

De l'optimisation de tournées à des tournées adaptables aux besoins de l'entreprise

HABIB CHAARI¹, ERIC BALLOT²,

¹MINES PARISTECH – CGS
60, bd Saint-Michel 75272 Paris, France
habib.chaari@mines-paristech.fr

²MINES PARISTECH – CGS
60, bd Saint-Michel 75272 Paris, France
eric.ballot@mines-paristech.fr

Résumé : La résolution du problème de tournées de véhicules est aujourd'hui réalisée, soit par des systèmes d'aide à la décision, soit par des agents spécialisés dans cette tâche complexe. A travers cette recherche accomplie en collaboration avec le prestataire de services logistiques de la restauration rapide LR Services, nous avons analysé la logique et les critères d'établissement des tournées de manière manuelle, puis la mise en œuvre d'un système d'aide à la prise de décision modulaire. Cette recherche nous a permis d'appréhender les bénéfices d'un système d'aide à la décision des tournées de véhicules dans un cadre d'exploitation réelle. Cela nous conduit à définir les besoins non pris en compte dans les modèles classiques des tournées et à proposer des perspectives de recherche pour contribuer à l'amélioration de ces outils. En complément des recherches qui visent à concevoir de nouveaux modèles de résolution des problèmes de tournées de véhicule, ce travail nous permet d'analyser le fait qu'un système existant repose sur un modèle imparfaitement adapté aux besoins opérationnels des entreprises.

Abstract: Nowadays, solving the multiple vehicles routing problem is done either by decision support system, either by agents who are specialists of this complex task. Through this research done in collaboration with LR Services a fast food logistics provider, we analyzed the process rationale and criteria for establishing the tour manually, then the implementation of a modular decision support system. This research has enabled us to understand the benefits of a vehicles routing decision support system in real operations environment. This helps us to define the needs which are not taken into account in vehicles routing classical systems and to provide research opportunities that can contribute to improve these tools. In addition to other researches which aim to conceive new vehicles routing decision support systems with new algorithms, this research has enabled us to analyze the fact that existing systems and models not necessarily match to companies operational needs.

Mots clés : Problème de tournées de véhicule, système d'aide à la décision, modularité, fonction objectif adaptable, plages horaires de livraison.

Keywords: Vehicle routing problem, decision support system, modularity, adaptive objective function, time windows.

1. INTRODUCTION

L'environnement économique très concurrentiel dans lequel évoluent les acteurs de la chaîne logistique, a poussé les entreprises durant ces dernières années à chercher à baisser leurs coûts de transport. La distribution au client final étant la partie la plus coûteuse, contraignante et exigeante en termes de ressources, des outils d'aide à la décision ont été sollicités à cette fin par les entreprises.

En réponse à ce besoin, des éditeurs de logiciels ont développé des logiciels d'optimisation de tournées de livraison, que nous étudierons ici comme des Systèmes d'Aide à la Décision (SAD), Bernard Roy (2006). Ces logiciels permettent d'automatiser la construction, l'organisation et la planification des tournées de livraison. Dans ce cadre, la construction des tournées revient à affecter à un groupe de clients, des moyens humains et des moyens de transport. Le but initial de ces outils est d'accroître la satisfaction client dans le cadre d'une stratégie de contrôle et de réduction des coûts opérationnels du plan de transport et de la gestion de la flotte. Randolph Hall, Janice Partyka (2008) ont présenté une enquête qu'ils ont menée sur les différents SAD présents dans ce domaine sur le marché. Ces logiciels sont fondés sur les résultats de la recherche opérationnelle dans le domaine important des Problèmes de

Tournées de Véhicules (PTV) dont il existe de nombreuses ramifications suivant les objectifs et les contraintes prises en compte. Ce problème de tournées de véhicules consiste à concevoir des tournées de véhicules qui passent par un certain nombre de points dans le but de maximiser ou minimiser une fonction objectif sous un certain nombre de contraintes.

La décomposition que l'on retrouve dans les SAD revient à associer à un outil une problématique, ce qui sous-tend qu'une entreprise est confrontée à un type de problème particulier, Sotiris, Gayialis, Ilias, Tatiopoulos (2004) et R. Ruiz, C. Maroto, J. Alcaraz. (2004).

Nous montrerons ici à travers une étude menée sous la forme d'une recherche action David, A. and Hatchuel, A. (2007) en collaboration avec le prestataire de services logistiques LR Services, que les problématiques réelles sont multiformes et changeantes dans le temps. Ceci pose la question d'un SAD adaptable qui répondrait ainsi mieux aux besoins des entreprises tels qu'explicités et ouvre la voie à de nouvelles approches pour ces outils. Dans les approches classiques des systèmes d'aide à la prise de décision de PTV, l'aide au choix des critères d'optimisation est souvent négligé. Afin de palier à cette limite, nous proposons dans cet article le rajout d'un module d'adaptation de la fonction objectif aux besoins de

l'entreprise. Dans ce sens, la contribution principale de ce travail consiste à mettre en avant la définition de besoins d'un prestataire de services logistiques représentatif afin d'identifier des besoins à modéliser.

Dans la Section 1, nous décrivons le problème de tournées de véhicule, base de notre analyse. Nous décrivons, dans la section 2, les importants changements dans le processus de conception du plan de transport et leurs effets sur la résolution des problèmes (construction du plan de transport). Nous explicitons le rôle des agents et de la conception d'interface pour avoir un plan final optimisé et réalisable. Dans notre approche un lien est fait entre la recherche opérationnelle, les modèles PTV existants et l'outil d'aide à la prise de décision proposé.

