

Publié par : Faculté des sciences de l'administration  
Published by : Université Laval  
Publicación de la : Québec (Québec) Canada G1K 7P4  
Tél. Ph. Tel. : (418) 656-3644  
Fax : (418) 656-7047

Édition électronique : Aline Guimont  
Electronic publishing : Vice-décanat - Recherche et partenariats  
Edición electrónica : Faculté des sciences de l'administration

Disponible sur Internet : <http://www.fsa.ulaval.ca/rd>  
Available on Internet [rd@fsa.ulaval.ca](mailto:rd@fsa.ulaval.ca)  
Disponible por Internet :

## **DOCUMENT DE TRAVAIL 2003-024**

### LA GESTION DES OPÉRATIONS EN TEMPS RÉEL D'UNE COMPAGNIE DE COURRIER RAPIDE

M'hamed Moussaoui  
Fayez F. Boctor  
Jacques Renaud

Version originale : ISBN – 2-89524-174-0  
Original manuscript :  
Version original :

Série électronique mise à jour : 05-2003  
On-line publication updated :  
Seria electrónica, puesta al día

# **LA GESTION DES OPÉRATIONS EN TEMPS RÉEL D'UNE COMPAGNIE DE COURRIER RAPIDE**

**M'hamed Moussaoui<sup>1</sup>**

**Fayez F. Boctor<sup>1,2</sup>**

**Jacques Renaud**

<sup>1</sup>Centre de recherche sur les technologies de l'organisation réseau (CENTOR)

<sup>2</sup>Faculté des Sciences de l'administration, Université Laval

## **Résumé**

Cet article étudie le problème de planification des tournées d'une entreprise de courrier rapide opérant dans une ville ou une agglomération de villes voisines. Nous proposons une méthode simple pour planifier les tournées des véhicules dans ce contexte et nous présentons un système de gestion en temps réel accessible via Internet.

## **Introduction**

Cet article présente un système informatisé de gestion en temps réel qui a été développé afin de planifier les tournées des véhicules d'une entreprise de courrier rapide. Cette planification des tournées vise à respecter les délais de livraisons imposés, de réduire la longueur et la durée des trajets et, par conséquent, réduire le coût des opérations et le nombre de véhicules nécessaires.

L'industrie de la messagerie rapide se caractérise essentiellement par la cueillette du courrier et sa livraison en respectant des fenêtres de temps spécifiées par les clients. Des fenêtres de temps peuvent être imposées pour la cueillette et/ou pour la livraison. Les entreprises oeuvrant dans ce domaine offrent généralement un temps de service qui varie entre 1 heure et 24 heures. Ces dernières appliquent une tarification spécifique en fonction de la distance entre les lieux de ramassage et de livraison, du poids du colis à transporter, de son volume et enfin, du type de service choisi. Pour les entreprises de courrier rapide, seuls les critères de distance et du type de service sont pertinents étant donné la petite taille des colis.

La planification des cueillettes et des livraisons du courrier rapide avec fenêtres de temps nécessite la prise en considération de deux contraintes à savoir, le respect des fenêtres de temps de cueillette et de livraison imposées par les clients et la contrainte de précedence qui exige la cueillette du courrier avant sa livraison. L'objectif est de minimiser la distance, ou le temps de trajet des véhicules de la flotte.

Au meilleur de nos connaissances, il n'existe aucun logiciel développé pour planifier les opérations des entreprises de messagerie locale. Cependant, l'arrivée d'Internet a permis à plusieurs industries de modifier leurs stratégies d'affaire et de diversifier les services offerts aux entreprises. Ces changements ont contribué à introduire des améliorations significatives dans les modèles d'affaires de l'industrie des services de messageries rapides, à la fois au niveau de la logistique et celui des relations

avec la clientèle. À Cet effet, il est intéressant de constater l'étendue des services offerts par les grandes entreprises de courrier en visitant leur sites Internet (UPS : [www.ups.com](http://www.ups.com), FedEx : [www.fedex.com](http://www.fedex.com) et Purolator : [www.purolator.com](http://www.purolator.com)).

À l'opposé, peu d'outils sont disponibles pour les petites entreprises de courrier local. Aucun logiciel commercial ne leur est destiné et leur petite taille les empêche de développer et maintenir des sites Internet ou des logiciels de planification des tournées. Pourtant, cette industrie représente un secteur où des gains majeurs peuvent être réalisés. En effet, étant donné le nombre élevé d'entreprises dans ce secteur ainsi que la complexité et l'ampleur des tâches de livraison et de cueillette; l'adoption de technologies de pointe, comme un site Web dynamique incluant des procédures d'optimisation des tournées et d'un logiciel de visualisation comme *MapPoint*, procurerait un avantage compétitif. Ces technologies permettraient des économies importantes et pourraient constituer un avantage compétitif majeur pour les différents intervenants. Dans cet article, nous proposons un système de gestion des opérations pour l'industrie locale de cueillette et livraison de courrier.

