

# Optimisation du Transport du personnel :

## *application à un cas réel*

Ismail Ben Omar El Mdaghri

ENSAT

campus ziaten BP 1818 tanger principale

[ismail.elmdaghri@gmail.com](mailto:ismail.elmdaghri@gmail.com)

*Mots clés--optimisation, problème de transport; programmation informatique ; programmation linéaire ; planification et ordonnancement.*

### RÉSUMÉ

Afin d'améliorer le service de transport du personnel offert par la société, et de réduire les pertes financières de la société, les réclamations des employés et l'encombre de la gestion des transports pour le responsable des services généraux. L'entreprise s'est donné comme objectif de mettre l'optimisation du transport du personnel en tête de ces préoccupations.

Le présent projet vise le traitement particulier du transport du personnel, ainsi notre mission principale était la réalisation d'une application informatique qui a pour but l'optimisation du transport du personnel chez l'entreprise.

Dans ce contexte, le présent travail consistait en premier lieu de réaliser des chronométrages pour les différents trajets critiques, afin de faire une analyse approfondie des causes racines derrière la mauvaise gestion des transports. Ainsi d'élaborer des actions correctives pour concevoir une méthodologie d'amélioration.

Afin de régler ce problème nous avons développé un programme informatique qui a pour finalité de résoudre le problème en modifiant les zones et aussi faciliter le flux d'information pour l'obtention des informations concernant le transport.

### ABSTRACT

To improve the personal transportation service provided by the company, and reduce financial losses of the company, employee claims and the cluttered of transport management for the general service managers. The company has set a goal to optimize the employees transport as it first preoccupation.

This project is a special treatment of transporting personnel and our main task was the realization of a computer application that aims to optimize the employees transport in the company.

In this context, this work was first to perform timings for different critical paths, to make a thorough analysis of the root causes behind a bad management transport. And develop corrective actions to design a methodology for improvement.

To solve this problem we have developed a computer program that aim to solve the problem by changing areas and also facilitate the flow of information to obtain information about the transport

## I. INTRODUCTION

Le marché industriel, devient de plus en plus demandeur des stratégies managériales plus efficaces pour mieux répondre aux besoins du client dans les brefs délais. L'un des problèmes majeurs qui pénalisent financièrement les entreprises est le transport, parmi les causes principaux derrière les retards de production, d'où l'importance des méthodes mathématiques d'optimisation logistique.

Les méthodes d'optimisation du transport s'instaurent dans ce cadre et interviennent pour améliorer la qualité, augmenter le profit et diminuer les coûts.

Le problème, évalué comme multicritère trouve sa complexité dans l'effectif trop important d'opérateurs travaillant dans la société, le taux de rotation très élevé, les contraintes exigées par la société du transport et la planification de production qui passe devant toute autre planification logistique.

## II. ENVIRONNEMENT DU TRAVAIL, CADRE GÉNÉRALE DU PROJET

### A. Problématique:

Comme toutes entreprises, la société où s'est déroulé ce travail est consciente de l'importance d'une bonne gestion du transport du personnel, qui permettra l'optimisation des coûts, améliorer la disponibilité de la main d'œuvre en réduisant l'absentéisme du personnel.

La société travaille en 3 shifts, avec un effectif qui s'élève à 4679 et un planning qui change chaque semaine en fonction du besoin du département de production traduit par les commandes des clients, ceci implique la complexité de la gestion du transport du personnel, engendrant un faible taux de remplissage dans certains transports avec des longs trajets qui peuvent parfois arrivé en retard, et par conséquent des coûts élevé et des réclamations considérables.

Le responsable des services généraux est amené chaque semaine à réaliser un document contenant les points de ramassage dans chaque zone, qui sera communiqué par la suite à l'entreprise prestataire de service transport qui trace les trajets en tenant compte les points de ramassages, le travail,

réalisé sur Microsoft Excel, peut prendre environ 4 heures pour définir les zones ainsi que l'effectif de ces derniers.