Nous nous concentrons alors sur l'adaptation des SAD aux besoins des entreprises et nous évoquons spécialement l'importance de la modularité dans les SAD. Aussi, nous mettons en valeur le lien entre l'interface humaine, le rôle de l'expertise et les mécanismes de résolution basés sur des techniques de la recherche opérationnelle.

La section 3 est consacrée aux résultats d'expérimentation du SAD sur des données et des situations réelles. Dans la section 4, nous soulignons que la fonction objectif devrait changer en fonction de certains facteurs (contrats avec les sous-traitants, le niveau de salaire du pays, les coûts du carburant,...) et qu'il n'y a pas d'objectif stable ou standard pour l'optimisation du plan de transport. Enfin, dans la section 5 nous évoquons les perspectives d'évolution de cette approche à travers une expérimentation du concept de l'adaptabilité sur d'autres exemples de situations réelles.

2. MOTIVATIONS ET CONTRAINTES DE L'IMPLANTATION D'UN LOGICIEL DE GENERATION DE TOURNEES CHEZ UN PRESTATAIRE LOGISTIQUE

Afin d'améliorer son niveau de satisfaction client et réduire ses coûts de distribution, un prestataire de services logistiques a déployé un outil d'optimisation des tournées de livraison. L'objectif poursuivi est de minimiser le coût global des tournées des camions de distribution, tout en améliorant le niveau de service et en respectant strictement toutes les contraintes opérationnelles et réglementaires qui lui sont imposées. De plus cela doit être fait en minimisant le temps de construction du plan de transport et en réduisant le plus possible la dépendance aux savoirs faire pour garantir une certaine stabilité dans la qualité des plans de transport.

2.1 Objectif

L'objectif affiché du système d'optimisation des tournées est de garantir un haut niveau de satisfaction client tout en réduisant le coût global. Dans le cas présenté, l'algorithme du SAD étudié a pour objectif de réduire la durée totale du plan de transport pour optimiser le coût total en tenant compte des contraintes opérationnelles de l'activité. Nous détaillerons cet élément au paragraphe 4.

2.2 Description succincte des principales contraintes opérationnelles

La logistique de distribution alimentaire recèle, en outre, de nombreuses contraintes à combiner :

- respect des fenêtres de livraison promises aux clients ;
- des familles de produits disponibles dans des tranches horaires spécifiques
- des disponibilités de camions, eux-mêmes spécifiques (taille, température,...) ;

- des plages de disponibilités des conducteurs variables suivant les sous-traitants ;
- une forte variabilité de la demande du fait de la saisonnalité.

Tableau 1: Les contraintes liées aux types de livraison et leurs familles de produits

Type de Livraison	Famille de produit	Disponibilité pour le chargement	Fenêtre de temps et tolérance	Fréquence
Commande type 1	Surgelé	Toujours disponibles	5 minutes avec 30 minutes de retard Max	2 à 3 fois par semaine
	Sec			
	Frais			
Commande type 2	Ultra Frais	Contrainte de disponibilité	1 heure avec 30 minutes de retard Max	4 fois par semaine

2.3 Indicateur de performance

Le système sera essentiellement jugé à travers deux indicateurs de performance.

1. Le coût de distribution : le coût de réalisation des tournées réelles.
2. La ponctualité des livraisons : Cela consiste à respecter les plages horaires de livraison de chaque client, avec un maximum de 30 minutes de retard. Face à ce degré d'exigence très élevé, il est très important d'avoir des estimations très précises des temps de parcours et des temps de chargement et déchargement des commandes. L'objectif d'un SAD est de fiabiliser ces estimations.

2.4 Choix du logiciel et implantation dans l'entreprise

Toutes les données sont collectées à travers des entretiens directs avec des employés de différents niveaux hiérarchiques, des rapports de plan de transport, une réunion avec l'éditeur du logiciel et des articles sur les SAD-PTV sur le marché mondial. La participation à la création quotidienne des plans de transport par le process manuel et par le process du SAD et des heures d'intégration au sein du département d'exploitation transport nous ont permis d'avoir une vision opérationnelle de l'activité.

Le système a commencé à être exploité dans le plus important site en termes des volumes desservis par le prestataire de services logistiques. Il a eu un impact positif sur les 2 types d'acteurs : le prestataire de services et ses clients. De plus, l'administration centrale reçoit régulièrement un rapport des résultats, qui permet d'analyser les points forts et faibles du système et de réfléchir à des solutions d'optimisation à travers la remise en question de contraintes comme les plages horaires en accord avec les besoins des clients finaux et la réglementation.

3. LA DIFFERENCE ENTRE LE PROCESSUS MANUEL ET LE PROCESSUS DU SAD

3.1 Processus manuel de réalisation des tournées

Le processus en place avant la mise en place du SAD est décrit par la figure 1. Ce processus s'appuie en fait sur une solution « standard » qui est adaptée marginalement en fonction des conditions du jour, volume par exemple, par l'agent.

La solution standard est un plan de transport stratégique, conçu manuellement à partir des volumes moyens des commandes des clients sur une période donnée, souvent supérieure à un mois, ou à partir d'une semaine de référence choisie par l'exploitation transport.

