

Transport routier de marchandises : contexte, enjeux et problématique

Introduction

L'objectif de ce premier chapitre est de présenter le contexte dans lequel se situent les travaux de cette thèse. Il est composé de trois sections. La section 1.1 présente notre constat sur l'augmentation du nombre de marchandises dans le monde ainsi que les différents modes de transport utilisés. Le mode de transport le plus utilisé pour réaliser la dernière étape de livraison reste le transport routier. Dans ce dernier mode, nous présentons dans la section 1.2 l'intérêt de la satisfaction client. Pour cela, les différents niveaux de prise de décision (stratégique, tactique et opérationnel) et de l'utilisation de la planification sont détaillés pour répondre aux besoins des clients. La planification opérationnelle étant l'étape la plus détaillée, la section 1.3 présente les étapes journalières de la planification opérationnelle dans le transport routier de marchandises. L'observation de différences importantes entre le planning prévu et le planning réalisé, dues entre autres aux perturbations qui surviennent pendant la réalisation des tournées, permet d'introduire notre problématique de recherche :

Comment aider le planificateur du transport routier de marchandises à choisir un planning dans un contexte risqué ?

1.1 Le transport de marchandises

Aujourd'hui voyager devient de plus en plus simple. Que ce soit par voie terrestre, aérienne ou même maritime, de plus en plus de moyens sont mis à notre disposition pour rejoindre notre destination finale. Cependant, nous ne sommes pas les seuls à voyager. Nos biens de consommation se déplacent aussi.

1.1.1 Les différents modes de transport

Selon Venturelli et al. (2006) les modes de transport de marchandises peuvent être classés selon deux familles, les transports "Oversea" (outre-mer) et les transports terrestres.

La dénomination "Oversea" correspond au fait que les transports sont effectués outre les océans. Dans le transport "Oversea", les deux modes de transport considérés sont le transport aérien et le transport maritime.

Les transports terrestres concernent les modes de transport permettant de livrer sur des distances plus faibles, souvent restreintes à un seul continent. Les trois modes de transport les plus connus sont le fluvial, le ferroviaire et le routier.

Le transport aérien est l'un des derniers modes de transport apparu pour le transport de marchandises. Son apparition date du 20ème siècle, où il s'est développé initialement pour transporter du courrier. Aujourd'hui, ce service est le plus coûteux et le plus rapide. Cependant, il n'est pas adapté pour les marchandises lourdes car l'avion est limité par sa charge utile.

Le transport maritime joue un rôle crucial dans le commerce mondial (Bauchet, 1991). En opposition à l'aérien, ce transport est l'un des plus vieux de l'histoire : dès l'antiquité, les civilisations utilisaient le bateau pour déplacer les marchandises ou matières premières qu'ils utilisaient (Célérier, 1965). Aujourd'hui, le transport maritime est considéré comme lent mais possède de nombreux avantages comme sa grande capacité pour transporter les marchandises, son coût relativement faible et la possibilité de parcourir de grandes distances.

Le transport fluvial peut être associé au transport maritime car il possède les mêmes avantages. Il permet de transporter des tonnages importants de manière peu coûteuse. Cependant, ce mode de transport est très dépendant des voies navigables du pays ou du type de marchandise transportée.

Le transport ferroviaire est un mode de transport très compétitif car il permet de transporter des petits colis, des colis volumineux ainsi que des colis lourds. Cela montre la diversité qu'il peut proposer. De plus, c'est un transport peu coûteux. Il dépend cependant du réseau ferroviaire disponible. C'est-à-dire que la vitesse de transport dépend de la qualité du réseau ferroviaire et que les destinations possibles dépendent de la diversité de ce réseau.

Le transport routier est le mode de transport le plus visuel car le réseau routier est le même pour les voyageurs que pour les marchandises. Le transport routier est composé de deux parties : le transport grande distance et le transport dernier kilomètre (inférieur à 150km). La partie grande distance est souvent en concurrence avec les autres modes de transport terrestres. Tandis que la partie dernier kilomètre correspond à la particularité du transport routier car il permet d'effectuer la livraison à la porte du client.

1.1.2 Augmentation du volume de marchandises transportées

Dans le transport maritime, selon l'OCDE¹, la quantité de marchandises par pays est en augmentation depuis plus de 40 ans. Pour arriver à ce constat, l'OCDE prend en compte l'évolution de la quantité de marchandises transportées par voie maritime en milliers de tonnes pour un ensemble de 35 pays. La Corée, le Japon et les États-Unis sont les plus gros exportateurs. En 2016, la Corée a exporté 437 063 milliers de tonnes, le Japon 281 267 milliers de tonnes et les États-Unis 275 912 milliers de tonnes. La figure 1.1 montre la quantité de marchandises transportées par voies maritimes entre 1994 et 2015. Ces chiffres, extraits de l'OCDE, permettent de voir que la globalité des marchandises transportées sur les 35 pays est en augmentation constante sur plus de 20 ans.

