons testé notre approche multi-objectif pour les problèmes de type LRC1.

Pour chaque type de problème, nous avons illustré les paramètres suivants :

- ✓ N_{sol} : le nombre de solutions non dominées,
- ✓ N_k : le nombre de véhicules utilisés,
- ✓ f_{1b} : la valeur minimale associée au critère du coût total de transport,
- ✓ f_{2b} : la valeur minimale associée au critère de la somme des retards,
- ✓ f_1 : la meilleure valeur pour le premier critère à minimiser,
- ✓ f_2 : la meilleure valeur pour le deuxième critère à minimiser,
- ✓ $F(x)$: La valeur minimale pour la somme pondérée des critères à minimiser.

Nous constatons que notre approche génère un nombre multiple de solutions, ce qui donne une flexibilité de choix. Ceci, en utilisant deux méthodes différentes pour déterminer le nombre de véhicules utilisés, permettant ainsi de minimiser le compromis entre les critères à satisfaire.

Nous observons également que nous obtenons un retard total égal à zéro avec un coût acceptable.

5.5 Simulation et résultats : m-PDPTW dynamique [I. Harbaoui Dridi et al, 2010]

Dans cette partie, nous allons présenter notre étude pour la résolution du m-PDPTW dynamique où l'on doit satisfaire l'intégration de nouvelles demandes alors que les routes ont été planifiées et que leur exploitation a commencé.

Nous montrons dans le tableau 5.6 les paramètres des problèmes dynamiques à traiter. Ces derniers représentent : le type de problème, le nombre de nœuds dynamiques et le degré de dynamisme avec fenêtre de temps.

Type de problème	Nombre de nœuds dynamiques	<i>edod-tw</i>
LRC1	2	0,009

Tableau 5.6 : Paramètres des problèmes dynamiques

Comme nous l'avons décrit dans le chapitre précédent, nous avons développé deux méthodes différentes pour l'insertion de demandes dynamiques. La première méthode est basée sur l'adaptation des opérateurs génétiques et des procédures de correction de précédence et de capacité, initialement conçue pour le cas statique, pour servir dans le cas dynamique. La deuxième méthode consiste à insérer les nœuds dynamiques dès leurs apparitions dans la route qui minimise les critères choisis, tout en satisfaisant ces derniers.

Le tableau 5.7 illustre les résultats des simulations pour la première méthode d'insertion des demandes dynamiques.

LRC1	N_{sol}	N_k	f_1	f_2	$F(x)$
LRC101	4	25	210071	8,2	2,29
			217638,09	0	
LRC101	45	9	167285,5	3989	0,49
		12	212849,42	143	
LRC102	4	25	224857,14	0	2,29
LRC102	43	8	183345,04	849,8	0,49
		14	221230,15	89,72	
LRC103	5	25	209584,25	0	2,29
			209112,54	12,87	
LRC103	42	6	166937,7	3892	0,49

		10	202398,45	57,63	
LRC104	10	25	216110,7	103,5	2,29
			230606,14	1,38	
LRC104	39	11	213761,31	9,08	0,49
			176834,1	84,95	
LRC105	18	25	231586,07	1,38	2,29
			211112,71	142,2	
LRC105	36	9	177105,29	792,6	0,49
		12	212829,1	70,58	
LRC106	3	24	220793,62	0	2,29
LRC106	35	9	174037,5	1259	0,49
		11	188774,51	59,49	
LRC107	3	25	215355,6	0	2,29
LRC107	75	11	171035,53	222,6	0,49
		12	212836,6	6,01	
LRC108	3	25	211749,64	0	2,29
LRC108	45	9	195396,81	0	0,49
		11	167210,96	357,3	

Tableau 5.7 : Résultats de simulation pour les problèmes de type LRC1 : première méthode d'insertion des nœuds dynamiques

Le tableau 5.8 illustre les résultats des simulations pour la deuxième méthode d'insertion des demandes dynamiques.

LRC1	N_{sol}	N_k	f_1	f_2	$F(x)$
LRC101	5	25	234467,71	63,95	53,66
			216616,68	73	
LRC101	47	9	170770,53	1489	0,49
		11	213386,84	211,4	
LRC102	3	25	229200,37	64,2	53,47
			233209,56	63,71	
LRC102	37	8	183345,04	914,9	0,49
		12	224682,73	203,7	
LRC103	2	25	220334,76	63,77	53,52

			212968,59	64,77	
LRC103	38	8	167587,35	677	0,49
		10	196233,34	121,5	
LRC104	3	25	221505,56	64,21	53,47
			246890,9	63,71	
LRC104	32	11	176883,78	412,8	0,49
		12	206176,92	66,75	
LRC105	4	25	216597,48	70,07	53,66
			248596,34	63,95	
LRC105	39	9	177702,26	771,9	0,49
		12	215801,04	83,11	
LRC106	2	25	222740,68	64,14	53,39
			231305,82	63,61	
LRC106	38	9	176349,14	644,8	0,49
		12	205582,17	146,9	
LRC107	5	25	234829,59	63,53	53,32
			220063,68	64,31	
LRC107	41	11	172050,35	286,6	0,49
		12	211497,79	86,76	
LRC108	4	25	236116,92	63,92	53,64
			221455,42	64,8	
LRC108	39	11	170105,82	421,9	52,09
		13	224198,4	63,5	

Tableau 5.8 : Résultats de simulation pour les problèmes de type LRC1 : deuxième méthode d'insertion des nœuds dynamiques

Nous avons noté dans les tableaux 5.7 et 5.8 les paramètres suivants :

- ✓ N_{sol} : le nombre de solutions non dominées,
- ✓ N_k : le nombre de véhicules utilisés,
- ✓ f_1 : la meilleure valeur pour le premier critère à minimiser,
- ✓ f_2 : la meilleure valeur pour le deuxième critère à minimiser,
- ✓ $F(x)$: La meilleure valeur pour la somme pondérée des critères à minimiser.

En comparant les résultats donnés par les deux méthodes d'insertion de nœuds dynamiques, nous remarquons que la première méthode donne de meilleurs résultats. Nous observons de même l'obtention d'un retard total égal à zéro avec un coût tolérable. Ces résultats justifient l'utilisation des algorithmes génétiques.

Notons ici, qu'une approche efficace ne doit pas uniquement générer de bons résultats, mais elle doit aussi les générer en un temps de calcul assez rapide, et c'est le cas pour nos différentes approches développées pour la résolution du m-PDPTW statique et dynamique.

Le temps de calcul mis par ces derniers est environ 60 secondes. D'où l'intérêt de l'utilisation des métaheuristiques comme les algorithmes génétiques, permettant ainsi de réduire l'espace de solution et de fournir, aussitôt, des solutions viables.

5.6 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté les résultats des simulations générées par nos différentes approches pour le m-PDPTW statique et dynamique. Ces dernières sont basées sur les algorithmes génétiques, l'approche Pareto, la méthode d'agrégation et le calcul des valeurs minimales.

Ces approches donnent de bons résultats, principalement au niveau de la minimisation de la somme des retards où nous avons obtenu, dans plusieurs cas, un retard nul. Toutefois, nous ne pouvons pas comparer nos résultats par rapport à ceux générés par [Li et al, 2001] vu la différence entre les critères à optimiser.

Conclusion générale

Voilà comment doit se comporter un prince prudent : ne jamais demeurer oisif en temps de paix, mais employer ce temps à amasser un bagage qui pourra lui servir aux jours d'adversité. Si la fortune alors lui est hostile, elle le trouvera prêt à résister à ses assauts.

[Machiavel, Le prince]

Conclusion générale

Les travaux de recherche développés dans cette thèse portent sur le problème de ramassage et de livraison avec fenêtres de temps et à plusieurs véhicules : *m-PDPTW*. Ce dernier a été traité dans les deux cas : statique et dynamique.

D'abord, nous avons introduit dans le premier chapitre, le problème de tournées de véhicules (VRP) dont l'objectif est de servir un ensemble de clients en minimisant un ou plusieurs critères liés au coût de livraison des biens. Nous avons aussi présenté ces nombreuses variantes, ainsi que les différentes méthodes de résolution de ce genre de problème. Ceci, en se penchant sur le *m-PDPTW* qui a fait l'objet de nos travaux.

Ensuite, après avoir décrit le principe des algorithmes génétiques, en détaillant leurs caractéristiques et leurs mécanismes, nous avons présenté dans le deuxième chapitre, le rôle et l'utilisation de ces algorithmes dans notre travail. Au niveau de cette partie, nous avons détaillé les différentes procédures de génération de populations et de codage représentant les paramètres caractérisant notre problème. Ceci, en proposant une approche de résolution élaborée pour le *m-PDPTW* statique.

Au niveau du troisième chapitre, notre étude a porté sur les problèmes d'optimisation multi-objectif ainsi que les différentes méthodes de leur résolution. Dans cette partie, nous avons évoqué le calcul des valeurs minimales, dont l'utilisation s'avère importante pour la résolution de problème multicritère. Ceci en présentant plusieurs approches de résolution pour le *m-PDPTW* statique, basés sur les algorithmes génétiques, la méthode d'agrégation et les valeurs minimales, qui permettent de générer une ou plusieurs solutions minimisant nos fonctions objectifs.

En ce qui concerne l'étude dynamique, cette partie a été traitée dans le quatrième chapitre, où nous avons présenté notre approche multi-objectif élaborée pour la résolution du *m-PDPTW* dynamique. Cette dernière doit être capable d'intégrer des imprévus alors que des tournées ont déjà été planifiées et que leur exploitation a démarré.

Quant au cinquième chapitre, il expose les résultats des simulations générées par nos différentes approches pour le *m-PDPTW* statique et dynamique. Ces approches ont donné de

Conclusion générale

bons résultats, principalement au niveau de la minimisation de la somme des retards où nous avons obtenu, dans plusieurs cas, un retard nul. Notons de même que le temps de calcul mis par nos approches est alentour de 60 secondes, d'où l'intérêt de l'utilisation des métaheuristiques comme les algorithmes génétiques, permettant ainsi de réduire l'espace de solution et de fournir, aussitôt, des solutions viables.

Enfin, comme perspectives de nos travaux de recherche, nous envisageons de :

- Intégrer d'autres algorithmes, tels que la recherche tabou ou les colonies de fourmis pour la résolution du *m-PDPTW*,
- Développer d'autres méthodes d'insertion des nœuds dynamiques, à savoir l'intégration des demandes urgentes nécessitant un temps de réaction assez rapide,
- Développer une approche qui permet de résoudre le *m-PDPTW* en étudiant le cas où les véhicules utilisés peuvent échanger la marchandise entre eux, afin de diminuer le temps de circulation et augmenter la satisfaction des clients en leur procurant leurs biens dans les brefs délais.
- Tester nos approches sur un cas pratique de transport de marchandises.

Annexes

Annexes

Annexe A

LC101 :

25	200							
0	40	50	0	0	1236	0	0	0
1	45	68	-10	912	967	90	11	0
2	45	70	-20	825	870	90	6	0
3	42	66	10	65	146	90	0	75
4	42	68	-10	727	782	90	9	0
5	42	65	10	15	67	90	0	7
6	40	69	20	621	702	90	0	2
7	40	66	-10	170	225	90	5	0
8	38	68	20	255	324	90	0	10
9	38	70	10	534	605	90	0	4
10	35	66	-20	357	410	90	8	0
11	35	69	10	448	505	90	0	1
12	25	85	-20	652	721	90	18	0
13	22	75	30	30	92	90	0	17
14	22	85	-40	567	620	90	16	0
15	20	80	-10	384	429	90	19	0
16	20	85	40	475	528	90	0	14
17	18	75	-30	99	148	90	13	0
18	15	75	20	179	254	90	0	12
19	15	80	10	278	345	90	0	15
20	30	50	10	10	73	90	0	24
21	30	52	-10	914	965	90	30	0
22	28	52	-20	812	883	90	28	0
23	28	55	10	732	777	0	0	103
24	25	50	-10	65	144	90	20	0
25	25	52	40	169	224	90	0	27
26	25	55	-10	622	701	90	29	0
27	23	52	-40	261	316	90	25	0
28	23	55	20	546	593	90	0	22
29	20	50	10	358	405	90	0	26
30	20	55	10	449	504	90	0	21
31	10	35	-30	200	237	90	32	0
32	10	40	30	31	100	90	0	31
33	8	40	40	87	158	90	0	37
34	8	45	-30	751	816	90	38	0
35	5	35	10	283	344	90	0	39
36	5	45	10	665	716	0	0	105
37	2	40	-40	383	434	90	33	0
38	0	40	30	479	522	90	0	34
39	0	45	-10	567	624	90	35	0
40	35	30	-20	264	321	90	42	0
41	35	32	-10	166	235	90	43	0
42	33	32	20	68	149	90	0	40
43	33	35	10	16	80	90	0	41
44	32	30	10	359	412	90	0	46
45	30	30	10	541	600	90	0	48
46	30	32	-10	448	509	90	44	0
47	30	35	-10	1054	1127	90	49	0
48	28	30	-10	632	693	90	45	0
49	28	35	10	1001	1066	90	0	47
50	26	32	10	815	880	90	0	52
51	25	30	10	725	786	0	0	101
52	25	35	-10	912	969	90	50	0
53	44	5	20	286	347	90	0	58

Annexes

54	42	10	40	186	257	90	0	60
55	42	15	-40	95	158	90	57	0
56	40	5	30	385	436	90	0	59
57	40	15	40	35	87	90	0	55
58	38	5	-20	471	534	90	53	0
59	38	15	-30	651	740	90	56	0
60	35	5	-40	562	629	90	54	0
61	50	30	-10	531	610	90	67	0
62	50	35	20	262	317	90	0	68
63	50	40	50	171	218	90	0	74
64	48	30	10	632	693	0	0	102
65	48	40	10	76	129	90	0	72
66	47	35	10	826	875	90	0	69
67	47	40	10	12	77	90	0	61
68	45	30	-20	734	777	90	62	0
69	45	35	-10	916	969	90	66	0
70	95	30	-30	387	456	90	81	0
71	95	35	20	293	360	90	0	77
72	53	30	-10	450	505	90	65	0
73	92	30	-10	478	551	90	76	0
74	53	35	-50	353	412	90	63	0
75	45	65	-10	997	1068	90	3	0
76	90	35	10	203	260	90	0	73
77	88	30	-20	574	643	90	71	0
78	88	35	20	109	170	0	0	104
79	87	30	10	668	731	90	0	80
80	85	25	-10	769	820	90	79	0
81	85	35	30	47	124	90	0	70
82	75	55	20	369	420	90	0	85
83	72	55	-20	265	338	90	87	0
84	70	58	20	458	523	90	0	89
85	68	60	-20	555	612	90	82	0
86	66	55	10	173	238	90	0	91
87	65	55	20	85	144	90	0	83
88	65	60	-10	645	708	90	90	0
89	63	58	-20	737	802	90	84	0
90	60	55	10	20	84	90	0	88
91	60	60	-10	836	889	90	86	0
92	67	85	20	368	441	90	0	93
93	65	85	-20	475	518	90	92	0
94	65	82	-10	285	336	90	96	0
95	62	80	-20	196	239	90	98	0
96	60	80	10	95	156	90	0	94
97	60	85	30	561	622	0	0	106
98	58	75	20	30	84	90	0	95
99	55	80	-20	743	820	90	100	0
100	55	85	20	647	726	90	0	99
101	25	30	-10	725	786	90	51	0
102	48	30	-10	632	693	90	64	0
103	28	55	-10	732	777	90	23	0
104	88	35	-20	109	170	90	78	0
105	5	45	-10	665	716	90	36	0
106	60	85	-30	561	622	90	97	0

LC102 :

25	200							
0	40	50	0	0	1236	0	0	0
1	45	68	10	0	1127	90	0	75

Annexes

2	45	70	-20	0	1125	90	8	0
3	42	66	10	0	1129	90	0	10
4	42	68	-20	727	782	90	6	0
5	42	65	10	0	1130	90	0	9
6	40	69	20	621	702	90	0	4
7	40	66	20	0	1130	90	0	11
8	38	68	20	255	324	90	0	2
9	38	70	-10	534	605	90	5	0
10	35	66	-10	357	410	90	3	0
11	35	69	-20	448	505	90	7	0
12	25	85	-30	0	1107	90	13	0
13	22	75	30	30	92	90	0	12
14	22	85	-40	567	620	90	16	0
15	20	80	-20	384	429	90	18	0
16	20	85	40	475	528	90	0	14
17	18	75	20	99	148	90	0	19
18	15	75	20	179	254	90	0	15
19	15	80	-20	278	345	90	17	0
20	30	50	10	10	73	90	0	22
21	30	52	-10	0	1135	90	23	0
22	28	52	-10	812	883	90	20	0
23	28	55	10	732	777	90	0	21
24	25	50	10	65	144	90	0	25
25	25	52	-10	169	224	90	24	0
26	25	55	-10	0	1130	90	29	0
27	23	52	10	261	316	90	0	30
28	23	55	20	546	593	0	0	103
29	20	50	10	358	405	90	0	26
30	20	55	-10	449	504	90	27	0
31	10	35	20	0	1112	90	0	35
32	10	40	30	31	100	90	0	33
33	8	40	-30	87	158	90	32	0
34	8	45	-20	0	1113	90	37	0
35	5	35	-20	283	344	90	31	0
36	5	45	-30	665	716	90	38	0
37	2	40	20	0	1106	90	0	34
38	0	40	30	479	522	90	0	36
39	0	45	20	567	624	0	0	104
40	35	30	-10	264	321	90	43	0
41	35	32	10	166	235	90	0	51
42	33	32	20	68	149	90	0	48
43	33	35	10	16	80	90	0	40
44	32	30	10	359	412	90	0	47
45	30	30	-30	541	600	90	46	0
46	30	32	30	448	509	90	0	45
47	30	35	-10	1054	1127	90	44	0
48	28	30	-20	0	1122	90	42	0
49	28	35	-10	1001	1066	90	52	0
50	26	32	10	0	1123	0	0	106
51	25	30	-10	725	786	90	41	0
52	25	35	10	0	1124	90	0	49
53	44	5	-10	286	347	90	55	0
54	42	10	40	186	257	90	0	56
55	42	15	10	95	158	90	0	53
56	40	5	-40	385	436	90	54	0
57	40	15	40	35	87	90	0	60
58	38	5	30	471	534	90	0	59
59	38	15	-30	0	1110	90	58	0

Annexes

60	35	5	-40	562	629	90	57	0
61	50	30	-10	531	610	90	67	0
62	50	35	20	262	317	90	0	66
63	50	40	50	171	218	90	0	69
64	48	30	-50	632	693	90	74	0
65	48	40	10	76	129	90	0	72
66	47	35	-20	826	875	90	62	0
67	47	40	10	12	77	90	0	61
68	45	30	10	734	777	0	0	102
69	45	35	-50	916	969	90	63	0
70	95	30	-30	387	456	90	81	0
71	95	35	20	293	360	90	0	77
72	53	30	-10	0	1122	90	65	0
73	92	30	-10	478	551	90	76	0
74	53	35	50	353	412	90	0	64
75	45	65	-10	0	1130	90	1	0
76	90	35	10	203	260	90	0	73
77	88	30	-20	574	643	90	71	0
78	88	35	20	109	170	0	0	105
79	87	30	10	668	731	90	0	80
80	85	25	-10	769	820	90	79	0
81	85	35	30	47	124	90	0	70
82	75	55	20	0	1110	90	0	85
83	72	55	10	0	1113	90	0	84
84	70	58	-10	458	523	90	83	0
85	68	60	-20	0	1116	90	82	0
86	66	55	-10	173	238	90	90	0
87	65	55	20	85	144	90	0	89
88	65	60	30	645	708	90	0	91
89	63	58	-20	737	802	90	87	0
90	60	55	10	20	84	90	0	86
91	60	60	-30	0	1123	90	88	0
92	67	85	-10	368	441	90	96	0
93	65	85	40	475	518	90	0	99
94	65	82	-20	0	1105	90	98	0
95	62	80	30	0	1108	90	0	100
96	60	80	10	0	1109	90	0	92
97	60	85	30	561	622	0	0	101
98	58	75	20	0	1115	90	0	94
99	55	80	-40	743	820	90	93	0
100	55	85	-30	647	726	90	95	0
101	60	85	-30	561	622	90	97	0
102	45	30	-10	734	777	90	68	0
103	23	55	-20	546	593	90	28	0
104	0	45	-20	567	624	90	39	0
105	88	35	-20	109	170	90	78	0
106	26	32	-10	0	1123	90	50	0

LC103 :

25	200							
0	40	50	0	0	1236	0	0	0
1	45	68	10	0	1127	90	0	75
2	45	70	-10	0	1125	90	4	0
3	42	66	10	0	1129	90	0	8
4	42	68	10	727	782	90	0	2
5	42	65	10	0	1130	90	0	11
6	40	69	-10	621	702	90	10	0
7	40	66	20	0	1130	90	0	9

Annexes

8	38	68	-10	255	324	90	3	0
9	38	70	-20	534	605	90	7	0
10	35	66	10	357	410	90	0	6
11	35	69	-10	448	505	90	5	0
12	25	85	-30	0	1107	90	13	0
13	22	75	30	30	92	90	0	12
14	22	85	-40	0	1106	90	15	0
15	20	80	40	384	429	90	0	14
16	20	85	-20	0	1105	90	18	0
17	18	75	20	99	148	90	0	19
18	15	75	20	0	1110	90	0	16
19	15	80	-20	0	1106	90	17	0
20	30	50	10	0	1136	90	0	24
21	30	52	-20	0	1135	90	22	0
22	28	52	20	812	883	90	0	21
23	28	55	-40	732	777	90	25	0
24	25	50	-10	0	1131	90	20	0
25	25	52	40	169	224	90	0	23
26	25	55	10	0	1130	0	0	103
27	23	52	10	261	316	90	0	30
28	23	55	-10	0	1128	90	29	0
29	20	50	10	0	1126	90	0	28
30	20	55	-10	449	504	90	27	0
31	10	35	20	0	1112	90	0	38
32	10	40	30	0	1114	90	0	33
33	8	40	-30	87	158	90	32	0
34	8	45	-10	0	1113	90	36	0
35	5	35	10	283	344	0	0	104
36	5	45	10	665	716	90	0	34
37	2	40	20	0	1106	90	0	39
38	0	40	-20	479	522	90	31	0
39	0	45	-20	567	624	90	37	0
40	35	30	10	264	321	90	0	48
41	35	32	10	166	235	90	0	44
42	33	32	20	68	149	90	0	49
43	33	35	10	0	1129	90	0	51
44	32	30	-10	359	412	90	41	0
45	30	30	10	541	600	90	0	50
46	30	32	30	0	1125	0	0	101
47	30	35	-10	0	1127	90	52	0
48	28	30	-10	0	1122	90	40	0
49	28	35	-20	1001	1066	90	42	0
50	26	32	-10	0	1123	90	45	0
51	25	30	-10	0	1121	90	43	0
52	25	35	10	0	1124	90	0	47
53	44	5	-40	286	347	90	57	0
54	42	10	40	0	1105	90	0	56
55	42	15	10	95	158	90	0	59
56	40	5	-40	385	436	90	54	0
57	40	15	40	0	1111	90	0	53
58	38	5	30	471	534	90	0	60
59	38	15	-10	0	1110	90	55	0
60	35	5	-30	0	1100	90	58	0
61	50	30	10	0	1123	90	0	66
62	50	35	20	262	317	90	0	74
63	50	40	-10	0	1131	90	79	0
64	48	30	10	632	693	90	0	69
65	48	40	-10	76	129	90	67	0

Annexes

66	47	35	-10	826	875	90	61	0
67	47	40	10	12	77	90	0	65
68	45	30	-10	734	777	90	72	0
69	45	35	-10	916	969	90	64	0
70	95	30	30	387	456	90	0	80
71	95	35	20	0	1088	90	0	73
72	53	30	10	0	1122	90	0	68
73	92	30	-20	0	1090	90	71	0
74	53	35	-20	353	412	90	62	0
75	45	65	-10	0	1130	90	1	0
76	90	35	10	203	260	90	0	77
77	88	30	-10	574	643	90	76	0
78	88	35	-30	109	170	90	81	0
79	87	30	10	668	731	90	0	63
80	85	25	-30	769	820	90	70	0
81	85	35	30	0	1098	90	0	78
82	75	55	-10	0	1110	90	83	0
83	72	55	10	0	1113	90	0	82
84	70	58	-10	458	523	90	90	0
85	68	60	30	0	1116	90	0	91
86	66	55	10	0	1119	90	0	89
87	65	55	20	85	144	90	0	88
88	65	60	-20	645	708	90	87	0
89	63	58	-10	0	1121	90	86	0
90	60	55	10	0	1125	90	0	84
91	60	60	-30	0	1123	90	85	0
92	67	85	-20	368	441	90	98	0
93	65	85	40	475	518	0	0	102
94	65	82	10	0	1105	90	0	99
95	62	80	-10	0	1108	90	96	0
96	60	80	10	0	1109	90	0	95
97	60	85	30	0	1105	90	0	100
98	58	75	20	0	1115	90	0	92
99	55	80	-10	743	820	90	94	0
100	55	85	-30	647	726	90	97	0
101	30	32	-30	0	1125	90	46	0
102	65	85	-40	475	518	90	93	0
103	25	55	-10	0	1130	90	26	0
104	5	35	-10	283	344	90	35	0

LC104 :

25	200							
0	40	50	0	0	1236	0	0	0
1	45	68	-30	0	1127	90	2	0
2	45	70	30	0	1125	90	0	1
3	42	66	10	0	1129	90	0	8
4	42	68	-20	727	782	90	7	0
5	42	65	10	0	1130	90	0	9
6	40	69	-10	0	1127	90	11	0
7	40	66	20	0	1130	90	0	4
8	38	68	-10	255	324	90	3	0
9	38	70	-10	534	605	90	5	0
10	35	66	-20	0	1129	90	12	0
11	35	69	10	448	505	90	0	6
12	25	85	20	0	1107	90	0	10
13	22	75	30	30	92	90	0	16
14	22	85	10	0	1106	0	0	102
15	20	80	-10	384	429	90	19	0

Annexes

16	20	85	-30	0	1105	90	13	0
17	18	75	20	0	1112	90	0	18
18	15	75	-20	0	1110	90	17	0
19	15	80	10	0	1106	90	0	15
20	30	50	10	0	1136	90	0	25
21	30	52	-10	0	1135	90	30	0
22	28	52	-10	0	1133	90	26	0
23	28	55	-20	732	777	90	28	0
24	25	50	10	0	1131	0	0	101
25	25	52	-10	169	224	90	20	0
26	25	55	10	0	1130	90	0	22
27	23	52	10	0	1128	90	0	29
28	23	55	20	0	1128	90	0	23
29	20	50	-10	0	1126	90	27	0
30	20	55	10	0	1125	90	0	21
31	10	35	20	0	1112	90	0	38
32	10	40	30	0	1114	90	0	37
33	8	40	40	0	1112	0	0	103
34	8	45	-10	0	1113	90	36	0
35	5	35	10	0	1107	90	0	39
36	5	45	10	0	1110	90	0	34
37	2	40	-30	0	1106	90	32	0
38	0	40	-20	479	522	90	31	0
39	0	45	-10	0	1105	90	35	0
40	35	30	10	0	1125	90	0	46
41	35	32	-10	0	1127	90	43	0
42	33	32	20	0	1126	90	0	52
43	33	35	10	0	1129	90	0	41
44	32	30	10	359	412	90	0	48
45	30	30	10	0	1123	90	0	51
46	30	32	-10	0	1125	90	40	0
47	30	35	10	0	1127	0	0	105
48	28	30	-10	0	1122	90	44	0
49	28	35	-10	0	1126	90	50	0
50	26	32	10	0	1123	90	0	49
51	25	30	-10	0	1121	90	45	0
52	25	35	-20	0	1124	90	42	0
53	44	5	20	286	347	90	0	59
54	42	10	-10	0	1105	90	55	0
55	42	15	10	95	158	90	0	54
56	40	5	-40	0	1101	90	57	0
57	40	15	40	0	1111	90	0	56
58	38	5	30	471	534	90	0	60
59	38	15	-20	0	1110	90	53	0
60	35	5	-30	0	1100	90	58	0
61	50	30	10	0	1123	90	0	66
62	50	35	20	262	317	90	0	69
63	50	40	-10	0	1131	90	80	0
64	48	30	-10	0	1124	90	72	0
65	48	40	10	0	1133	90	0	74
66	47	35	-10	0	1129	90	61	0
67	47	40	10	12	77	90	0	68
68	45	30	-10	0	1125	90	67	0
69	45	35	-20	916	969	90	62	0
70	95	30	-20	0	1087	90	78	0
71	95	35	-30	0	1088	90	81	0
72	53	30	10	0	1122	90	0	64
73	92	30	-10	0	1090	90	76	0