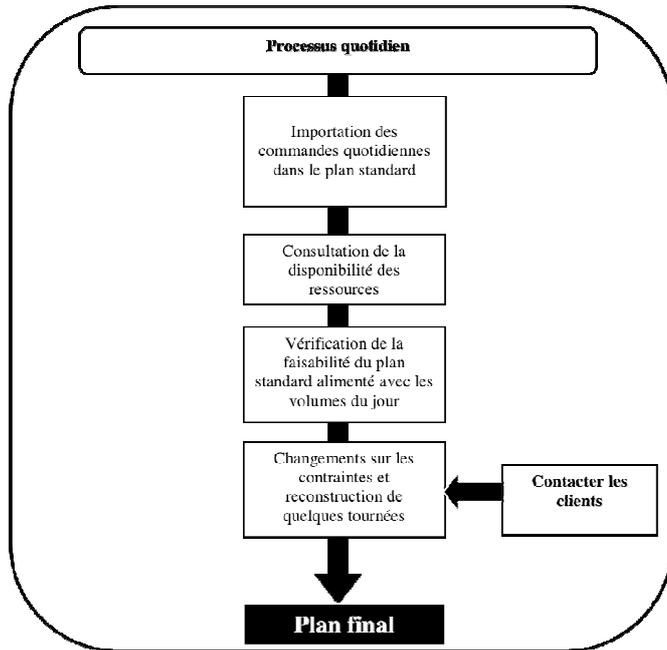


Figure 1 : processus Manuel de prise de décision

Ce processus, qui s'appuie sur l'expérience mais n'est pas une ré optimisation complète, dure en moyenne 2 à 3 heures par jour pour 150 points de livraison et 50 véhicules en moyenne.

3.2 Processus avec un SAD de réalisation des tournées

Le SAD mis en place utilise un algorithme d'optimisation des tournées des véhicules. Cet algorithme de type VRPTW (Problème de tournées de véhicules avec fenêtres de temps) a pour objectif de concevoir un plan de transport assurant un taux de service élevé tout en minimisant la durée totale du plan de transport.

Cela passe forcément par le respect des contraintes opérationnelles générales et quotidiennes qui devraient être paramétrées par les planificateurs des tournées.

Les contraintes opérationnelles générales concernent l'arrivée des commandes aux points de livraison dans les heures prévues et le respect des critères d'accessibilité des clients. Ces derniers sont pris en compte automatiquement par le système suite à l'importation des détails des commandes quotidiennes. Les contraintes quotidiennes à intégrer par le planificateur concernent les heures de disponibilités des commandes pour le chargement en fonction des familles de produit, la flotte disponible et donc les capacités de chargement et le nombre de conducteurs disponibles. Ces paramétrages viennent après l'intégration des commandes à planifier.

Le SAD utilisé est formé de 3 composantes principales :

- Une interface utilisateur : outil visuel et interactif qui permet de faire le lien entre l'utilisateur et le SAD.
- Une base de données : détails des commandes et les détails des ressources.
- Un modèle : algorithme de résolution du problème en question qui permet de proposer des solutions.

Afin d'adapter l'outil à l'activité transport de l'entreprise, il faut le paramétrer selon le besoin de l'exploitation transport. Cela passe par un paramétrage en amont qui consiste en la création d'un environnement de travail (clients, moyens, carte, réglementation, type de tournées ...). Le niveau de précision dans le paramétrage de cet environnement de travail est très important. Ensuite, la création d'un environnement journalier prend en compte les spécificités de chaque jour de la semaine (heure d'ouverture et fermeture des plateformes de chargement, vitesses de circulation par zone ...). Cela correspond à un paramétrage quotidien. Et finalement, un paramétrage à chaque intégration de nouvelles données (pré optimisation) : La mise à jour des données d'exploitation et des ressources disponibles. Ensuite, il serait possible d'appliquer le processus quotidien schématisé dans la figure 2.

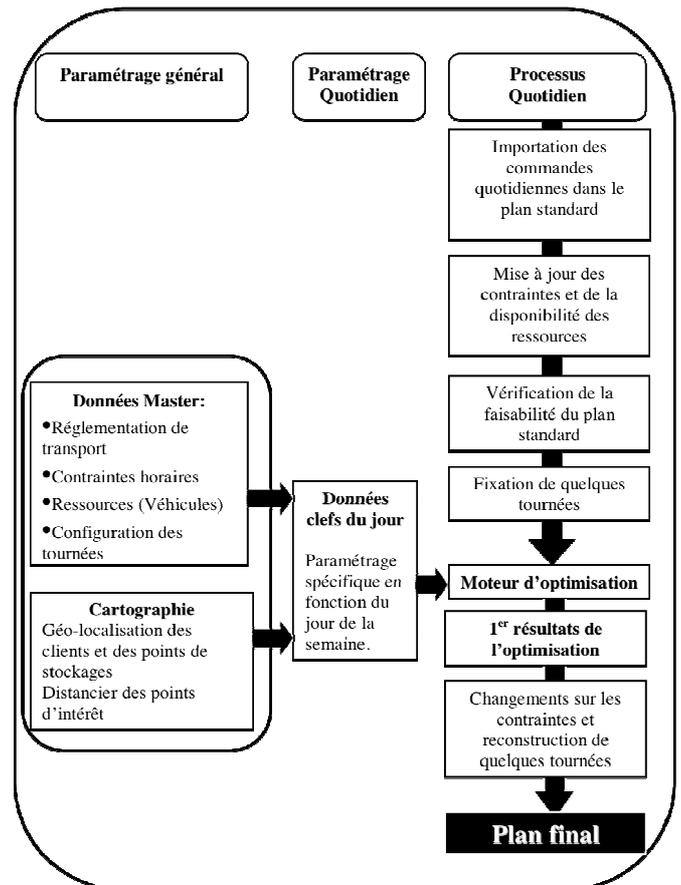


Figure 2 : Architecture des données du SAD et processus de prise de décision.