### B. Objectifs:

Le but principal de ce projet est d'améliorer le service de transport du personnel offert par la société. Ceci en remédiant aux problèmes traduits par les pertes financières de la société, des réclamations des employés et l'encombre de la gestion des transports pour le responsable des services généraux.

Elaborer une solution mathématique exprimée en algorithme qui permettra de parvenir aux objectifs suivants :

- L'optimisation des tournées des véhicules de transport du personnel.
- Minimiser le nombre de réclamations grâce à l'amélioration de la qualité de service offert aux collaborateurs.
- La réduction du coût de transport par l'optimisation du nombre de véhicule.
- Faciliter la tâche du responsable des services généraux.

### C. Contraintes:

- Contrainte sur le nombre de transport utilisé
- Contrainte de planification de production
- Nombre important de paramètre (nombre du personnel, RH, terrain .....
- Un nombre important de paramètres à prendre en compte pour l'analyse du problème.
- Contraintes imposées par la société.

### D. Collecte de données

Notre projet nous a demandé une présence sur le terrain ; afin d'observer la situation actuel de la problématique; c'est dans ce sens le groupe du travail a fait le chronométrage pour les différents trajets critiques. Cela nous a mené à observer quelques anomalies qui engendre les problèmes liées à notre projet.

TABLEAU.1: CHRONOMÉTRAGE DES TRAJETS CRITIQUES

Trajet	Nombre de personnes	Taux de remplissage	Durée (min)	Durée (%)
B	17	89%	40	89%
F	8	42%	38	84%
F	11	58%	52	116%
C	10	53%	28	62%
C	18	95%	42	93%
F	19	100%	35	78%
A	16	84%	44	98%
N	13	68%	47	104%

Avec :

$$\text{Taux de remplissage} = \frac{\text{Nombre de personnes}}{19 \text{ places}} \times 100(1)$$

$$\text{Durée (\%)} = \frac{\text{Durée (min)}}{45 \text{ min}} \times 100(2)$$

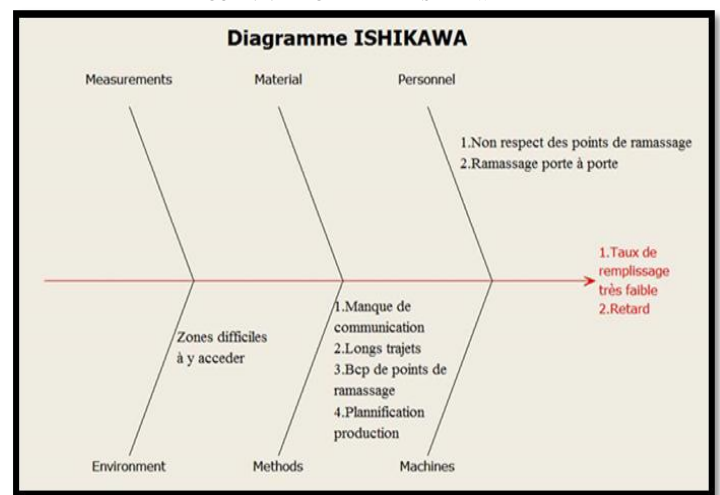
N.B :

- 45 min c'est la durée standard d'un trajet.

### E. Analyse des données

Après la collecte des données, on les a analysées en utilisant le diagramme d'Ishikawa. C'est un outil qui permet d'identifier les causes d'un problème. On a une vision globale des causes génératrices d'un problème avec une représentation structurée de l'ensemble des causes qui produisent un effet. Il y a une relation hiérarchique entre les causes et on est en mesure d'identifier les racines des causes d'un problème

FIGURE.1: DIAGRAMME D'ISHIKAWA



### F. Conclusion :

D'après l'analyse faite au niveau des données collectées, du Benchmarking et du refus de la société de toutes les alternatives vu ses contraintes, on a pensé d'agir sur les points de ramassage mais seulement sur le shift du soir (13h) parce que c'est celui qui présente plus de contraintes (les retards dus à l'embouteillage et un taux de remplissage très faible).