Annexes

74	53	35	-10	353	412	90	65	0
75	45	65	20	0	1130	0	0	106
76	90	35	10	203	260	90	0	73
77	88	30	10	574	643	90	0	79
78	88	35	20	0	1095	90	0	70
79	87	30	-10	668	731	90	77	0
80	85	25	10	0	1094	90	0	63
81	85	35	30	0	1098	90	0	71
82	75	55	20	0	1110	90	0	84
83	72	55	10	0	1113	90	0	88
84	70	58	-20	458	523	90	82	0
85	68	60	30	0	1116	90	0	89
86	66	55	10	0	1119	90	0	91
87	65	55	-10	85	144	90	90	0
88	65	60	-10	0	1119	90	83	0
89	63	58	-30	0	1121	90	85	0
90	60	55	10	0	1125	90	0	87
91	60	60	-10	0	1123	90	86	0
92	67	85	20	368	441	0	0	104
93	65	85	-30	0	1102	90	95	0
94	65	82	10	0	1105	90	0	99
95	62	80	30	0	1108	90	0	93
96	60	80	-20	0	1109	90	98	0
97	60	85	30	0	1105	90	0	100
98	58	75	20	0	1115	90	0	96
99	55	80	-10	743	820	90	94	0
100	55	85	-30	647	726	90	97	0
101	25	50	-10	0	1131	90	24	0
102	22	85	-10	0	1106	90	14	0
103	8	40	-40	0	1112	90	33	0
104	67	85	-20	368	441	90	92	0
105	30	35	-10	0	1127	90	47	0
106	45	65	-20	0	1130	90	75	0

LC105 :

25	200							
0	40	50	0	0	1236	0	0	0
1	45	68	10	885	994	90	0	75
2	45	70	-20	802	893	90	6	0
3	42	66	-10	25	186	90	5	0
4	42	68	-20	699	810	90	8	0
5	42	65	10	15	120	90	0	3
6	40	69	20	580	743	90	0	2
7	40	66	20	142	253	90	0	9
8	38	68	20	220	359	90	0	4
9	38	70	-20	499	640	90	7	0
10	35	66	10	331	436	90	0	11
11	35	69	-10	420	533	90	10	0
12	25	85	-20	617	756	90	17	0
13	22	75	30	30	155	90	0	18
14	22	85	-40	541	646	90	16	0
15	20	80	-10	362	451	90	19	0
16	20	85	40	448	555	90	0	14
17	18	75	20	75	172	90	0	12
18	15	75	-30	142	291	90	13	0
19	15	80	10	244	379	90	0	15
20	30	50	10	10	137	90	0	24
21	30	52	-10	888	991	90	26	0

Annexes

22	28	52	-20	776	919	90	28	0
23	28	55	10	709	800	0	0	106
24	25	50	-10	25	184	90	20	0
25	25	52	40	142	251	90	0	27
26	25	55	10	582	741	90	0	21
27	23	52	-40	234	343	90	25	0
28	23	55	20	523	616	90	0	22
29	20	50	10	335	428	90	0	30
30	20	55	-10	422	531	90	29	0
31	10	35	20	181	256	90	0	35
32	10	40	30	31	170	90	0	36
33	8	40	40	52	193	90	0	38
34	8	45	20	719	848	0	0	101
35	5	35	-20	252	375	90	31	0
36	5	45	-30	639	742	90	32	0
37	2	40	20	357	460	90	0	39
38	0	40	-40	457	544	90	33	0
39	0	45	-20	538	653	90	37	0
40	35	30	-10	236	349	90	41	0
41	35	32	10	132	269	90	0	40
42	33	32	20	27	190	90	0	48
43	33	35	10	16	144	90	0	44
44	32	30	-10	332	439	90	43	0
45	30	30	-30	512	629	90	46	0
46	30	32	30	417	540	90	0	45
47	30	35	-10	982	1127	90	49	0
48	28	30	-20	601	724	90	42	0
49	28	35	10	969	1098	90	0	47
50	26	32	-10	783	912	90	51	0
51	25	30	10	695	816	90	0	50
52	25	35	10	883	998	0	0	104
53	44	5	-40	255	378	90	54	0
54	42	10	40	150	293	90	0	53
55	42	15	10	63	190	90	0	58
56	40	5	-40	359	462	90	57	0
57	40	15	40	35	140	90	0	56
58	38	5	-10	439	566	90	55	0
59	38	15	-20	607	784	90	60	0
60	35	5	20	529	662	90	0	59
61	50	30	10	491	650	90	0	68
62	50	35	20	235	344	90	0	69
63	50	40	50	147	242	90	0	72
64	48	30	-10	601	724	90	67	0
65	48	40	10	50	155	0	0	103
66	47	35	-50	802	899	90	74	0
67	47	40	10	12	143	90	0	64
68	45	30	-10	712	799	90	61	0
69	45	35	-20	889	996	90	62	0
70	95	30	-30	353	490	90	81	0
71	95	35	20	260	393	90	0	73
72	53	30	-50	422	533	90	63	0
73	92	30	-20	442	587	90	71	0
74	53	35	50	323	442	90	0	66
75	45	65	-10	962	1103	90	1	0
76	90	35	-20	175	288	90	78	0
77	88	30	10	539	678	90	0	80
78	88	35	20	78	201	90	0	76
79	87	30	10	636	763	0	0	102

Annexes

80	85	25	-10	744	845	90	77	0
81	85	35	30	47	201	90	0	70
82	75	55	20	344	445	90	0	88
83	72	55	10	228	375	90	0	84
84	70	58	-10	425	556	90	83	0
85	68	60	-10	527	640	90	90	0
86	66	55	10	141	270	90	0	91
87	65	55	20	56	173	90	0	89
88	65	60	-20	614	739	90	82	0
89	63	58	-20	705	834	90	87	0
90	60	55	10	20	148	90	0	85
91	60	60	-10	809	916	90	86	0
92	67	85	-10	331	478	90	96	0
93	65	85	40	453	540	90	0	97
94	65	82	10	260	361	90	0	100
95	62	80	-20	174	261	90	98	0
96	60	80	10	64	187	90	0	92
97	60	85	-40	531	652	90	93	0
98	58	75	20	30	139	90	0	95
99	55	80	10	705	858	0	0	105
100	55	85	-10	608	765	90	94	0
101	8	45	-20	719	848	90	34	0
102	87	30	-10	636	763	90	79	0
103	48	40	-10	50	155	90	65	0
104	25	35	-10	883	998	90	52	0
105	55	80	-10	705	858	90	99	0
106	28	55	-10	709	800	90	23	0

LC106 :

25	200							
0	40	50	0	0	1236	0	0	0
1	45	68	-20	890	989	90	6	0
2	45	70	-10	816	879	90	9	0
3	42	66	10	55	156	90	0	75
4	42	68	-20	703	806	90	8	0
5	42	65	10	15	60	90	0	10
6	40	69	20	559	764	90	0	1
7	40	66	20	172	223	90	0	11
8	38	68	20	250	329	90	0	4
9	38	70	10	489	650	90	0	2
10	35	66	-10	361	406	90	5	0
11	35	69	-20	450	503	90	7	0
12	25	85	-40	647	726	90	16	0
13	22	75	30	30	95	90	0	17
14	22	85	-20	571	616	90	18	0
15	20	80	-10	392	421	90	19	0
16	20	85	40	478	525	90	0	12
17	18	75	-30	105	142	90	13	0
18	15	75	20	172	261	90	0	14
19	15	80	10	274	349	90	0	15
20	30	50	10	10	77	90	0	25
21	30	52	-10	918	961	90	26	0
22	28	52	20	806	889	0	0	105
23	28	55	-10	739	770	90	24	0
24	25	50	10	55	154	90	0	23
25	25	52	-10	172	221	90	20	0
26	25	55	10	612	711	90	0	21
27	23	52	10	264	313	90	0	29

Annexes

28	23	55	-10	553	586	90	30	0
29	20	50	-10	365	398	90	27	0
30	20	55	10	452	501	90	0	28
31	10	35	20	204	233	90	0	34
32	10	40	30	31	189	90	0	35
33	8	40	40	42	203	90	0	37
34	8	45	-20	715	852	90	31	0
35	5	35	-30	251	376	90	32	0
36	5	45	10	648	733	0	0	102
37	2	40	-40	365	452	90	33	0
38	0	40	30	474	527	90	0	39
39	0	45	-30	541	650	90	38	0
40	35	30	10	240	345	90	0	52
41	35	32	10	123	278	90	0	47
42	33	32	20	19	225	90	0	46
43	33	35	10	16	153	90	0	48
44	32	30	10	338	433	90	0	51
45	30	30	10	513	628	90	0	49
46	30	32	-20	415	542	90	42	0
47	30	35	-10	872	1127	90	41	0
48	28	30	-10	599	726	90	43	0
49	28	35	-10	917	1126	90	45	0
50	26	32	10	779	916	0	0	101
51	25	30	-10	695	816	90	44	0
52	25	35	-10	857	1024	90	40	0
53	44	5	20	221	412	90	0	56
54	42	10	40	96	347	90	0	59
55	42	15	-40	35	233	90	57	0
56	40	5	-20	347	474	90	53	0
57	40	15	40	35	172	90	0	55
58	38	5	30	403	602	90	0	60
59	38	15	-40	521	870	90	54	0
60	35	5	-30	487	704	90	58	0
61	50	30	10	422	719	90	0	69
62	50	35	-10	217	362	90	67	0
63	50	40	50	142	247	90	0	64
64	48	30	-50	567	758	90	63	0
65	48	40	10	34	171	90	0	74
66	47	35	10	794	907	0	0	103
67	47	40	10	12	226	90	0	62
68	45	30	-10	716	795	90	72	0
69	45	35	-10	873	1012	90	61	0
70	95	30	30	266	577	90	0	73
71	95	35	-20	181	472	90	78	0
72	53	30	10	402	553	90	0	68
73	92	30	-30	345	684	90	70	0
74	53	35	-10	294	471	90	65	0
75	45	65	-10	951	1114	90	3	0
76	90	35	10	153	310	90	0	79
77	88	30	10	450	767	90	0	80
78	88	35	20	50	237	90	0	71
79	87	30	-10	567	832	90	76	0
80	85	25	-10	713	876	90	77	0
81	85	35	30	47	331	0	0	104
82	75	55	20	311	478	90	0	91
83	72	55	10	127	476	90	0	89
84	70	58	-10	349	632	90	86	0
85	68	60	30	476	691	90	0	88

Annexes

86	66	55	10	67	344	90	0	84
87	65	55	-10	25	256	90	90	0
88	65	60	-30	546	807	90	85	0
89	63	58	-10	630	909	90	83	0
90	60	55	10	20	293	90	0	87
91	60	60	-20	769	956	90	82	0
92	67	85	-10	229	580	90	96	0
93	65	85	-10	442	551	90	94	0
94	65	82	10	227	394	90	0	93
95	62	80	30	163	272	90	0	99
96	60	80	10	36	291	90	0	92
97	60	85	-20	469	714	90	98	0
98	58	75	20	30	227	90	0	97
99	55	80	-30	595	968	90	95	0
100	55	85	20	493	880	0	0	106
101	26	32	-10	779	916	90	50	0
102	5	45	-10	648	733	90	36	0
103	47	35	-10	794	907	90	66	0
104	85	35	-30	47	331	90	81	0
105	28	52	-20	806	889	90	22	0
106	55	85	-20	493	880	90	100	0

LC107 :

25	200							
0	40	50	0	0	1236	0	0	0
1	45	68	10	850	1030	90	0	75
2	45	70	-20	758	938	90	8	0
3	42	66	10	16	196	90	0	10
4	42	68	-20	665	845	90	6	0
5	42	65	10	15	195	90	0	9
6	40	69	20	572	752	90	0	4
7	40	66	20	108	288	90	0	11
8	38	68	20	200	380	90	0	2
9	38	70	-10	480	660	90	5	0
10	35	66	-10	294	474	90	3	0
11	35	69	-20	387	567	90	7	0
12	25	85	-40	597	777	90	16	0
13	22	75	30	30	210	90	0	14
14	22	85	-30	504	684	90	13	0
15	20	80	-10	317	497	90	19	0
16	20	85	40	412	592	90	0	12
17	18	75	20	34	214	90	0	18
18	15	75	-20	127	307	90	17	0
19	15	80	10	222	402	90	0	15
20	30	50	10	10	190	90	0	30
21	30	52	-20	850	1030	90	28	0
22	28	52	-10	758	938	90	26	0
23	28	55	10	665	845	0	0	102
24	25	50	10	15	195	90	0	25
25	25	52	-10	107	287	90	24	0
26	25	55	10	572	752	90	0	22
27	23	52	10	199	379	90	0	29
28	23	55	20	480	660	90	0	21
29	20	50	-10	292	472	90	27	0
30	20	55	-10	387	567	90	20	0
31	10	35	-30	129	309	90	32	0
32	10	40	30	31	211	90	0	31
33	8	40	40	33	213	90	0	36

Annexes

34	8	45	-30	694	874	90	38	0
35	5	35	10	224	404	90	0	37
36	5	45	-40	601	781	90	33	0
37	2	40	-10	319	499	90	35	0
38	0	40	30	411	591	90	0	34
39	0	45	20	506	686	0	0	101
40	35	30	-20	203	383	90	42	0
41	35	32	10	111	291	90	0	51
42	33	32	20	19	199	90	0	40
43	33	35	10	16	196	90	0	48
44	32	30	10	296	476	90	0	46
45	30	30	10	481	661	90	0	52
46	30	32	-10	389	569	90	44	0
47	30	35	10	947	1127	0	0	105
48	28	30	-10	573	753	90	43	0
49	28	35	-10	944	1124	90	50	0
50	26	32	10	758	938	90	0	49
51	25	30	-10	666	846	90	41	0
52	25	35	-10	851	1031	90	45	0
53	44	5	-10	227	407	90	55	0
54	42	10	40	132	312	90	0	56
55	42	15	10	37	217	90	0	53
56	40	5	-40	321	501	90	54	0
57	40	15	40	35	215	90	0	60
58	38	5	30	413	593	90	0	59
59	38	15	-30	606	786	90	58	0
60	35	5	-40	506	686	90	57	0
61	50	30	10	481	661	0	0	103
62	50	35	-10	200	380	90	65	0
63	50	40	50	105	285	90	0	66
64	48	30	-50	573	753	90	74	0
65	48	40	10	13	193	90	0	62
66	47	35	-50	761	941	90	63	0
67	47	40	10	12	192	90	0	69
68	45	30	-10	666	846	90	72	0
69	45	35	-10	853	1033	90	67	0
70	95	30	30	332	512	90	0	73
71	95	35	-20	237	417	90	78	0
72	53	30	10	388	568	90	0	68
73	92	30	-30	425	605	90	70	0
74	53	35	50	293	473	90	0	64
75	45	65	-10	943	1123	90	1	0
76	90	35	10	142	322	90	0	79
77	88	30	10	519	699	90	0	80
78	88	35	20	50	230	90	0	71
79	87	30	-10	610	790	90	76	0
80	85	25	-10	705	885	90	77	0
81	85	35	30	47	227	0	0	104
82	75	55	-20	305	485	90	87	0
83	72	55	-10	212	392	90	90	0
84	70	58	20	401	581	90	0	89
85	68	60	30	494	674	90	0	91
86	66	55	10	116	296	90	0	88
87	65	55	20	25	205	90	0	82
88	65	60	-10	587	767	90	86	0
89	63	58	-20	680	860	90	84	0
90	60	55	10	20	200	90	0	83
91	60	60	-30	773	953	90	85	0

Annexes

92	67	85	-10	315	495	90	94	0
93	65	85	-20	407	587	90	98	0
94	65	82	10	221	401	90	0	92
95	62	80	30	128	308	90	0	99
96	60	80	10	36	216	90	0	97
97	60	85	-10	502	682	90	96	0
98	58	75	20	30	210	90	0	93
99	55	80	-30	692	872	90	95	0
100	55	85	20	597	777	0	0	106
101	0	45	-20	506	686	90	39	0
102	28	55	-10	665	845	90	23	0
103	50	30	-10	481	661	90	61	0
104	85	35	-30	47	227	90	81	0
105	30	35	-10	947	1127	90	47	0
106	55	85	-20	597	777	90	100	0

LC108 :

25	200							
0	40	50	0	0	1236	0	0	0
1	45	68	-10	830	1049	90	5	0
2	45	70	30	756	939	90	0	75
3	42	66	10	16	336	90	0	10
4	42	68	-20	643	866	90	6	0
5	42	65	10	15	226	90	0	1
6	40	69	20	499	824	90	0	4
7	40	66	20	87	308	90	0	8
8	38	68	-20	150	429	90	7	0
9	38	70	-10	429	710	90	11	0
10	35	66	-10	279	488	90	3	0
11	35	69	10	363	590	90	0	9
12	25	85	-40	547	826	90	15	0
13	22	75	30	30	280	90	0	17
14	22	85	-20	489	698	90	18	0
15	20	80	40	318	495	90	0	12
16	20	85	-10	394	609	90	19	0
17	18	75	-30	33	226	90	13	0
18	15	75	20	68	365	90	0	14
19	15	80	10	176	447	90	0	16
20	30	50	10	10	265	90	0	22
21	30	52	-20	836	1043	90	28	0
22	28	52	-10	704	991	90	20	0
23	28	55	-10	664	845	90	26	0
24	25	50	10	15	333	90	0	29
25	25	52	40	88	305	90	0	30
26	25	55	10	502	821	90	0	23
27	23	52	10	179	398	0	0	106
28	23	55	20	476	663	90	0	21
29	20	50	-10	288	475	90	24	0
30	20	55	-40	368	585	90	25	0
31	10	35	20	144	293	90	0	35
32	10	40	30	31	309	90	0	34
33	8	40	40	33	313	90	0	37
34	8	45	-30	655	912	90	32	0
35	5	35	-20	191	436	90	31	0
36	5	45	-30	588	793	90	38	0
37	2	40	-40	305	512	90	33	0
38	0	40	30	414	587	90	0	36
39	0	45	20	481	710	0	0	104

Annexes

40	35	30	10	180	405	90	0	47
41	35	32	10	63	338	90	0	45
42	33	32	20	19	345	90	0	44
43	33	35	10	16	273	90	0	52
44	32	30	-20	278	493	90	42	0
45	30	30	-10	453	688	90	41	0
46	30	32	30	355	602	90	0	48
47	30	35	-10	837	1127	90	40	0
48	28	30	-30	539	786	90	46	0
49	28	35	10	867	1126	0	0	105
50	26	32	-10	719	976	90	51	0
51	25	30	10	635	876	90	0	50
52	25	35	-10	825	1056	90	43	0
53	44	5	20	193	440	90	0	56
54	42	10	40	78	365	90	0	58
55	42	15	-40	35	287	90	57	0
56	40	5	-20	308	513	90	53	0
57	40	15	40	35	246	90	0	55
58	38	5	-40	376	629	90	54	0
59	38	15	-20	519	872	90	60	0
60	35	5	20	463	728	90	0	59
61	50	30	-10	412	729	90	67	0
62	50	35	20	181	398	90	0	66
63	50	40	50	100	289	90	0	69
64	48	30	-50	539	786	90	74	0
65	48	40	10	12	223	90	0	72
66	47	35	-20	753	948	90	62	0
67	47	40	10	12	275	90	0	61
68	45	30	10	669	842	0	0	102
69	45	35	-50	836	1049	90	63	0
70	95	30	-20	284	559	90	78	0
71	95	35	-30	194	459	90	81	0
72	53	30	-10	367	588	90	65	0
73	92	30	10	370	659	90	0	77
74	53	35	50	263	502	90	0	64
75	45	65	-30	847	1130	90	2	0
76	90	35	10	119	344	90	0	80
77	88	30	-10	469	748	90	73	0
78	88	35	20	50	295	90	0	70
79	87	30	10	573	826	0	0	103
80	85	25	-10	694	895	90	76	0
81	85	35	30	47	356	90	0	71
82	75	55	20	293	496	90	0	85
83	72	55	-20	154	449	90	87	0
84	70	58	20	360	621	90	0	89
85	68	60	-20	470	697	90	82	0
86	66	55	10	76	335	90	0	91
87	65	55	20	25	260	90	0	83
88	65	60	-10	551	802	90	90	0
89	63	58	-20	640	899	90	84	0
90	60	55	10	20	276	90	0	88
91	60	60	-10	756	969	90	86	0
92	67	85	-10	257	552	90	96	0
93	65	85	40	409	584	90	0	99
94	65	82	-20	209	412	90	98	0
95	62	80	30	130	305	90	0	100
96	60	80	10	36	283	90	0	92
97	60	85	30	470	713	0	0	101

Annexes

98	58	75	20	30	248	90	0	94
99	55	80	-40	628	935	90	93	0
100	55	85	-30	530	843	90	95	0
101	60	85	-30	470	713	90	97	0
102	45	30	-10	669	842	90	68	0
103	87	30	-10	573	826	90	79	0
104	0	45	-20	481	710	90	39	0
105	28	35	-10	867	1126	90	49	0
106	23	52	-10	179	398	90	27	0

LC109 :

25	200							
0	40	50	0	0	1236	0	0	0
1	45	68	10	760	1120	90	0	75
2	45	70	-10	668	1028	90	9	0
3	42	66	-10	16	376	90	5	0
4	42	68	-20	575	935	90	7	0
5	42	65	10	15	375	90	0	3
6	40	69	-10	482	842	90	11	0
7	40	66	20	18	378	90	0	4
8	38	68	20	110	470	90	0	10
9	38	70	10	390	750	90	0	2
10	35	66	-20	204	564	90	8	0
11	35	69	10	297	657	90	0	6
12	25	85	-10	507	867	90	19	0
13	22	75	30	30	390	90	0	14
14	22	85	-30	414	774	90	13	0
15	20	80	-20	227	587	90	17	0
16	20	85	-20	322	682	90	18	0
17	18	75	20	33	393	90	0	15
18	15	75	20	37	397	90	0	16
19	15	80	10	132	492	90	0	12
20	30	50	10	10	370	90	0	24
21	30	52	-10	760	1120	90	23	0
22	28	52	-20	668	1028	90	28	0
23	28	55	10	575	935	90	0	21
24	25	50	-10	15	375	90	20	0
25	25	52	40	17	377	90	0	30
26	25	55	-10	482	842	90	29	0
27	23	52	10	109	469	0	0	105
28	23	55	20	390	750	90	0	22
29	20	50	10	202	562	90	0	26
30	20	55	-40	297	657	90	25	0
31	10	35	-40	39	399	90	33	0
32	10	40	30	31	391	90	0	37
33	8	40	40	33	393	90	0	31
34	8	45	-30	604	964	90	38	0
35	5	35	10	134	494	90	0	39
36	5	45	10	511	871	0	0	103
37	2	40	-30	229	589	90	32	0
38	0	40	30	321	681	90	0	34
39	0	45	-10	416	776	90	35	0
40	35	30	-10	113	473	90	41	0
41	35	32	10	21	381	90	0	40
42	33	32	-10	19	379	90	43	0
43	33	35	10	16	376	90	0	42
44	32	30	10	206	566	90	0	45
45	30	30	-10	391	751	90	44	0

Annexes

46	30	32	30	299	659	90	0	51
47	30	35	-10	767	1127	90	50	0
48	28	30	10	483	843	0	0	106
49	28	35	-10	766	1126	90	52	0
50	26	32	10	668	1028	90	0	47
51	25	30	-30	576	936	90	46	0
52	25	35	10	761	1121	90	0	49
53	44	5	20	137	497	90	0	58
54	42	10	40	42	402	90	0	56
55	42	15	-40	35	395	90	57	0
56	40	5	-40	231	591	90	54	0
57	40	15	40	35	395	90	0	55
58	38	5	-20	323	683	90	53	0
59	38	15	-20	516	876	90	60	0
60	35	5	20	416	776	90	0	59
61	50	30	10	391	751	90	0	69
62	50	35	-10	110	470	90	65	0
63	50	40	50	15	375	90	0	74
64	48	30	-10	483	843	90	67	0
65	48	40	10	12	372	90	0	62
66	47	35	-10	671	1031	90	68	0
67	47	40	10	12	372	90	0	64
68	45	30	10	576	936	90	0	66
69	45	35	-10	763	1123	90	61	0
70	95	30	30	242	602	90	0	73
71	95	35	-10	147	507	90	76	0
72	53	30	10	298	658	0	0	101
73	92	30	-30	335	695	90	70	0
74	53	35	-50	203	563	90	63	0
75	45	65	-10	770	1130	90	1	0
76	90	35	10	52	412	90	0	71
77	88	30	10	429	789	0	0	102
78	88	35	-30	50	410	90	81	0
79	87	30	10	520	880	90	0	80
80	85	25	-10	615	975	90	79	0
81	85	35	30	47	407	90	0	78
82	75	55	-10	215	575	90	83	0
83	72	55	10	122	482	90	0	82
84	70	58	-10	311	671	90	86	0
85	68	60	30	404	764	90	0	91
86	66	55	10	26	386	90	0	84
87	65	55	20	25	385	90	0	89
88	65	60	-10	497	857	90	90	0
89	63	58	-20	590	950	90	87	0
90	60	55	10	20	380	90	0	88
91	60	60	-30	683	1043	90	85	0
92	67	85	20	225	585	90	0	100
93	65	85	-20	317	677	90	98	0
94	65	82	-30	131	491	90	95	0
95	62	80	30	38	398	90	0	94
96	60	80	10	36	396	0	0	104
97	60	85	30	412	772	90	0	99
98	58	75	20	30	390	90	0	93
99	55	80	-30	602	962	90	97	0
100	55	85	-20	507	867	90	92	0
101	53	30	-10	298	658	90	72	0
102	88	30	-10	429	789	90	77	0
103	5	45	-10	511	871	90	36	0

Annexes

104	60	80	-10	36	396	90	96	0
105	23	52	-10	109	469	90	27	0
106	28	30	-10	483	843	90	48	0

LR101 :

25	200							
0	35	35	0	0	230	0	0	0
1	41	49	-25	161	171	10	66	0
2	35	17	7	50	60	10	0	73
3	55	45	-6	116	126	10	69	0
4	55	20	-6	149	159	10	56	0
5	15	30	26	34	44	10	0	85
6	25	30	-9	99	109	10	52	0
7	20	50	-9	81	91	10	88	0
8	10	43	9	95	105	10	0	17
9	55	60	-21	97	107	10	30	0
10	30	60	-27	124	134	10	31	0
11	20	65	12	67	77	10	0	20
12	50	35	-16	63	73	10	28	0
13	30	25	-7	159	169	10	43	0
14	15	10	20	32	42	10	0	38
15	30	5	8	61	71	10	0	97
16	10	20	19	75	85	10	0	91
17	5	30	-9	157	167	10	8	0
18	20	40	12	87	97	10	0	89
19	15	60	-5	76	86	10	36	0
20	45	65	-12	126	136	10	11	0
21	45	20	11	62	72	10	0	41
22	45	10	-18	97	107	10	75	0
23	55	5	29	68	78	0	0	104
24	65	35	3	153	163	10	0	80
25	65	20	-2	172	182	10	55	0
26	45	30	-9	132	142	10	40	0
27	35	40	16	37	47	10	0	79
28	41	37	16	39	49	10	0	12
29	64	42	9	63	73	10	0	78
30	40	60	21	71	81	10	0	9
31	31	52	27	50	60	10	0	10
32	35	69	-3	141	151	10	90	0
33	53	52	11	37	47	10	0	34
34	65	55	-11	117	127	10	33	0
35	63	65	8	143	153	10	0	77
36	2	60	5	41	51	10	0	19
37	20	20	-11	134	144	10	83	0
38	5	5	-20	83	93	10	14	0
39	60	12	31	44	54	10	0	67
40	40	25	9	85	95	10	0	26
41	42	7	-11	97	107	10	21	0
42	24	12	5	31	41	10	0	87
43	23	3	7	132	142	10	0	13
44	11	14	18	69	79	0	0	105
45	6	38	16	32	42	10	0	84
46	2	48	-27	117	127	10	47	0
47	8	56	27	51	61	10	0	46
48	13	52	-9	165	175	10	64	0
49	6	68	-10	108	118	10	63	0
50	47	47	-15	124	134	10	71	0
51	49	58	10	88	98	0	0	101