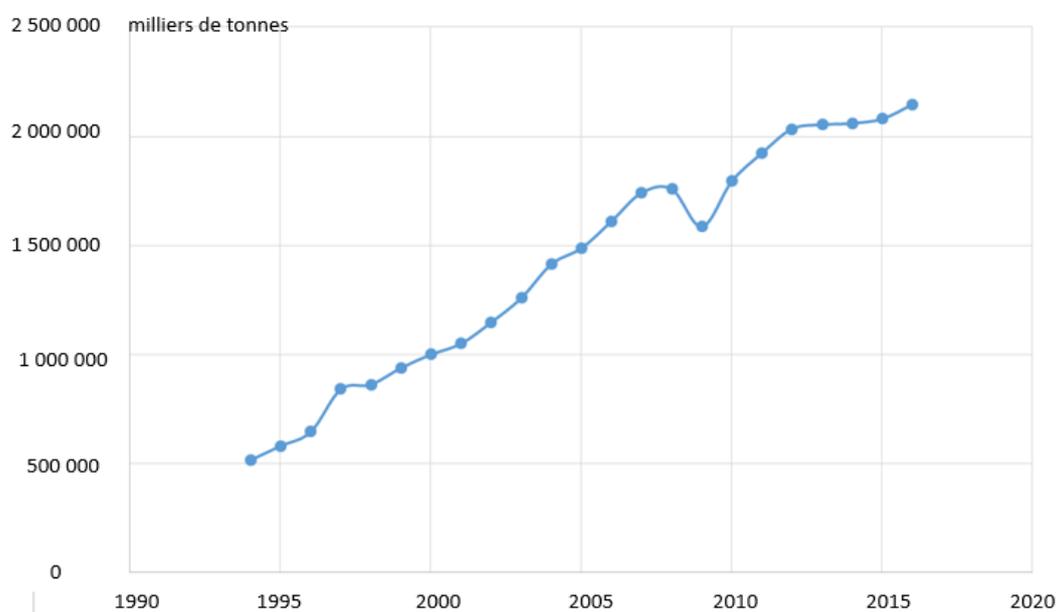


Figure 1.1 – Vision globale de la quantité de marchandises transportées en milieu maritime

D'après les chiffres présentés par l'OCDE sur le transport terrestre, le nombre de marchandises transportées augmente pour les 31 pays dont les données sont présentes. Les États-Unis utilisent énormément le transport terrestre : la quantité transportée était de 4 490 467 millions de tonnes-kilomètres en 1980 pour 7 730 254 millions de tonnes-kilomètres en 2011. Pour l'Australie, le transport terrestre passe de 60 814 millions de tonnes-kilomètres en 1970 à 613 610 en 2015 millions de tonnes-kilomètres ou encore le Canada passe de 387 006 millions de tonnes-kilomètres en 1996 à 664 561 millions de tonnes-kilomètres en 2015, ou encore la Pologne dont le transport

1. OCDE : Organisation de Coopération et de Développement Économiques : <http://www.oecd.org/fr/>

terrestre passe de 124 296 millions de tonnes-kilomètres en 1970 à 425 313 millions de tonnes-kilomètres en 2017.

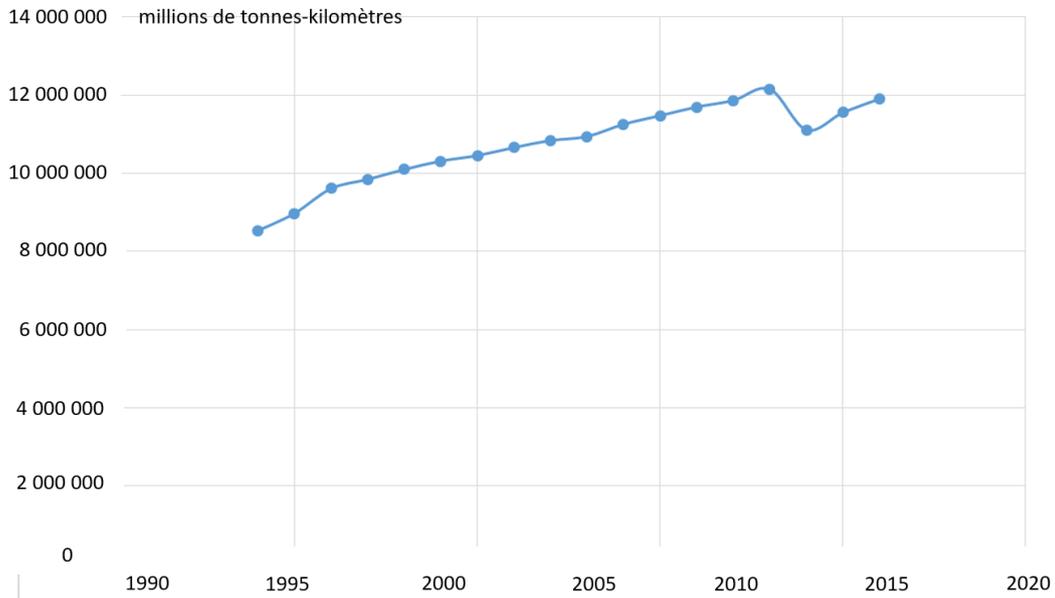


Figure 1.2 – Vision globale de la quantité de marchandises transportées par voie terrestre

L'analyse de l'évolution en millions de tonnes-kilomètres cumulés (figure 1.2) sur la période 1994-2011 montre une augmentation de l'utilisation des transports terrestres passant de 8 538 503 millions de tonnes-kilomètres en 1994 à 11 906 270 millions de tonnes-kilomètres en 2011.