Le système a été développé pour être entièrement accessible via Internet. Les clients peuvent y spécifier tous les détails sur les colis qu'ils désirent faire livrer. Pour l'utilisateur interne, qui est ici le planificateur, il accède au système via Internet et y effectue la gestion quotidienne de ses opérations. L'entreprise désirant utiliser le système n'a besoin que d'un navigateur Web et d'une connexion Internet. Tous les problèmes d'installation de serveur, de mise à jour, de puissance de calcul sont éliminés puisque le système est sur les serveurs du « distributeur ».

La suite de cet article est organisée comme suit. Nous effectuons d'abord une revue de la littérature du problème dynamique de cueillette et livraison du courrier avec fenêtres du temps. Nous décrivons ensuite le processus de planification des tournées utilisé. Nous expliquons en outre les stratégies utilisées afin d'établir l'horaire associé à une route et nous décrivons brièvement le système informatique réalisé. Une solution basée sur des données réelles est présentée afin d'illustrer le fonctionnement du système. Nos conclusions terminent cet article.

### **Revue de la littérature**

La littérature scientifique portant sur les problèmes de tournées est très abondante. Sans trop simplifier, nous pouvons classer les problèmes de tournées comme étant *statiques* ou *dynamiques (real-time)*. Un problème de tournée est dit statique si toutes les données du problème sont connues lors de la résolution et si aucune nouvelle information ne vient s'ajouter lors de l'exécution des routes. Un problème de tournée est dit dynamique si les données du problème ne sont pas toutes connues lors de la résolution du problème ou si de nouvelles informations peuvent arriver en tout temps lors de l'exécution des routes. Ajoutons qu'un problème est dit « purement dynamique » si aucune prévision des données future n'est suffisamment fiable ou acceptable.

Depuis les 30 dernières années, la très grande majorité des recherches s'est concentrée sur diverses versions du problème statique. Plusieurs revues de la littérature sur les problèmes de tournées sont disponibles (Bodin *et al.* 1983, Golden et Assad 1988, Laporte 1992B, Laporte 1993, Osman 1993 et Laporte et Osman 1995). Un autre axe de recherche très important en tournée porte sur le problème du voyageur de commerce (Lawler *et al.* 1985, Laporte 1992A, Laporte 1993); c'est à dire l'optimisation d'une seule route dans un contexte statique.

Les recherches sur les problèmes dynamiques de tournées ont connu une progression intéressante au cours des dernières années. L'augmentation de la vitesse de calcul et de la mémoire des ordinateurs, ainsi que l'évolution des diverses technologies de l'information et des communications, permettent maintenant d'attaquer efficacement les problèmes dynamiques. On ne peut imaginer des algorithmes de résolution vraiment dynamiques que s'il est possible de communiquer en temps réel avec les intervenants y compris les chauffeurs. L'avènement des ordinateurs de bord, des téléphones cellulaires et la possibilité d'utiliser Internet par téléphone offre la possibilité d'une meilleure planification (Savelsberg et Sol, 1998). Parmi les recherches récentes sur le problème dynamique, Ichoua, Gendreau et Potvin (2000) ont étudié l'impact de stratégies de diversions sur les routes des véhicules.

Les recherches qui se concentrent sur le problème de cueillettes et livraisons en présence de fenêtre de temps, comme c'est le cas du problème que nous traitons ici, se résument essentiellement aux travaux de Gendreau *et al.* (1998). Ces derniers ont implanté un système de planification des tournées en temps réel basé sur un algorithme tabou distribué sur un réseau d'ordinateurs en parallèle. Plus récemment, Mitrovic-Minic (2001) a proposé un système de planification en temps réel qui divise l'horizon de planification en deux parties et utilise une stratégie d'optimisation différente pour chacune des parties. Une autre application a été développée par Gendreau *et al.* (1999) pour le problème de tournées avec fenêtres de temps souples mais en l'absence de relations de présence de type cueillette-livraison.

On constate donc qu'il existe quelques approches basées sur des algorithmes sophistiqués et qui demandent de grande puissance de calcul. Ces algorithmes sont difficilement utilisables par des petites entreprises de courrier. Ils sont peu difficiles à programmer et demandent des ordinateurs puissants. Nous présentons dans cet article une approche simple, efficace et rapide, qui peut être utilisée via un site Internet. Cette approche est, à notre connaissance, la seule qui utilise une carte géographique numérisée ce qui répond aux besoins réels des entreprises œuvrant dans le domaine du courrier.