Annexes

52	27	43	9	52	62	10	0	6
53	37	31	14	95	105	0	0	106
54	57	29	-13	140	150	10	76	0
55	63	23	2	136	146	10	0	25
56	53	12	6	130	140	10	0	4
57	32	12	-2	101	111	10	92	0
58	36	26	-25	200	210	10	72	0
59	21	24	28	18	28	10	0	96
60	17	34	-16	162	172	10	82	0
61	12	24	13	76	86	10	0	93
62	24	58	19	58	68	10	0	70
63	27	69	10	34	44	10	0	49
64	15	77	9	73	83	10	0	48
65	62	77	20	51	61	10	0	81
66	49	73	25	127	137	10	0	1
67	67	5	-31	83	93	10	39	0
68	56	39	36	142	152	0	0	103
69	37	47	6	50	60	10	0	3
70	37	56	-19	182	192	10	62	0
71	57	68	15	77	87	10	0	50
72	47	16	25	35	45	10	0	58
73	44	17	-7	78	88	10	2	0
74	46	13	8	149	159	0	0	102
75	49	11	18	69	79	10	0	22
76	49	42	13	73	83	10	0	54
77	53	43	-8	179	189	10	35	0
78	61	52	-9	96	106	10	29	0
79	57	48	-16	92	102	10	27	0
80	56	37	-3	182	192	10	24	0
81	55	54	-20	94	104	10	65	0
82	15	47	16	55	65	10	0	60
83	14	37	11	44	54	10	0	37
84	11	31	-16	101	111	10	45	0
85	16	22	-26	91	101	10	5	0
86	4	18	-10	94	104	10	98	0
87	28	18	-5	93	103	10	42	0
88	26	52	9	74	84	10	0	7
89	26	35	-12	176	186	10	18	0
90	31	67	3	95	105	10	0	32
91	15	19	-19	160	170	10	16	0
92	22	22	2	18	28	10	0	57
93	18	24	-13	188	198	10	61	0
94	26	27	-9	100	110	10	99	0
95	25	24	20	39	49	10	0	100
96	22	27	-28	135	145	10	59	0
97	25	21	-8	133	143	10	15	0
98	19	21	10	58	68	10	0	86
99	20	26	9	83	93	10	0	94
100	18	18	-20	185	195	10	95	0
101	49	58	-10	88	98	10	51	0
102	46	13	-8	149	159	10	74	0
103	56	39	-36	142	152	10	68	0
104	55	5	-29	68	78	10	23	0
105	11	14	-18	69	79	10	44	0
106	37	31	-14	95	105	10	53	0

Annexes

LR102 :

25	200							
0	35	35	0	0	230	0	0	0
1	41	49	-13	0	204	10	50	0
2	35	17	-20	0	202	10	14	0
3	55	45	13	0	197	0	0	106
4	55	20	19	149	159	10	0	25
5	15	30	26	0	199	10	0	89
6	25	30	-9	99	109	10	99	0
7	20	50	5	0	198	10	0	19
8	10	43	-19	95	105	10	62	0
9	55	60	-21	97	107	10	30	0
10	30	60	16	124	134	0	0	109
11	20	65	-9	67	77	10	52	0
12	50	35	-9	0	205	10	73	0
13	30	25	-26	159	169	10	87	0
14	15	10	20	32	42	10	0	2
15	30	5	-5	61	71	10	42	0
16	10	20	-41	75	85	10	85	0
17	5	30	2	157	167	10	0	93
18	20	40	-27	87	97	10	47	0
19	15	60	-5	76	86	10	7	0
20	45	65	-15	126	136	10	71	0
21	45	20	-5	0	201	10	41	0
22	45	10	18	97	107	0	0	103
23	55	5	29	68	78	10	0	26
24	65	35	-25	153	163	10	72	0
25	65	20	-19	172	182	10	4	0
26	45	30	-29	0	208	10	23	0
27	35	40	16	37	47	0	0	101
28	41	37	16	39	49	10	0	29
29	64	42	-16	63	73	10	28	0
30	40	60	21	71	81	10	0	9
31	31	52	-3	0	202	10	90	0
32	35	69	23	141	151	10	0	70
33	53	52	11	37	47	10	0	51
34	65	55	-3	0	183	10	78	0
35	63	65	8	143	153	10	0	77
36	2	60	5	41	51	0	0	104
37	20	20	-1	0	198	10	91	0
38	5	5	-18	83	93	10	44	0
39	60	12	31	44	54	10	0	55
40	40	25	9	85	95	10	0	53
41	42	7	5	97	107	10	0	21
42	24	12	5	31	41	10	0	15
43	23	3	7	132	142	10	0	58
44	11	14	18	69	79	10	0	38
45	6	38	16	32	42	10	0	84
46	2	48	-9	117	127	10	88	0
47	8	56	27	51	61	10	0	18
48	13	52	36	0	192	0	0	105
49	6	68	30	108	118	10	0	82
50	47	47	13	0	203	10	0	1
51	49	58	-11	88	98	10	33	0
52	27	43	9	0	208	10	0	11
53	37	31	-9	95	105	10	40	0
54	57	29	18	140	150	10	0	80
55	63	23	-31	136	146	10	39	0

Annexes

56	53	12	-18	130	140	10	75	0
57	32	12	7	101	111	10	0	97
58	36	26	-7	200	210	10	43	0
59	21	24	28	0	202	0	0	102
60	17	34	3	162	172	0	0	107
61	12	24	-11	76	86	10	83	0
62	24	58	19	58	68	10	0	8
63	27	69	10	34	44	10	0	64
64	15	77	-10	73	83	10	63	0
65	62	77	20	51	61	10	0	81
66	49	73	25	127	137	0	0	108
67	67	5	25	83	93	0	0	110
68	56	39	-23	142	152	10	79	0
69	37	47	6	50	60	10	0	76
70	37	56	-23	182	192	10	32	0
71	57	68	15	77	87	10	0	20
72	47	16	25	0	197	10	0	24
73	44	17	9	78	88	10	0	12
74	46	13	-20	149	159	10	95	0
75	49	11	18	0	192	10	0	56
76	49	42	-6	73	83	10	69	0
77	53	43	-8	179	189	10	35	0
78	61	52	3	96	106	10	0	34
79	57	48	23	92	102	10	0	68
80	56	37	-18	182	192	10	54	0
81	55	54	-20	94	104	10	65	0
82	15	47	-30	0	196	10	49	0
83	14	37	11	0	198	10	0	61
84	11	31	-16	101	111	10	45	0
85	16	22	41	0	196	10	0	16
86	4	18	35	94	104	10	0	100
87	28	18	26	93	103	10	0	13
88	26	52	9	74	84	10	0	46
89	26	35	-26	176	186	10	5	0
90	31	67	3	95	105	10	0	31
91	15	19	1	0	194	10	0	37
92	22	22	2	18	28	10	0	98
93	18	24	-2	188	198	10	17	0
94	26	27	27	0	207	10	0	96
95	25	24	20	0	205	10	0	74
96	22	27	-27	0	204	10	94	0
97	25	21	-7	133	143	10	57	0
98	19	21	-2	0	198	10	92	0
99	20	26	9	83	93	10	0	6
100	18	18	-35	185	195	10	86	0
101	35	40	-16	37	47	10	27	0
102	21	24	-28	0	202	10	59	0
103	45	10	-18	97	107	10	22	0
104	2	60	-5	41	51	10	36	0
105	13	52	-36	0	192	10	48	0
106	55	45	-13	0	197	10	3	0
107	17	34	-3	162	172	10	60	0
108	49	73	-25	127	137	10	66	0
109	30	60	-16	124	134	10	10	0
110	67	5	-25	83	93	10	67	0

Annexes

LR103 :

25	200							
0	35	35	0	0	230	0	0	0
1	41	49	-21	0	204	10	30	0
2	35	17	7	0	202	10	0	4
3	55	45	-17	0	197	10	26	0
4	55	20	-7	149	159	10	2	0
5	15	30	-11	0	199	10	83	0
6	25	30	-3	99	109	10	60	0
7	20	50	5	0	198	10	0	47
8	10	43	9	95	105	10	0	46
9	55	60	16	97	107	10	0	66
10	30	60	-11	124	134	10	33	0
11	20	65	-17	67	77	10	19	0
12	50	35	19	0	205	10	0	80
13	30	25	-12	159	169	10	97	0
14	15	10	-10	0	187	10	98	0
15	30	5	-7	61	71	10	43	0
16	10	20	19	0	190	10	0	61
17	5	30	-9	157	167	10	52	0
18	20	40	12	0	204	10	0	89
19	15	60	17	0	187	10	0	11
20	45	65	9	0	188	10	0	51
21	45	20	-5	0	201	10	41	0
22	45	10	18	97	107	10	0	75
23	55	5	29	68	78	10	0	29
24	65	35	-2	0	190	10	55	0
25	65	20	-6	172	182	10	56	0
26	45	30	17	0	208	10	0	3
27	35	40	16	37	47	10	0	69
28	41	37	-20	0	213	10	65	0
29	64	42	-29	0	190	10	23	0
30	40	60	21	71	81	10	0	1
31	31	52	-23	0	202	10	79	0
32	35	69	-30	0	186	10	49	0
33	53	52	11	37	47	10	0	10
34	65	55	-3	0	183	10	78	0
35	63	65	-15	143	153	10	71	0
36	2	60	5	41	51	10	0	64
37	20	20	-35	0	198	10	86	0
38	5	5	16	83	93	10	0	91
39	60	12	31	44	54	10	0	67
40	40	25	9	85	95	10	0	68
41	42	7	5	97	107	10	0	21
42	24	12	5	31	41	10	0	72
43	23	3	7	0	185	10	0	15
44	11	14	18	69	79	10	0	85
45	6	38	16	32	42	10	0	99
46	2	48	-9	0	184	10	8	0
47	8	56	-5	0	185	10	7	0
48	13	52	36	0	192	10	0	82
49	6	68	30	108	118	10	0	32
50	47	47	13	0	203	10	0	76
51	49	58	-9	0	193	10	20	0
52	27	43	9	0	208	10	0	17
53	37	31	14	95	105	0	0	101
54	57	29	18	0	197	0	0	104
55	63	23	2	136	146	10	0	24

Annexes

56	53	12	6	130	140	10	0	25
57	32	12	7	0	196	10	0	73
58	36	26	-8	200	210	10	74	0
59	21	24	-22	0	202	10	93	0
60	17	34	3	0	201	10	0	6
61	12	24	-19	0	194	10	16	0
62	24	58	19	58	68	10	0	84
63	27	69	10	0	185	0	0	102
64	15	77	-5	73	83	10	36	0
65	62	77	20	51	61	10	0	28
66	49	73	-16	127	137	10	9	0
67	67	5	-31	83	93	10	39	0
68	56	39	-9	142	152	10	40	0
69	37	47	-16	50	60	10	27	0
70	37	56	-3	182	192	10	90	0
71	57	68	15	0	180	10	0	35
72	47	16	-5	0	197	10	42	0
73	44	17	-7	0	199	10	57	0
74	46	13	8	149	159	10	0	58
75	49	11	-18	0	192	10	22	0
76	49	42	-13	73	83	10	50	0
77	53	43	-26	179	189	10	81	0
78	61	52	3	96	106	10	0	34
79	57	48	23	92	102	10	0	31
80	56	37	-19	182	192	10	12	0
81	55	54	26	0	192	10	0	77
82	15	47	-36	0	196	10	48	0
83	14	37	11	0	198	10	0	5
84	11	31	-19	101	111	10	62	0
85	16	22	-18	0	196	10	44	0
86	4	18	35	0	184	10	0	37
87	28	18	-11	93	103	10	96	0
88	26	52	9	74	84	0	0	103
89	26	35	-12	0	211	10	18	0
90	31	67	3	0	187	10	0	70
91	15	19	-16	0	194	10	38	0
92	22	22	2	18	28	10	0	100
93	18	24	22	188	198	10	0	59
94	26	27	27	0	207	10	0	95
95	25	24	-27	0	205	10	94	0
96	22	27	11	0	204	10	0	87
97	25	21	12	0	202	10	0	13
98	19	21	10	0	198	10	0	14
99	20	26	-16	83	93	10	45	0
100	18	18	-2	185	195	10	92	0
101	37	31	-14	95	105	10	53	0
102	27	69	-10	0	185	10	63	0
103	26	52	-9	74	84	10	88	0
104	57	29	-18	0	197	10	54	0

LR104 :

25	200							
0	35	35	0	0	230	0	0	0
1	41	49	-16	0	204	10	28	0
2	35	17	7	0	202	10	0	74
3	55	45	-3	0	197	10	78	0
4	55	20	19	149	159	10	0	25
5	15	30	-11	0	199	10	83	0

Annexes

6	25	30	3	0	208	10	0	96
7	20	50	-30	0	198	10	49	0
8	10	43	-12	95	105	10	18	0
9	55	60	-25	97	107	10	66	0
10	30	60	-3	0	194	10	90	0
11	20	65	12	67	77	10	0	31
12	50	35	19	0	205	10	0	79
13	30	25	-6	159	169	10	69	0
14	15	10	20	0	187	10	0	44
15	30	5	-7	61	71	10	43	0
16	10	20	-35	0	190	10	86	0
17	5	30	2	0	189	10	0	45
18	20	40	12	0	204	10	0	8
19	15	60	-1	0	187	10	46	0
20	45	65	9	0	188	10	0	35
21	45	20	11	0	201	10	0	54
22	45	10	18	0	193	0	0	103
23	55	5	-6	68	78	10	56	0
24	65	35	3	0	190	10	0	29
25	65	20	-19	172	182	10	4	0
26	45	30	-14	0	208	10	53	0
27	35	40	16	0	215	0	0	104
28	41	37	16	0	213	10	0	1
29	64	42	-3	0	190	10	24	0
30	40	60	-5	0	194	10	70	0
31	31	52	-12	0	202	10	11	0
32	35	69	-9	0	186	10	88	0
33	53	52	11	0	195	10	0	77
34	65	55	14	0	183	10	0	81
35	63	65	-9	0	178	10	20	0
36	2	60	-36	0	178	10	48	0
37	20	20	-17	0	198	10	100	0
38	5	5	-10	83	93	10	98	0
39	60	12	31	0	186	10	0	55
40	40	25	9	0	208	0	0	102
41	42	7	-26	0	191	10	87	0
42	24	12	5	0	194	10	0	72
43	23	3	7	0	185	10	0	15
44	11	14	-20	69	79	10	14	0
45	6	38	-2	0	190	10	17	0
46	2	48	1	0	184	10	0	19
47	8	56	-16	0	185	10	82	0
48	13	52	36	0	192	10	0	36
49	6	68	30	0	176	10	0	7
50	47	47	-20	0	203	10	65	0
51	49	58	-15	0	193	10	71	0
52	27	43	9	0	208	10	0	62
53	37	31	14	95	105	10	0	26
54	57	29	-11	0	197	10	21	0
55	63	23	-31	136	146	10	39	0
56	53	12	6	0	190	10	0	23
57	32	12	7	0	196	10	0	73
58	36	26	-12	200	210	10	97	0
59	21	24	28	0	202	10	0	99
60	17	34	3	0	201	10	0	89
61	12	24	13	0	194	10	0	91
62	24	58	-9	58	68	10	52	0
63	27	69	-9	0	185	10	64	0

Annexes

64	15	77	9	0	173	10	0	63
65	62	77	20	0	170	10	0	50
66	49	73	25	0	179	10	0	9
67	67	5	-18	83	93	10	75	0
68	56	39	-6	0	198	10	80	0
69	37	47	6	50	60	10	0	13
70	37	56	5	0	198	10	0	30
71	57	68	15	0	180	10	0	51
72	47	16	-5	0	197	10	42	0
73	44	17	-7	0	199	10	57	0
74	46	13	-7	149	159	10	2	0
75	49	11	18	0	192	10	0	67
76	49	42	13	73	83	10	0	95
77	53	43	-11	179	189	10	33	0
78	61	52	3	0	188	10	0	3
79	57	48	-19	92	102	10	12	0
80	56	37	6	0	198	10	0	68
81	55	54	-14	0	192	10	34	0
82	15	47	16	0	196	10	0	47
83	14	37	11	0	198	10	0	5
84	11	31	-27	101	111	10	94	0
85	16	22	-2	0	196	10	92	0
86	4	18	35	0	184	10	0	16
87	28	18	26	93	103	10	0	41
88	26	52	9	0	200	10	0	32
89	26	35	-3	0	211	10	60	0
90	31	67	3	0	187	10	0	10
91	15	19	-13	0	194	10	61	0
92	22	22	2	18	28	10	0	85
93	18	24	22	0	199	0	0	101
94	26	27	27	0	207	10	0	84
95	25	24	-13	0	205	10	76	0
96	22	27	-3	0	204	10	6	0
97	25	21	12	0	202	10	0	58
98	19	21	10	0	198	10	0	38
99	20	26	-28	83	93	10	59	0
100	18	18	17	185	195	10	0	37
101	18	24	-22	0	199	10	93	0
102	40	25	-9	0	208	10	40	0
103	45	10	-18	0	193	10	22	0
104	35	40	-16	0	215	10	27	0

LR105 :

25	200							
0	35	35	0	0	230	0	0	0
1	41	49	-11	151	181	10	33	0
2	35	17	7	40	70	10	0	57
3	55	45	13	106	136	10	0	80
4	55	20	-29	139	169	10	23	0
5	15	30	26	24	54	10	0	16
6	25	30	-27	89	119	10	94	0
7	20	50	-9	71	101	10	52	0
8	10	43	-16	85	115	10	82	0
9	55	60	16	87	117	10	0	66
10	30	60	-3	114	144	10	90	0
11	20	65	-9	57	87	10	64	0
12	50	35	19	53	83	10	0	29
13	30	25	-12	149	179	10	97	0

Annexes

14	15	10	20	32	62	10	0	86
15	30	5	8	51	81	10	0	87
16	10	20	-26	65	95	10	5	0
17	5	30	2	147	177	10	0	60
18	20	40	-11	77	107	10	83	0
19	15	60	-5	66	96	10	36	0
20	45	65	-15	116	146	10	71	0
21	45	20	11	52	82	10	0	75
22	45	10	18	87	117	10	0	58
23	55	5	29	58	88	10	0	4
24	65	35	-13	143	173	10	50	0
25	65	20	-25	156	186	10	72	0
26	45	30	-14	122	152	10	53	0
27	35	40	16	27	57	10	0	69
28	41	37	16	29	59	10	0	79
29	64	42	-19	53	83	10	12	0
30	40	60	21	61	91	10	0	35
31	31	52	27	40	70	10	0	81
32	35	69	23	131	161	0	0	104
33	53	52	11	27	57	10	0	1
34	65	55	14	107	137	10	0	77
35	63	65	-21	133	163	10	30	0
36	2	60	5	41	71	10	0	19
37	20	20	-18	124	154	10	44	0
38	5	5	-5	73	103	10	42	0
39	60	12	31	34	64	10	0	55
40	40	25	-13	75	105	10	76	0
41	42	7	5	87	117	10	0	74
42	24	12	5	25	55	10	0	38
43	23	3	7	122	152	10	0	100
44	11	14	18	59	89	10	0	37
45	6	38	16	29	59	0	0	102
46	2	48	1	107	137	10	0	48
47	8	56	27	41	71	10	0	49
48	13	52	-1	155	185	10	46	0
49	6	68	-27	98	128	10	47	0
50	47	47	13	114	144	10	0	24
51	49	58	10	78	108	10	0	78
52	27	43	9	42	72	10	0	7
53	37	31	14	85	115	10	0	26
54	57	29	-25	130	160	10	67	0
55	63	23	-31	126	156	10	39	0
56	53	12	-9	120	150	10	73	0
57	32	12	-7	91	121	10	2	0
58	36	26	-18	180	210	10	22	0
59	21	24	28	17	47	10	0	61
60	17	34	-2	152	182	10	17	0
61	12	24	-28	66	96	10	59	0
62	24	58	19	48	78	10	0	88
63	27	69	10	34	64	10	0	70
64	15	77	9	63	93	10	0	11
65	62	77	20	49	79	0	0	105
66	49	73	-16	117	147	10	9	0
67	67	5	25	73	103	10	0	54
68	56	39	36	132	162	0	0	101
69	37	47	-16	40	70	10	27	0
70	37	56	-10	168	198	10	63	0
71	57	68	15	67	97	10	0	20

Annexes

72	47	16	25	25	55	10	0	25
73	44	17	9	68	98	10	0	56
74	46	13	-5	139	169	10	41	0
75	49	11	-11	59	89	10	21	0
76	49	42	13	63	93	10	0	40
77	53	43	-14	169	199	10	34	0
78	61	52	-10	86	116	10	51	0
79	57	48	-16	82	112	10	28	0
80	56	37	-13	168	198	10	3	0
81	55	54	-27	84	114	10	31	0
82	15	47	16	45	75	10	0	8
83	14	37	11	34	64	10	0	18
84	11	31	-41	91	121	10	85	0
85	16	22	41	81	111	10	0	84
86	4	18	-20	84	114	10	14	0
87	28	18	-8	83	113	10	15	0
88	26	52	-19	64	94	10	62	0
89	26	35	15	166	196	0	0	103
90	31	67	3	85	115	10	0	10
91	15	19	1	150	180	10	0	93
92	22	22	-20	18	48	10	95	0
93	18	24	-1	169	199	10	91	0
94	26	27	27	90	120	10	0	6
95	25	24	20	29	59	10	0	92
96	22	27	11	125	155	0	0	106
97	25	21	12	123	153	10	0	13
98	19	21	10	48	78	10	0	99
99	20	26	-10	73	103	10	98	0
100	18	18	-7	165	195	10	43	0
101	56	39	-36	132	162	10	68	0
102	6	38	-16	29	59	10	45	0
103	26	35	-15	166	196	10	89	0
104	35	69	-23	131	161	10	32	0
105	62	77	-20	49	79	10	65	0
106	22	27	-11	125	155	10	96	0

LR106 :

25	200							
0	35	35	0	0	230	0	0	0
1	41	49	-21	0	204	10	30	0
2	35	17	-8	0	202	10	74	0
3	55	45	13	0	197	10	0	77
4	55	20	-18	139	169	10	54	0
5	15	30	26	0	199	10	0	60
6	25	30	3	89	119	10	0	89
7	20	50	-30	0	198	10	49	0
8	10	43	9	85	115	10	0	17
9	55	60	16	87	117	10	0	35
10	30	60	-9	114	144	10	64	0
11	20	65	-10	57	87	10	63	0
12	50	35	-23	0	205	10	79	0
13	30	25	-5	149	179	10	42	0
14	15	10	-28	32	62	10	59	0
15	30	5	8	51	81	10	0	87
16	10	20	-41	65	95	10	85	0
17	5	30	-9	147	177	10	8	0
18	20	40	-16	77	107	10	45	0
19	15	60	17	66	96	10	0	82

Annexes

20	45	65	-19	116	146	10	62	0
21	45	20	11	0	201	10	0	67
22	45	10	-17	87	117	10	26	0
23	55	5	-25	58	88	10	72	0
24	65	35	-26	143	173	10	81	0
25	65	20	6	156	186	0	0	101
26	45	30	17	0	208	10	0	22
27	35	40	16	27	57	0	0	103
28	41	37	16	29	59	10	0	73
29	64	42	9	53	83	10	0	78
30	40	60	21	61	91	10	0	1
31	31	52	-3	0	202	10	90	0
32	35	69	-9	131	161	10	88	0
33	53	52	-13	27	57	10	50	0
34	65	55	-20	0	183	10	65	0
35	63	65	-16	133	163	10	9	0
36	2	60	-36	41	71	10	48	0
37	20	20	8	0	198	10	0	43
38	5	5	16	73	103	10	0	93
39	60	12	31	34	64	10	0	55
40	40	25	9	75	105	10	0	53
41	42	7	5	87	117	10	0	75
42	24	12	5	25	55	10	0	13
43	23	3	-8	122	152	10	37	0
44	11	14	18	59	89	10	0	86
45	6	38	16	29	59	10	0	18
46	2	48	1	107	137	0	0	102
47	8	56	27	41	71	10	0	52
48	13	52	36	0	192	10	0	36
49	6	68	30	98	128	10	0	7
50	47	47	13	0	203	10	0	33
51	49	58	-15	78	108	10	71	0
52	27	43	-27	0	208	10	47	0
53	37	31	-9	85	115	10	40	0
54	57	29	18	130	160	10	0	4
55	63	23	-31	126	156	10	39	0
56	53	12	6	120	150	10	0	58
57	32	12	-27	91	121	10	94	0
58	36	26	-6	180	210	10	56	0
59	21	24	28	0	202	10	0	14
60	17	34	-26	152	182	10	5	0
61	12	24	13	66	96	10	0	99
62	24	58	19	48	78	10	0	20
63	27	69	10	34	64	10	0	11
64	15	77	9	63	93	10	0	10
65	62	77	20	49	79	10	0	34
66	49	73	25	117	147	10	0	70
67	67	5	-11	73	103	10	21	0
68	56	39	36	132	162	10	0	80
69	37	47	6	40	70	10	0	76
70	37	56	-25	168	198	10	66	0
71	57	68	15	67	97	10	0	51
72	47	16	25	0	197	10	0	23
73	44	17	-16	68	98	10	28	0
74	46	13	8	139	169	10	0	2
75	49	11	-5	0	192	10	41	0
76	49	42	-6	63	93	10	69	0
77	53	43	-13	169	199	10	3	0

Annexes

78	61	52	-9	86	116	10	29	0
79	57	48	23	82	112	10	0	12
80	56	37	-36	168	198	10	68	0
81	55	54	26	84	114	10	0	24
82	15	47	-17	0	196	10	19	0
83	14	37	11	0	198	10	0	84
84	11	31	-11	91	121	10	83	0
85	16	22	41	0	196	10	0	16
86	4	18	-18	84	114	10	44	0
87	28	18	-8	83	113	10	15	0
88	26	52	9	64	94	10	0	32
89	26	35	-3	166	196	10	6	0
90	31	67	3	85	115	10	0	31
91	15	19	-11	0	194	10	96	0
92	22	22	2	18	48	10	0	95
93	18	24	-16	169	199	10	38	0
94	26	27	27	0	207	10	0	57
95	25	24	-2	0	205	10	92	0
96	22	27	11	0	204	10	0	91
97	25	21	12	123	153	0	0	104
98	19	21	-17	0	198	10	100	0
99	20	26	-13	73	103	10	61	0
100	18	18	17	165	195	10	0	98
101	65	20	-6	156	186	10	25	0
102	2	48	-1	107	137	10	46	0
103	35	40	-16	27	57	10	27	0
104	25	21	-12	123	153	10	97	0

LR107 :

25	200							
0	35	35	0	0	230	0	0	0
1	41	49	-16	0	204	10	27	0
2	35	17	-26	0	202	10	87	0
3	55	45	-25	0	197	10	67	0
4	55	20	-6	139	169	10	56	0
5	15	30	26	0	199	0	0	103
6	25	30	-9	89	119	10	40	0
7	20	50	5	0	198	0	0	102
8	10	43	9	85	115	10	0	84
9	55	60	16	87	117	10	0	35
10	30	60	16	114	144	10	0	32
11	20	65	12	57	87	10	0	89
12	50	35	-6	0	205	10	80	0
13	30	25	-11	149	179	10	96	0
14	15	10	20	0	187	10	0	86
15	30	5	-7	51	81	10	43	0
16	10	20	19	0	190	10	0	100
17	5	30	-5	147	177	10	36	0
18	20	40	-30	0	204	10	49	0
19	15	60	17	0	187	10	0	48
20	45	65	9	0	188	10	0	81
21	45	20	11	0	201	10	0	39
22	45	10	-5	87	117	10	42	0
23	55	5	-17	58	88	10	26	0
24	65	35	3	0	190	10	0	77
25	65	20	-5	156	186	10	41	0
26	45	30	17	0	208	10	0	23
27	35	40	16	27	57	10	0	1