Ce processus dure en moyenne 2 heures par jour.

3.3 Premiers éléments de comparaison

3.3.1 Le respect garanti de la réglementation de transport Pour tout dépassement de la charge utile et non respect des périodes de pause des conducteurs, des messages de non faisabilité apparaissent. Et lors de l'optimisation, ces tournées sont refaites.

3.3.2 L'optimisation Lorsque les volumes varient, les exploitants ont tendance à garder le même planning. Donc ils peuvent manquer des opportunités d'optimisation du plan habituel, puisque l'optimisation nécessite parfois la refonte d'une partie importante du plan. Mais avec le SAD, chaque jour le planning est remis en question pour rechercher des opportunités d'optimisation quelque soit le volume.

3.3.3 La réduction de la dépendance à des savoirs faire

La maintenance d'un plan de transport nécessite la présence d'un planificateur expérimenté qui connaît bien les routes et les clients pour pouvoir estimer les temps des tournées. La personne devient alors indispensable à l'entreprise. Avec la mise en place d'un SAD, les connaissances des personnes sont en partie répertoriées dans l'outil pour pouvoir être utilisées par d'autres personnes et donc stabiliser le niveau d'efficacité des plans même en cas d'absence. Par contre nous verrons que la présence de personnes expérimentées reste un moyen d'amélioration des plans optimisés.

3.4 Rôle de la modularité du SAD

- Le contrôle instantané de la faisabilité du plan lors de l'importation des commandes (respect des contraintes) ;
- La modification manuelle des tournées à travers des bascules d'une tournée à l'autre et la vérification instantanée de la faisabilité des tournées en cours de création.
- La fixation de quelques tournées et l'optimisation des tournées des commandes restantes ou l'optimisation de toutes les commandes en quelques minutes. L'optimisation de près de 60 tournées prend 10 minutes maximum comparée à un processus manuel qui prenait minimum une heure.
- Le changement du plan optimisé à travers la création de nouvelles tournées et la vérification instantanée de leurs faisabilités.
- Le changement ou la violation des contraintes et la visualisation des résultats. Cela permet de remettre en cause les contraintes existantes et de pouvoir estimer leurs coûts sur le plan de transport.

Cette modularité du système correspond exactement à une idée qui a été présentée par van Wezel and Cegarra (2007) et reprise par Gacias, Cegarra et Lopez (2010). L'idée est de créer des SAD qui intègrent 5 modes de contrôle ; manuel, conseil, dynamique ou interactif, surveillance, et automatique. Chaque mode de contrôle définit le niveau de participation de l'utilisateur. Cette modularité offre une grande flexibilité à l'outil et permet à l'utilisateur de choisir son degré de participation à la construction du résultat final en fonction de son besoin.

4. LES RESULTATS DU SAD

Pour analyser la performance du système, nous avons procédé à deux types d'analyse :

- une analyse prévisionnelle des résultats potentiels, sans l'utilisation du logiciel, pour prévoir l'effet du SAD sur des critères qualitatifs comme le respect de la législation et le niveau de la ponctualité des livraisons ;
- puis une analyse à travers une expérimentation avec des données réelles, de l'outil SAD implémenté chez le prestataire logistique.

Cette méthode a été choisie pour permettre des comparaisons. En effet, les volumes et les conditions de réalisation des tournées sont différents d'un jour à l'autre. On ne peut donc pas directement comparer deux journées. On réalise donc un plan de transport en manuel, puis on réalise ce même plan avec l'outil d'optimisation, enfin le plan résultat de la 1^{ère} optimisation est aménagé par l'agent.

4.1 La capacité des véhicules en charge utile

En se basant sur l'analyse du plan de transport traité avec le process manuel pour la semaine 36 « sans l'utilisation du SAD », 4 tournées parmi 403, auraient été en excès de poids. Cela représente 1% des tournées. Le SAD a pour rôle de prévenir le planificateur que le véhicule sera surchargé. Cela permet au planificateur de respecter les contraintes de charge utile et d'améliorer le respect de la réglementation.

4.2 L'amélioration de la ponctualité

La courbe inférieure présente les taux de la ponctualité réelle sans l'utilisation du SAD et la courbe supérieure représente les taux de la ponctualité avec l'utilisation du SAD. Les deux droites représentent les moyennes des ponctualités.

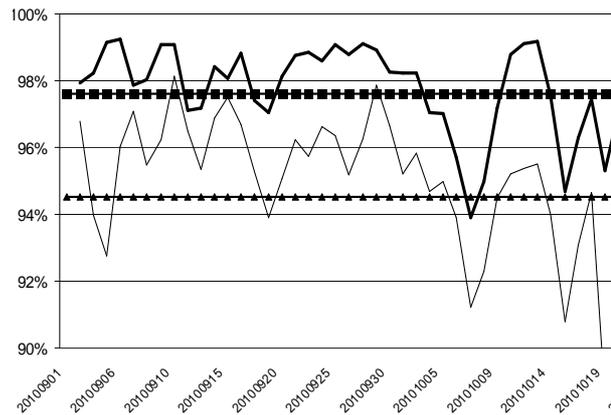


Figure 3: le potentiel d'amélioration de la ponctualité des livraisons pour la période de Septembre et Octobre 2010

On constate que le SAD améliore la ponctualité de 3% mais il faut que les données entrées dans le SAD soient correctes et représentatives du terrain de travail. Sinon les résultats seront erronés ce qui fera baisser le niveau de ponctualité.