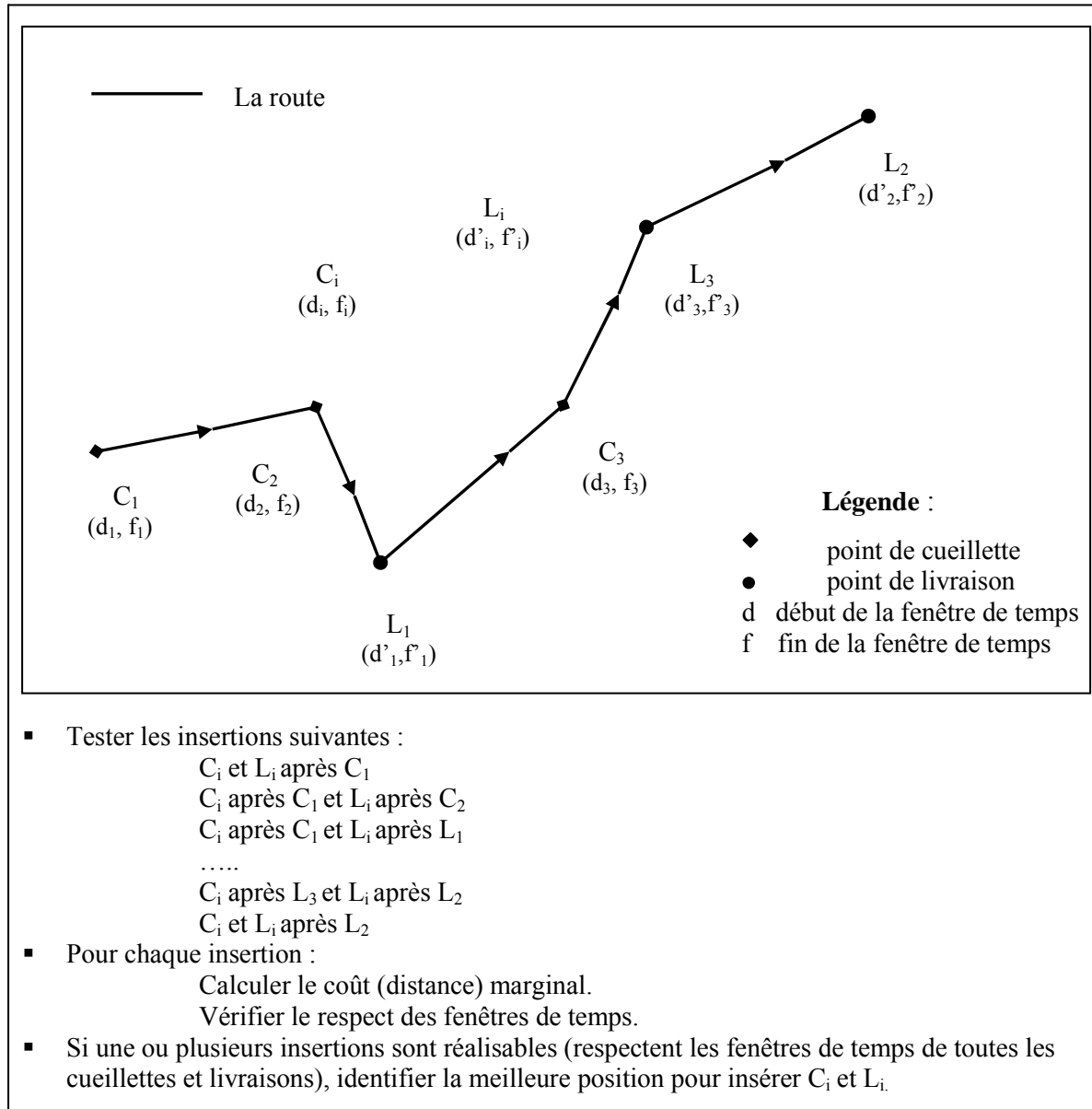
### **Affectation d'une nouvelle demande de service**

La méthode que nous proposons affecte en temps réel les nouvelles demandes de cueillette et de livraison aux véhicules en fonction de leur localisation, de leur disponibilité et de leur horaire planifié qui dépend des fenêtres de temps des commandes qu'ils doivent livrer. Pour ce faire, lorsqu'une nouvelle demande arrive, nous devons tenir compte des heures de livraison exigées pour cette demande et des temps de transports pour atteindre les points de cueillette et de livraison. Ces dernières informations nous sont fournies par le biais du logiciel *MapPoint*. L'algorithme de résolution communique donc avec *MapPoint* pour extraire les informations nécessaires pour mettre à jour la matrice des distances. C'est également *MapPoint* qui fournit les informations concernant le plus court chemin à utiliser pour joindre deux points quelconques sur le réseau routier.

Lorsqu'une nouvelle demande de service arrive, nous étudions le coût de l'insérer dans chacune des routes existantes ou de son affectation à une nouvelle route. Cela va nous permettre d'affecter la commande au véhicule correspondant au plus faible coût d'insertion. Par après, l'horaire de la route où la nouvelle demande sera insérée doit être mis à jour. Les prochaines sections présentent ces étapes.

## Insertion d'une nouvelle demande dans une route établie

La *figure 1* montre la méthode utilisée pour vérifier la faisabilité de l'insertion d'une nouvelle demande dans une route existante et par conséquent, comment choisir la meilleure insertion pour une nouvelle demande. Chaque nouvelle demande de service ( $i$ ) est caractérisée par un point de cueillette et un point de livraison ( $C_i, L_i$ ) ainsi que leur fenêtre de temps respectives notée  $(d_i, f_i)$  et  $(d'_i, f'_i)$ . L'objectif de l'algorithme de tournée consiste à insérer les points de cueillette et de livraison à l'intérieur de la tournée d'un véhicule en minimisant la distance additionnelle tout en respectant les contraintes de fenêtres de temps pour tous les points de cueillette et de livraison de la tournée.