Annexes

28	41	37	-3	0	213	10	78	0
29	64	42	-2	0	190	10	55	0
30	40	60	-10	61	91	10	51	0
31	31	52	-11	0	202	10	33	0
32	35	69	-16	0	186	10	10	0
33	53	52	11	27	57	10	0	31
34	65	55	14	0	183	10	0	68
35	63	65	-16	133	163	10	9	0
36	2	60	5	41	71	10	0	17
37	20	20	-1	0	198	10	91	0
38	5	5	16	73	103	10	0	97
39	60	12	-11	34	64	10	21	0
40	40	25	9	75	105	10	0	6
41	42	7	5	87	117	10	0	25
42	24	12	5	25	55	10	0	22
43	23	3	7	0	185	10	0	15
44	11	14	-10	59	89	10	98	0
45	6	38	-3	29	59	10	60	0
46	2	48	-27	0	184	10	47	0
47	8	56	27	0	185	10	0	46
48	13	52	-17	0	192	10	19	0
49	6	68	30	98	128	10	0	18
50	47	47	-20	0	203	10	65	0
51	49	58	10	0	193	10	0	30
52	27	43	9	0	208	10	0	82
53	37	31	14	85	115	10	0	95
54	57	29	-18	0	197	10	75	0
55	63	23	2	126	156	10	0	29
56	53	12	6	120	150	10	0	4
57	32	12	7	0	196	10	0	72
58	36	26	-28	180	210	10	59	0
59	21	24	28	0	202	10	0	58
60	17	34	3	0	201	10	0	45
61	12	24	13	0	194	10	0	93
62	24	58	19	48	78	10	0	64
63	27	69	-9	0	185	10	88	0
64	15	77	-19	63	93	10	62	0
65	62	77	20	49	79	10	0	50
66	49	73	25	117	147	10	0	71
67	67	5	25	73	103	10	0	3
68	56	39	-14	132	162	10	34	0
69	37	47	6	40	70	10	0	76
70	37	56	-3	168	198	10	90	0
71	57	68	-25	0	180	10	66	0
72	47	16	-7	0	197	10	57	0
73	44	17	-8	0	199	10	74	0
74	46	13	8	139	169	10	0	73
75	49	11	18	0	192	10	0	54
76	49	42	-6	63	93	10	69	0
77	53	43	-3	169	199	10	24	0
78	61	52	3	86	116	10	0	28
79	57	48	23	82	112	0	0	101
80	56	37	6	168	198	10	0	12
81	55	54	-9	0	192	10	20	0
82	15	47	-9	0	196	10	52	0
83	14	37	11	0	198	10	0	99
84	11	31	-9	91	121	10	8	0
85	16	22	41	0	196	0	0	104

Annexes

86	4	18	-20	0	184	10	14	0
87	28	18	26	83	113	10	0	2
88	26	52	9	64	94	10	0	63
89	26	35	-12	0	211	10	11	0
90	31	67	3	0	187	10	0	70
91	15	19	1	0	194	10	0	37
92	22	22	-27	18	48	10	94	0
93	18	24	-13	169	199	10	61	0
94	26	27	27	0	207	10	0	92
95	25	24	-14	0	205	10	53	0
96	22	27	11	0	204	10	0	13
97	25	21	-16	0	202	10	38	0
98	19	21	10	0	198	10	0	44
99	20	26	-11	73	103	10	83	0
100	18	18	-19	165	195	10	16	0
101	57	48	-23	82	112	10	79	0
102	20	50	-5	0	198	10	7	0
103	15	30	-26	0	199	10	5	0
104	16	22	-41	0	196	10	85	0

LR108 :

25	200							
0	35	35	0	0	230	0	0	0
1	41	49	10	0	204	10	0	76
2	35	17	7	0	202	10	0	74
3	55	45	-23	0	197	10	79	0
4	55	20	-25	139	169	10	67	0
5	15	30	26	0	199	10	0	17
6	25	30	3	0	208	10	0	59
7	20	50	-9	0	198	10	8	0
8	10	43	9	85	115	10	0	7
9	55	60	-6	87	117	10	80	0
10	30	60	-3	0	194	10	90	0
11	20	65	-9	57	87	10	88	0
12	50	35	19	0	205	10	0	81
13	30	25	23	149	179	10	0	58
14	15	10	20	0	187	10	0	86
15	30	5	8	51	81	10	0	42
16	10	20	19	0	190	10	0	61
17	5	30	-26	0	189	10	5	0
18	20	40	12	0	204	10	0	46
19	15	60	-16	0	187	10	82	0
20	45	65	-5	0	188	10	70	0
21	45	20	-7	0	201	10	57	0
22	45	10	-26	0	193	10	87	0
23	55	5	29	58	88	10	0	25
24	65	35	3	0	190	10	0	51
25	65	20	-29	156	186	10	23	0
26	45	30	-5	0	208	10	41	0
27	35	40	16	0	215	10	0	94
28	41	37	-14	0	213	10	77	0
29	64	42	9	0	190	10	0	33
30	40	60	21	0	194	10	0	68
31	31	52	27	0	202	10	0	63
32	35	69	-30	0	186	10	49	0
33	53	52	-9	0	195	10	29	0
34	65	55	14	0	183	10	0	78
35	63	65	-15	0	178	10	71	0

Annexes

36	2	60	5	0	178	10	0	47
37	20	20	-41	0	198	10	85	0
38	5	5	16	73	103	10	0	100
39	60	12	-18	0	186	10	75	0
40	40	25	-13	0	208	10	50	0
41	42	7	5	0	191	10	0	26
42	24	12	-8	0	194	10	15	0
43	23	3	7	0	185	10	0	73
44	11	14	-2	59	89	10	92	0
45	6	38	16	0	190	10	0	60
46	2	48	-12	0	184	10	18	0
47	8	56	-5	0	185	10	36	0
48	13	52	-9	0	192	10	52	0
49	6	68	30	0	176	10	0	32
50	47	47	13	0	203	10	0	40
51	49	58	-3	0	193	10	24	0
52	27	43	9	0	208	10	0	48
53	37	31	14	85	115	10	0	97
54	57	29	-2	0	197	10	55	0
55	63	23	2	126	156	10	0	54
56	53	12	-25	0	190	10	72	0
57	32	12	7	0	196	10	0	21
58	36	26	-23	180	210	10	13	0
59	21	24	-3	0	202	10	6	0
60	17	34	-16	0	201	10	45	0
61	12	24	-19	0	194	10	16	0
62	24	58	19	48	78	10	0	64
63	27	69	-27	0	185	10	31	0
64	15	77	-19	0	173	10	62	0
65	62	77	-25	0	170	10	66	0
66	49	73	25	0	179	10	0	65
67	67	5	25	73	103	10	0	4
68	56	39	-21	0	198	10	30	0
69	37	47	6	40	70	10	0	95
70	37	56	5	0	198	10	0	20
71	57	68	15	0	180	10	0	35
72	47	16	25	0	197	10	0	56
73	44	17	-7	0	199	10	43	0
74	46	13	-7	139	169	10	2	0
75	49	11	18	0	192	10	0	39
76	49	42	-10	63	93	10	1	0
77	53	43	14	169	199	10	0	28
78	61	52	-14	0	188	10	34	0
79	57	48	23	82	112	10	0	3
80	56	37	6	0	198	10	0	9
81	55	54	-19	0	192	10	12	0
82	15	47	16	0	196	10	0	19
83	14	37	-7	0	198	10	84	0
84	11	31	7	91	121	10	0	83
85	16	22	41	0	196	10	0	37
86	4	18	-20	0	184	10	14	0
87	28	18	26	83	113	10	0	22
88	26	52	9	0	200	10	0	11
89	26	35	-9	0	211	10	99	0
90	31	67	3	0	187	10	0	10
91	15	19	-10	0	194	10	98	0
92	22	22	2	18	48	10	0	44
93	18	24	-11	0	199	10	96	0

Annexes

94	26	27	-16	0	207	10	27	0
95	25	24	-6	0	205	10	69	0
96	22	27	11	0	204	10	0	93
97	25	21	-14	0	202	10	53	0
98	19	21	10	0	198	10	0	91
99	20	26	9	73	103	10	0	89
100	18	18	-16	165	195	10	38	0

LR109 :

25	200							
0	35	35	0	0	230	0	0	0
1	41	49	-20	133	198	10	65	0
2	35	17	7	22	87	10	0	55
3	55	45	13	98	143	10	0	68
4	55	20	-8	123	184	10	74	0
5	15	30	26	20	93	10	0	61
6	25	30	3	76	131	10	0	96
7	20	50	-27	61	110	10	31	0
8	10	43	-9	75	124	10	88	0
9	55	60	-19	74	129	10	12	0
10	30	60	16	107	150	0	0	101
11	20	65	12	42	101	10	0	90
12	50	35	19	38	97	10	0	9
13	30	25	-10	131	196	10	98	0
14	15	10	-18	32	114	10	44	0
15	30	5	-20	35	96	10	95	0
16	10	20	-11	52	107	10	83	0
17	5	30	2	124	189	10	0	89
18	20	40	12	69	114	10	0	60
19	15	60	-16	52	109	10	45	0
20	45	65	9	105	156	10	0	70
21	45	20	11	37	96	10	0	25
22	45	10	-31	76	127	10	39	0
23	55	5	29	43	102	10	0	75
24	65	35	-26	124	190	10	81	0
25	65	20	-11	121	186	10	21	0
26	45	30	-14	112	161	10	53	0
27	35	40	16	8	75	10	0	71
28	41	37	16	11	76	10	0	79
29	64	42	9	37	98	10	0	78
30	40	60	-6	49	102	10	69	0
31	31	52	27	24	85	10	0	7
32	35	69	-9	116	175	10	64	0
33	53	52	11	24	92	10	0	35
34	65	55	14	96	147	0	0	102
35	63	65	-11	116	178	10	33	0
36	2	60	5	41	112	10	0	48
37	20	20	8	113	164	10	0	93
38	5	5	-28	60	115	10	59	0
39	60	12	31	33	110	10	0	22
40	40	25	-25	65	114	10	72	0
41	42	7	-25	72	131	10	67	0
42	24	12	-2	25	91	10	92	0
43	23	3	-26	111	162	10	87	0
44	11	14	18	45	102	10	0	14
45	6	38	16	29	99	10	0	19
46	2	48	-9	92	151	10	52	0
47	8	56	-16	34	105	10	82	0

Annexes

48	13	52	-5	128	192	10	36	0
49	6	68	30	93	132	0	0	106
50	47	47	-14	102	155	10	77	0
51	49	58	10	64	121	10	0	66
52	27	43	9	26	87	10	0	46
53	37	31	14	75	124	10	0	26
54	57	29	-9	118	171	10	73	0
55	63	23	-7	111	170	10	2	0
56	53	12	6	106	163	0	0	103
57	32	12	7	77	134	0	0	105
58	36	26	-12	147	210	10	97	0
59	21	24	28	17	100	10	0	38
60	17	34	-12	134	199	10	18	0
61	12	24	-26	55	106	10	5	0
62	24	58	19	30	95	10	0	63
63	27	69	-19	34	103	10	62	0
64	15	77	9	48	107	10	0	32
65	62	77	20	49	113	10	0	1
66	49	73	-10	104	159	10	51	0
67	67	5	25	59	116	10	0	41
68	56	39	-13	117	176	10	3	0
69	37	47	6	23	86	10	0	30
70	37	56	-9	123	198	10	20	0
71	57	68	-16	54	109	10	27	0
72	47	16	25	22	96	10	0	40
73	44	17	9	56	109	10	0	54
74	46	13	8	123	184	10	0	4
75	49	11	-29	45	102	10	23	0
76	49	42	13	52	103	10	0	80
77	53	43	14	136	200	10	0	50
78	61	52	-9	71	130	10	29	0
79	57	48	-16	72	121	10	28	0
80	56	37	-13	135	198	10	76	0
81	55	54	26	78	119	10	0	24
82	15	47	16	29	90	10	0	47
83	14	37	11	21	89	10	0	16
84	11	31	7	81	130	10	0	100
85	16	22	41	70	121	10	0	94
86	4	18	35	74	123	10	0	91
87	28	18	26	79	116	10	0	43
88	26	52	9	50	107	10	0	8
89	26	35	-2	139	211	10	17	0
90	31	67	-12	73	126	10	11	0
91	15	19	-35	132	194	10	86	0
92	22	22	2	18	88	10	0	42
93	18	24	-8	129	199	10	37	0
94	26	27	-41	81	128	10	85	0
95	25	24	20	14	78	10	0	15
96	22	27	-3	114	165	10	6	0
97	25	21	12	115	160	10	0	58
98	19	21	10	32	93	10	0	13
99	20	26	9	60	115	0	0	104
100	18	18	-7	123	195	10	84	0
101	30	60	-16	107	150	10	10	0
102	65	55	-14	96	147	10	34	0
103	53	12	-6	106	163	10	56	0
104	20	26	-9	60	115	10	99	0
105	32	12	-7	77	134	10	57	0

Annexes

106	6	68	-30	93	132	10	49	0
LR110:								
25	200							
0	35	35	0	0	230	0	0	0
1	41	49	-21	130	201	10	30	0
2	35	17	7	20	89	10	0	41
3	55	45	-23	106	135	10	79	0
4	55	20	-31	71	195	10	39	0
5	15	30	26	20	107	10	0	61
6	25	30	3	54	153	10	0	94
7	20	50	5	66	105	10	0	18
8	10	43	-16	61	138	10	82	0
9	55	60	16	53	150	10	0	51
10	30	60	16	101	156	0	0	101
11	20	65	-19	33	152	10	62	0
12	50	35	19	38	97	10	0	29
13	30	25	-7	70	208	10	43	0
14	15	10	20	32	137	10	0	86
15	30	5	8	30	154	10	0	42
16	10	20	-11	54	105	10	83	0
17	5	30	2	51	189	10	0	60
18	20	40	-5	77	106	10	7	0
19	15	60	17	53	108	10	0	49
20	45	65	-27	109	152	10	31	0
21	45	20	11	37	96	10	0	72
22	45	10	18	59	144	10	0	26
23	55	5	29	36	155	10	0	55
24	65	35	-18	118	190	10	54	0
25	65	20	-25	47	186	10	67	0
26	45	30	-18	117	156	10	22	0
27	35	40	16	5	156	10	0	65
28	41	37	16	8	79	10	0	68
29	64	42	-19	37	98	10	12	0
30	40	60	21	28	123	10	0	1
31	31	52	27	24	85	10	0	20
32	35	69	23	116	175	0	0	102
33	53	52	11	24	179	0	0	103
34	65	55	-26	100	143	10	81	0
35	63	65	-15	50	178	10	71	0
36	2	60	-27	41	178	10	47	0
37	20	20	8	117	160	10	0	93
38	5	5	-18	42	145	10	44	0
39	60	12	31	33	186	10	0	4
40	40	25	-9	51	128	10	73	0
41	42	7	-7	44	159	10	2	0
42	24	12	-8	25	172	10	15	0
43	23	3	7	115	158	10	0	13
44	11	14	18	31	138	10	0	38
45	6	38	16	29	189	10	0	89
46	2	48	1	93	150	10	0	48
47	8	56	27	34	116	10	0	36
48	13	52	-1	125	192	10	46	0
49	6	68	-17	93	132	10	19	0
50	47	47	13	105	152	10	0	80
51	49	58	-16	66	119	10	9	0
52	27	43	9	25	88	10	0	88
53	37	31	-8	62	137	10	74	0

Annexes

54	57	29	18	121	168	10	0	24
55	63	23	-29	70	189	10	23	0
56	53	12	-18	81	188	10	75	0
57	32	12	7	78	133	10	0	58
58	36	26	-7	79	210	10	57	0
59	21	24	28	17	123	10	0	87
60	17	34	-2	130	201	10	17	0
61	12	24	-26	59	102	10	5	0
62	24	58	19	25	164	10	0	11
63	27	69	10	34	112	10	0	90
64	15	77	9	46	165	10	0	70
65	62	77	-16	49	170	10	27	0
66	49	73	-6	77	179	10	69	0
67	67	5	25	43	150	10	0	25
68	56	39	-16	82	198	10	28	0
69	37	47	6	12	142	10	0	66
70	37	56	-9	21	198	10	64	0
71	57	68	15	57	106	10	0	35
72	47	16	-11	22	110	10	21	0
73	44	17	9	60	105	10	0	40
74	46	13	8	73	195	10	0	53
75	49	11	18	46	101	10	0	56
76	49	42	13	36	119	10	0	78
77	53	43	14	65	200	0	0	104
78	61	52	-13	43	158	10	76	0
79	57	48	23	58	135	10	0	3
80	56	37	-13	69	198	10	50	0
81	55	54	26	87	110	10	0	34
82	15	47	16	28	91	10	0	8
83	14	37	11	21	97	10	0	16
84	11	31	-20	68	143	10	95	0
85	16	22	-2	74	117	10	92	0
86	4	18	-20	79	118	10	14	0
87	28	18	-28	84	111	10	59	0
88	26	52	-9	24	133	10	52	0
89	26	35	-16	128	211	10	45	0
90	31	67	-10	76	123	10	63	0
91	15	19	-11	130	194	10	96	0
92	22	22	2	18	181	10	0	85
93	18	24	-8	41	199	10	37	0
94	26	27	-3	88	121	10	6	0
95	25	24	20	14	83	10	0	84
96	22	27	11	119	160	10	0	91
97	25	21	12	122	153	10	0	100
98	19	21	-9	32	93	10	99	0
99	20	26	9	38	137	10	0	98
100	18	18	-12	28	195	10	97	0
101	30	60	-16	101	156	10	10	0
102	35	69	-23	116	175	10	32	0
103	53	52	-11	24	179	10	33	0
104	53	43	-14	65	200	10	77	0

LR111:

25	200							
0	35	35	0	0	230	0	0	0
1	41	49	10	15	204	10	0	81
2	35	17	7	18	202	10	0	22
3	55	45	-9	54	187	10	29	0

Annexes

4	55	20	-13	138	169	10	76	0
5	15	30	-35	20	199	10	86	0
6	25	30	-8	76	131	10	37	0
7	20	50	5	21	170	10	0	36
8	10	43	9	87	112	0	0	105
9	55	60	16	88	115	10	0	50
10	30	60	-19	107	150	10	62	0
11	20	65	12	57	86	10	0	20
12	50	35	-9	15	192	10	40	0
13	30	25	-27	147	180	10	94	0
14	15	10	20	32	187	10	0	16
15	30	5	8	50	81	10	0	72
16	10	20	-20	29	139	10	14	0
17	5	30	2	124	189	10	0	60
18	20	40	12	47	136	10	0	45
19	15	60	17	32	146	10	0	47
20	45	65	-12	79	182	10	11	0
21	45	20	11	18	195	10	0	58
22	45	10	-7	76	127	10	2	0
23	55	5	29	58	87	10	0	55
24	65	35	-6	58	190	10	25	0
25	65	20	6	153	186	10	0	24
26	45	30	-18	58	208	10	54	0
27	35	40	16	8	75	0	0	101
28	41	37	16	6	136	10	0	79
29	64	42	9	29	150	10	0	3
30	40	60	21	49	102	10	0	51
31	31	52	-9	17	198	10	52	0
32	35	69	-10	67	186	10	63	0
33	53	52	11	24	92	10	0	71
34	65	55	-8	36	183	10	35	0
35	63	65	8	116	178	10	0	34
36	2	60	-5	41	112	10	7	0
37	20	20	8	42	198	10	0	6
38	5	5	-18	74	101	10	44	0
39	60	12	31	33	110	10	0	80
40	40	25	9	65	114	10	0	12
41	42	7	-7	72	131	10	43	0
42	24	12	-20	25	91	10	95	0
43	23	3	7	82	185	10	0	41
44	11	14	18	59	88	10	0	38
45	6	38	-12	29	99	10	18	0
46	2	48	1	63	180	10	0	48
47	8	56	-17	34	176	10	19	0
48	13	52	-1	27	192	10	46	0
49	6	68	-9	93	132	10	64	0
50	47	47	-16	41	203	10	9	0
51	49	58	-21	36	149	10	30	0
52	27	43	9	11	195	10	0	31
53	37	31	-6	87	112	10	69	0
54	57	29	18	90	197	10	0	26
55	63	23	-29	126	155	10	23	0
56	53	12	-8	106	163	10	74	0
57	32	12	7	48	163	0	0	102
58	36	26	-11	178	210	10	21	0
59	21	24	28	17	202	10	0	97
60	17	34	-2	70	201	10	17	0
61	12	24	13	29	132	10	0	96

Annexes

62	24	58	19	46	79	10	0	10
63	27	69	10	34	172	10	0	32
64	15	77	9	48	107	10	0	49
65	62	77	20	49	113	10	0	66
66	49	73	-20	104	159	10	65	0
67	67	5	-18	73	102	10	75	0
68	56	39	-3	117	176	10	78	0
69	37	47	6	39	70	10	0	53
70	37	56	5	123	198	0	0	104
71	57	68	-11	39	148	10	33	0
72	47	16	-8	22	197	10	15	0
73	44	17	9	30	135	0	0	108
74	46	13	8	138	169	10	0	56
75	49	11	18	27	192	10	0	67
76	49	42	13	65	90	10	0	4
77	53	43	14	168	199	0	0	103
78	61	52	3	71	130	10	0	68
79	57	48	-16	84	109	10	28	0
80	56	37	-31	135	198	10	39	0
81	55	54	-10	57	140	10	1	0
82	15	47	16	23	196	0	0	107
83	14	37	11	21	198	10	0	91
84	11	31	7	93	118	10	0	85
85	16	22	-7	23	177	10	84	0
86	4	18	35	49	148	10	0	5
87	28	18	-9	88	107	10	99	0
88	26	52	9	50	107	10	0	90
89	26	35	15	68	211	0	0	106
90	31	67	-9	46	153	10	88	0
91	15	19	-11	25	194	10	83	0
92	22	22	2	18	53	10	0	98
93	18	24	-17	129	199	10	100	0
94	26	27	27	35	174	10	0	13
95	25	24	20	14	205	10	0	42
96	22	27	-13	51	204	10	61	0
97	25	21	-28	92	183	10	59	0
98	19	21	-2	21	198	10	92	0
99	20	26	9	74	101	10	0	87
100	18	18	17	159	195	10	0	93
101	35	40	-16	8	75	10	27	0
102	32	12	-7	48	163	10	57	0
103	53	43	-14	168	199	10	77	0
104	37	56	-5	123	198	10	70	0
105	10	43	-9	87	112	10	8	0
106	26	35	-15	68	211	10	89	0
107	15	47	-16	23	196	10	82	0
108	44	17	-9	30	135	10	73	0

LRC101:

25	200							
0	40	50	0	0	240	0	0	0
1	25	85	20	145	175	0	0	105
2	22	75	-10	50	80	10	45	0
3	22	85	-10	109	139	10	8	0
4	20	80	-20	141	171	10	5	0
5	20	85	20	41	71	10	0	4
6	18	75	-20	95	125	10	7	0
7	15	75	20	79	109	10	0	6

Annexes

8	15	80	10	91	121	10	0	3
9	10	35	20	91	121	10	0	13
10	10	40	30	119	149	10	0	17
11	8	40	40	59	89	10	0	15
12	8	45	20	64	94	10	0	46
13	5	35	-20	142	172	10	9	0
14	5	45	10	35	65	10	0	47
15	2	40	-40	58	88	10	11	0
16	0	40	-9	72	102	10	82	0
17	0	45	-30	149	179	10	10	0
18	44	5	-40	87	117	10	19	0
19	42	10	40	72	102	10	0	18
20	42	15	-10	122	152	10	49	0
21	40	5	-30	67	97	10	23	0
22	40	15	40	92	122	10	0	24
23	38	5	30	65	95	10	0	21
24	38	15	-40	148	178	10	22	0
25	35	5	20	154	184	0	0	101
26	95	30	-10	115	145	10	28	0
27	95	35	20	62	92	10	0	91
28	92	30	10	62	92	10	0	26
29	90	35	10	67	97	10	0	93
30	88	30	10	74	104	10	0	32
31	88	35	20	61	91	10	0	89
32	87	30	-10	131	161	10	30	0
33	85	25	10	51	81	10	0	34
34	85	35	-10	111	141	10	33	0
35	67	85	-30	139	169	10	40	0
36	65	85	-8	43	73	10	72	0
37	65	82	-20	124	154	10	41	0
38	62	80	30	75	105	10	0	43
39	60	80	10	37	67	10	0	54
40	60	85	30	85	115	10	0	35
41	58	75	20	92	122	10	0	37
42	55	80	10	33	63	10	0	44
43	55	85	-30	128	158	10	38	0
44	55	82	-10	64	94	10	42	0
45	20	82	10	37	67	10	0	2
46	18	80	-20	113	143	10	12	0
47	2	45	-10	45	75	10	14	0
48	42	5	-14	151	181	10	83	0
49	42	12	10	104	134	10	0	20
50	72	35	30	116	146	10	0	80
51	55	20	-6	83	113	10	63	0
52	25	30	3	52	82	10	0	57
53	20	50	5	91	121	10	0	100
54	55	60	-10	139	169	10	39	0
55	30	60	-30	140	170	10	79	0
56	50	35	-6	130	160	10	90	0
57	30	25	-3	96	126	10	52	0
58	15	10	-16	152	182	10	75	0
59	10	20	19	42	72	10	0	97
60	15	60	17	155	185	10	0	70
61	45	65	9	66	96	10	0	68
62	65	35	3	52	82	10	0	94
63	65	20	6	39	69	10	0	51
64	45	30	17	53	83	0	0	103
65	35	40	16	11	41	10	0	74

Annexes

66	41	37	-18	133	163	10	84	0
67	64	42	9	70	100	10	0	71
68	40	60	-9	144	174	10	61	0
69	31	52	27	41	71	10	0	78
70	35	69	-17	180	210	10	60	0
71	65	55	-9	65	95	10	67	0
72	63	65	8	30	60	10	0	36
73	2	60	5	77	107	0	0	106
74	20	20	-16	141	171	10	65	0
75	5	5	16	74	104	10	0	58
76	60	12	31	75	105	0	0	104
77	23	3	-13	150	180	10	87	0
78	8	56	-27	90	120	10	69	0
79	6	68	30	89	119	10	0	55
80	47	47	-30	192	222	10	50	0
81	49	58	10	86	116	10	0	96
82	27	43	9	42	72	10	0	16
83	37	31	14	35	65	10	0	48
84	57	29	18	96	126	10	0	66
85	63	23	2	87	117	0	0	102
86	21	24	-15	87	117	10	99	0
87	12	24	13	90	120	10	0	77
88	24	58	-9	67	97	10	98	0
89	67	5	-20	144	174	10	31	0
90	37	47	6	86	116	10	0	56
91	49	42	-20	167	197	10	27	0
92	53	43	14	14	44	10	0	95
93	61	52	-10	178	208	10	29	0
94	57	48	-3	95	125	10	62	0
95	56	37	-14	34	64	10	92	0
96	55	54	-10	132	162	10	81	0
97	4	18	-19	120	150	10	59	0
98	26	52	9	46	76	10	0	88
99	26	35	15	77	107	10	0	86
100	31	67	-5	180	210	10	53	0
101	35	5	-20	154	184	10	25	0
102	63	23	-2	87	117	10	85	0
103	45	30	-17	53	83	10	64	0
104	60	12	-31	75	105	10	76	0
105	25	85	-20	145	175	10	1	0
106	2	60	-5	77	107	10	73	0

LRC102:

25	200							
0	40	50	0	0	240	0	0	0
1	25	85	-10	0	191	10	45	0
2	22	75	30	0	199	10	0	3
3	22	85	-30	0	190	10	2	0
4	20	80	-10	141	171	10	46	0
5	20	85	20	0	189	10	0	60
6	18	75	20	95	125	10	0	98
7	15	75	-30	0	194	10	79	0
8	15	80	10	91	121	0	0	101
9	10	35	-20	91	121	10	16	0
10	10	40	-27	119	149	10	78	0
11	8	40	40	59	89	10	0	73
12	8	45	-10	0	197	10	13	0
13	5	35	10	142	172	10	0	12

Annexes

14	5	45	10	35	65	10	0	15
15	2	40	-10	58	88	10	14	0
16	0	40	20	72	102	10	0	9
17	0	45	-19	149	179	10	88	0
18	44	5	-14	87	117	10	83	0
19	42	10	40	72	102	10	0	23
20	42	15	-40	122	152	10	22	0
21	40	5	10	0	185	10	0	25
22	40	15	40	92	122	10	0	20
23	38	5	-40	65	95	10	19	0
24	38	15	-10	148	178	10	49	0
25	35	5	-10	154	184	10	21	0
26	95	30	30	0	171	10	0	50
27	95	35	-10	62	92	10	33	0
28	92	30	10	62	92	10	0	31
29	90	35	10	67	97	10	0	89
30	88	30	-3	74	104	10	62	0
31	88	35	-10	0	179	10	28	0
32	87	30	10	131	161	0	0	103
33	85	25	10	51	81	10	0	27
34	85	35	30	0	182	10	0	93
35	67	85	-30	139	169	10	40	0
36	65	85	40	43	73	10	0	44
37	65	82	-30	0	189	10	38	0
38	62	80	30	75	105	10	0	37
39	60	80	10	37	67	10	0	84
40	60	85	30	85	115	10	0	35
41	58	75	20	92	122	10	0	43
42	55	80	10	33	63	10	0	68
43	55	85	-20	128	158	10	41	0
44	55	82	-40	64	94	10	36	0
45	20	82	10	37	67	10	0	1
46	18	80	10	113	143	10	0	4
47	2	45	10	45	75	10	0	97
48	42	5	-16	0	184	10	65	0
49	42	12	10	104	134	10	0	24
50	72	35	-30	0	194	10	26	0
51	55	20	-31	83	113	10	76	0
52	25	30	-19	0	205	10	59	0
53	20	50	-27	91	121	10	69	0
54	55	60	-10	139	169	10	81	0
55	30	60	-9	140	170	10	82	0
56	50	35	19	130	160	10	0	66
57	30	25	-13	96	126	10	91	0
58	15	10	-13	152	182	10	87	0
59	10	20	19	0	187	10	0	52
60	15	60	-20	155	185	10	5	0
61	45	65	9	66	96	10	0	90
62	65	35	3	52	82	10	0	30
63	65	20	-2	39	69	10	85	0
64	45	30	17	53	83	10	0	86
65	35	40	16	11	41	10	0	48
66	41	37	-19	133	163	10	56	0
67	64	42	-14	70	100	10	71	0
68	40	60	-10	144	174	10	42	0
69	31	52	27	41	71	10	0	53
70	35	69	-3	180	210	10	100	0
71	65	55	14	65	95	10	0	67

Annexes

72	63	65	8	0	202	0	0	104
73	2	60	-40	77	107	10	11	0
74	20	20	-15	141	171	10	99	0
75	5	5	16	0	172	0	0	102
76	60	12	31	75	105	10	0	51
77	23	3	7	150	180	0	0	105
78	8	56	27	90	120	10	0	10
79	6	68	30	89	119	10	0	7
80	47	47	-23	192	222	10	94	0
81	49	58	10	86	116	10	0	54
82	27	43	9	0	215	10	0	55
83	37	31	14	0	210	10	0	18
84	57	29	-10	96	126	10	39	0
85	63	23	2	0	194	10	0	63
86	21	24	-17	87	117	10	64	0
87	12	24	13	90	120	10	0	58
88	24	58	19	67	97	10	0	17
89	67	5	-10	144	174	10	29	0
90	37	47	-9	86	116	10	61	0
91	49	42	13	0	217	10	0	57
92	53	43	14	14	44	10	0	95
93	61	52	-30	178	208	10	34	0
94	57	48	23	0	212	10	0	80
95	56	37	-14	0	209	10	92	0
96	55	54	26	0	214	0	0	106
97	4	18	-10	120	150	10	47	0
98	26	52	-20	0	215	10	6	0
99	26	35	15	77	107	10	0	74
100	31	67	3	180	210	10	0	70
101	15	80	-10	91	121	10	8	0
102	5	5	-16	0	172	10	75	0
103	87	30	-10	131	161	10	32	0
104	63	65	-8	0	202	10	72	0
105	23	3	-7	150	180	10	77	0
106	55	54	-26	0	214	10	96	0

LRC103:

25	200							
0	40	50	0	0	240	0	0	0
1	25	85	20	0	191	10	0	3
2	22	75	30	0	199	10	0	5
3	22	85	-20	0	190	10	1	0
4	20	80	-27	141	171	10	78	0
5	20	85	-30	0	189	10	2	0
6	18	75	20	95	125	10	0	55
7	15	75	20	0	194	10	0	46
8	15	80	-10	91	121	10	45	0
9	10	35	20	91	121	10	0	87
10	10	40	30	119	149	10	0	13
11	8	40	-10	59	89	10	14	0
12	8	45	20	0	197	10	0	17
13	5	35	-30	142	172	10	10	0
14	5	45	10	0	194	10	0	11
15	2	40	-9	58	88	10	82	0
16	0	40	-5	0	188	10	53	0
17	0	45	-20	149	179	10	12	0
18	44	5	20	0	184	10	0	23
19	42	10	-40	0	189	10	22	0

Annexes

20	42	15	10	0	194	10	0	48
21	40	5	10	0	185	10	0	49
22	40	15	40	92	122	10	0	19
23	38	5	-20	65	95	10	18	0
24	38	15	-20	0	194	10	25	0
25	35	5	20	154	184	10	0	24
26	95	30	-10	0	171	10	32	0
27	95	35	20	62	92	10	0	30
28	92	30	10	0	174	0	0	102
29	90	35	10	0	177	10	0	34
30	88	30	-20	74	104	10	27	0
31	88	35	-10	0	179	10	33	0
32	87	30	10	0	178	10	0	26
33	85	25	10	51	81	10	0	31
34	85	35	-10	0	182	10	29	0
35	67	85	-10	139	169	10	39	0
36	65	85	40	43	73	10	0	37
37	65	82	-40	0	189	10	36	0
38	62	80	-10	75	105	10	44	0
39	60	80	10	37	67	10	0	35
40	60	85	30	85	115	10	0	93
41	58	75	20	92	122	10	0	72
42	55	80	-9	33	63	10	61	0
43	55	85	20	0	191	10	0	80
44	55	82	10	64	94	10	0	38
45	20	82	10	37	67	10	0	8
46	18	80	-20	0	192	10	7	0
47	2	45	10	0	191	0	0	104
48	42	5	-10	0	184	10	20	0
49	42	12	-10	104	134	10	21	0
50	72	35	30	0	194	10	0	67
51	55	20	19	0	196	10	0	63
52	25	30	-8	0	205	10	74	0
53	20	50	5	91	121	10	0	16
54	55	60	16	0	211	0	0	103
55	30	60	-20	140	170	10	6	0
56	50	35	19	130	160	10	0	66
57	30	25	23	0	203	0	0	101
58	15	10	-35	152	182	10	97	0
59	10	20	19	0	187	10	0	86
60	15	60	-9	0	203	10	98	0
61	45	65	9	0	214	10	0	42
62	65	35	-14	52	82	10	92	0
63	65	20	-19	0	190	10	51	0
64	45	30	-16	53	83	10	65	0
65	35	40	16	11	41	10	0	64
66	41	37	-19	133	163	10	56	0
67	64	42	-30	70	100	10	50	0
68	40	60	21	144	174	0	0	105
69	31	52	27	41	71	10	0	88
70	35	69	-3	180	210	10	100	0
71	65	55	14	0	204	10	0	94
72	63	65	-20	0	202	10	41	0
73	2	60	5	0	190	10	0	79
74	20	20	8	141	171	10	0	52
75	5	5	16	0	172	10	0	77
76	60	12	31	75	105	10	0	85
77	23	3	-16	150	180	10	75	0

Annexes

78	8	56	27	90	120	10	0	4
79	6	68	-5	89	119	10	73	0
80	47	47	-20	192	222	10	43	0
81	49	58	10	0	217	10	0	96
82	27	43	9	0	215	10	0	15
83	37	31	14	0	210	10	0	89
84	57	29	18	96	126	0	0	106
85	63	23	-31	0	194	10	76	0
86	21	24	-19	0	197	10	59	0
87	12	24	-20	90	120	10	9	0
88	24	58	-27	67	97	10	69	0
89	67	5	-14	0	177	10	83	0
90	37	47	6	0	225	10	0	99
91	49	42	-6	0	217	10	95	0
92	53	43	14	14	44	10	0	62
93	61	52	-30	178	208	10	40	0
94	57	48	-14	0	212	10	71	0
95	56	37	6	0	209	10	0	91
96	55	54	-10	0	214	10	81	0
97	4	18	35	0	181	10	0	58
98	26	52	9	0	215	10	0	60
99	26	35	-6	77	107	10	90	0
100	31	67	3	180	210	10	0	70
101	30	25	-23	0	203	10	57	0
102	92	30	-10	0	174	10	28	0
103	55	60	-16	0	211	10	54	0
104	2	45	-10	0	191	10	47	0
105	40	60	-21	144	174	10	68	0
106	57	29	-18	96	126	10	84	0

LR C104:

25	200	1						
0	40	50	0	0	240	0	0	0
1	25	85	-23	0	191	10	70	0
2	22	75	-20	0	199	10	7	0
3	22	85	-9	0	190	10	61	0
4	20	80	-10	141	171	10	46	0
5	20	85	20	0	189	10	0	100
6	18	75	-5	0	196	10	73	0
7	15	75	20	0	194	10	0	2
8	15	80	10	91	121	10	0	68
9	10	35	20	91	121	10	0	86
10	10	40	-20	0	198	10	16	0
11	8	40	-10	59	89	10	47	0
12	8	45	20	0	197	10	0	82
13	5	35	10	142	172	0	0	108
14	5	45	10	0	194	10	0	15
15	2	40	-10	58	88	10	14	0
16	0	40	20	0	188	10	0	10
17	0	45	-9	0	189	10	98	0
18	44	5	-10	0	184	10	21	0
19	42	10	40	0	189	10	0	48
20	42	15	10	0	194	10	0	22
21	40	5	10	0	185	10	0	18
22	40	15	-10	0	195	10	20	0
23	38	5	-10	65	95	10	49	0
24	38	15	-20	0	194	10	25	0
25	35	5	20	154	184	10	0	24

Annexes

26	95	30	30	0	171	10	0	31
27	95	35	20	0	172	10	0	29
28	92	30	-10	0	174	10	33	0
29	90	35	-20	0	177	10	27	0
30	88	30	10	0	178	10	0	34
31	88	35	-30	0	179	10	26	0
32	87	30	10	0	178	0	0	107
33	85	25	10	0	178	10	0	28
34	85	35	-10	0	182	10	30	0
35	67	85	20	0	185	10	0	41
36	65	85	-20	0	186	10	43	0
37	65	82	-10	0	189	10	42	0
38	62	80	-10	75	105	10	44	0
39	60	80	-30	0	193	10	40	0
40	60	85	30	0	189	10	0	39
41	58	75	-20	0	199	10	35	0
42	55	80	10	0	196	10	0	37
43	55	85	20	0	191	10	0	36
44	55	82	10	64	94	10	0	38
45	20	82	10	0	192	0	0	101
46	18	80	10	0	192	10	0	4
47	2	45	10	0	191	10	0	11
48	42	5	-40	0	184	10	19	0
49	42	12	10	0	191	10	0	23
50	72	35	-14	0	194	10	92	0
51	55	20	-18	0	196	10	84	0
52	25	30	-23	0	205	10	57	0
53	20	50	-27	91	121	10	69	0
54	55	60	-8	0	211	10	72	0
55	30	60	16	140	170	0	0	104
56	50	35	-13	0	211	10	80	0
57	30	25	23	0	203	10	0	52
58	15	10	20	152	182	0	0	103
59	10	20	-13	0	187	10	87	0
60	15	60	-19	0	203	10	88	0
61	45	65	9	0	214	10	0	3
62	65	35	3	52	82	10	0	71
63	65	20	6	0	190	10	0	64
64	45	30	-6	0	209	10	63	0
65	35	40	-6	0	218	10	90	0
66	41	37	16	0	216	0	0	106
67	64	42	9	70	100	10	0	81
68	40	60	-10	0	220	10	8	0
69	31	52	27	41	71	10	0	53
70	35	69	23	0	210	10	0	1
71	65	55	-3	0	204	10	62	0
72	63	65	8	0	202	10	0	54
73	2	60	5	0	190	10	0	6
74	20	20	8	141	171	0	0	102
75	5	5	-15	0	172	10	99	0
76	60	12	31	75	105	10	0	83
77	23	3	-35	150	180	10	97	0
78	8	56	27	0	197	10	0	79
79	6	68	-27	89	119	10	78	0
80	47	47	13	0	222	10	0	56
81	49	58	-9	0	217	10	67	0
82	27	43	-20	0	215	10	12	0
83	37	31	-31	0	210	10	76	0

Annexes

84	57	29	18	96	126	10	0	51
85	63	23	2	0	194	10	0	89
86	21	24	-20	0	197	10	9	0
87	12	24	13	90	120	10	0	59
88	24	58	19	0	212	10	0	60
89	67	5	-2	0	177	10	85	0
90	37	47	6	0	225	10	0	65
91	49	42	13	0	217	10	0	93
92	53	43	14	14	44	10	0	50
93	61	52	-13	0	208	10	91	0
94	57	48	23	0	212	0	0	105
95	56	37	6	0	209	10	0	96
96	55	54	-6	0	214	10	95	0
97	4	18	35	0	181	10	0	77
98	26	52	9	0	215	10	0	17
99	26	35	15	77	107	10	0	75
100	31	67	-20	180	210	10	5	0
101	20	82	-10	0	192	10	45	0
102	20	20	-8	141	171	10	74	0
103	15	10	-20	152	182	10	58	0
104	30	60	-16	140	170	10	55	0
105	57	48	-23	0	212	10	94	0
106	41	37	-16	0	216	10	66	0
107	87	30	-10	0	178	10	32	0
108	5	35	-10	142	172	10	13	0

LRC105:

25	200							
0	40	50	0	0	240	0	0	0
1	25	85	20	71	191	10	0	100
2	22	75	30	30	150	10	0	5
3	22	85	-20	64	184	10	6	0
4	20	80	40	151	161	0	0	107
5	20	85	-30	40	160	10	2	0
6	18	75	20	96	123	10	0	3
7	15	75	20	35	155	10	0	68
8	15	80	10	101	111	10	0	46
9	10	35	-40	101	111	10	11	0
10	10	40	30	123	144	10	0	17
11	8	40	40	69	79	10	0	9
12	8	45	-9	32	152	10	82	0
13	5	35	-10	152	162	10	14	0
14	5	45	10	35	117	10	0	13
15	2	40	20	68	78	10	0	97
16	0	40	20	59	114	0	0	103
17	0	45	-30	147	180	10	10	0
18	44	5	20	79	124	10	0	25
19	42	10	40	58	115	10	0	20
20	42	15	-40	111	162	10	19	0
21	40	5	-10	45	165	10	48	0
22	40	15	-16	94	119	10	65	0
23	38	5	-14	75	85	10	83	0
24	38	15	10	128	194	0	0	105
25	35	5	-20	171	181	10	18	0
26	95	30	30	58	171	10	0	30
27	95	35	20	60	93	10	0	50
28	92	30	-10	55	120	10	29	0
29	90	35	10	52	112	10	0	28

Annexes

30	88	30	-30	75	102	10	26	0
31	88	35	20	50	170	10	0	34
32	87	30	10	116	175	10	0	80
33	85	25	10	51	85	10	0	76
34	85	35	-20	62	182	10	31	0
35	67	85	20	138	169	0	0	104
36	65	85	40	43	78	10	0	37
37	65	82	-40	69	189	10	36	0
38	62	80	30	85	95	10	0	43
39	60	80	10	36	74	10	0	40
40	60	85	-10	87	112	10	39	0
41	58	75	20	92	121	10	0	96
42	55	80	10	33	66	10	0	61
43	55	85	-30	117	168	10	38	0
44	55	82	10	74	84	10	0	70
45	20	82	10	37	72	10	0	79
46	18	80	-10	98	157	10	8	0
47	2	45	-9	38	109	10	98	0
48	42	5	10	64	184	10	0	21
49	42	12	10	109	128	10	0	77
50	72	35	-20	71	191	10	27	0
51	55	20	-6	69	126	10	63	0
52	25	30	-17	25	145	10	64	0
53	20	50	-6	101	111	10	90	0
54	55	60	16	127	180	10	0	93
55	30	60	16	150	160	0	0	101
56	50	35	-16	130	159	10	66	0
57	30	25	-6	82	139	10	95	0
58	15	10	-19	172	182	10	59	0
59	10	20	19	42	162	10	0	58
60	15	60	-5	137	202	10	73	0
61	45	65	-10	55	106	10	42	0
62	65	35	3	62	72	10	0	84
63	65	20	6	39	108	10	0	51
64	45	30	17	53	82	10	0	52
65	35	40	16	11	43	10	0	22
66	41	37	16	134	161	10	0	56
67	64	42	9	80	90	10	0	85
68	40	60	-20	144	173	10	7	0
69	31	52	27	51	61	10	0	88
70	35	69	-10	172	210	10	44	0
71	65	55	14	52	107	10	0	81
72	63	65	8	27	147	10	0	94
73	2	60	5	65	118	10	0	60
74	20	20	-15	151	161	10	99	0
75	5	5	-13	57	172	10	87	0
76	60	12	-10	85	95	10	33	0
77	23	3	-10	163	173	10	49	0
78	8	56	27	90	119	0	0	108
79	6	68	-10	99	109	10	45	0
80	47	47	-10	190	222	10	32	0
81	49	58	-14	80	121	10	71	0
82	27	43	9	14	134	10	0	12
83	37	31	14	19	139	10	0	23
84	57	29	-3	106	116	10	62	0
85	63	23	-9	42	162	10	67	0
86	21	24	-14	77	126	10	92	0
87	12	24	13	100	110	10	0	75

Annexes

88	24	58	-27	67	96	10	69	0
89	67	5	25	105	177	0	0	102
90	37	47	6	74	127	10	0	53
91	49	42	13	97	217	0	0	106
92	53	43	14	15	25	10	0	86
93	61	52	-16	173	208	10	54	0
94	57	48	-8	50	170	10	72	0
95	56	37	6	20	140	10	0	57
96	55	54	-20	87	207	10	41	0
97	4	18	-20	112	157	10	15	0
98	26	52	9	14	134	10	0	47
99	26	35	15	87	97	10	0	74
100	31	67	-20	200	210	10	1	0
101	30	60	-16	150	160	10	55	0
102	67	5	-25	105	177	10	89	0
103	0	40	-20	59	114	10	16	0
104	67	85	-20	138	169	10	35	0
105	38	15	-10	128	194	10	24	0
106	49	42	-13	97	217	10	91	0
107	20	80	-40	151	161	10	4	0
108	8	56	-27	90	119	10	78	0

LRC106:

25	200							
0	40	50	0	0	240	0	0	0
1	25	85	20	130	190	0	0	104
2	22	75	30	35	95	10	0	5
3	22	85	-10	94	154	10	46	0
4	20	80	-10	126	186	10	45	0
5	20	85	-30	40	100	10	2	0
6	18	75	20	80	140	10	0	100
7	15	75	-10	64	124	10	8	0
8	15	80	10	76	136	10	0	7
9	10	35	20	76	136	10	0	17
10	10	40	-5	104	164	10	53	0
11	8	40	40	44	104	10	0	58
12	8	45	20	49	109	0	0	103
13	5	35	-27	127	187	10	69	0
14	5	45	10	35	95	10	0	74
15	2	40	20	43	103	10	0	16
16	0	40	-20	57	117	10	15	0
17	0	45	-20	129	189	10	9	0
18	44	5	20	72	132	10	0	48
19	42	10	-17	57	117	10	64	0
20	42	15	-28	107	167	10	86	0
21	40	5	-14	52	112	10	83	0
22	40	15	-23	77	137	10	57	0
23	38	5	-16	50	110	10	65	0
24	38	15	10	133	193	10	0	91
25	35	5	20	124	184	10	0	77
26	95	30	30	100	160	0	0	101
27	95	35	20	57	117	10	0	28
28	92	30	-20	55	115	10	27	0
29	90	35	-20	52	112	10	31	0
30	88	30	10	59	119	10	0	93
31	88	35	20	50	110	10	0	29
32	87	30	-9	116	176	10	67	0
33	85	25	10	51	111	10	0	89

Annexes

34	85	35	30	96	156	10	0	50
35	67	85	-10	124	184	10	37	0
36	65	85	40	43	103	10	0	43
37	65	82	10	109	169	10	0	35
38	62	80	-10	60	120	10	44	0
39	60	80	-10	36	96	10	42	0
40	60	85	30	70	130	10	0	41
41	58	75	-30	77	137	10	40	0
42	55	80	10	33	93	10	0	39
43	55	85	-40	113	173	10	36	0
44	55	82	10	49	109	10	0	38
45	20	82	10	37	97	10	0	4
46	18	80	10	98	158	10	0	3
47	2	45	10	38	98	10	0	78
48	42	5	-20	124	184	10	18	0
49	42	12	-15	89	149	10	99	0
50	72	35	-30	101	161	10	34	0
51	55	20	19	68	128	0	0	102
52	25	30	-9	37	97	10	82	0
53	20	50	5	76	136	10	0	10
54	55	60	16	124	184	10	0	68
55	30	60	16	125	185	0	0	106
56	50	35	-31	115	175	10	76	0
57	30	25	23	81	141	10	0	22
58	15	10	-40	122	182	10	11	0
59	10	20	19	42	102	10	0	97
60	15	60	17	140	200	10	0	70
61	45	65	9	51	111	10	0	81
62	65	35	-6	37	97	10	95	0
63	65	20	6	39	99	10	0	66
64	45	30	17	38	98	10	0	19
65	35	40	16	11	71	10	0	23
66	41	37	-6	118	178	10	63	0
67	64	42	9	55	115	10	0	32
68	40	60	-16	129	189	10	54	0
69	31	52	27	26	86	10	0	13
70	35	69	-17	150	210	10	60	0
71	65	55	-8	50	110	10	72	0
72	63	65	8	27	87	10	0	71
73	2	60	5	62	122	10	0	79
74	20	20	-10	126	186	10	14	0
75	5	5	-13	59	119	10	87	0
76	60	12	31	60	120	10	0	56
77	23	3	-20	120	180	10	25	0
78	8	56	-10	75	135	10	47	0
79	6	68	-5	74	134	10	73	0
80	47	47	13	162	222	0	0	105
81	49	58	-9	71	131	10	61	0
82	27	43	9	27	87	10	0	52
83	37	31	14	20	80	10	0	21
84	57	29	-2	81	141	10	85	0
85	63	23	2	72	132	10	0	84
86	21	24	28	72	132	10	0	20
87	12	24	13	75	135	10	0	75
88	24	58	-9	52	112	10	98	0
89	67	5	-10	117	177	10	33	0
90	37	47	6	71	131	10	0	94
91	49	42	-10	152	212	10	24	0

Annexes

92	53	43	14	14	74	10	0	96
93	61	52	-10	148	208	10	30	0
94	57	48	-6	80	140	10	90	0
95	56	37	6	20	80	10	0	62
96	55	54	-14	117	177	10	92	0
97	4	18	-19	105	165	10	59	0
98	26	52	9	31	91	10	0	88
99	26	35	15	62	122	10	0	49
100	31	67	-20	150	210	10	6	0
101	95	30	-30	100	160	10	26	0
102	55	20	-19	68	128	10	51	0
103	8	45	-20	49	109	10	12	0
104	25	85	-20	130	190	10	1	0
105	47	47	-13	162	222	10	80	0
106	30	60	-16	125	185	10	55	0

LRC107:

25	200							
0	40	50	0	0	240	0	0	0
1	25	85	20	125	191	10	0	46
2	22	75	30	32	97	10	0	6
3	22	85	-10	101	146	10	8	0
4	20	80	40	71	193	10	0	100
5	20	85	20	40	113	10	0	45
6	18	75	-30	55	164	10	2	0
7	15	75	20	69	118	0	0	103
8	15	80	10	56	155	10	0	3
9	10	35	-10	51	160	10	47	0
10	10	40	-20	90	177	10	17	0
11	8	40	40	33	152	10	0	15
12	8	45	20	49	108	10	0	13
13	5	35	-20	62	191	10	12	0
14	5	45	10	35	117	10	0	16
15	2	40	-40	39	161	10	11	0
16	0	40	-10	59	114	10	14	0
17	0	45	20	60	189	10	0	10
18	44	5	20	79	124	10	0	48
19	42	10	40	58	115	10	0	20
20	42	15	-40	111	162	10	19	0
21	40	5	10	52	111	10	0	56
22	40	15	40	55	158	10	0	66
23	38	5	30	45	164	10	0	49
24	38	15	-3	128	194	10	52	0
25	35	5	-17	54	184	10	64	0
26	95	30	30	105	154	10	0	30
27	95	35	20	57	172	10	0	32
28	92	30	10	55	120	10	0	34
29	90	35	-20	52	112	10	31	0
30	88	30	-30	52	159	10	26	0
31	88	35	20	50	110	10	0	29
32	87	30	-20	116	175	10	27	0
33	85	25	10	51	178	0	0	101
34	85	35	-10	100	151	10	28	0
35	67	85	20	61	185	10	0	36
36	65	85	-20	43	186	10	35	0
37	65	82	-10	113	164	10	39	0
38	62	80	30	37	148	10	0	44
39	60	80	10	36	191	10	0	37

Annexes

40	60	85	-10	50	149	10	42	0
41	58	75	20	48	165	10	0	43
42	55	80	10	33	166	10	0	40
43	55	85	-20	117	168	10	41	0
44	55	82	-30	35	148	10	38	0
45	20	82	-20	37	177	10	5	0
46	18	80	-20	98	157	10	1	0
47	2	45	10	38	109	10	0	9
48	42	5	-20	120	184	10	18	0
49	42	12	-30	79	158	10	23	0
50	72	35	30	104	157	10	0	96
51	55	20	19	69	126	10	0	80
52	25	30	3	36	97	10	0	24
53	20	50	-19	57	154	10	88	0
54	55	60	-23	127	180	10	94	0
55	30	60	16	95	214	0	0	104
56	50	35	-10	88	201	10	21	0
57	30	25	-16	82	139	10	65	0
58	15	10	-16	56	182	10	75	0
59	10	20	-13	42	125	10	87	0
60	15	60	17	137	202	10	0	68
61	45	65	9	55	106	10	0	90
62	65	35	3	29	158	10	0	76
63	65	20	6	39	108	10	0	89
64	45	30	17	20	139	10	0	25
65	35	40	16	11	140	10	0	57
66	41	37	-40	92	203	10	22	0
67	64	42	-14	28	141	10	71	0
68	40	60	-17	100	217	10	60	0
69	31	52	27	9	134	10	0	79
70	35	69	-5	60	210	10	73	0
71	65	55	14	52	107	10	0	67
72	63	65	8	27	101	10	0	93
73	2	60	5	65	118	10	0	70
74	20	20	8	72	193	0	0	105
75	5	5	16	60	117	10	0	58
76	60	12	-3	42	143	10	62	0
77	23	3	-35	52	180	10	97	0
78	8	56	-9	46	163	10	98	0
79	6	68	-27	54	153	10	69	0
80	47	47	-19	97	222	10	51	0
81	49	58	10	80	121	0	0	106
82	27	43	9	26	87	10	0	99
83	37	31	14	19	87	10	0	86
84	57	29	-6	62	159	10	95	0
85	63	23	-14	76	127	10	92	0
86	21	24	-14	77	126	10	83	0
87	12	24	13	68	141	10	0	59
88	24	58	19	24	139	10	0	53
89	67	5	-6	105	177	10	63	0
90	37	47	-9	74	127	10	61	0
91	49	42	13	151	212	0	0	102
92	53	43	14	14	155	10	0	85
93	61	52	-8	69	208	10	72	0
94	57	48	23	86	133	10	0	54
95	56	37	6	20	84	10	0	84
96	55	54	-30	121	172	10	50	0
97	4	18	35	112	157	10	0	77