4.3 Evaluation de l'optimisation du plan de transport

Une comparaison entre les résultats de ces différents processus a été faite sur une même période donc avec les mêmes volumes pour montrer l'apport que présente un processus de réalisation de plan de tournées de véhicules par rapport à un autre. Les critères d'évaluation des plans de transport sont les suivants ; le nombre de tournées, la durée totale du plan de transport et la distance totale.

La méthodologie suivante a été retenue pour l'expérimentation :

- Réalisation des tournées en manuel (figure 1) ;
- Réalisation des tournées avec le SAD, sans changement au niveau des contraintes ni intervention sur les résultats finaux de l'optimisation (figure 2 jusqu'au 1^{er} résultat d'optimisation) ;
- Changement au niveau des contraintes et refonte de l'optimisation sur quelques tournées (processus complet de la figure 2)

4.3.1 La durée totale du plan de transport

Ce critère est vraisemblablement le critère d'optimisation du SAD implanté dans l'entreprise.

Tableau 2 : Les résultats d'optimisation de la semaine 36 en durée totale.

Temps total du plan de transport (hh:mm:ss)					
	Plan manuel (1)	Plan SAD (2)	Plan SAD après les changements (3)	Differences (1-2)	Differences (1-3)
Lundi	539:04:00	520:17:00	521:43:00	18:47:00	17:21:00
Mardi	459:00:00	452:54:00	443:25:00	6:06:00	15:35:00
Mercredi	455:02:00	447:32:00	445:27:00	7:30:00	9:35:00
Jeudi	522:07:00	518:08:00	508:28:00	3:59:00	13:39:00
Vendredi	491:19:00	504:18:00	491:40:00	---	---
Samedi	305:27:00	300:31:00	294:00:00	4:56:00	11:27:00
Total	2771:59:00	2743:40:00	2704:43:00	28:19:00	67:16:00

Tableau 4 : Les résultats d'optimisation de la semaine 36 en distance totale

Distance totale parcourue (en Km)					
	Plan manuel (1)	Plan SAD (2)	Plan SAD après les changements (3)	Differences (1-2)	Differences (1-3)
Lundi	8564	8495	8380	69	184
Mardi	7169	7059	6884	110	285
Mercredi	6940	6939	6910	1	30
Jeudi	7423	7497	7296	-74	127
Vendredi	7138	7379	7152	-241	-14
Samedi	3329	3484	3366	-155	-37
Total	40563	40853	39988	-290	575

En comparant la durée totale du plan fait en process manuel et la durée totale du plan fait avec le SAD, tableau 2, on note une baisse dans la durée totale de 1%. Après quelques changements manuels supplémentaires, on note une baisse dans la durée totale de 2,5%. Cette baisse est due aux changements ou violations de quelques contraintes par le planificateur. Les contraintes remises en cause peuvent correspondre à l'ouverture de quelques plages horaires de livraison après le contact du client et la validation du changement par ce dernier par exemple. On note en outre la proximité des résultats manuels et du SAD avec des agents expérimentés et leur complémentarité.

4.3.2 Le nombre de tournées du plan de transport
 Suivant la même méthode que précédemment, mais en comparant cette fois le nombre de tournées on obtient le tableau 3.

En comparant le plan manuel et le plan du SAD, on note ici que le résultat du SAD n'est pas nécessairement meilleur que le plan manuel. Après les changements au niveau des contraintes de temps ou de type de véhicule par l'agent, on note que le nombre de tours diminue en utilisant le SAD. La moyenne du nombre de tournées créées avec le SAD avant les changements et le nombre de tournées créées avec le SAD après les changements est alors inférieure au nombre de tournées du plan fait avec le processus manuel.

Tableau 3 : Les résultats d'optimisation de la semaine 36 en nombre des tournées.

Nombre de tournées					
	Plan manuel (1)	Plan SAD (2)	Plan SAD après les changements (3)	Differences (1-2)	Differences (1-3)
Lundi	64	63	62	1	2
Mardi	59	59	55	0	4
Mercredi	57	58	57	-1	0
Jeudi	67	68	65	-1	2
Vendredi	62	67	62	-5	0
Samedi	40	42	39	-2	1
Total	349	357	340	-8	9

4.3.1 La distance totale des tournées du plan de transport
 De la même manière, on obtient le tableau 4.

Ce critère n'étant pas spécifiquement minimisé par le SAD, on obtient un résultat similaire à celui précédent. Les deux derniers critères sont pourtant très importants pour les entreprises car ils sont source de coût.

4.4 Le rôle du planificateur

On voit à travers les résultats que même si le SAD donne toujours une solution de qualité, le rôle d'un agent expérimenté reste très important. En fonction des résultats de l'optimisation du SAD, il peut encore optimiser le plan en contactant les clients pour valider avec eux des changements sur les heures de livraison. Ces changements permettront d'optimiser encore plus le plan. Il peut aussi décider de changer quelques contraintes, comme les critères d'accessibilité des camions aux zones des clients. Il pourrait aussi autoriser des débords (Livraison d'une partie de la commande d'un client par un conducteur à un autre sur l'aire de livraison du client. Cela est fait pour cause de capacité insuffisante sur le premier véhicule pour charger toute la commande dans la même tournée) ou aussi valider une livraison qui dépasse le nombre de colis max sur un véhicule si cela respecte la réglementation. Cette interactivité entre le SAD et le planificateur est supportée par un mode dynamique qui favorise la construction d'une solution qui répond aux besoins opérationnels des entreprises car le processus de décision ne se présente pas de manière figée.