**Figure 1 : Insertion d'une nouvelle demande dans une route existante**

Pour effectuer l'insertion des deux nouveaux points de cueillette et livraison, nous utilisons l'approche d'insertion double (Renaud, Boctor et Ouenniche, 2000), c'est-à-dire que pour chaque route, toutes les combinaisons d'insertion possibles des points de cueillette et de livraison sont testées. Chaque insertion est évaluée au niveau de la distance mais également au niveau de la faisabilité du temps. En effet, l'insertion d'un point de cueillette ou de livraison occasionne un retard dans les heures de visite des points qui sont plus loin dans la tournée. Une vérification du respect des fenêtres de temps doit donc être effectuée (voir Solomon (1986) et Solomon (1987) pour des références de base sur les problèmes avec fenêtres de temps). L'insertion de la nouvelle demande est testée sur l'ensemble des tournées existantes et l'insertion réalisable qui occasionne la plus faible augmentation de distance est sélectionnée. S'il est impossible d'insérer la nouvelle demande de façon réalisable, une nouvelle route est créée et un nouveau véhicule lui est affecté.

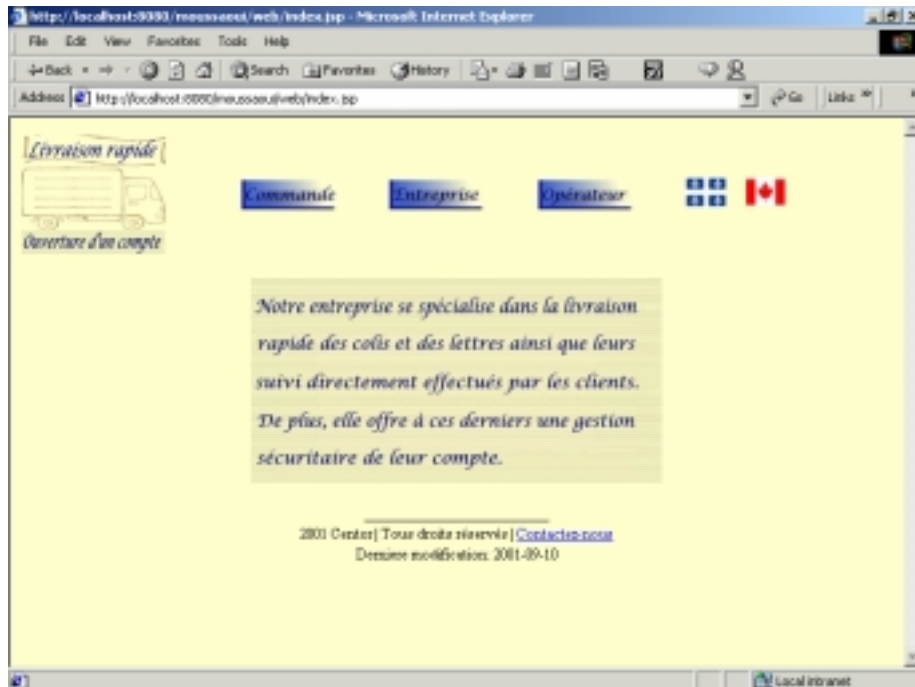
### **Établir l'horaire associé à une route**

Chaque route est caractérisée par la visite d'une série de points de cueillette et de livraison. Les points de cueillette peuvent avoir une heure minimale de visite, c'est-à-dire que le colis n'est pas disponible avant une heure déterminée. Les points de livraison ont quant à eux une heure maximale de visite qui est en fonction du type de service désiré. Le colis doit donc être livré avant l'heure maximale de livraison. La détermination des heures de cueillette et de livraison permet de définir l'horaire de la route. Il y a plusieurs stratégies pour déterminer un horaire de livraison tout en respectant les contraintes de temps. On peut par exemple, visiter chaque point le plus tôt possible; cela donne un horaire au plus tôt. Un autre horaire consiste à visiter chaque point le plus tard possible, ce serait un horaire au plus tard. Le nombre d'horaires possible dépend des marges disponibles sur les temps de cueillette et de livraison. Dans le cadre de ce travail, nous avons opté pour les horaires au plus tôt ce qui nous laisse plus de flexibilité pour planifier les nouvelles commandes qui pourraient arriver en tout temps. Cet horaire au plus tôt permet également de prendre en considération les imprévus qui peuvent se produire comme les travaux de construction dans une route, les pannes des véhicules ou les incidents. Notons cependant que la détermination des horaires des tournées dans un environnement dynamique est un sujet important qui mérite de faire l'objet de recherches approfondies.