Annexes

98	26	52	9	30	91	10	0	78
99	26	35	-9	37	146	10	82	0
100	31	67	-40	66	210	10	4	0
101	85	25	-10	51	178	10	33	0
102	49	42	-13	151	212	10	91	0
103	15	75	-20	69	118	10	7	0
104	30	60	-16	95	214	10	55	0
105	20	20	-8	72	193	10	74	0
106	49	58	-10	80	121	10	81	0

LRC108:

25	200							
0	40	50	0	0	240	0	0	0
1	25	85	20	49	191	0	0	103
2	22	75	-20	30	168	10	6	0
3	22	85	10	95	152	10	0	4
4	20	80	-10	69	193	10	3	0
5	20	85	20	40	189	10	0	45
6	18	75	20	60	159	10	0	2
7	15	75	20	54	133	0	0	104
8	15	80	-30	67	144	10	79	0
9	10	35	-10	57	154	10	14	0
10	10	40	-20	106	161	10	15	0
11	8	40	-20	33	152	10	16	0
12	8	45	20	32	148	10	0	17
13	5	35	-10	53	191	10	47	0
14	5	45	10	35	194	10	0	9
15	2	40	20	39	163	10	0	10
16	0	40	20	41	141	10	0	11
17	0	45	-20	51	189	10	12	0
18	44	5	-19	73	130	10	51	0
19	42	10	-31	40	148	10	76	0
20	42	15	10	94	179	0	0	101
21	40	5	-10	45	161	10	24	0
22	40	15	40	64	149	10	0	23
23	38	5	-40	45	164	10	22	0
24	38	15	10	51	194	10	0	21
25	35	5	20	45	183	10	0	77
26	95	30	30	90	169	10	0	93
27	95	35	20	57	172	10	0	31
28	92	30	-10	55	174	10	33	0
29	90	35	10	52	174	10	0	34
30	88	30	-10	52	147	10	32	0
31	88	35	-20	50	172	10	27	0
32	87	30	10	61	178	10	0	30
33	85	25	10	51	178	10	0	28
34	85	35	-10	83	168	10	29	0
35	67	85	-30	57	185	10	40	0
36	65	85	-10	43	186	10	42	0
37	65	82	-20	95	182	10	43	0
38	62	80	30	38	141	10	0	39
39	60	80	-30	36	193	10	38	0
40	60	85	30	61	138	10	0	35
41	58	75	20	49	164	10	0	44
42	55	80	10	33	180	10	0	36
43	55	85	20	100	185	10	0	37
44	55	82	-20	35	142	10	41	0
45	20	82	-20	37	192	10	5	0

Annexes

46	18	80	-5	71	184	10	73	0
47	2	45	10	38	191	10	0	13
48	42	5	10	50	184	10	0	66
49	42	12	-14	99	138	10	83	0
50	72	35	30	83	178	10	0	56
51	55	20	19	45	150	10	0	18
52	25	30	3	25	150	10	0	59
53	20	50	5	68	143	10	0	60
54	55	60	16	107	200	10	0	96
55	30	60	-6	95	214	10	90	0
56	50	35	-30	91	198	10	50	0
57	30	25	-16	56	165	10	65	0
58	15	10	20	51	182	10	0	74
59	10	20	-3	42	187	10	52	0
60	15	60	-5	62	203	10	53	0
61	45	65	9	37	124	10	0	94
62	65	35	-9	29	168	10	67	0
63	65	20	6	39	190	10	0	91
64	45	30	17	20	139	10	0	89
65	35	40	16	11	150	10	0	57
66	41	37	-10	97	198	10	48	0
67	64	42	9	31	138	10	0	62
68	40	60	-27	101	216	10	69	0
69	31	52	27	9	139	10	0	68
70	35	69	23	30	210	10	0	100
71	65	55	14	30	129	10	0	72
72	63	65	-14	27	202	10	71	0
73	2	60	5	46	137	10	0	46
74	20	20	-20	71	193	10	58	0
75	5	5	-35	57	165	10	97	0
76	60	12	31	48	131	10	0	19
77	23	3	-20	49	180	10	25	0
78	8	56	-9	47	162	10	98	0
79	6	68	30	65	142	10	0	8
80	47	47	-18	93	222	10	84	0
81	49	58	-19	78	123	10	88	0
82	27	43	9	14	140	10	0	86
83	37	31	14	19	172	10	0	49
84	57	29	18	73	148	10	0	80
85	63	23	-14	59	144	10	92	0
86	21	24	-9	63	140	10	82	0
87	12	24	-15	91	118	10	99	0
88	24	58	19	27	136	10	0	81
89	67	5	-17	52	177	10	64	0
90	37	47	6	53	148	10	0	55
91	49	42	-6	89	217	10	63	0
92	53	43	14	14	177	10	0	85
93	61	52	-30	50	208	10	26	0
94	57	48	-9	76	143	10	61	0
95	56	37	6	20	159	0	0	102
96	55	54	-16	105	188	10	54	0
97	4	18	35	104	165	10	0	75
98	26	52	9	14	136	10	0	78
99	26	35	15	42	141	10	0	87
100	31	67	-23	43	210	10	70	0
101	42	15	-10	94	179	10	20	0
102	56	37	-6	20	159	10	95	0
103	25	85	-20	49	191	10	1	0

Annexes

104	15	75	-20	54	133	10	7	0
LC201:								
25	700							
0	40	50	0	0	3390	0	0	0
1	52	75	10	311	471	90	0	80
2	45	70	30	213	373	90	0	94
3	62	69	10	1167	1327	90	0	90
4	60	66	-30	1261	1421	90	97	0
5	42	65	10	25	185	90	0	77
6	16	42	20	497	657	90	0	32
7	58	70	-20	1073	1233	90	92	0
8	34	60	20	2887	3047	90	0	21
9	28	70	10	2601	2761	90	0	10
10	35	66	-10	2791	2951	90	9	0
11	35	69	-40	2698	2858	90	15	0
12	25	85	-40	2119	2279	90	16	0
13	22	75	-10	2405	2565	90	29	0
14	22	85	-10	2026	2186	90	30	0
15	20	80	40	2216	2376	90	0	11
16	20	85	40	1934	2094	90	0	12
17	18	75	-10	2311	2471	90	23	0
18	15	75	20	1742	1902	90	0	19
19	15	80	-20	1837	1997	90	18	0
20	30	50	10	10	170	90	0	27
21	30	56	-20	2983	3143	90	8	0
22	28	52	20	22	182	90	0	24
23	14	66	10	1643	1803	90	0	17
24	25	50	-20	116	276	90	22	0
25	22	66	-40	2504	2664	90	33	0
26	8	62	10	1545	1705	0	0	101
27	23	52	-10	209	369	90	20	0
28	4	55	-20	1447	1607	90	37	0
29	20	50	10	398	558	90	0	13
30	20	55	10	303	463	90	0	14
31	10	35	20	781	941	90	0	36
32	10	40	-20	593	753	90	6	0
33	8	40	40	685	845	90	0	25
34	8	45	-30	1346	1506	90	38	0
35	5	35	10	876	1036	90	0	39
36	5	45	-20	1253	1413	90	31	0
37	2	40	20	971	1131	90	0	28
38	0	40	30	1063	1223	90	0	34
39	0	45	-10	1158	1318	90	35	0
40	36	18	10	1819	1979	90	0	50
41	35	32	-30	2758	2918	90	46	0
42	33	32	-10	2666	2826	90	43	0
43	33	35	10	2573	2733	90	0	42
44	32	20	-10	1913	2073	90	55	0
45	30	30	-10	2105	2265	90	61	0
46	34	25	30	2009	2169	90	0	41
47	30	35	10	2480	2640	90	0	48
48	36	40	-10	2856	3016	90	47	0
49	48	20	-10	967	1127	90	69	0
50	26	32	-10	2292	2452	90	40	0
51	25	30	-50	2200	2360	90	74	0
52	25	35	-20	2385	2545	90	53	0
53	44	5	20	1256	1416	90	0	52

Annexes

54	42	10	-10	1160	1320	90	72	0
55	42	15	10	1065	1225	90	0	44
56	40	5	30	1350	1510	90	0	60
57	38	15	-10	1725	1885	90	64	0
58	38	5	-10	1442	1602	90	65	0
59	38	10	-20	1630	1790	90	62	0
60	35	5	-30	1535	1695	90	56	0
61	50	30	10	401	561	90	0	45
62	50	35	20	120	280	90	0	59
63	50	40	50	25	185	90	0	66
64	48	30	10	493	653	90	0	57
65	44	25	10	871	1031	90	0	58
66	47	35	-50	588	748	90	63	0
67	47	40	10	12	172	90	0	68
68	42	30	-10	776	936	90	67	0
69	45	35	10	680	840	90	0	49
70	95	30	30	2321	2481	90	0	73
71	95	35	-30	2226	2386	90	88	0
72	53	30	10	308	468	90	0	54
73	92	30	-30	2414	2574	90	70	0
74	53	35	50	213	373	90	0	51
75	45	65	20	118	278	90	0	78
76	90	35	-10	2131	2291	90	91	0
77	72	45	-10	2900	3060	90	5	0
78	78	40	-20	2802	2962	90	75	0
79	87	30	-30	2608	2768	90	95	0
80	85	25	-10	2513	2673	90	1	0
81	85	35	30	2703	2863	90	0	87
82	75	55	20	1925	2085	0	0	102
83	72	55	-20	1832	1992	90	98	0
84	70	58	20	1641	1801	90	0	85
85	86	46	-20	2029	2189	90	84	0
86	66	55	-10	1736	1896	90	99	0
87	64	46	-30	3097	3257	90	81	0
88	65	60	30	1546	1706	90	0	71
89	56	64	10	1355	1515	90	0	96
90	60	55	-10	3119	3279	90	3	0
91	60	60	10	1451	1611	90	0	76
92	67	85	20	694	854	90	0	7
93	42	58	40	8	168	90	0	100
94	65	82	-30	788	948	90	2	0
95	62	80	30	881	1041	90	0	79
96	62	40	-10	3001	3161	90	89	0
97	60	85	30	597	757	90	0	4
98	58	75	20	978	1138	90	0	83
99	55	80	10	407	567	90	0	86
100	55	85	-40	502	662	90	93	0
101	8	62	-10	1545	1705	90	26	0
102	75	55	-20	1925	2085	90	82	0

LC205:

25	700							
0	40	50	0	0	3390	0	0	0
1	52	75	10	231	551	90	0	100
2	45	70	30	133	453	90	0	7
3	62	69	10	1087	1407	90	0	89
4	60	66	10	1181	1501	90	0	77
5	42	65	10	15	335	90	0	99

Annexes

6	16	42	20	417	737	90	0	17
7	58	70	-30	993	1313	90	2	0
8	34	60	-10	2807	3127	90	10	0
9	28	70	-10	2521	2841	90	14	0
10	35	66	10	2711	3031	90	0	8
11	35	69	10	2618	2938	90	0	21
12	25	85	-10	2039	2359	90	19	0
13	22	75	-30	2325	2645	90	38	0
14	22	85	10	1946	2266	90	0	9
15	20	80	-10	2136	2456	90	35	0
16	20	85	40	1854	2174	0	0	101
17	18	75	-20	2231	2551	90	6	0
18	15	75	20	1662	1982	90	0	25
19	15	80	10	1757	2077	90	0	12
20	30	50	10	10	330	90	0	27
21	30	56	-10	2903	3223	90	11	0
22	28	52	20	12	332	90	0	39
23	14	66	-20	1563	1883	90	31	0
24	25	50	10	36	356	90	0	34
25	22	66	-20	2424	2744	90	18	0
26	8	62	-10	1465	1785	90	36	0
27	23	52	-10	129	449	90	20	0
28	4	55	-20	1367	1687	90	37	0
29	20	50	10	318	638	90	0	33
30	20	55	10	223	543	90	0	32
31	10	35	20	701	1021	90	0	23
32	10	40	-10	513	833	90	30	0
33	8	40	-10	605	925	90	29	0
34	8	45	-10	1266	1586	90	24	0
35	5	35	10	796	1116	90	0	15
36	5	45	10	1173	1493	90	0	26
37	2	40	20	891	1211	90	0	28
38	0	40	30	983	1303	90	0	13
39	0	45	-20	1078	1398	90	22	0
40	36	18	-20	1739	2059	90	62	0
41	35	32	-10	2678	2998	90	50	0
42	33	32	-10	2586	2906	90	52	0
43	33	35	-20	2493	2813	90	60	0
44	32	20	-10	1833	2153	90	49	0
45	30	30	-30	2025	2345	90	46	0
46	34	25	30	1929	2249	90	0	45
47	30	35	-20	2400	2720	90	53	0
48	36	40	-10	2776	3096	90	61	0
49	48	20	10	887	1207	90	0	44
50	26	32	10	2212	2532	90	0	41
51	25	30	-10	2120	2440	90	59	0
52	25	35	10	2305	2625	90	0	42
53	44	5	20	1176	1496	90	0	47
54	42	10	40	1080	1400	90	0	58
55	42	15	10	985	1305	90	0	57
56	40	5	-10	1270	1590	90	66	0
57	38	15	-10	1645	1965	90	55	0
58	38	5	-40	1362	1682	90	54	0
59	38	10	10	1550	1870	90	0	51
60	35	5	20	1455	1775	90	0	43
61	50	30	10	321	641	90	0	48
62	50	35	20	40	360	90	0	40
63	50	40	-10	14	334	90	67	0

Annexes

64	48	30	-10	413	733	90	72	0
65	44	25	-50	791	1111	90	74	0
66	47	35	10	508	828	90	0	56
67	47	40	10	12	332	90	0	63
68	42	30	-10	696	1016	90	69	0
69	45	35	10	600	920	90	0	68
70	95	30	-10	2241	2561	90	76	0
71	95	35	20	2146	2466	90	0	87
72	53	30	10	228	548	90	0	64
73	92	30	-20	2334	2654	90	82	0
74	53	35	50	133	453	90	0	65
75	45	65	20	38	358	90	0	95
76	90	35	10	2051	2371	90	0	70
77	72	45	-10	2820	3140	90	4	0
78	78	40	-10	2722	3042	90	79	0
79	87	30	10	2528	2848	90	0	78
80	85	25	10	2433	2753	90	0	90
81	85	35	30	2623	2943	0	0	102
82	75	55	20	1845	2165	90	0	73
83	72	55	-30	1752	2072	90	88	0
84	70	58	20	1561	1881	90	0	85
85	86	46	-20	1949	2269	90	84	0
86	66	55	10	1656	1976	90	0	96
87	64	46	-20	2955	3275	90	71	0
88	65	60	30	1466	1786	90	0	83
89	56	64	-10	1275	1595	90	3	0
90	60	55	-10	2959	3279	90	80	0
91	60	60	-10	1371	1691	90	94	0
92	67	85	-40	614	934	90	93	0
93	42	58	40	8	328	90	0	92
94	65	82	10	708	1028	90	0	91
95	62	80	-20	801	1121	90	75	0
96	62	40	-10	2921	3241	90	86	0
97	60	85	30	517	837	90	0	98
98	58	75	-30	898	1218	90	97	0
99	55	80	-10	327	647	90	5	0
100	55	85	-10	422	742	90	1	0
101	20	85	-40	1854	2174	90	16	0
102	85	35	-30	2623	2943	90	81	0

LC208:

25	700							
0	40	50	0	0	3390	0	0	0
1	52	75	10	71	711	90	0	100
2	45	70	30	20	660	90	0	7
3	62	69	10	927	1567	90	0	89
4	60	66	10	1021	1661	90	0	77
5	42	65	10	15	655	90	0	99
6	16	42	20	257	897	90	0	15
7	58	70	-30	833	1473	90	2	0
8	34	60	-10	2647	3287	90	10	0
9	28	70	-40	2361	3001	90	16	0
10	35	66	10	2551	3191	90	0	8
11	35	69	10	2458	3098	90	0	21
12	25	85	-10	1879	2519	90	35	0
13	22	75	-30	2165	2805	90	38	0
14	22	85	-20	1786	2426	90	17	0
15	20	80	-20	1976	2616	90	6	0

Annexes

16	20	85	40	1694	2334	90	0	9
17	18	75	20	2071	2711	90	0	14
18	15	75	20	1502	2142	90	0	25
19	15	80	10	1597	2237	0	0	101
20	30	50	10	10	650	90	0	27
21	30	56	-10	2648	3288	90	11	0
22	28	52	20	12	652	90	0	39
23	14	66	-20	1403	2043	90	31	0
24	25	50	10	15	655	90	0	34
25	22	66	-20	2264	2904	90	18	0
26	8	62	-10	1305	1945	90	36	0
27	23	52	-10	17	657	90	20	0
28	4	55	-20	1207	1847	90	37	0
29	20	50	10	158	798	90	0	33
30	20	55	10	63	703	90	0	32
31	10	35	20	541	1181	90	0	23
32	10	40	-10	353	993	90	30	0
33	8	40	-10	445	1085	90	29	0
34	8	45	-10	1106	1746	90	24	0
35	5	35	10	636	1276	90	0	12
36	5	45	10	1013	1653	90	0	26
37	2	40	20	731	1371	90	0	28
38	0	40	30	823	1463	90	0	13
39	0	45	-20	918	1558	90	22	0
40	36	18	-20	1579	2219	90	62	0
41	35	32	-10	2518	3158	90	52	0
42	33	32	-20	2426	3066	90	60	0
43	33	35	-10	2333	2973	90	50	0
44	32	20	-10	1673	2313	90	49	0
45	30	30	-30	1865	2505	90	46	0
46	34	25	30	1769	2409	90	0	45
47	30	35	-20	2240	2880	90	53	0
48	36	40	-10	2616	3256	90	61	0
49	48	20	10	727	1367	90	0	44
50	26	32	10	2052	2692	90	0	43
51	25	30	-10	1960	2600	90	59	0
52	25	35	10	2145	2785	90	0	41
53	44	5	20	1016	1656	90	0	47
54	42	10	40	920	1560	90	0	58
55	42	15	10	825	1465	90	0	57
56	40	5	-10	1110	1750	90	66	0
57	38	15	-10	1485	2125	90	55	0
58	38	5	-40	1202	1842	90	54	0
59	38	10	10	1390	2030	90	0	51
60	35	5	20	1295	1935	90	0	42
61	50	30	10	161	801	90	0	48
62	50	35	20	18	658	90	0	40
63	50	40	-10	14	654	90	67	0
64	48	30	-10	253	893	90	72	0
65	44	25	-50	631	1271	90	74	0
66	47	35	10	348	988	90	0	56
67	47	40	10	12	652	90	0	63
68	42	30	-10	536	1176	90	69	0
69	45	35	10	440	1080	90	0	68
70	95	30	-10	2081	2721	90	76	0
71	95	35	20	1986	2626	90	0	87
72	53	30	10	68	708	90	0	64
73	92	30	-20	2174	2814	90	82	0

Annexes

74	53	35	50	19	659	90	0	65
75	45	65	20	15	655	90	0	95
76	90	35	10	1891	2531	90	0	70
77	72	45	-10	2627	3267	90	4	0
78	78	40	-10	2562	3202	90	79	0
79	87	30	10	2368	3008	90	0	78
80	85	25	10	2273	2913	90	0	90
81	85	35	30	2463	3103	0	0	102
82	75	55	20	1685	2325	90	0	73
83	72	55	-30	1592	2232	90	88	0
84	70	58	20	1401	2041	90	0	85
85	86	46	-20	1789	2429	90	84	0
86	66	55	10	1496	2136	90	0	96
87	64	46	-20	2635	3275	90	71	0
88	65	60	30	1306	1946	90	0	83
89	56	64	-10	1115	1755	90	3	0
90	60	55	-10	2639	3279	90	80	0
91	60	60	-10	1211	1851	90	94	0
92	67	85	-40	454	1094	90	93	0
93	42	58	40	8	648	90	0	92
94	65	82	10	548	1188	90	0	91
95	62	80	-20	641	1281	90	75	0
96	62	40	-10	2635	3275	90	86	0
97	60	85	30	357	997	90	0	98
98	58	75	-30	738	1378	90	97	0
99	55	80	-10	167	807	90	5	0
100	55	85	-10	262	902	90	1	0
101	15	80	-10	1597	2237	90	19	0
102	85	35	-30	2463	3103	90	81	0

LR201:

25	1000							
0	35	35	0	0	1000	0	0	0
1	41	49	-9	707	848	10	20	0
2	35	17	7	143	282	10	0	72
3	55	45	-21	527	584	10	30	0
4	55	20	-8	678	801	10	74	0
5	15	30	26	34	209	10	0	7
6	25	30	-28	415	514	10	59	0
7	20	50	-26	331	410	10	5	0
8	10	43	9	404	481	10	0	18
9	55	60	-6	400	497	10	69	0
10	30	60	16	577	632	10	0	70
11	20	65	-16	206	325	10	82	0
12	50	35	19	228	345	10	0	71
13	30	25	-7	690	827	10	43	0
14	15	10	20	32	243	10	0	99
15	30	5	8	175	300	10	0	97
16	10	20	19	272	373	10	0	58
17	5	30	-30	733	870	10	49	0
18	20	40	-9	377	434	10	8	0
19	15	60	17	269	378	10	0	62
20	45	65	9	581	666	10	0	1
21	45	20	11	214	331	10	0	56
22	45	10	18	409	494	10	0	55
23	55	5	29	206	325	10	0	41
24	65	35	-36	704	847	10	68	0
25	65	20	6	817	956	0	0	101

Annexes

26	45	30	-26	588	667	10	87	0
27	35	40	-9	104	255	10	52	0
28	41	37	16	114	255	10	0	79
29	64	42	9	190	313	10	0	81
30	40	60	21	259	354	10	0	3
31	31	52	27	152	275	10	0	78
32	35	69	-13	660	777	10	50	0
33	53	52	11	45	200	10	0	63
34	65	55	-13	529	614	10	76	0
35	63	65	-25	686	813	10	66	0
36	2	60	-27	41	208	10	47	0
37	20	20	8	606	693	10	0	100
38	5	5	16	302	405	10	0	96
39	60	12	31	33	224	10	0	67
40	40	25	9	360	437	10	0	53
41	42	7	-29	396	511	10	23	0
42	24	12	-2	25	172	10	92	0
43	23	3	7	620	705	10	0	13
44	11	14	18	233	340	10	0	86
45	6	38	16	29	189	10	0	64
46	2	48	-9	515	628	10	88	0
47	8	56	27	85	250	10	0	36
48	13	52	36	773	906	10	0	60
49	6	68	30	501	540	10	0	17
50	47	47	13	547	642	10	0	32
51	49	58	-20	348	453	10	65	0
52	27	43	9	174	299	10	0	27
53	37	31	-9	414	489	10	40	0
54	57	29	-9	641	734	10	73	0
55	63	23	-18	620	739	10	22	0
56	53	12	-11	585	692	10	21	0
57	32	12	-18	421	530	10	75	0
58	36	26	-19	849	980	10	16	0
59	21	24	28	17	229	10	0	6
60	17	34	-36	721	862	10	48	0
61	12	24	-10	290	377	10	98	0
62	24	58	-17	163	302	10	19	0
63	27	69	-11	34	191	10	33	0
64	15	77	-16	214	333	10	45	0
65	62	77	20	49	188	10	0	51
66	49	73	25	592	693	10	0	35
67	67	5	-31	294	401	10	39	0
68	56	39	36	637	752	10	0	24
69	37	47	6	162	293	10	0	9
70	37	56	-16	788	968	10	10	0
71	57	68	-19	268	367	10	12	0
72	47	16	-7	31	208	10	2	0
73	44	17	9	308	399	10	0	54
74	46	13	8	681	802	10	0	4
75	49	11	18	236	345	10	0	57
76	49	42	13	290	373	10	0	34
77	53	43	-6	817	952	10	80	0
78	61	52	-27	384	499	10	31	0
79	57	48	-16	388	465	10	28	0
80	56	37	6	839	968	10	0	77
81	55	54	-9	411	456	10	29	0
82	15	47	16	162	289	10	0	11
83	14	37	11	96	249	10	0	90

Annexes

84	11	31	7	436	511	0	0	102
85	16	22	-20	376	461	10	95	0
86	4	18	-18	388	465	10	44	0
87	28	18	26	420	447	10	0	26
88	26	52	9	279	388	10	0	46
89	26	35	-22	755	920	10	93	0
90	31	67	-11	392	487	10	83	0
91	15	19	-27	739	866	10	94	0
92	22	22	2	18	181	10	0	42
93	18	24	22	811	969	10	0	89
94	26	27	27	436	503	10	0	91
95	25	24	20	92	231	10	0	85
96	22	27	-16	607	690	10	38	0
97	25	21	-8	612	673	10	15	0
98	19	21	10	183	306	10	0	61
99	20	26	-20	333	432	10	14	0
100	18	18	-8	798	965	10	37	0
101	65	20	-6	817	956	10	25	0
102	11	31	-7	436	511	10	84	0

LR205:

25	1000							
0	35	35	0	0	1000	0	0	0
1	41	49	-5	658	898	10	36	0
2	35	17	-18	93	333	10	75	0
3	55	45	13	436	676	10	0	50
4	55	20	-16	620	860	10	82	0
5	15	30	26	20	260	10	0	53
6	25	30	3	345	585	10	0	22
7	20	50	5	251	491	10	0	99
8	10	43	-29	323	563	10	23	0
9	55	60	-9	329	569	10	20	0
10	30	60	16	485	725	10	0	17
11	20	65	12	146	386	10	0	24
12	50	35	19	167	407	10	0	66
13	30	25	-22	639	879	10	93	0
14	15	10	20	32	272	10	0	16
15	30	5	-28	118	358	10	59	0
16	10	20	-20	203	443	10	14	0
17	5	30	-16	682	922	10	10	0
18	20	40	12	286	526	10	0	74
19	15	60	-10	204	444	10	63	0
20	45	65	9	504	744	10	0	9
21	45	20	11	153	393	10	0	61
22	45	10	-3	332	572	10	6	0
23	55	5	29	146	386	10	0	8
24	65	35	-12	656	896	10	11	0
25	65	20	6	716	956	10	0	55
26	45	30	-23	508	748	10	79	0
27	35	40	16	60	300	10	0	65
28	41	37	16	65	305	10	0	76
29	64	42	9	132	372	10	0	51
30	40	60	-11	187	427	10	33	0
31	31	52	27	94	334	10	0	73
32	35	69	23	599	839	10	0	37
33	53	52	11	24	264	10	0	30
34	65	55	-8	452	692	10	35	0
35	63	65	8	630	870	10	0	34