### III. DÉPLOIEMENT ET GAIN

#### A. Les différentes méthodes de résolution proposées

##### 1) Modélisation simulateur

La simulation des flux de production intègre à la fois la construction d'un modèle et l'utilisation expérimentale de ce modèle pour étudier un problème. Le modèle consiste en une représentation d'un système réel, capable de reproduire son fonctionnement.

Elle ne permet pas de trouver directement et de façon optimale des solutions à des problèmes de production. En cela, on peut l'assimiler à une simple boîte noire qui réagit aux consignes qu'on lui donne (variables d'entrée), mais incapable, seule, de déterminer la valeur optimale de ces consignes.

De ce fait, la modélisation simulateur n'a pas été choisie vu la complexité, et le nombre de paramètres à prendre en considération pour chaque semaine.

##### 2) La mutualisation

Pour notre cas, l'idée de la mutualisation consistait à partager les moyens de transport des sociétés de la zone franche, de manière à optimiser l'accès à ces ressources et leur rentabilité (par le partage des coûts, frais d'entretien, assurance, réparation, etc.).

L'inconvénient principal de l'impossibilité de réaliser cette solution est le refus des entreprises de créer un milieu d'échange d'information entre les employés de sociétés concurrentes.

##### 3) La modélisation mathématique

###### 3.1) Les méthodes exactes:

Les méthodes exactes sont des méthodes qui reposent sur des algorithmes qui mènent de façon sûre vers la solution optimale. Ces méthodes ont un principe commun qui est l'énumération de toutes les solutions possibles dans l'espace de recherche. Le principal inconvénient de ces méthodes est le temps de leur exécution.

La création d'un programme avec les méthodes exactes demanderait un temps de calcul très grand, en exemple nous avons 450 points de ramassage, soit  $2^{450}$  possibilités de résultats (impossible, cela prendrait des semaines de calcul).

###### 3.2) Les méthodes approchées heuristiques:

Une heuristique est une méthode de calcul qui fournit rapidement une solution réalisable, pas nécessairement optimale ou exacte, pour un problème d'optimisation difficile. C'est un concept utilisé entre autres en optimisation combinatoire, en théorie des graphes, en théorie de la complexité des algorithmes et en intelligence artificielle. Une heuristique diffère d'un algorithme, en ce sens que l'algorithme apporte la garantie de trouver la solution ou une solution optimale pour le problème. Une heuristique diffère également d'un algorithme d'approximation, dans le sens où ce dernier apporte une garantie quant à la qualité de la solution, à défaut de garantir une solution exacte.

Quand les algorithmes de résolution exacte sont de complexité exponentielle, il peut être plus judicieux de faire appel à des méthodes heuristiques pour des problèmes difficiles. L'usage d'une heuristique est pertinent pour calculer une solution approchée d'un problème et aussi pour accélérer le processus de résolution exacte. Généralement une heuristique est conçue pour un problème particulier, en s'appuyant sur sa structure propre, mais les approches peuvent contenir des principes plus généraux. On parle de méta heuristique pour les méthodes approximatives générales, pouvant s'appliquer à différents problèmes.

###### 3.3) Les méthodes approchées méta heuristiques:

Une méta-heuristique est un algorithme d'optimisation visant à résoudre des problèmes difficiles, souvent issus des domaines de la recherche opérationnelle, de l'ingénierie ou de l'artificielle, pour lesquels on ne connaît pas de méthode classique plus efficace.

#### B. Cahier des charges fonctionnel

Nos recherches dans la littérature ont démontrées que lorsque la taille du problème augmente (un nombre de points supérieur à 15), la résolution devient impossible par le solveur, ce qui nous a poussés à penser d'utiliser l'approche heuristique développée en détails lors de la prochaine section.

Après avoir vu l'impuissance des méthodes exactes (la programmation dynamique) dans le cas présent, vu la taille du problème est assez grande, il s'est avéré que l'utilisation des méthodes heuristiques est nécessaire pour obtenir des résultats satisfaisants.