Une fois que la demande a été insérée et les horaires mis à jour, le système est en attente de l'arrivée d'une nouvelle demande de service. Durant cette attente, le système effectue le suivi des routes et effectue les mises à jour nécessaires en fonction des livraisons qui sont effectuées. Lors de l'arrivée d'une nouvelle demande, les étapes précédentes seront tout simplement répétées.

### **Le système informatique réalisé**

Le site Web réalisé offre plusieurs fonctionnalités aux clients et à l'opérateur du site. Sur la page d'accueil (cf. figure 2) se trouvent deux drapeaux permettant aux clients de naviguer sur le site en anglais ou en français. On trouve également une métaphore visuelle à savoir le logo de l'entreprise. Celui-ci est situé en haut à gauche de la page.



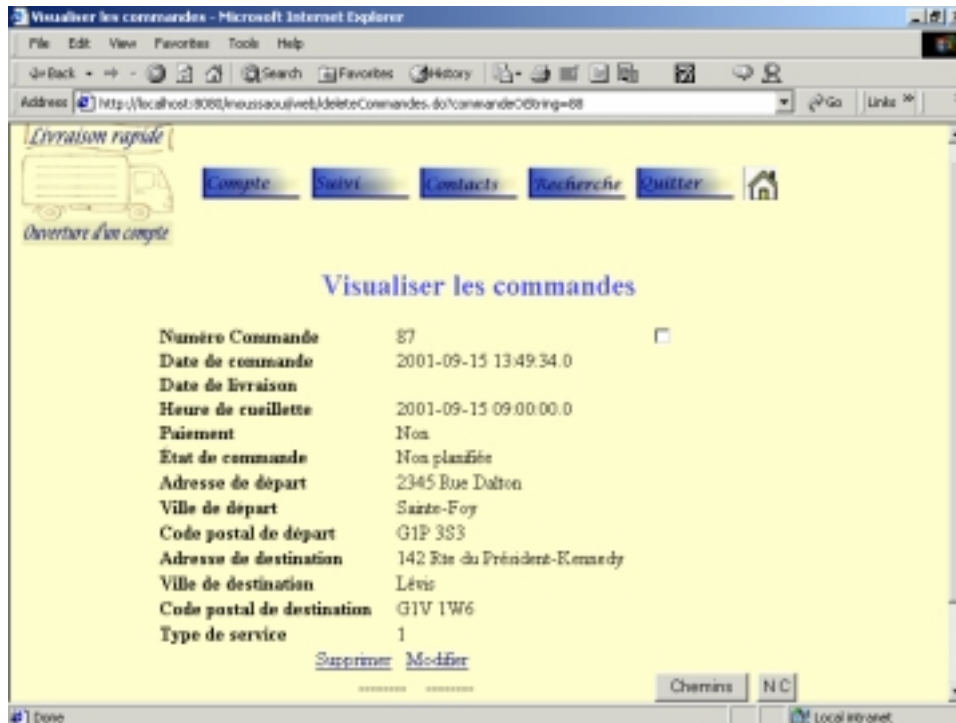
**Figure 2 : Page d'accueil**

Concernant l'interface destinée aux clients, chaque client doit s'identifier à l'aide de son nom d'utilisateur ainsi que son mot de passe pour pouvoir accéder à son menu principal. Le client a la possibilité de consulter son dossier personnel et modifier son profil en cas de besoin. Il a également la possibilité de saisir une commande via le formulaire présenté dans la figure 3 et à faire le suivi de ses commandes. Il peut modifier la commande par lui-même si celle-ci est non planifiée (c'est à dire qu'il n'a pas été insérée dans une route existante), ou il peut soumettre à l'opérateur une demande de modification dans le cas contraire.



**Figure 3 : Page de saisie de la commande**

Concernant l'interface destinée à l'opérateur du site, chaque opérateur doit s'identifier pour pouvoir y accéder. À travers son menu principal, l'opérateur effectue le suivi de toutes les commandes établies par les clients afin de définir les trajets (cf. figure 4). Il a par ailleurs la possibilité d'effectuer des modifications à la demande du client. Enfin, il dispose d'une fonction de recherche de commandes à l'aide de leur numéro.



**Figure 4 : Page de suivi et d'affectation des commandes**

### Difficultés rencontrées lors de la réalisation du système

Le site Web a été développé avec le langage de programmation Java puisqu'il peut être exécuté sur plusieurs plates-formes comme Windows, Macintosh, Solaris et Unix. La présentation des pages Web a été effectuée par le biais de l'outil *Java Server Pages (JSP)*. En effet, ce dernier outil de la compagnie Sun se distingue des autres comme *Active Server Pages (ASP)* de la compagnie Microsoft. En effet, les pages ASP sont compilées à chaque fois qu'une requête est effectuée; tandis que les pages JSP sont rapides à télécharger puisqu'elles sont déjà compilées et exécutées une seule fois lors de leur première requête.