4.5 Le système d'aide à la décision comme outil de réingénierie des relations avec les clients

Avec le SAD, il devient plus facile de changer quelques contraintes et de pouvoir estimer l'impact sur le coût global du plan. Nous avons fait un test en ouvrant les plages horaires pour tous types de livraisons de 5h30 à 11h30. Cela revient à élargir le temps de livraison à 6heures, en lieu et place des rendez-vous. Finalement nous avons enregistré une baisse du nombre de tournées qui varie entre 3,3% et 10% en fonction des volumes à livrer par jour. Cela aide les dirigeants à prendre la décision de proposer ou pas à leurs clients d'élargir les plages horaires de livraison. Et cela fournit les arguments pour convaincre les clients du bénéfice de ces actions pour les deux acteurs.

5. OBJECTIF DES TOURNÉES ET FONCTION OBJECTIF

5.1 Les fonctions objectifs des PTV

Ce type d'algorithme a été étudié par de très nombreux chercheurs dans le cadre des PTV avec fenêtre de temps et limitation de la durée totale.

Pour répondre à ces objectifs, les chercheurs ont présenté plusieurs modèles de PTV : Feillet (2007), M Nussbaum et M Sepulveda (1997), J.Q Lia, D Borensteinb, P.B. Mirchandani

(2007) et L.Santos, J.Coutinho-Rodrigues, J.R.Current (2008). Ces modèles reposent principalement sur des critères de minimisation des coûts. Ces critères sont souvent, la distance totale parcourue, la durée totale du plan de transport, le nombre de tournées et le nombre de véhicules utilisés. Chaque critère peut être valable dans une situation bien déterminée.

Quelques travaux ont présenté des modèles multi objectifs qui cherchent à trouver un équilibre entre deux critères d'optimisation, comme la distance totale et la distance entre deux points de livraison dans le but d'obtenir un équilibre des tournées : Jozefowicz, Semet et Talbi (2002). Aussi, on peut considérer les contraintes sociales comme étant très importantes lors de la conception du plan de transport. Ce côté échappe « au champs d'analyse » du SAD étudié dans notre exemple.

5.2 L'objectif d'optimisation des SAD

L'optimisation d'un plan de transport doit donc se faire suivant différents objectifs à choisir. Ainsi, les objectifs les plus répandus sont :

- La minimisation du coût total sous contraintes de qualité de service, de l'impact sur l'environnement et/ou du respect de la réglementation ;
- La minimisation de l'impact sur l'environnement sous contraintes de coût, de qualité et/ou de respect de la réglementation ;
- La maximisation du niveau de service sous contraintes de coût, de l'impact sur l'environnement et ou de respect de la réglementation.

Chaque prestataire de service de transport peut avoir intérêt à adopter un critère parmi ceux cités précédemment, mais aussi peut avoir intérêt à changer de critère en fonction de plusieurs facteurs. Les facteurs à prendre en compte sont du type; coût de carburant, coût horaire de la main d'œuvre, coût de location des véhicules, nature des contrats avec les sous-traitants, convention collective et réglementation du transport.

Dans notre cas, la fonction est non paramétrable. Pratiquement, la présentation des critères d'optimisation de coût sur le marché des SAD est l'un des sujets les plus tabous. Les éditeurs des SAD présentent leurs outils comme étant des solutions d'optimisation des coûts sans pour autant communiquer sur les critères de minimisation adoptés. Alors que ces critères peuvent varier en fonction de la région, des entreprises et des périodes de la planification au sein de l'entreprise elle-même. La fonction objectif du système étudié est orientée vers la minimisation de la durée totale du plan de transport dans le but de réduire le coût total.

5.3 Variabilité des objectifs poursuivis pour optimiser les tournées dans un cas réel

Dans le cas du prestataire de service étudié, nous trouvons que l'optimisation du coût total du plan de transport dépend forcément du nombre de ressources disponibles simultanément et figées à moyen terme par rapport au volume global à distribuer chaque jour. En effet, cette disponibilité est régie généralement par des contrats de sous-traitance, de location ou de propriété de l'entreprise.

Pour démontrer cette variabilité d'objectifs, nous procédons à une analyse des différents cas que nous avons rencontrés lors de notre travail sur le terrain de l'entreprise et nous en déduisons les cas suivants :

- **Cas 1** : le nombre de véhicules disponibles et le nombre de conducteurs disponibles sont supérieurs au nombre de véhicules et de conducteurs nécessaires pour livrer les commandes. Le critère d'optimisation du coût de transport devrait être le temps total ou la distance totale. Le choix entre ces deux critères dépend du ratio de coût entre les deux. Cela est dû au fait que le coût de disponibilité du véhicule est déjà pris en charge par l'entreprise. Donc il serait plus économique de chercher à optimiser le coût de la main d'œuvre ou le coût du carburant selon l'importance de chacun en termes de poids économique.
- **Cas 2** : le nombre de conducteurs disponibles est inférieur au nombre de tournées simultanées nécessaires pour livrer les commandes et au nombre de véhicules disponibles. Le critère d'optimisation du coût de transport devrait être le nombre de tournées simultanées. Cela ne permet pas d'optimiser le coût global, mais permet de respecter une politique sociale de l'entreprise et de garantir le respect des procédures spécifiques de livraison des clients. Le critère social consiste à favoriser les heures supplémentaires pour les conducteurs permanents. Plutôt que de payer de la main d'œuvre de la sous-traitance qui pourrait être moins chère mais moins habituée aux procédures spécifiques de livraison des clients.
- **Cas 3** : le nombre de véhicules disponibles est inférieur au nombre de véhicules nécessaires pour livrer les commandes. Le critère d'optimisation du coût de transport devrait être le nombre de tournées simultanées. Dans le cas étudié, le loyer d'un véhicule supplémentaire représente le coût le plus cher, mis à part le conducteur qui lui sera affecté.