Donc il reste à choisir une méthode reposant sur une heuristique. Pour faire un tel choix, nous présentons dans la partie qui suit un ensemble des caractéristiques des méthodes heuristiques qu'on a pu relever d'après l'état de l'art.













##### Choix d'une méthode heuristique:

Nous nous intéressons à la comparaison de ces méthodes sur la base d'un ensemble de critères subjectifs reflétant l'expérience qui sont les suivants :

- Facilité d'adaptation au problème
- Possibilité d'intégrer des connaissances spécifiques au problème,
- Qualité des meilleures solutions trouvées,
- Rapidité, c'est-à-dire temps de calcul nécessaire pour trouver une telle solution

Le tableau suivant représente la comparaison entre 3 méthodes en se basant sur les différents critères cités.

TABLEAU 4: COMPARAISON ENTRE LES METHODES HEURISTIQUES

	Clarck and Wright	Groupe en premier route en second	Path-Scanning
Facilité d'adaptation			
Qualité			
Rapidité			
Connaissance			

Avec :

-  très bonne
-  moyen
-  mauvais

Afin de choisir une heuristique convenable à notre cas nous devons convertir les critères qualitatives en des valeurs qualitatives ce qui a permis par la suite de calculer le résultat de décision. Le principe de cette conversion est simple, puisque nous avons trois méthodes, donc la meilleure méthode selon chaque critère aura 3 et la dernière aura 1, de même pour les critères. La méthode d'aide à la décision qu'on va utiliser est la moyenne pondérée ce qui exige l'affectation d'un coefficient à chaque critère. Les tableaux suivant représentent les valeurs numériques attribuées aux différents critères, ainsi que les valeurs pondérées de chaque heuristique et la moyenne générale.

TABLEAU 5: ASSOCIATION DU POIDS A CHAQUE CRITERE

CRITÈRE	POIDS	CLARCK AND WRIGHT	GROUPE EN PREMIER ROUTE EN SECOND	PATH-SCANNING
FACILITÉ D'ADAPTA TION	4	2	3	2
QUALITÉ	3	3	2	1
RAPIDITÉ	3	1	3	1
CONNAISS ANCE	2	2	1	3

TABLEAU 6: CRITÈRES PONDÉRÉS

CRITÈRE	POIDS	CLARCK AND WRIGHT	GROUPE EN PREMIER ROUTE EN SECOND	PATH-SCANNING
FACILITÉ D'ADAPTA TION	4	8	12	8
QUALITÉ	3	9	6	3
RAPIDITÉ	3	3	9	3
CONNAISS ANCE	2	4	2	6

TABLEAU 7: MOYENNE GÉNÉRALE

Méthode	Moyenne
Clarck and Wright	5,33333333
Groupe en premier route en second	7,25
Path-scanning	5

Selon la moyenne générale il parait clairement que la méthode **groupe en premier route en second** est la meilleure selon la configuration qu'on a donnée. La section suivante concerne l'application de cette méthode.

### A. Travail réalisé

Ayant remarqué que le responsable Ressources Humaines envoi juste le nombre de personnes dans chaque zone à l'entreprise sous-traitante, et c'est à cette dernière de faire les trajets, nous avons pensé à changer à chaque fois les zones de telle sorte que le nombre de personne dans la nouvelle zone soit un multiple de 19, nous pourrions baisser le nombre probabilités.

Nous avons subdivisé le programme en 2 parties :

- L'algorithme principal : résolution du problème de remplissage
- l'algorithme secondaire : facilité le flux d'information pour l'obtention des informations concernant le transport.