Annexes

36	2	60	5	41	281	10	0	1
37	20	20	-23	530	770	10	32	0
38	5	5	-41	234	474	10	85	0
39	60	12	31	33	273	10	0	67
40	40	25	-11	279	519	10	83	0
41	42	7	5	334	574	10	0	43
42	24	12	-2	25	265	10	92	0
43	23	3	-5	543	783	10	41	0
44	11	14	18	167	407	10	0	84
45	6	38	16	29	269	10	0	57
46	2	48	-20	452	692	10	95	0
47	8	56	27	48	288	10	0	62
48	13	52	36	720	960	10	0	89
49	6	68	-26	401	641	10	87	0
50	47	47	-13	475	715	10	3	0
51	49	58	-9	281	521	10	29	0
52	27	43	-6	117	357	10	69	0
53	37	31	-26	332	572	10	5	0
54	57	29	18	568	808	10	0	80
55	63	23	-6	560	800	10	25	0
56	53	12	-9	519	759	10	64	0
57	32	12	-16	356	596	10	45	0
58	36	26	-1	740	980	10	91	0
59	21	24	28	17	257	10	0	15
60	17	34	3	672	912	10	0	97
61	12	24	-11	214	454	10	21	0
62	24	58	-27	113	353	10	47	0
63	27	69	10	34	274	10	0	19
64	15	77	9	154	394	10	0	56
65	62	77	-16	49	289	10	27	0
66	49	73	-19	523	763	10	12	0
67	67	5	-31	228	468	10	39	0
68	56	39	36	575	815	0	0	102
69	37	47	6	108	348	10	0	52
70	37	56	-14	728	968	10	77	0
71	57	68	15	198	438	10	0	78
72	47	16	25	22	262	10	0	86
73	44	17	-27	234	474	10	31	0
74	46	13	-12	622	862	10	18	0
75	49	11	18	171	411	10	0	2
76	49	42	-16	212	452	10	28	0
77	53	43	14	730	970	10	0	70
78	61	52	-15	322	562	10	71	0
79	57	48	23	307	547	10	0	26
80	56	37	-18	728	968	10	54	0
81	55	54	26	314	554	0	0	101
82	15	47	16	106	346	10	0	4
83	14	37	11	53	293	10	0	40
84	11	31	-18	354	594	10	44	0
85	16	22	41	299	539	10	0	38
86	4	18	-25	307	547	10	72	0
87	28	18	26	314	554	10	0	49
88	26	52	9	214	454	10	0	94
89	26	35	-36	718	958	10	48	0
90	31	67	-10	320	560	10	98	0
91	15	19	1	683	923	10	0	58
92	22	22	2	18	258	10	0	42
93	18	24	22	729	969	10	0	13

Annexes

94	26	27	-9	350	590	10	88	0
95	25	24	20	42	282	10	0	46
96	22	27	11	529	769	10	0	100
97	25	21	-3	523	763	10	60	0
98	19	21	10	125	365	10	0	90
99	20	26	-5	263	503	10	7	0
100	18	18	-11	725	965	10	96	0
101	55	54	-26	314	554	10	81	0
102	56	39	-36	575	815	10	68	0

LR208:

25	1000							
0	35	35	0	0	1000	0	0	0
1	41	49	-5	0	974	10	70	0
2	35	17	-2	0	972	10	92	0
3	55	45	-16	0	967	10	28	0
4	55	20	19	620	860	10	0	6
5	15	30	-7	0	969	10	43	0
6	25	30	-19	0	978	10	4	0
7	20	50	5	0	968	10	0	98
8	10	43	9	323	563	10	0	30
9	55	60	16	329	569	10	0	71
10	30	60	16	0	964	10	0	78
11	20	65	12	146	386	10	0	69
12	50	35	-5	0	975	10	36	0
13	30	25	-8	639	879	10	35	0
14	15	10	-20	0	957	10	95	0
15	30	5	8	118	358	10	0	86
16	10	20	-27	0	960	10	94	0
17	5	30	-16	0	959	10	38	0
18	20	40	12	0	974	10	0	81
19	15	60	17	0	957	10	0	89
20	45	65	9	0	958	10	0	65
21	45	20	11	0	971	10	0	59
22	45	10	-5	0	963	10	42	0
23	55	5	29	146	386	10	0	90
24	65	35	-16	0	960	10	82	0
25	65	20	6	716	956	10	0	74
26	45	30	-6	0	978	10	80	0
27	35	40	-19	0	985	10	62	0
28	41	37	16	0	983	10	0	3
29	64	42	-11	0	960	10	33	0
30	40	60	-9	0	964	10	8	0
31	31	52	27	0	972	10	0	79
32	35	69	-13	0	956	10	61	0
33	53	52	11	0	965	10	0	29
34	65	55	14	0	953	10	0	37
35	63	65	8	0	948	10	0	13
36	2	60	5	0	948	10	0	12
37	20	20	-14	0	968	10	34	0
38	5	5	16	234	474	10	0	17
39	60	12	31	0	956	10	0	56
40	40	25	-25	0	978	10	72	0
41	42	7	5	0	961	10	0	64
42	24	12	5	0	964	10	0	22
43	23	3	7	0	955	10	0	5
44	11	14	-9	167	407	10	99	0
45	6	38	-26	0	960	10	87	0

Annexes

46	2	48	1	0	954	10	0	50
47	8	56	27	0	955	10	0	77
48	13	52	36	0	962	10	0	76
49	6	68	30	0	946	10	0	63
50	47	47	-1	0	973	10	46	0
51	49	58	10	0	963	10	0	96
52	27	43	9	0	978	10	0	53
53	37	31	-9	332	572	10	52	0
54	57	29	18	0	967	10	0	97
55	63	23	2	560	800	10	0	58
56	53	12	-31	0	960	10	39	0
57	32	12	7	0	966	10	0	84
58	36	26	-2	740	980	10	55	0
59	21	24	-11	0	972	10	21	0
60	17	34	3	0	971	10	0	88
61	12	24	13	0	964	10	0	32
62	24	58	19	113	353	10	0	27
63	27	69	-30	0	955	10	49	0
64	15	77	-5	0	943	10	41	0
65	62	77	-9	0	940	10	20	0
66	49	73	-11	0	949	10	83	0
67	67	5	25	228	468	10	0	85
68	56	39	-22	0	968	10	93	0
69	37	47	-12	108	348	10	11	0
70	37	56	5	0	968	10	0	1
71	57	68	-16	0	950	10	9	0
72	47	16	25	0	967	10	0	40
73	44	17	9	0	969	10	0	100
74	46	13	-6	622	862	10	25	0
75	49	11	18	0	962	10	0	91
76	49	42	-36	212	452	10	48	0
77	53	43	-27	730	970	10	47	0
78	61	52	-16	0	958	10	10	0
79	57	48	-27	307	547	10	31	0
80	56	37	6	0	968	10	0	26
81	55	54	-12	0	962	10	18	0
82	15	47	16	0	966	10	0	24
83	14	37	11	0	968	10	0	66
84	11	31	-7	354	594	10	57	0
85	16	22	-25	0	966	10	67	0
86	4	18	-8	0	954	10	15	0
87	28	18	26	314	554	10	0	45
88	26	52	-3	0	970	10	60	0
89	26	35	-17	0	981	10	19	0
90	31	67	-29	0	957	10	23	0
91	15	19	-18	0	964	10	75	0
92	22	22	2	18	258	10	0	2
93	18	24	22	0	969	10	0	68
94	26	27	27	0	977	10	0	16
95	25	24	20	0	975	10	0	14
96	22	27	-10	0	974	10	51	0
97	25	21	-18	0	972	10	54	0
98	19	21	-5	0	968	10	7	0
99	20	26	9	263	503	10	0	44
100	18	18	-9	725	965	10	73	0

Annexes

LRC201:

25	1000							
0	40	50	0	0	960	0	0	0
1	25	85	-10	673	793	10	14	0
2	22	75	30	152	272	10	0	98
3	22	85	10	471	591	0	0	101
4	20	80	-19	644	764	10	59	0
5	20	85	20	73	193	10	0	88
6	18	75	-20	388	508	10	12	0
7	15	75	-16	300	420	10	65	0
8	15	80	10	367	487	10	0	46
9	10	35	-13	371	491	10	87	0
10	10	40	-3	519	639	10	62	0
11	8	40	40	195	315	10	0	68
12	8	45	20	223	343	10	0	6
13	5	35	-23	653	773	10	57	0
14	5	45	10	35	155	10	0	1
15	2	40	20	174	294	10	0	55
16	0	40	20	255	375	10	0	73
17	0	45	20	703	823	10	0	100
18	44	5	-9	335	455	10	82	0
19	42	10	40	254	374	10	0	51
20	42	15	10	537	657	10	0	54
21	40	5	-30	215	335	10	23	0
22	40	15	-2	375	495	10	85	0
23	38	5	30	201	321	10	0	21
24	38	15	-25	681	801	10	89	0
25	35	5	-10	784	904	10	48	0
26	95	30	-20	529	649	10	41	0
27	95	35	20	146	266	10	0	99
28	92	30	10	149	269	10	0	67
29	90	35	10	194	314	10	0	30
30	88	30	-10	246	366	10	29	0
31	88	35	20	165	285	10	0	90
32	87	30	-30	621	741	10	38	0
33	85	25	10	80	200	10	0	71
34	85	35	-10	487	607	10	39	0
35	67	85	-3	657	777	10	52	0
36	65	85	40	43	163	10	0	72
37	65	82	10	557	677	10	0	80
38	62	80	30	278	398	10	0	32
39	60	80	10	64	184	10	0	34
40	60	85	-10	329	449	10	45	0
41	58	75	20	376	496	10	0	26
42	55	80	10	33	153	10	0	44
43	55	85	-17	574	694	10	64	0
44	55	82	-10	217	337	10	42	0
45	20	82	10	37	157	10	0	40
46	18	80	-10	489	609	10	8	0
47	2	45	10	105	225	10	0	78
48	42	5	10	732	852	10	0	25
49	42	12	10	440	560	10	0	56
50	72	35	-10	507	627	10	81	0
51	55	20	-40	326	446	10	19	0
52	25	30	3	175	295	10	0	35
53	20	50	-14	375	495	10	92	0
54	55	60	-10	601	721	10	20	0
55	30	60	-20	599	719	10	15	0

Annexes

56	50	35	-10	557	677	10	49	0
57	30	25	23	397	517	10	0	13
58	15	10	-7	782	902	10	77	0
59	10	20	19	42	162	10	0	4
60	15	60	-35	694	814	10	97	0
61	45	65	9	258	378	10	0	94
62	65	35	3	167	287	10	0	10
63	65	20	-6	39	159	10	95	0
64	45	30	17	191	311	10	0	43
65	35	40	16	11	131	10	0	7
66	41	37	16	566	686	10	0	93
67	64	42	-10	268	388	10	28	0
68	40	60	-40	612	732	10	11	0
69	31	52	27	157	277	10	0	76
70	35	69	23	810	930	0	0	102
71	65	55	-10	241	361	10	33	0
72	63	65	-40	60	180	10	36	0
73	2	60	-20	286	406	10	16	0
74	20	20	-28	645	765	10	86	0
75	5	5	16	232	352	10	0	79
76	60	12	-27	268	388	10	69	0
77	23	3	7	764	884	10	0	58
78	8	56	-10	365	485	10	47	0
79	6	68	-16	352	472	10	75	0
80	47	47	-10	822	942	10	37	0
81	49	58	10	355	475	10	0	50
82	27	43	9	152	272	10	0	18
83	37	31	14	105	225	10	0	84
84	57	29	-14	395	515	10	83	0
85	63	23	2	344	464	10	0	22
86	21	24	28	349	469	10	0	74
87	12	24	13	359	479	10	0	9
88	24	58	-20	260	380	10	5	0
89	67	5	25	713	833	10	0	24
90	37	47	-20	359	479	10	31	0
91	49	42	-26	719	839	10	96	0
92	53	43	14	14	134	10	0	53
93	61	52	-16	808	928	10	66	0
94	57	48	-9	392	512	10	61	0
95	56	37	6	100	220	10	0	63
96	55	54	26	562	682	10	0	91
97	4	18	35	547	667	10	0	60
98	26	52	-30	172	292	10	2	0
99	26	35	-20	308	428	10	27	0
100	31	67	-20	810	930	10	17	0
101	22	85	-10	471	591	10	3	0
102	35	69	-23	810	930	10	70	0

Annexe B

Les résultats du problème de type LC101 sont:

La distance minimale est:

2153.848389

Le cout de transport minimal est:

430.769745

Le nombre de véhicule utilise est:

7

Le chemin parcouru minimisant nos critères est:

```
0 50 52 54 60 56 59 90 88 65 72 96 94 32 31 35 39 18 12 98 95 6 2 13 17 0
0 42 40 53 58 97 106 0
0 28 22 87 83 82 85 71 77 45 48 64 102 25 27 86 91 76 73 0
0 67 61 36 105 23 103 33 37 29 26 19 15 0
0 57 55 16 14 43 41 81 70 63 74 8 10 100 99 92 93 3 75 20 24 49 47 38 34 0
0 66 69 79 80 5 7 62 68 44 46 51 101 0
0 9 4 11 1 84 89 30 21 0
```

Les résultats du problème de type LR101 sont :

La distance minimale est:

2245.142090

Le cout de transport minimal est:

449.028381

Le nombre de véhicule utilise est:

7

Le chemin parcouru minimisant nos critères est:

```
0 8 17 2 73 69 3 56 4 92 57 18 89 88 7 64 48 30 9 33 34 55 25 0
0 28 12 65 81 75 22 43 13 74 102 24 80 0
0 45 84 83 37 62 70 0
0 14 38 11 20 82 60 0
0 21 41 29 78 51 101 35 77 52 6 95 100 98 86 36 19 31 10 66 1 44 105 68 103 0
0 5 85 72 58 27 79 71 50 63 49 39 67 99 94 61 93 47 46 90 32 0
0 42 87 59 96 76 54 23 104 40 26 53 106 15 97 16 91 0
```

Les résultats du problème LRC101 sont :

La distance minimale est:

2657.291748

Le cout de transport minimal est:

531.458435

Le nombre de véhicule utilise est:

5

Annexes

Le chemin parcouru minimisant nos critères est:

```
0 1 105 98 88 8 3 40 35 45 2 75 58 53 100 67 71 84 66 49 20 76 104 69 78
14 47 0
0 99 86 82 16 10 17 64 103 72 36 63 51 92 95 29 93 5 4 50 80 0
0 28 26 62 94 12 46 59 97 23 21 22 24 25 101 27 91 30 32 0
0 87 77 19 18 90 56 85 102 31 89 81 96 52 57 83 48 33 34 79 55 61 68 0
0 7 6 11 15 9 13 73 106 60 70 65 74 38 43 39 54 41 37 42 44 0
```

Annexe C

Résultats des simulations pour les problèmes de type LC1

Type de problème	Distance totale minimale	Coût total de transport	Nombre de véhicules utilisés	Chemin parcouru
LC101	2609.187256	521.837585	25	0 28 22 11 1 0 0 76 73 53 58 0 0 87 83 66 69 0 0 5 7 62 68 0 0 25 27 8 10 0 0 36 105 32 31 0 0 96 94 35 39 0 0 29 26 67 61 0 0 97 106 13 17 0 0 98 95 3 75 0 0 23 103 20 24 0 0 92 93 86 91 0 0 18 12 9 4 0 0 6 2 65 72 0 0 44 46 79 80 0 0 63 74 19 15 0 0 42 40 45 48 0 0 64 102 100 99 0 0 54 60 16 14 0 0 71 77 50 52 0 0 33 37 38 34 0 0 43 41 49 47 0 0 51 101 57 55 0 0 82 85 84 89 0 0 90 88 81 70 78 104 30 21 56 59 0
LC102	2647.116455	529.423401	25	0 20 22 1 75 0 0 76 73 55 53 0 0 87 89 63 69 0 0 7 11 68 102 0 0 27 30 3 10 0 0 78 105 31 35 0 0 98 94 8 2 0 0 39 104 29 26 0 0 67 61 97 101 0 0 13 12 23 21 0 0 24 25 93 99 0 0 88 91 6 4 0 0 65 72 44 47 0 0 79 80 74 64 0 0 17 19 43 40 0 0 42 48 46 45 0 0 96 92 95 100 0 0 28 103 57 60 0 0 16 14 32 33 0 0 71 77 50 106 0 0 37 34 62 66 0 0 38 36 5 9 0 0 52 49 41 51 18 15 0 0 90 86 82 85 83 84 0 0 81 70 54 56 58 59 0

Annexes

LC103	2587.701172	517.540283	25	0 10 6 4 2 0 0 13 12 22 21 0 0 18 16 97 100 0 0 7 9 62 74 0 0 93 102 3 8 0 0 40 48 15 14 0 0 94 99 29 28 0 0 32 33 17 19 0 0 1 75 98 92 0 0 86 89 85 91 0 0 26 103 83 82 0 0 55 59 79 63 0 0 81 78 76 77 0 0 43 51 41 44 0 0 5 11 67 65 0 0 64 69 20 24 0 0 71 73 35 104 0 0 70 80 54 56 0 0 27 30 57 53 0 0 90 84 61 66 0 0 72 68 45 50 0 0 52 47 25 23 0 0 31 38 42 49 0 0 46 101 58 60 0 0 37 39 36 34 96 95 87 88 0
LC104	2567.400146	513.480103	25	0 2 1 83 88 0 0 3 8 35 39 0 0 58 60 53 59 0 0 67 68 61 66 0 0 20 25 45 51 0 0 92 104 62 69 0 0 14 102 86 91 0 0 13 16 17 18 0 0 33 103 50 49 0 0 72 64 80 63 0 0 95 93 12 10 0 0 7 4 5 9 0 0 28 23 40 46 0 0 26 22 47 105 0 0 24 101 32 37 0 0 77 79 78 70 0 0 76 73 98 96 0 0 90 87 30 21 0 0 31 38 42 52 0 0 44 48 36 34 0 0 55 54 27 29 0 0 85 89 11 6 0 0 19 15 57 56 0 0 75 106 82 84 81 71 0 0 43 41 65 74 97 100 94 99 0
LC105	2590.424316	518.085083	25	0 1 75 82 88 5 3 0 0 31 35 6 2 0 0 55 58 54 53 0 0 67 64 74 66 0 0 20 24 46 45 0 0 52 104 62 69 0 0 16 14 86 91 0 0 17 12 65 103 0

Annexes

				0 49 47 63 72 0 0 98 95 10 11 0 0 93 97 8 4 0 0 77 80 28 22 0 0 41 40 51 50 0 0 26 21 99 105 0 0 60 59 23 106 0 0 25 27 32 36 0 0 13 18 78 76 0 0 90 85 79 102 0 0 29 30 96 92 0 0 42 48 34 101 0 0 61 68 19 15 0 0 57 56 0 0 83 84 81 70 71 73 0 0 7 9 94 100 0 0 33 38 37 39 43 44 87 89 0
LC106	2668.342529	533.668579	25	0 54 59 32 35 100 106 0 0 24 23 40 52 0 0 82 91 63 64 0 0 85 88 6 1 0 0 61 69 19 15 0 0 13 17 72 68 0 0 66 103 5 10 0 0 16 12 18 14 0 0 45 49 58 60 0 0 27 29 22 105 0 0 50 101 53 56 0 0 41 47 98 97 0 0 76 79 95 99 0 0 30 28 26 21 0 0 31 34 3 75 0 0 7 11 33 37 0 0 83 89 57 55 0 0 9 2 65 74 0 0 96 92 86 84 0 0 94 93 70 73 0 0 8 4 90 87 0 0 36 102 43 48 0 0 67 62 38 39 0 0 44 51 42 46 0 0 78 71 81 104 77 80 20 25 0
LC107	2611.920654	522.384216	25	0 45 52 50 49 0 0 3 10 100 106 0 0 90 83 63 66 0 0 98 93 70 73 0 0 32 31 81 104 0 0 13 14 16 12 0 0 35 37 24 25 0 0 17 18 5 9 0 0 1 75 86 88 0 0 85 91 95 99 0 0 74 64 41 51 0 0 77 80 55 53 0 0 54 56 42 40 0 0 19 15 8 2 0 0 94 92 33 36 0 0 96 97 43 48 0

Annexes

				0 7 11 44 46 0 0 61 103 67 69 0 0 28 21 78 71 0 0 39 101 23 102 0 0 6 4 72 68 0 0 57 60 38 34 0 0 20 30 65 62 0 0 27 29 26 22 0 0 87 82 84 89 76 79 58 59 47 105 0
LC108	2571.727539	514.345642	25	0 5 1 38 36 0 0 27 106 26 23 0 0 3 10 6 4 0 0 60 59 7 8 0 0 46 48 51 50 0 0 65 72 57 55 0 0 49 105 98 94 0 0 2 75 82 85 0 0 15 12 25 30 0 0 11 9 97 101 0 0 20 22 40 47 0 0 39 104 93 99 0 0 76 80 79 103 0 0 68 102 67 61 0 0 31 35 32 34 0 0 95 100 19 16 0 0 90 88 86 91 0 0 73 77 41 45 0 0 63 69 81 71 0 0 43 52 74 64 0 0 53 56 62 66 0 0 54 58 28 21 0 0 87 83 42 44 33 37 0 0 18 14 13 17 24 29 0 0 78 70 96 92 84 89 0
LC109	2586.344238	517.268982	25	0 1 75 36 103 27 105 0 0 29 26 8 10 0 0 11 6 60 59 0 0 48 106 46 51 0 0 65 62 50 47 0 0 57 55 52 49 0 0 95 94 0 0 85 91 19 12 0 0 25 30 97 99 0 0 28 22 96 104 0 0 98 93 76 71 0 0 79 80 77 102 0 0 67 64 33 31 0 0 38 34 92 100 0 0 90 88 86 84 0 0 5 3 9 2 0 0 35 39 41 40 0 0 44 45 18 16 0 0 63 74 81 78 0 0 54 56 53 58 0 0 23 21 61 69 0 0 72 101 83 82 0 0 43 42 68 66 70 73 0

				0 20 24 7 4 87 89 0
				0 32 37 17 15 13 14 0

Résultats des simulations pour les problèmes de type LR1

Type de problème	Distance totale minimale	Coût total de transport	Nombre de véhicules utilisés	Chemin parcouru
LR101	2594.176758	518.835327	25	0 8 17 2 73 69 3 0 0 56 4 92 57 0 0 18 89 88 7 0 0 64 48 30 9 0 0 33 34 55 25 0 0 28 12 65 81 0 0 75 22 43 13 0 0 74 102 24 80 0 0 45 84 83 37 0 0 62 70 14 38 0 0 11 20 82 60 0 0 21 41 29 78 0 0 51 101 35 77 0 0 52 6 95 100 0 0 98 86 36 19 0 0 31 10 66 1 0 0 44 105 68 103 0 0 5 85 72 58 0 0 27 79 71 50 0 0 63 49 39 67 0 0 99 94 61 93 0 0 47 46 90 32 0 0 42 87 59 96 0 0 76 54 23 104 40 26 0 0 53 106 15 97 16 91 0
LR102	2742.357178	548.471497	25	0 30 9 33 51 0 0 5 89 49 82 0 0 48 105 71 20 0 0 69 76 4 25 0 0 62 8 66 108 0 0 75 56 43 58 0 0 41 21 57 97 0 0 59 102 88 46 0 0 7 19 10 109 0 0 36 104 90 31 0 0 63 64 72 24 0 0 85 16 92 98 0 0 52 11 73 12 0 0 47 18 86 100 0 0 99 6 91 37 0 0 94 96 39 55 0 0 40 53 35 77 0 0 28 29 83 61 0 0 95 74 50 1 0 0 17 93 22 103 0 0 44 38 42 15 14 2 0 0 78 34 54 80 65 81 0 0 27 101 45 84 0

Annexes

				0 67 110 79 68 3 106 0 0 23 26 87 13 60 107 32 70 0
LR103	2652.426025	530.485229	25	0 19 11 79 31 0 0 60 6 42 72 0 0 12 80 97 13 0 0 43 15 90 70 0 0 36 64 30 1 0 0 74 58 33 10 0 0 2 4 56 25 0 0 63 102 48 82 0 0 53 101 52 17 0 0 54 104 65 28 0 0 18 89 62 84 0 0 92 100 94 95 0 0 16 61 8 46 0 0 9 66 49 32 0 0 98 14 44 85 0 0 86 37 20 51 0 0 39 67 45 99 0 0 41 21 27 69 0 0 93 59 22 75 0 0 96 87 57 73 0 0 81 77 40 68 0 0 55 24 23 29 0 0 26 3 7 47 0 0 71 35 78 34 50 76 0 0 83 5 88 103 38 91 0
LR104	2530.759521	506.151978	25	0 17 45 2 74 78 3 0 0 24 29 12 79 0 0 52 62 20 35 0 0 6 96 34 81 0 0 11 31 46 19 0 0 69 13 97 58 0 0 48 36 61 91 0 0 86 16 14 44 0 0 98 38 92 85 0 0 56 23 87 41 0 0 70 30 90 10 0 0 53 26 93 101 0 0 49 7 18 8 0 0 28 1 83 5 0 0 71 51 65 50 0 0 75 67 0 0 60 89 21 54 0 0 57 73 66 9 0 0 39 55 76 95 0 0 64 63 82 47 0 0 33 77 88 32 0 0 42 72 22 103 0 0 59 99 100 37 0 0 4 25 80 68 0 0 94 84 43 15 27 104 40 102 0
LR105	2647.041748	529.408508	25	0 95 92 34 77 63 70 0 98 99 71 20 0 0 50 24 52 7 0 0 45 102 94 6 0 0 39 55 27 69 0 0 15 87 5 16 0

Annexes

				0 73 56 30 35 0 0 64 11 62 88 0 0 44 37 31 81 0 0 17 60 72 25 0 0 53 26 76 40 0 0 33 1 85 84 0 0 59 61 14 86 0 0 97 13 36 19 0 0 41 74 67 54 0 0 47 49 9 66 0 0 28 79 12 29 0 0 22 58 89 103 0 0 21 75 96 106 0 0 42 38 83 18 0 0 82 8 91 93 0 0 46 48 43 100 0 0 23 4 2 57 0 0 51 78 0 0 90 10 32 104 65 105 3 80 68 101 0
LR106	2721.169189	544.233948	25	0 27 103 85 16 94 57 0 0 54 4 41 75 0 0 92 95 26 22 0 0 65 34 72 23 0 0 49 7 0 0 79 12 8 17 0 0 39 55 15 87 0 0 9 35 61 99 0 0 48 36 63 11 0 0 5 60 71 51 0 0 40 53 45 18 0 0 30 1 29 78 0 0 100 98 19 82 0 0 81 24 88 32 0 0 62 20 21 67 0 0 66 70 90 31 0 0 28 73 37 43 0 0 46 102 42 13 0 0 56 58 74 2 0 0 64 10 50 33 0 0 68 80 96 91 0 0 44 86 38 93 0 0 47 52 25 101 0 0 69 76 3 77 0 0 83 84 59 14 97 104 6 89 0
LR107	2730.432617	546.086548	25	0 20 81 8 84 96 13 0 0 94 92 16 100 0 0 27 1 74 73 0 0 21 39 26 23 0 0 10 32 85 104 0 0 33 31 14 86 0 0 7 102 47 46 0 0 65 50 75 54 0 0 19 48 60 45 0 0 91 37 40 6 0 0 24 77 53 95 0 0 80 12 5 103 0 0 59 58 38 97 0 0 55 29 51 30 0

Annexes

				0 87 2 43 15 0 0 98 44 41 25 0 0 69 76 34 68 0 0 49 18 9 35 0 0 56 4 57 72 0 0 90 70 36 17 0 0 88 63 62 64 0 0 66 71 78 28 0 0 52 82 0 0 67 3 79 101 0 0 42 22 83 99 61 93 11 89 0
LR108	2597.807373	519.561523	25	0 16 61 98 91 0 0 79 3 29 33 0 0 92 44 38 100 0 0 34 78 87 22 0 0 80 9 90 10 0 0 88 11 62 64 0 0 52 48 69 95 0 0 5 17 72 56 0 0 2 74 84 83 0 0 24 51 70 20 0 0 41 26 13 58 0 0 71 35 12 81 0 0 43 73 27 94 0 0 49 32 23 25 0 0 85 37 15 42 0 0 55 54 96 93 0 0 75 39 57 21 0 0 18 46 36 47 0 0 99 89 14 86 0 0 45 60 53 97 0 0 50 40 6 59 0 0 30 68 66 65 0 0 82 19 8 7 0 0 1 76 77 28 0 0 31 63 67 4 0
LR109	2845.624023	569.124695	25	0 95 15 34 102 20 70 0 0 99 104 27 71 0 0 81 24 31 7 0 0 6 96 39 22 0 0 69 30 0 0 87 43 83 16 0 0 98 13 56 103 0 0 33 35 11 90 0 0 88 8 37 93 0 0 2 55 44 14 0 0 17 89 72 40 0 0 53 26 85 94 0 0 84 100 59 38 0 0 86 91 77 50 0 0 45 19 21 25 0 0 67 41 73 54 0 0 5 61 82 47 0 0 51 66 18 60 0 0 28 79 29 78 0 0 36 48 52 46 0 0 97 58 65 1 0 0 92 42 23 75 0