5.4 Le choix de la fonction objectif

Comme nous venons de le montrer l'estimation du nombre de tournées nécessaires pour les livraisons simultanées des commandes durant la même période de livraison est un élément dimensionnant. Exemple : le nombre de tournées nécessaires pour les livraisons en départs prévisionnels entre 5h et 12h30. Cette estimation peut se baser sur l'historique des tournées, pour définir une corrélation entre les volumes à distribuer et le nombre de tournées nécessaires. Cela permettra de définir une relation entre les volumes et le nombre de tournées simultanées. Ainsi suite à l'extraction des volumes de la journée, un nombre prévisionnel de tournées simultanées peut être calculé. Cela permettra d'estimer les ressources nécessaires en véhicules et en mains d'œuvre. Et donc de choisir avant de commencer l'optimisation le critère de minimisation des coûts en fonction des volumes des commandes du jour. Cette méthode peut être applicable dans le cadre d'une prestation logistique « stable ». Ce type de prestation est caractérisé par la présence des mêmes clients dans le temps. Ainsi, le changement des clients et la saisonnalité des commandes imposent une remise à jour permanente de la régression linéaire dans le but de redéfinir à nouveau la relation entre les volumes des commandes et le nombre des tournées.

Une analyse de la corrélation entre le volume des commandes et le nombre de tournées sur la période de 21 jours pour les mêmes clients et avec une saisonnalité peu variée est donnée par le tableau 5.

Tableau 5 : Analyse des corrélations entre les commandes par jour et les résultats des tournées.

$R^2=0.94$	Nombre de tournées	Temps total
Nombre de colis	93%	93%
Tonnage	94%	94%
Volume	96%	96%

Ainsi on peut établir une relation linéaire qui définit le nombre de tournées en fonction des tonnages du jour, avec un coefficient de détermination $R^2=0.94$. Cette relation est la suivante :

$$F(x) = a x + b \text{ avec } a = 0,00048 \text{ et } b = -3.21$$

- X étant le volume total de la période en cm³
- F étant la prévision du nombre de tournées qui seront créées.

Une analyse plus fine de la régression linéaire entre les commandes et les tournées par jour/semaine et par type de véhicule permettra d'obtenir un niveau de précision plus élevé et donc une information plus fiable sur le nombre de tournées prévisionnel. Le type de véhicule étant un critère d'accessibilité des clients, cela nous permettra d'avoir les volumes par type de véhicule. Finalement, en fonction des ressources disponibles et des estimations des ressources nécessaires, nous pourrons définir le meilleur critère d'optimisation du plan dans le but de réduire le coût total.

5.5 Vers un processus en amont de choix de l'objectif

Ce type d'analyse peut être développé en module complémentaire en amont des SAD, pour permettre ensuite de valider le choix du critère à optimiser pour la planification quotidienne. Ainsi, il renforcera la modularité du système pour lui donner plus de flexibilité en termes de choix de la fonction objectif adaptable aux contraintes et conditions journalières de l'exploitation transport et des commandes clients. Comme démontré, la minimisation des coûts repose sur différents critères suivant la configuration.

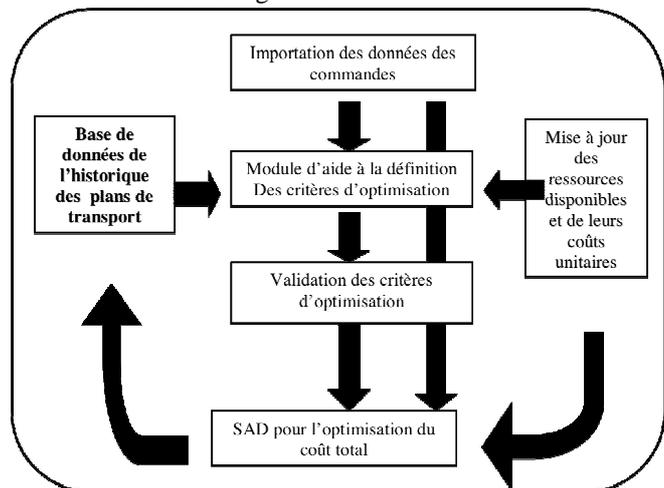


Figure 4 : Nouvelle architecture des SAD d'optimisation des tournées

5.6 Les perspectives d'évolution

De nombreux chercheurs se sont concentrés sur les modèles et les algorithmes mathématiques de PTV. Cela fait qu'aujourd'hui, nous avons différents types d'algorithmes. Chaque algorithme peut avoir une fonction objectif différente de l'autre avec des critères d'optimisation différents dont le but

est d'optimiser le coût de la distribution. A travers les analyses présentées dans cet article, nous avons montré que les critères d'optimisation sont liés à des facteurs qui peuvent changer suivant la situation de l'entreprise. Dans ce sens, l'architecture des SAD et leurs adaptabilités à des situations différentes peuvent être aussi des axes de réflexion et d'amélioration de l'utilité de ces outils.