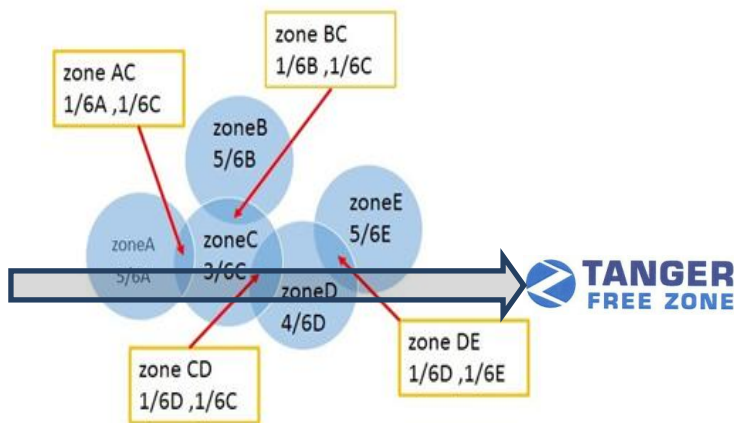
### B. L'algorithme principale :

#### 1) Résolution du problème de remplissage

L'idée principale est d'utiliser des zones de transition, qui, grâce à cette algorithmme se diviserait en 2 partie, une partie qui sera ajouté à la zone la plus loin de la société, et le reste a la zone qui la suit. Le but est que le nombre de personnel dans la nouvelle zone, et qui sera affiché plus tard, sois égale à un multiple de 19. (Pour régler le problème qu'un seul bus passe par une station on va laisser la possibilité qu'il y a 2 places de libre).

Nous modélisons mathématiquement le multiple de 19 par :  $X \text{ modulo } 19 = 0$  ou  $X \text{ modulo } 19 > 16$  ;

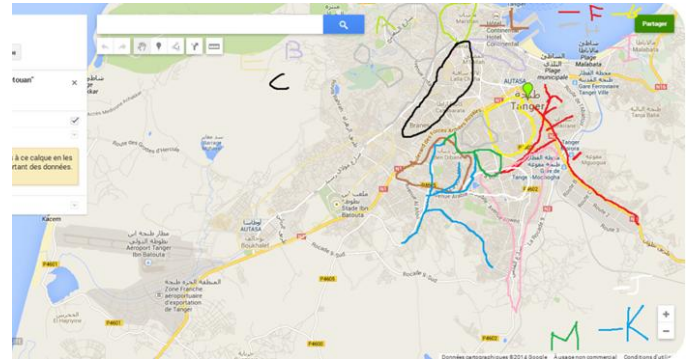
FIGURE.2 :MODÉLISATION THÉORIQUE



#### 2) Création des zones

Pour la création des zones nous avons décidé de travailler avec les zones déjà préétabli, la différence est que nous avons pris 1/6 des stations de chaque zone et créé avec de nouvelles zones que nous avons nommé zones de transition

FIGURE.3 : MODÉLISATION DES ZONES

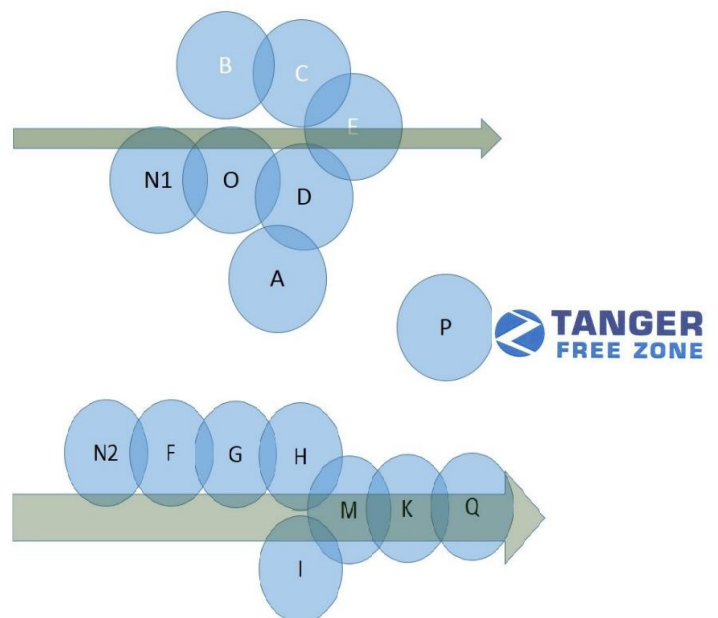


Après la modélisation des différentes zones sur la carte, Nous avons remarqué que dans les zones préétablies il y avait des stations qui pouvaient appartenir à 2 zones. Ces stations ont directement étaient ajouter au zones de transition, en plus nous avons ajouté d'autres stations afin d'agrandir ces zones de transition.