Par ailleurs, nous avons choisi *Microsoft MapPoint* comme logiciel de visualisation en raison de sa convivialité, de la disponibilité de la carte de la ville de Québec et de sa capacité à effectuer le calcul automatique du chemin le plus court. Toutefois, l'incompatibilité existante entre les objets Java et ceux de Microsoft exige une solution qui permet d'intégrer les fonctionnalités du logiciel *MapPoint* dans notre application. L'outil *J-Integra* nous a permis de résoudre cette problématique. Cependant, les classes Java générées par *J-Integra* ne sont pas documentées. Certes, un effort considérable de la part du programmeur est nécessaire pour comprendre l'architecture de l'application et le rôle de différentes méthodes existantes.

## Illustration

Les données utilisées pour effectuer cette illustration nous ont été fournies par une compagnie de courrier rapide de la région de Québec. Nous possédons toutes les informations utiles pour une journée de travail, à savoir l'heure de cueillette, l'adresse de la cueillette, l'adresse de la livraison et enfin le type de service demandé par les clients (livraison dans une heure, 2 heures, 4 heures ou 24 heures).

Au début de la planification, nous allons affecter les commandes connues d'avance. Celles-ci sont présentées au tableau 1.

**Tableau 1 : Les données liées aux trois commandes connues d'avance**

Numéro de commande	Heure de cueillette	Adresse de cueillette (C)	Ville de cueillette	Adresse de livraison (L)	Ville de livraison	Type de service
<b>1</b>	9 H	2345 Rue Dalton	Sainte-Foy	142 Rte du President-Kennedy	Lévis	4 H
<b>2</b>	9H 05 mn	1430 Boulevard Central	Québec	437 Rue Adanac	Beauport	2 H
<b>3</b>	9H 10 mn	375 Chemin des Quatres-Bourgeois	Sainte-Foy	780 Boulevard St-Joseph	Québec	1 H

La solution donnée par le système est présentée au tableau 2 et la figure 5. Le temps nécessaire pour effectuer ce trajet est de 63 minutes et la distance à parcourir est de 46, 5 miles.

**Tableau 2: Les opérations et l'horaire du véhicule 1**

Numéro de point C / L	Heure de C / L	Adresse de C / L	Heure limite de livraison	Heure minimale de cueillette
<b>C1</b>	9 H	2345 Rue Dalton		9 H
<b>C2</b>	9 H 05 mn	1430 Boulevard Central		9 H 05 mn
<b>L1</b>	9 H 23 mn	142 Rte du President-Kennedy	13 H	
<b>C3</b>	9 H 37 mn	375 Chemin des Quatres-Bourgeois		9 H 10 mn
<b>L2</b>	9 H 53 mn	437 Rue Adanac	11 H 05 mn	
<b>L3</b>	10 H 03 mn	780 Boulevard St-Joseph	10 H 10 mn	

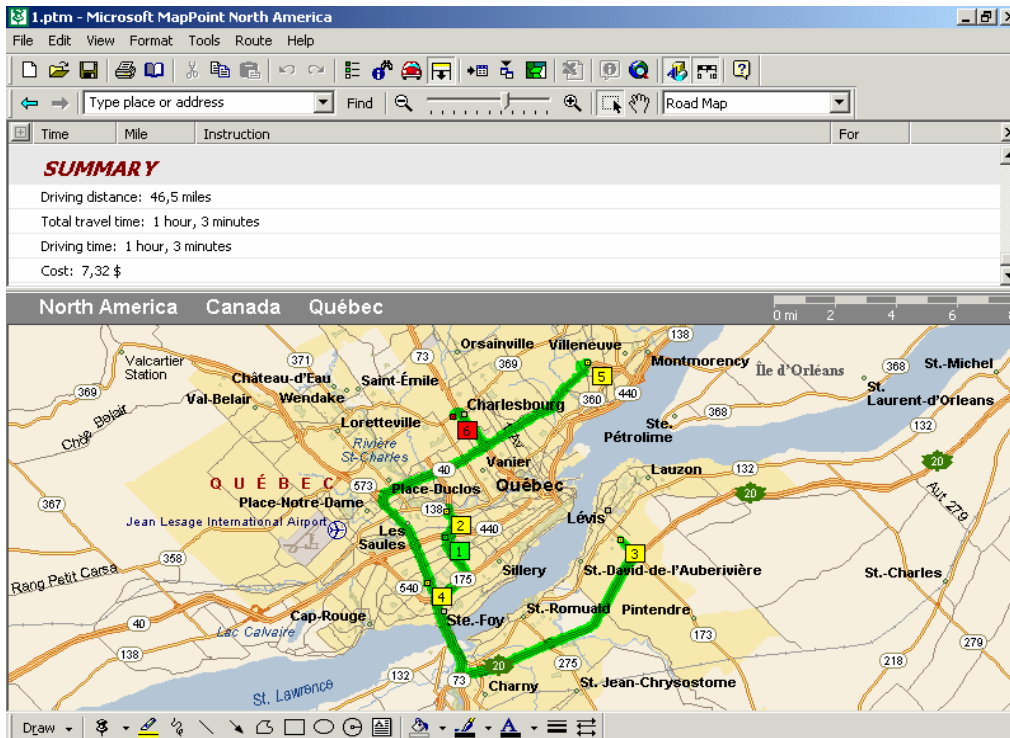


Figure 5 : La route du véhicule 1

À l'arrivée de la nouvelle commande suivante :