L'approche d'aide à la définition des critères d'optimisation en amont est certainement très exigeante en termes de programmation et de développement d'algorithme, qui doit être en mesure de traiter le problème en fonction des choix en amont. Mais, le processus permettant de choisir les critères est aussi très important. C'est ainsi que cet article ouvre des opportunités de recherche sur trois axes majeurs, le premier consiste à définir le processus de choix des critères pour enrichir l'idée que nous venons de proposer. L'expérimentation de cette approche avec d'autres données de situations réelles serait le deuxième axe. Le troisième axe serait l'étude des possibilités de développement algorithmique. Cela permettrait d'étudier la faisabilité de ce type d'approche.

6. CONCLUSION

A travers cette étude nous avons cherché à analyser l'apport d'un système d'aide à la construction de tournées dans un contexte opérationnel. Nous avons ainsi caractérisé le processus décisionnel dans lequel un tel logiciel évolue et souligné l'apport de la modularité pour permettre une interaction permanente entre l'agent planificateur et le SAD.

Nous avons ainsi montré l'apport de ces systèmes en complément d'agent spécialisé et le fait que l'amélioration de la performance dépend non pas de l'outil, qui fournit une solution intéressante, mais de sa modularité et des interactions permises avec les agents en charge de ces fonctions.

En effet, la fonction objectif contient plusieurs dimensions dont l'intérêt varie suivant les conditions, ce que aucun système ne prend en compte.

Malgré les progrès réalisés, nous avons en outre montré dans le cas étudié certaines limites dans l'absence de modularité de la fonction objectif. Il en résulte plusieurs perspectives de recherche au niveau de la recherche opérationnelle et au niveau de l'exploitation de ce type d'outil. En particulier, il convient maintenant de valider les enjeux associés à la modularité de la fonction objectif.

Il sera également intéressant de suivre l'évolution de la performance dans le temps d'un tel dispositif : maintenance de la précision des données, impact sur le savoir faire des agents, etc.

7. REMERCIEMENTS

Afin que ce regard ne soit pas seulement un témoignage sur ce que nous avons vécu, nous avons sollicité l'aide d'un certain nombre de personnes. Leur aide nous a été précieuse aussi bien pour nous décrire certains processus et analyser certains choix stratégiques, tactiques et opérationnels que pour conforter ou nuancer certaines de nos visions. En particulier nous remercions monsieur Yves-Marie BRILLANT, à l'origine du projet et messieurs Sebastien LIENARD, Julien MANSAUD.

8. REFERENCES

Roy B., (2006) Regard historique sur la place de la recherche

opérationnelle et de l'aide à la prise de décision en France. *Mathematics and Social Sciences*, 175, pp. 25-40.

Hall R., Partyka J., (2008) Survey of vehicle routing software spotlights integration with portable phones. *OR MS Today*, 35(1), Février.

David A., Hatchuel A., (2007) From actionable knowledge to universal theory in management research, *In: SHANI, R. A. B., MOHRMAN, S. A., PASMORE, W. A., STYMNE, B. & ADLER, N. (eds.) Handbook of collaborative management*. Sage.

Santos L., Coutinho-Rodrigues J., Current J.R., (2008) Implementing a multi-vehicle multi-route spatial decision support system for efficient trash collection in Portugal. *Transportation Research*, 42(A), pp.922-934.

Ruiz R., Maroto C., Alcaraz J., (2004) A decision support system for a real vehicle routing problem. *European Journal of Operational Research*, 153, pp.593-606.

Lia J.Q., Borenstein D., Mirchandani P.B., (2007) A decision support system for the single-depot vehicle rescheduling problem. *Computers & Operations Research*, 34, pp.1008-1032.

Mendoza J.E., Medaglia A.L., Velasco N., (2009) An evolutionary-based decision support system for vehicle routing: The case of a public utility. *Decision Support Systems*, 46, pp.730-742.

Gacias B., Lopez P., Cegarra J., (2010) A decision support

system for vehicle routing based on model inversion and data analysis. 8th International Conference of Modeling and Simulation - May 10-12- Hammamet – Tunisia "Evaluation and optimization of innovative production systems of goods and services".

Gacias B., Cegarra J., Lopez P., (2009) Analyse du domaine de travail pour les problèmes de tournées de véhicules, oai:hal.archives-ouvertes.fr:hal-00362317

Gayialis S.P., Tatsiopoulos I.P., (2010) Design of an IT-driven decision support system for vehicle routing and scheduling. *European Journal of Operational Research*, 152, pp. 382-398.

Nussbaum M., Sepulveda M., (1997) A Fuel Distribution Knowledge-based-Decision Support System. *Omega, Int. J. Mgmt Sci*, 25(2), pp. 225-234.

Jozefowicz N., Semet F., Talbi E.G., (2002) Parallel and Hybrid Models for Multi-objective Optimization: Application to the Vehicle Routing Problem. *Computer Science*, 2439/2002, pp. 271-280.

Feillet D., (2007) Solution of vehicle routing problems with Branch and Price. Habilitation à diriger des recherches, Université d'Avignon et des Pays de Vaucluse.

Van Wezel W., Cegarra, J., (2006) A task allocation model for planning. In Pikaar, R.N., Koningsveld, E.A.P., & Settels, P.J.M. (Eds.), *Proceedings of the 16th World Congress on Ergonomics (International Ergonomics Association)* (pp. 1897-1902). Maastricht, The Netherlands: Elsevier.