Le choix de la suite des stations n'était pas simple a réalisé à cause de la façon dont elles étaient déjà préétabli, il fallait comprendre la philosophie avec laquelle a était modélisé chaque zone, et comprendre les raisons et les difficultés de chacune d'entre elles.

Après études, voici le schéma sur lequel nous avons travaillé :

FIGURE.4 : MODÉLISATION RÉEL



Cette modélisation est la modélisation la plus simplifiée que nous avons pu réaliser. Elle prend en considération 3 points :

- l'homogénéité de chaque zone
- facilité la modélisation informatique
- la longueur des trajets

### 3) *L'algorithme principal*

- Créé un tableau de liste.
- Mettre chaque liste le nom de la zone avec la liste de la station
- Trier chaque zone de transition (OD par exemple) suivant le nombre de personnes dans chaque station du plus grand au plus petits
- Calculer le nombre de personne dans la liste principale (la première du calcul)
- Calculer son modulo =17-MOD (SOMME ; 19)
- On ajoute à la liste principal des stations tant que modulo moins les nombres de personne dans les nouvelles stations n'est pas égale à zéro
- Dans le cas où c'est inférieur à zéro on divise la station en 2 parties, une qui va être dans la première zone et l'autre dans la deuxième
- On ajoute les stations de la zone de transition dans chaque zone principale correspondante
- Affichage des nouvelles zones (les zone p reste intact, Q et E on y rajoute juste ce qu'il leur faut sans faire l'étape 5)

### 4) *Affichage de la solution*

- Nom de zone
- Les stations correspondantes
- le nombre de personne à transporter
- Le nombre de bus

### 5) *Conclusion*

Le développement de cet algorithme a été la partie la plus difficile dans le travail demandé, vu son originalité ainsi que le nombre de variables sur lequel il joue. Avec l'aide de 3 ingénieurs informatiques, et les différentes idées de notre groupe de travail nous avons pu simplifier ses données et réalisé cet algorithme grâce à l'Excel car ils nous permettaient de prendre en considération un grand nombre de données.

La modélisation avec le modulo constitue la partie la plus original du programme et qui a pu le simplifier.

### C. *L'algorithme secondaire*

Facilité le flux d'information pour l'obtention des informations concernant le transport.

#### 1) *l'idée de l'algorithme secondaire*

Afin de faciliter les flux des informations, nous avons pensé à réaliser un logiciel qui pouvait être réparti en 2 sous partie :

- partie pour les responsables techniques : L'importance de cette partie est d'envoyer, chaque semaine, les informations concernant les employé qui vont prendre le transport.
- partie pour le responsable transport : afin d'ajouter et de supprimer des employés, stations, et de générer un fichier Excel qui affichera la liste des personnes durant une heure précise, un jour précis, avec leur station et la zone où elle se trouve.

#### 2) *développement*

Afin de développer cette partie nous avons fait appel à un informaticien à qui nous avons donné le cahier de charge et avec qui nous avons fait le suivi, il y a eu beaucoup d'échange entre les 2 parties durant 2 mois afin de réaliser le logiciel le plus adéquat possible.

#### 3) *partie pour les responsables technique :*

Cette partie gère l'envoi des données du responsable technique au responsable transport. A savoir que le responsable transport peu aussi gérer cette partie.

Le travail du chef technique consiste à chercher dans la liste des employé non attribuer à une équipe afin de les joindre à son équipe, il peut aussi enlever un employé de son équipe mais sans supprimé ses données, enregistré son équipe, puis choisir la date et l'heure d'entrée pour la semaine. Il peut aussi ajouté s'il va prendre aussi le transport ou non.