Annexes

				0 76 80 74 4 0 0 12 9 57 105 0 0 62 63 10 101 64 32 3 68 49 106 0
LR110	2578.581787	515.716431	25	0 31 20 82 8 0 0 96 91 92 85 0 0 83 16 27 65 0 0 73 40 39 4 0 0 22 26 10 101 0 0 77 104 33 103 0 0 43 13 14 86 0 0 7 18 47 36 0 0 54 24 75 56 0 0 46 48 17 60 0 0 6 94 19 49 0 0 95 84 12 29 0 0 5 61 59 87 0 0 97 100 74 53 0 0 32 102 37 93 0 0 23 55 81 34 0 0 69 66 71 35 0 0 67 25 52 88 0 0 15 42 2 41 0 0 21 72 57 58 0 0 99 98 64 70 0 0 62 11 45 89 0 0 28 68 9 51 0 0 50 80 44 38 0 0 76 78 30 1 63 90 79 3 0
LR111	2614.625244	522.925110	25	0 1 81 65 66 78 68 0 0 76 4 69 53 0 0 82 107 33 71 0 0 9 50 70 104 0 0 43 41 40 12 0 0 99 87 88 90 0 0 19 47 8 105 0 0 14 16 61 96 0 0 37 6 86 5 0 0 25 24 2 22 0 0 11 20 28 79 0 0 62 10 29 3 0 0 54 26 15 72 0 0 83 91 35 34 0 0 57 102 46 48 0 0 74 56 21 58 0 0 77 103 0 0 89 106 64 49 0 0 23 55 59 97 0 0 52 31 73 108 0 0 44 38 94 13 0 0 100 93 27 101 0 0 75 67 39 80 63 32 0 0 95 42 92 98 0 0 18 45 84 85 7 36 30 51 17 60 0

Résultats des simulations pour les problèmes de type LRC1

Type de problème	Distance totale minimale	Coût total de transport	Nombre de véhicules utilisés	Chemin parcouru
LRC101	3173.632324	634.726501	25	0 1 105 98 88 8 3 0 0 40 35 45 2 0 0 75 58 53 100 0 0 67 71 84 66 0 0 49 20 76 104 0 0 69 78 14 47 0 0 99 86 82 16 0 0 10 17 64 103 0 0 72 36 63 51 0 0 92 95 29 93 0 0 5 4 50 80 0 0 28 26 62 94 0 0 12 46 0 0 59 97 23 21 0 0 22 24 25 101 0 0 27 91 30 32 0 0 87 77 19 18 0 0 90 56 85 102 0 0 31 89 81 96 0 0 52 57 83 48 0 0 33 34 79 55 0 0 61 68 7 6 0 0 11 15 9 13 0 0 73 106 60 70 65 74 0 0 38 43 39 54 41 37 42 44 0
LRC102	3385.750244	677.150146	25	0 99 74 79 7 0 0 8 101 16 9 0 0 87 58 6 98 0 0 91 57 11 73 0 0 82 55 94 80 0 0 28 31 49 24 0 0 29 89 83 18 0 0 92 95 85 63 0 0 41 43 88 17 0 0 36 44 42 68 0 0 19 23 26 50 0 0 47 97 21 25 0 0 61 90 34 93 0 0 62 30 32 103 0 0 64 86 5 60 0 0 72 104 40 35 0 0 100 70 77 105 0 0 65 48 14 15 0 0 46 4 69 53 0 0 39 84 56 66 0 0 2 3 45 1 0

Annexes

				0 22 20 78 10 0 0 71 67 96 106 81 54 0 0 76 51 59 52 0 0 38 37 33 27 13 12 75 102 0
LRC103	3203.906982	640.781311	25	0 61 42 27 30 0 0 1 3 75 77 0 0 59 86 56 66 0 0 29 34 45 8 0 0 53 16 10 13 0 0 40 93 6 55 0 0 7 46 95 91 0 0 57 101 82 15 0 0 69 88 21 49 0 0 71 94 36 37 0 0 81 96 41 72 0 0 2 5 68 105 0 0 20 48 83 89 0 0 39 35 84 106 0 0 98 60 43 80 0 0 33 31 32 26 0 0 92 62 47 104 0 0 18 23 76 85 0 0 50 67 51 63 0 0 90 99 65 64 0 0 97 58 9 87 0 0 28 102 22 19 0 0 100 70 44 38 0 0 78 4 54 103 0 0 25 24 74 52 12 17 73 79 14 11 0
LRC104	3292.227539	658.445557	25	0 97 77 40 39 0 0 61 3 14 15 0 0 92 50 94 105 0 0 26 31 32 107 0 0 9 86 16 10 0 0 67 81 62 71 0 0 73 6 46 4 0 0 74 102 7 2 0 0 21 18 63 64 0 0 8 68 70 1 0 0 58 103 5 100 0 0 25 24 99 75 0 0 12 82 45 101 0 0 84 51 44 38 0 0 57 52 49 23 0 0 35 41 33 28 0 0 55 104 69 53 0 0 80 56 95 96 0 0 30 34 85 89 0 0 72 54 76 83 0 0 90 65 43 36 0 0 20 22 13 108 87 59 0 0 42 37 27 29 0 0 47 11 78 79 88 60 0 0 91 93 98 17 19 48 66 106 0
LRC105	3312.247803	662.449585	25	0 62 84 95 57 0 0 44 70 4 107 0 0 2 5 35 104 0 0 63 51 99 74 0

Annexes

				0 67 85 29 28 0 0 14 13 18 25 0 0 45 79 72 94 0 0 16 103 11 9 0 0 19 20 98 47 0 0 73 60 7 68 0 0 89 102 15 97 0 0 26 30 32 80 0 0 24 105 82 12 0 0 39 40 1 100 0 0 55 101 42 61 0 0 38 43 92 86 0 0 41 96 90 53 0 0 78 108 69 88 0 0 65 22 91 106 0 0 33 76 66 56 0 0 87 75 83 23 0 0 8 46 54 93 0 0 6 3 36 37 27 50 0 0 48 21 49 77 59 58 0 0 64 52 10 17 31 34 71 81 0
LRC106	3350.321289	670.064331	25	0 1 104 98 88 46 3 0 0 37 35 2 5 0 0 11 58 53 10 0 0 67 32 63 66 0 0 86 20 45 4 0 0 69 13 0 0 14 74 15 16 0 0 9 17 12 103 0 0 99 49 72 71 0 0 95 62 30 93 0 0 80 105 27 28 0 0 40 41 34 50 0 0 26 101 59 97 0 0 65 23 24 91 0 0 25 77 18 48 0 0 47 78 76 56 0 0 90 94 51 102 0 0 31 29 92 96 0 0 82 52 55 106 0 0 85 84 61 81 0 0 6 100 64 19 0 0 83 21 87 75 0 0 8 7 73 79 0 0 44 38 54 68 0 0 33 89 36 43 42 39 57 22 60 70 0
LRC107	3247.960693	649.592224	25	0 21 56 83 86 0 0 61 90 4 100 0 0 5 45 51 80 0 0 39 37 27 32 0 0 69 79 17 10 0 0 87 59 12 13 0 0 81 106 88 53 0 0 92 85 26 30 0 0 52 24 91 102 0 0 19 20 28 34 0 0 71 67 62 76 0 0 47 9 42 40 0

Annexes

				0 60 68 98 78 0 0 35 36 23 49 0 0 95 84 64 25 0 0 33 101 31 29 0 0 94 54 2 6 0 0 72 93 7 103 0 0 18 48 75 58 0 0 22 66 50 96 0 0 41 43 82 99 0 0 14 16 11 15 0 0 97 77 63 89 65 57 0 0 73 70 55 104 74 105 0 0 38 44 1 46 8 3 0
LRC108	3250.353271	650.070801	25	0 48 66 92 85 0 0 47 13 73 46 0 0 65 57 33 28 0 0 50 56 25 77 0 0 69 68 88 81 0 0 12 17 14 9 0 0 42 36 41 44 0 0 40 35 43 37 0 0 20 101 24 21 0 0 58 74 51 18 0 0 67 62 26 93 0 0 38 39 6 2 0 0 79 8 27 31 0 0 70 100 32 30 0 0 7 104 95 102 0 0 71 72 90 55 0 0 99 87 84 80 0 0 22 23 83 49 0 0 98 78 82 86 0 0 54 96 53 60 0 0 97 75 5 45 0 0 52 59 15 10 0 0 63 91 1 103 0 0 16 11 3 4 61 94 0 0 64 89 76 19 29 34 0

Bibliographie

Références bibliographiques

- [A. Colorni et al, 1992] : A. Colorni, M. Dorigo, and V. Maniezzo. “Distributed optimization by ant colonies”. Proceeding of the first European Conference on Artificial Life (ECAL 91), pages p. 134-142, 1992.
- [A. LeBouthilier, 2000] : A. LeBouthilier. “Modélisation UML pour une architecture coopérative appliquée au problème de tournées de véhicules avec fenêtres de temps”. Technical Report, Département d’informatique et de recherche opérationnelle. Faculté des arts et des sciences. Université de Montréal, Canada, Avril 2000.
- [Bent, R et Van Hentenryck, P, 2006]: Bent, R et Van Hentenryck, P. A two-stage hybrid algorithm for pickup and delivery vehicle routing problems with time windows. *Computers & Operations Research* 33, 875–893, 2006.
- [Bertsimas. D et Van Ryzin. G, 1991] : Dimitris Bertsimas and Garrett Van Ryzin. A Stochastic and Dynamic Vehicle Routing Problem in the Euclidean Plane. *Operations Research* 39, 601-615, 1991.
- [Billaut et al, 2001] : Billaut, J.C, Carlier, J, Néron, E. Ordonnancement d’ateliers à ressources multiples. Chapitre dans l’ouvrage : Ordonnancement de la production, Edition Hermès, France, 2001.
- [Bodin et al, 1979]: L. Bodin and L. Berman. “Routing and scheduling of school buses by computer”. *Transportation Science* 13(2), pages 113-129, 1979.
- [Carlier, 1987]: Carlier, J. Scheduling jobs with release dates and tails on identical machines to minimize the makespan. *European Journal of Operational Research* , 29 (1987) 298-306, North-Holland.
- [Carlier, 1989] : Carlier, J. An algorithm for solving the job shop problem. *Management science*, Vol. 35, pp 164-176, 1989.
- [Christofides, N et al, 1979] : N. Christofides, A. Mingozzi, et P. Toth. The vehicle routing problem. In *Combinatorial Optimization*, volume 11, pages 315–338. John Wiley, 1979.
- [Cordeau. J-F et Laporte. G, 2003]: J.-F, Cordeau, Laporte G., « The dial-a-ride problem (DARP): Variants, modelling issues and algorithms. », *4OR*, vol. 1, 2003, p. 89-101.

- [Dantzig et al, 1959]: Dantzig, G.B.; Ramser, J.H. "The Truck Dispatching Problem". *Management Science* 6 (1): 80-91, 1959.
- [D. Berkoune, et al, 2006] : D. Berkoune, K. Mesghouni, B. Rabenasolo. Lower Bounds For The Scheduling Problem With Uncertain Demands. *Int. J. Appl. Math. Comput. Sci.*, 2006, Vol. 16, No. 2, 263–269.
- [Deb et al, 2000]: K. Deb, S. Agrawal, A. Pratab, T. Meyarivan, "A fast-elitist non-dominated sorting genetic algorithm for multiobjective optimization: NSGA-II", *Proceeding of the Parallel Problem Solving from Nature VI Conference*, pp. 849-858, 2000.
- [Desrosiers et al, 1986] : Desrosiers J., Dumas Y., Soumis F., « A dynamic programming solution of the large-scale single-vehicle dial-a-ride problem with time windows », *American Journal of Mathematical Sciences*, vol. 6, 1986, p. 301-325.
- [Diana et Dessouky, 2004]: Diana, M., Dessouky, M.M. A new regret insertion heuristic for solving large-scale dial-a-ride problems with time windows. *Transportation Research B* 38, 539–557. 2004.
- [F. Glover, 1986] : Fred Glover. Future paths for integer programming and links to artificial intelligence. *Computers & Operations Research*, 5 :533–549, 1986.
- [F. Glover, 1989]: Fred Glover. Tabu Search : part I. *ORSA Journal of Computing*, 1(3) :190–206, 1989.
- [F. Glover, 1990]: Fred Glover. Tabu Search : part II. *ORSA Journal of Computing*, 2(1) :4–32, 1990.
- [Fisher et Jaikumar, 1981]: M. L. Fisher and R. Jaikumar. "A Generalized Assignment Heuristic for Vehicle Routing". *Networks*, 11:109-124, 1981.
- [F. Malca1 et F. Semet, 2003] : F. Malca1 et F. Semet. A Tabu Search Heuristic for the Pickup and Delivery Problem with Time Windows and a Fixed Size Fleet. Université de Valenciennes et du Hainaut Cambrésis, Le Mont Houy, 59313 VALENCIENNES Cedex 9, Oct 2003.
- [Garaix, T et al, 2005] : Garaix, T, Josselin, D, Feillet, D, Artigues, C et Castex, E. Transport à la demande points à points en zone peu dense. Proposition d'une méthode d'optimisation de tournées. *SAGEO'2005*

Bibliographie

- [G. Clarke et J.W. Wright, 1964] : G. Clarke et J.W. Wright. Scheduling of vehicles from a central depot to a number of delivery points. *Operations Research*, 12 :568–581, 1964.
- [Gerla M, 1973] : Gerla, M. The Design of Store-and-forward Networks for Computer Communications. PhD Thesis, UCLA, 1973.
- [Gilbert. L et Frédéric. S, 1998] : Gilbert Laporte et Frédéric Semet. Classical Heuristics for the Vehicle Routing Problem. *Cahiers du GERAD G98-54*, 1998.
- [Goel. A et Gruhn. V, 2005] : Asvin Goel et Volker Gruhn. Large Neighborhood Search for rich VRP with multiple pickup and delivery locations. *MEC-VNS: 18th Mini Euro Conference on VNS*, 2005.
- [Goldberg et al, 1982]: B. Goldberg, A. Assad, A. Levy and F. Gheysens “The fleet size and mix vehicle routing problem”, *Management Science and Statistics*. Working paper, n° 82-020, 1982.
- [Goldberg. D, 1989]: Goldberg, D. *Genetic Algorithms in Search, Optimization and Machine Learning*. Reading MA Addison Wesley, 1989.
- [Hayari. N et al, 2003]: N. Hayari, M.-A. Manier, C. Bloch et A. El Moudni. Un algorithme évolutionniste pour le problème de tournées sélectives avec contraintes de fenêtres de temps. *MOSIM 2003*.
- [H.N. Psaraftis, 1980] : H.N. Psaraftis. A dynamic programming solution to the single vehicle many to many immediate request dial a ride problem. *Transportation Science*, 14(2):130–154, 1980.
- [Holland. J, 1962] : Holland, J. John Holland. Outline for a logical theory of adaptive systems. *Journal of the Association of Computing Machinery*, 3, 1962.
- [Hwang et Masud, 1979]: Hwang, C. and Masud, A. Multiple objective decision making - methods and applications. In *Lectures Notes in Economics and Mathematical Systems*, volume 164. Springer-Verlag, Berlin, 1979.
- [I. Harbaoui Dridi et al, 2008] : I. Harbaoui Dridi. R. Kammarti. P. Borne et M. Ksouri. Un Algorithme génétique pour le problème de ramassage et de livraison avec fenêtres de temps à plusieurs véhicules. *CIFA 2008*, Bucarest (Roumanie), Septembre 2008 Proc. Article 176.
- [I. Harbaoui Dridi et al, 2009a] : I. Harbaoui Dridi. R. Kammarti. P. Borne et M. Ksouri. Un Algorithme génétique pour l’optimisation du problème de

ramassage et de livraison avec fenêtres de temps à plusieurs véhicules. *Automatique Avancée et Informatique Appliquée*, Editura Academiei Române, pp 143-148, 2009.

[I. Harbaoui Dridi et al, 2009b] : I. Harbaoui Dridi. R. Kammarti. M. Ksouri et P. Borne. A Genetic Algorithm for the Multi-Pickup and Delivery Problem with time windows. *Studies in Informatics and Control (SIC)*, ISSN 1220-1766, Vol 18, N°2, pp 173-180, 2009.

[I. Harbaoui Dridi et al, 2009c]: Harbaoui Dridi I. Kammarti R. Borne P. and Ksouri M. Genetic Algorithm for Multicriteria Optimization of a Multi-Pickup and Delivery Problem with Time Windows. 13th INCOM IFAC symposium, Moscow (Russia), pp 1521-1526, June 2009.

[I. Harbaoui Dridi et al, 2009d]: Harbaoui Dridi I. Kammarti R. Borne P. and Ksouri M. Approche multicritère pour le problème de ramassage et de livraison avec fenêtres de temps à plusieurs véhicules. Symposium LT'2009, Tunisie, (Sousse), LT09-006, Mars 2009.

[I. Harbaoui Dridi et al, 2010] : I. Harbaoui Dridi. R. Kammarti. P. Borne et M. Ksouri. Multi-objective Optimization For The Dynamic Multi-Pickup and Delivery Problem with Time Windows. META'2010, Tunisie, (Djerba), Octobre 2010.

[I. Kacem, 2003] : I. Kacem. Ordonnancement multicritères des job shops flexibles : formulation, bornes inférieures et approche évolutionniste coopérative. Thèse en Automatique et informatique industrielle à l'université de Lille 1, 2003.

[Jaw et al, 1986] : Jaw, J., Odini, A., Psaraftis, H., and Wilson, N. A heuristic algorithm for the multiple-vehicle advance-request dial-a-ride problem with time windows. *Transportation Research*, 20B:243–257, 1986.

[Jian. X et al, 2007] : Jian. X, G. Goncalves et T. Hsu. Un algorithme génétique pour le problème de tournées de véhicules avec des demandes stochastiques et fenêtres de temps. LT 2007.

[J. Holand, 1975] : J. Holland. "Adaptation in natural and artificial systems". University of Michigan Press, Ann Arbor, Canberra ACT 2601. Australia, 1975.

[Jih, W et al, 1999] : Jih, W. et Hsu, J. Dynamic vehicle routing using hybrid genetic algorithms. International Conference on Robotics and Automation, pages 453–458, 1999.

Bibliographie

- [Jouglet et al, 2002] : Jouglet. A, Baptiste. B et Carlier. J. Exact Procedures for Single Machine Total cost Scheduling. Proceeding of the IEEE / SMC'02 Conf. 6-9 October, Hammamet, Tunisia, 2002.
- [Jung et Haghani, 2000]: Jung, S. and Haghani, A. Genetic algorithm for a pick-up and delivery problem with time windows. *Transportation Research Record*, 1733(Paper No. 00-0212), 2000.
- [Jurich, 1992]: Jurich, B. Scheduling Jobs in Shops with Multi-purpose Machines. Ph.D thesis, Fachbereich Mathematik / Informatik, Universitat Osnabruck., 1992.
- [Kammarti, R et al, 2004] : R. Kammarti, S. Hammadi, P. Borne et M. Ksouri. A new hybrid evolutionary approach for the pickup and delivery problem with time windows. IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetic. 2004. Volume 2, P 1498-1503, Oct 2004.
- [Kammarti, R et al, 2005] : R. Kammarti, S. Hammadi, P. Borne, M. Ksouri. Lower Bounds In An Hybrid Evolutionary Approach For The Pickup And Delivery Problem With Time Windows. IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics. 2005. Volume 2, P 1156-1161, Oct 2005.
- [Kammarti, R et al, 2006] : R. Kammarti, S. Hammadi, P. Borne, M. Ksouri. Solving the Real Time Dynamic Pickup and Delivery Problem with Time Windows with Hybrid Evolutionary Approach. IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics. 2006.
- [Kammarti. R, 2006] : R. Kammarti. Approche évolutionniste pour la résolution du 1-PDPTW statique et dynamique. Thèse en Automatique et Informatique Industrielle à l'université des sciences et de technologie de Lille, soutenue le 13 décembre 2006.
- [Karsten, L et al, 1996] : Karsten Lund, Oli B. G. Madsen, and Jens M. Rygaard. Vehicle Routing Problems with Varying Degrees of Dynamism. Technical report, IMM, The Department of Mathematical Modelling, Technical University of Denmark, 1996.
- [K. Ghedira, 2007] : Khaled Ghedira. Optimisation combinatoire par métaheuristiques. ISBN : 978-2-7108-0875-6. Edition TECHNIP, Juillet 2007.
- [Lao et Liang, 2002]: Lao, H.C., Liang, Z. Pickup and delivery with time windows: Algorithms and test case generation. International Journal on

- Artificial Intelligence Tools (Architectures, Languages, Algorithms) 11 (3), 455–472. 2002
- [Laporte. G, 1992] : Gilbert Laporte. The vehicle routing problem: An overview of exact and approximate algorithms. *European Journal of Operational Research*, 59(3): 345 – 358, 1992.
- [Larsen, 2001] : A. Larsen. “The Dynamic Vehicle Routing Problem”. PhD thesis, IMM-Danemark, 2001.
- [Lenstra, J et al, 1981] : J. Lenstra et A. Rinnooy Kan. Complexity of the vehicle routing and scheduling problems. In *Networks*, volume 11, pages 221–228. Springer, 1981.
- [Li, H et Lim. A, 2001] : H. Li et A. Lim. A metaheuristic for the pickup and delivery problem with time windows. In *IEEE International Conference on Tools with Artificial Intelligence*, volume 13, pages 160– 167, 2001.
- [Li, H et al, 2002] : H. Li, A. Lim et B. Rodrigues. Solving the pickup and delivery problem with time windows using “squeaky wheel” optimization with local search. *SMU Business Conference Paper Series*, 2002.
- [Lin. S, 1965] : Shen Lin. Computer solutions of the travelling salesman problem. *Bell Systems Computer Journal*, 44 :2245–2269, 1965.
- [Lin. S et Brian W. Kernighan, 1973]: Shen Lin et Brian W. Kernighan. An effective heuristic algorithm for the traveling salesman problem. *Operations Research*, 44 :498–516, 1973.
- [Meunier. H, 2002] : Meunier, H. Algorithmes évolutionnaires parallèles pour l’optimisation multi-objectif de réseaux de télécommunications mobiles. Thèse en informatique à l’université des sciences et de technologie à Lille. Soutenue le 12 juin 2002.
- [Michel, S et Vanderbeck, F, 2006] : Michel, S et Vanderbeck, F. Problème de tournées de véhicules combinées à la gestion des stocks. *ROADEF*, Lille 2006.
- [Mitrovic-Minic, S et al, 2004]: Mitrovic-Minic. S, Krishnamurti. R, Laporte. G. Double-horizon based heuristics for the dynamic pickup and delivery problem with time windows. *Transportation Research Part B* 38, 669–685, Elsevier 2004.
- [Montamenni, R et al, 2002] : R. Montamenni, L.M. Gambardella, A.E. Rizzoli et A.V. Donati. A new algorithm for a Dynamic Vehicle Routing

- Problem based on Ant Colony System. IDSIA, Switzerland, 2002.
- [Nabaa, M et al, 2007] : M. Nabaa, B. Zeddini et P. Tranouez. Approche décentralisée pour résoudre le problème du transport à la demande. Schedae, prépublication n° 23, (fascicule n° 2, p. 133-140), 2007.
- [N. Psaraftis, 1988] : N. Psaraftis. *Vehicle Routing: Methods and Studies*, chapter Dynamic Vehicle Routing Problems, pages 223-248. Elsevier Science Publishers B.V. (North Holland), 1988.
- [Paolo. T et Daniele. V, 2002] : Paolo Toth et Daniele Vigo, éditeurs. *The Vehicle Routing Problem*. SIAM Monographs on Discrete Mathematics and Applications, 2002.
- [Pareto, 1964] : V. Pareto. Cours d'économie politique, Lausanne : Rouge, 1896-7, reproduit in Vilfredo Pareto, *Œuvres complètes*, Genève : Librairie Droz, 1964.
- [P. Hansen, 1986] : Pierre Hansen. The steepest ascent mildest descent heuristic for combinatorial programming. présenté au "Congress on Numerical Methods in Combinatorial Optimization", Capri, Italie, 1986.
- [P. Wesolek, 2005]: P. Wesolek. Fuzzy value for imprecision and flexible constraints in vehicle routing problems. Institute of Computing Science. Poznan University of Technologie, ul. Piotrowo 3a, 60-965 Poznan, Poland, 2005.
- [Quan, L et al, 2003] : L. Quan et M. Maged. A new insertion-based construction heuristic for solving the pickup and delivery problem with time windows. Science direct, European Journal of Operational Research 2003.
- [Rego, C et al, 1994] : C. Rego et C. Roucairol. Le problème de tournées de véhicules : Etude et Résolution Approchée . Technical Report, inria, Février 1994.
- [Roy, 1985] : Roy B. Méthodologie multicritère d'aide à la décision. Paris : Economica, XXII, 423 p, 1985.
- [Ropke, S et Cordeau, J-F, 2008] : Ropke, S et Cordeau, J-F. Branch-and-Cut-and-Price for the Pickup and Delivery Problem with Time Windows. CIRRELT-33-2008.

Bibliographie

- [Ryan et al, 1993]: Ryan, D.M. Hjorring, C., Glover, F. "Extensions of the petal method for vehicle routing", *Journal of the Operational Research Society* 44, 289-296, 1993.
- [Savlesbergh, 1995]: M.W.P. Savelsbergh, "Local Search for Routing Problems with Time Windows". *Annals of Operations Research* 4, 285-305, 1995.
- [Savelsbergh. M.P.W et al, 1995]: Savelsbergh M.P.W. and SOL M., "The general pickup and delivery problem", *Transportation Science* 1995.
- [S. Kirkpatrick et al, 1983]: S. Kirkpatrick, C. Daniel Gelatt Jr et Mario P. Vecchi. Optimization by Simulated Annealing. *Science*, 220(4598) :671–680, 1983.
- [Shaw. P, 1998]: Shaw, P. Using constraint programming and local search methods to solve vehicle routing problems. In CP-98 (Fourth International Conference on Principles and Practice of Constraint Programming), volume 1520 of *Lecture Notes in Computer Science*, pages 417–431, 1998.
- [Slater. A, 2002]: Slater, A. Specification for a dynamic vehicle routing and scheduling system. *International Journal of Transport Management* 1: 29–40, 2002.
- [Sol, M et al, 1994]: M. Sol et M. Savelsbergh. A branch-and-price algorithm for the pickup and delivery problem with time windows. Memorandum COSOR 94-22, Dept. of Mathematics and Computing Science, Eindhoven University of Technology, Eindhoven, The Netherlands, 1994.
- [Solomon, 1987]: Solomon M.M., "Algorithms for the vehicle Routing and Scheduling Problem with Time Window Constraints", *Operations Research*, 41, 469-488, (1987).
- [Talbi, 1999]: EG. Talbi, " Méta - heuristiques pour l'optimisation combinatoire multi objectif: état de l'art, Rapport technique " CNET, université de Lille, oct 1999.
- [Tolga. B, 2006]: Tolga, B. The multiple traveling salesman problem: an overview of formulations and solution procedures. *Omega* 34, 209 – 219. *The International journal of Management Science*, 2006.
- [V. Cerny, 1985]: V. Cerny. A thermodynamical approach to the travelling salesman problem: an efficient simulation algorithm. *Journal of Optimization Theory and Application*, 45 :41–51, 1985.

Bibliographie

- [Velasco, N et al, 2006] : N. Velasco, P. Dejax, C. Gueret et C. Prins. Un algorithme génétique pour un problème de collecte bi-objectif. MOSIM 2006.
- [V. Vacic et al, 2002] : V. Vacic, M. Tarek et Ph.D. Sobh. Vehicle Routing Problem with Time Windows. Department of Computer Science and Engineering. University of Bridgeport, USA, 2002.
- [Y. Dumas et al, 1989] : Dumas Y., Desrosiers J., Soumis F., «Large scale multi-vehicle dial-a-ride systems», Gerad, Ecole des Hautes Etudes de Commerciales, Montréal, vol. G-89-30, 1989.
- [Yon. L, 2005] : Yon, L. Modèles et outils pour la conception stratégique de réseaux de transports publics. Thèse en informatique à l'université Blaise Pascal - Clermont-Ferrand II. Soutenue le 23 septembre 2005.