Tableau 3 : Les données liées à la nouvelle commande

Numéro de commande	Heure de cueillette	Adresse de cueillette (C)	Ville de cueillette	Adresse de livraison (L)	Ville de livraison	Type de service
4	9 H 12 mn	301 Rue de Dieppe	Québec	300 Rue Abraham-Martin	Québec	2 H

Le système nous fournit la solution présentée au tableau 4 et la figure 6. Cette nouvelle demande a été affectée au même véhicule. Le temps nécessaire pour effectuer ce nouveau trajet est de 81 minutes et la distance à parcourir est de 50,9 miles.

Tableau 4 : Les opérations et le nouvel horaire du véhicule 1

Numéro de point C / L	Heure de C / L	Adresse de C / L	Heure limite de livraison	Heure minimale de cueillette
C1	9 H	2345 Rue Dalton		9 H
C2	9 H 05 mn	1430 Boulevard Central		9 H 05 mn
C3	9 H 11 mn	375 Chemin des Quatres-Bourgeois		9 H 10 mn
L2	9 H 26 mn	437 Rue Adanac	11 H 05 mn	
C4	9 H 40 mn	301 Rue de Dieppe		9 H 12 mn
L3	9 H 49 mn	780 Boulevard St-Joseph	10 H 10 mn	
L4	9 H 58 mn	300 Rue Abraham-Martin	11 H 12 mn	
L1	10 H 21 mn	142 Rte du President-Kennedy	13 H	

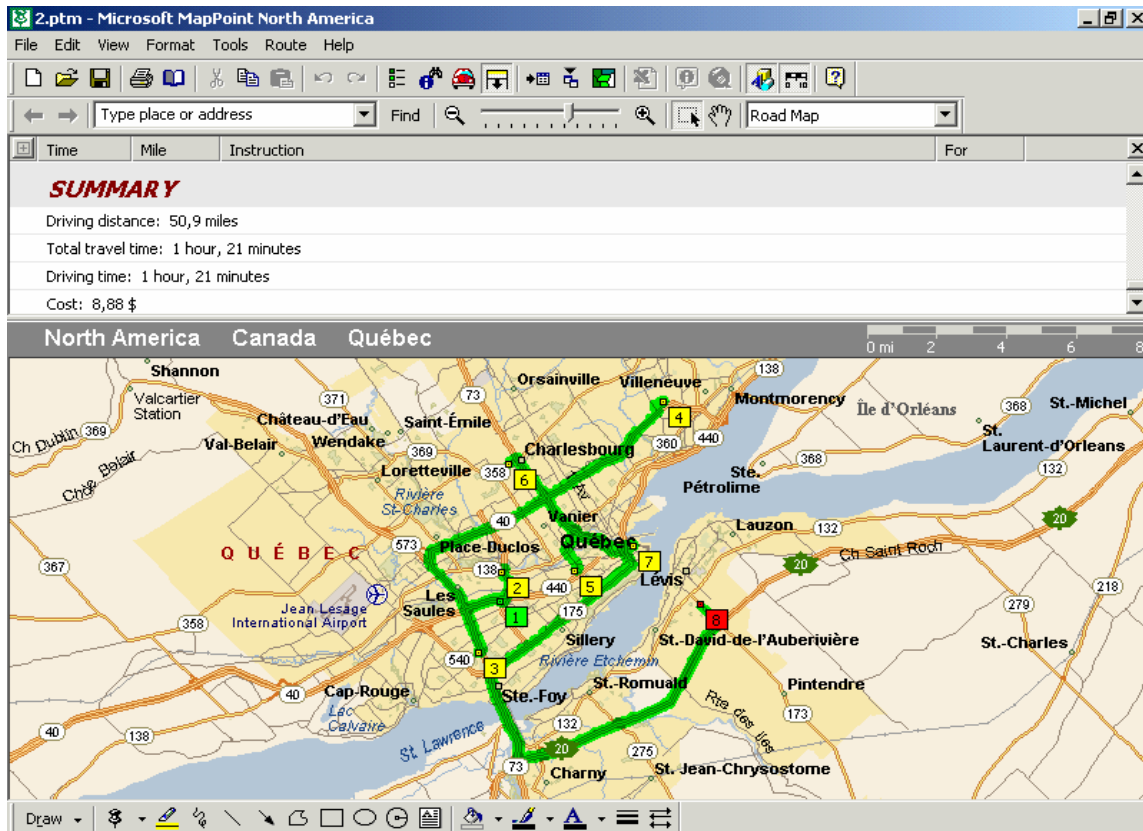


Figure 6 : La nouvelle route du véhicule 1

## Conclusions

Dans cet article, nous montrons comment planifier les tournées des véhicules pour une entreprise de courrier rapide opérant dans une ville ou une agglomération de villes voisines. La mise en place d'un site Web dynamique incluant des systèmes sophistiqués de routage et de suivi ainsi que des outils de visualisation comme *MapPoint* permettraient des économies importantes. Ces économies pourraient constituer un avantage compétitif majeur pour les différents intervenants.