#### 4) *partie pour le responsable transport :*

Cette partie permet la gestion des zones, stations, employés ainsi que la création du fichier Excel permettant de voir les différents employés qui prennent le transport à un jour données :

Le travail du responsable de transport consiste à ajouter ou supprimé les stations, ainsi que d'ajouter les nouveaux employées ou bien de supprimé les anciens.

Il peut aussi modifier l'adresse d'un employé dans le cas où ce dernier change son adresse, mais son travail hebdomadaire consistera à extraire les 3 fichiers Excel de la semaine celui de 6H puis de 14H puis de 22H, et d'actualisé le fichier de l'algorithme principal, ensuite imprimer et donner les fichiers au responsable du sous-traitant.

## D. Gain

TABLEAU 8 : REMPLISSAGE AVANT ALGORITHME

zone	nbre de personne	nbre de bus	Remplissage dernier bus	taux de remplissage	taux de remplissage dernier bus
Total O	60	4	3	78,95%	21,05%
Total A	36	2	17	94,74%	10,53%
Total B	48	3	10	84,21%	15,79%
Total C	65	4	8	85,53%	21,05%
Total D	62	4	5	81,58%	21,05%
Total E	52	3	14	91,23%	15,79%
Total N	296	16	11	97,37%	84,21%
Total F	43	3	5	75,44%	15,79%
Total G	102	6	7	89,47%	31,58%
Total H	51	3	13	89,47%	15,79%
Total I	45	3	7	78,95%	15,79%
Total M	155	9	3	90,64%	47,37%
Total K	101	6	6	88,60%	31,58%
Total Q	15	1	15	78,95%	5,26%
Total P	107	6	12	93,86%	31,58%
Total général	1238	73		89,26%	

TABLEAU 8 : REMPLISSAGE APRES ALGORITHME

zone	nbre de personne	nbre de bus	Remplissage dernier bus	taux de remplissage	taux de remplissage dernier bus
Total O	55	3	17	96,49%	89,47%
Total A	17	1	17	89,47%	89,47%
Total B	36	2	17	94,74%	89,47%
Total C	52	3	14	91,23%	73,68%
Total D	36	2	17	94,74%	89,47%
Total E	127	7	13	95,49%	68,42%
Total N	125	7	11	93,98%	57,89%
Total F	207	11	17	99,04%	89,47%
Total G	92	5	16	96,84%	84,21%
Total H	52	3	14	91,23%	73,68%
Total I	34	2	15	89,47%	78,95%
Total M	93	5	17	97,89%	89,47%
Total K	140	8	7	92,11%	36,84%
Total Q	65	4	8	85,53%	42,11%
Total P	107	6	12	93,86%	63,16%
Total général	1238	69		94,43%	

## E. Conclusion

Grace cette solution nous avons réussi à diminuer le nombre de bus qui implique diminution des charges de transport tout en gagnant du temps pour l'analyse des trajets et lors de l'envoi et la réception des données. Nous avons aussi Facilité de la gestion du transport et du personnel en les affectants à des zones et en Facilitant la saisie des données et unifier l'information.

## References

- [1] Modélisation et Optimisation du Problème de Transport à la Demande Multicritère et Dynamique (Issam ZIDI). <http://www.theses.fr/2012ECLI0012>
- [2] Optimisation des tournées de véhicules dans le cadre de la logistique inverse: modélisation et résolution par des méthodes hybrides (Émilie Grellier). <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00483057/document>
- [3] Optimisation heuristique pour la résolution du m-pdptw statique et dynamique (imen harbaoui dridi) <http://www.theses.fr/2010ECLI0031>
- [4] Heuristiques pour les problèmes de tournées de véhicule multi-attributs. <https://www.cirrelt.ca/DocumentsTravail/CIRRELT-2011-12.pdf>
- [5] Une stratégie hybride pour le problème de tournées de véhicules avec livraisons et collectes (Raksmei PHAN). [http://www.isima.fr/~lacomme/etudiant/Phan/Rapport\\_Phan.PDF](http://www.isima.fr/~lacomme/etudiant/Phan/Rapport_Phan.PDF)