Concernant le site réalisé, plusieurs outils informatiques nous ont permis de le développer. Parmi ces derniers, on trouve *Java Server Pages* et *Struts* qui sont les meilleurs pour le développement des sites Web dynamiques comparativement à d'autres outils disponibles sur le marché.

L'outil *J-Integra* nous a permis de résoudre l'incompatibilité existante entre les objets Java et ceux de Microsoft. Toutefois, à notre avis, l'interaction entre deux systèmes différents, à savoir Java et Microsoft, reste une solution envisageable seulement dans le cas où nous n'aurions pas la possibilité de recourir à des outils faisant partie du même système.

Concernant le design du site, nous pouvons dire qu'il respecte la majorité des principes de convivialité :

- Les métaphores sont adaptées à la connaissance de l'utilisateur;
- Le site guide l'utilisateur même en cas d'erreur;

- L'utilisateur peut effectuer un choix de langue;
- Les pages du site sont harmonieuses et homogènes, etc.

Toutefois, l'évaluation du site reste à compléter. Pour aboutir à un bon jugement concernant l'efficacité du site, il faut se référer à plusieurs évaluations (Nielsen, 1994). Plus le nombre d'experts participant à l'évaluation est élevé, plus on détecte de problèmes et plus on va les résoudre. Il est important de signaler que pour dégager les anomalies du design d'un site, il est préférable d'alterner les tests avec les utilisateurs potentiels du site et de faire des évaluations avec des experts.

Concernant le système d'aide à la décision développé, nous pouvons dire qu'il facilite la tâche à l'opérateur afin de planifier efficacement la distribution du courrier. En effet, ce système permet de maximiser le respect des délais demandés par les clients et également minimiser les coûts de distribution par le choix de la tournée la plus courte possible. Toutefois, il est encore possible d'améliorer la performance de ce système et de réduire le temps d'exécution.

### Références

- Bodin L., Golden B., Assad A. et Ball M.(1983) Routing and scheduling of vehicles and crews. The state of the art. *Computers and Operations Research*, 10, 2, 63-211.
- Gendreau M., Guertin F., Potvin J.-Y. et Séguin R.(1998) Neighborhood search heuristics for a dynamic vehicle dispatching problem with pick-ups and deliveries. Document de travail CRT 98-10, Centre de recherche sur les transports de Montréal.
- Gendreau M., Guertin F., Potvin J.-Y. et Taillard É.(1999) Parallel tabu search for real time vehicle routing and dispatching. *Transportation Science*, 33, 4, 381-390.
- Golden B. L. et Assad A. A.(1988) *Vehicle Routing: Methods and Studies*. Elsevier Science Publishers.
- Ichoua S., Gendreau M. et Potvin J.-Y.(2000) Diversion issues in real-time vehicle dispatching. *Transportation Science*, 34, 4, 426-438.
- Laporte G.(1992a) The traveling salesman problem: An overview of exact and approximate algorithms. *European Journal of Operational Research*, 59, 231-247.
- Laporte G.(1992b) The vehicle routing problem: An overview of exact and approximate algorithms. *European Journal of Operational Research*, 59, 345-358.
- Laporte G.(1993) Recent algorithmic Developments for the traveling salesman problem and the vehicle routing problem. *Ricerca Operativa*, 23, 68, 5-27.
- Laporte G. et Osman I. H.(1995) Routing Problems : A Bibliography. *Annals of Operations Research*, 61, 227-262.
- Lawler E. L., Lenstra J. K., Rinnooy Kan A. H. G. et Shmoys D. B.(1985) *The traveling salesman problem. A guided tour of combinatorial optimization*. John Wiley.
- Mitrović-Minić, Sněžana (2001) The dynamic pickup and delivery problem with time windows, Ph. D. thesis, School of computing, Simon Fraser University.
- Osman I. H.(1993) Metastrategy simulated annealing and tabu search algorithms for the vehicle routing problem, *Annals of Operations Research*, 41, 421-451.
- Renaud J., Boctor F. F. et Ouenniche J.(2000) A routing heuristic for the pickup and delivery traveling salesman problem, *Computers and Operations Research*, 27, 9, 905-916.
- Savelsbergh M. and Sol M.(1998) DRIVE : Dynamic Routing of Independant Vehicles. *Operations Research*, 46, 4, 474-490.

- Solomon Marius M.(1987) Algorithms for the vehicle routing and scheduling problems with time window constraints. *Operation Research*, 35, 2, 254-265.
- Solomon Marius M.(1986) On the worst-case performance of some heuristics for the vehicle routing and scheduling problem with time window constraints. *Networks*, 16, 161-174.
- Nielsen Jakob (1994) How to Conduct a Heuristic Evaluation, [WWW.useit.com/papers/heuristic/heuristic\\_evaluation.html](http://WWW.useit.com/papers/heuristic/heuristic_evaluation.html)