Maintenant que nous avons observé l'augmentation des mouvements de marchandises entre pays et à l'intérieur de chaque pays, prenons le cas de la France pour illustrer l'évolution du transport terrestre. Sauvart (2002) montre la croissance des flux de transport de marchandises en France par rapport à la croissance économique du pays pour les transports terrestres. Son graphique figure 1.3 illustre tous les modes de transports terrestres (fluvial, ferroviaire et routier) entre 1830 et 2000. La tendance de tous les transports montre une augmentation de la quantité de marchandises transportées. Dans ce même ouvrage, Sauvart (2002) présente un autre graphique, reproduit figure 1.4, qui montre le déclin du transport fluvial, lorsque le ferroviaire était majoritaire et l'explosion de l'utilisation du transport routier à partir de 1945.

Cette section a permis de montrer l'augmentation de la quantité des marchandises transportées. Après avoir observé une augmentation constante des tonnages de marchandises livrées et notamment par voie terrestre, nous allons nous intéresser plus particulièrement à la phase de livraison des marchandises au client final dite livraison dernier kilomètre.

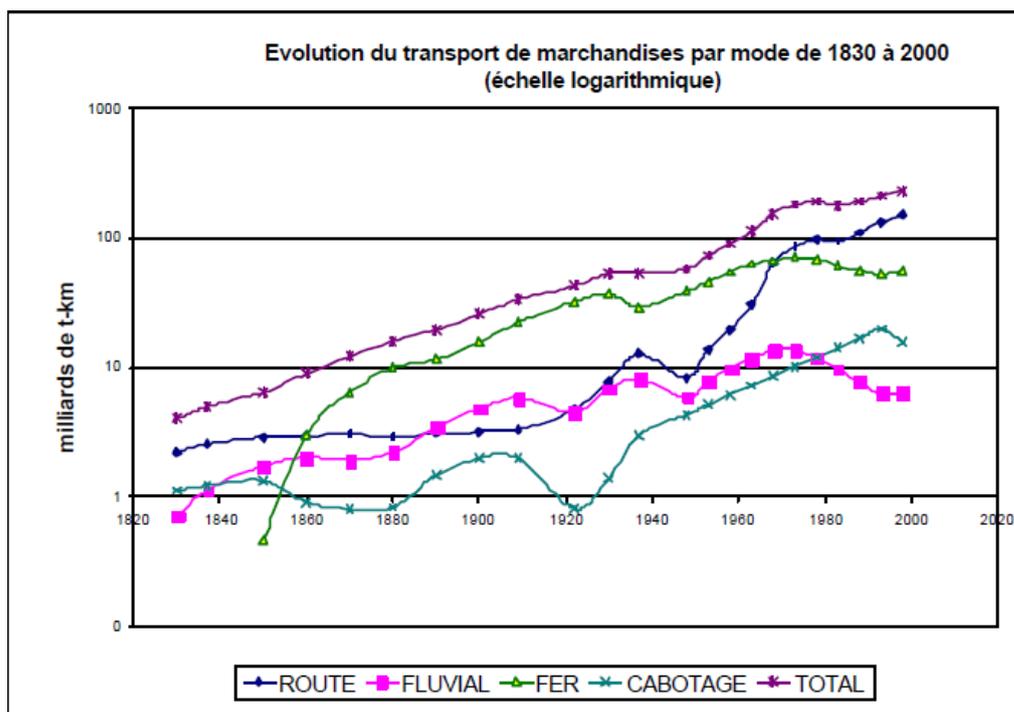


Figure 1.3 – Quantité de marchandises sur les voies terrestres en France (Sauvant, 2002)

1.1.3 La livraison au client final

Venturelli et al. (2006) exposent dans leur ouvrage une vision détaillée du transport logistique avec une partie décrivant le transport de marchandises. Un tableau récapitulatif des différents modes de transport (Aérien, Maritime, Fluvial, Ferroviaire et Routier), présente les caractéristiques de chaque mode. Les différentes caractéristiques décrivent chaque mode de transport pour savoir s'il est adapté :

- aux petits colis ;
- aux colis volumineux ;
- aux produits lourds ;
- aux transports combinés autres que les conteneurs ;
- au porte à porte.

Elles décrivent également le coût, les contraintes d'emballage et la rapidité. Venturelli et al. (2006) présentent le transport routier de marchandises comme le seul transport pouvant effectuer la livraison porte à porte sauf cas exceptionnels. Les cas exceptionnels sont l'installation d'un terminal embranché pour les transports aérien et ferroviaire et l'installation d'un site portuaire pour les transports maritime et fluvial.

Une marchandise va être transportée par plusieurs moyens de transport avant d'atteindre le client final, cela s'appelle le transport multimodal. Cependant dans la majorité des cas, le transport routier permet d'effectuer la dernière livraison. Nous

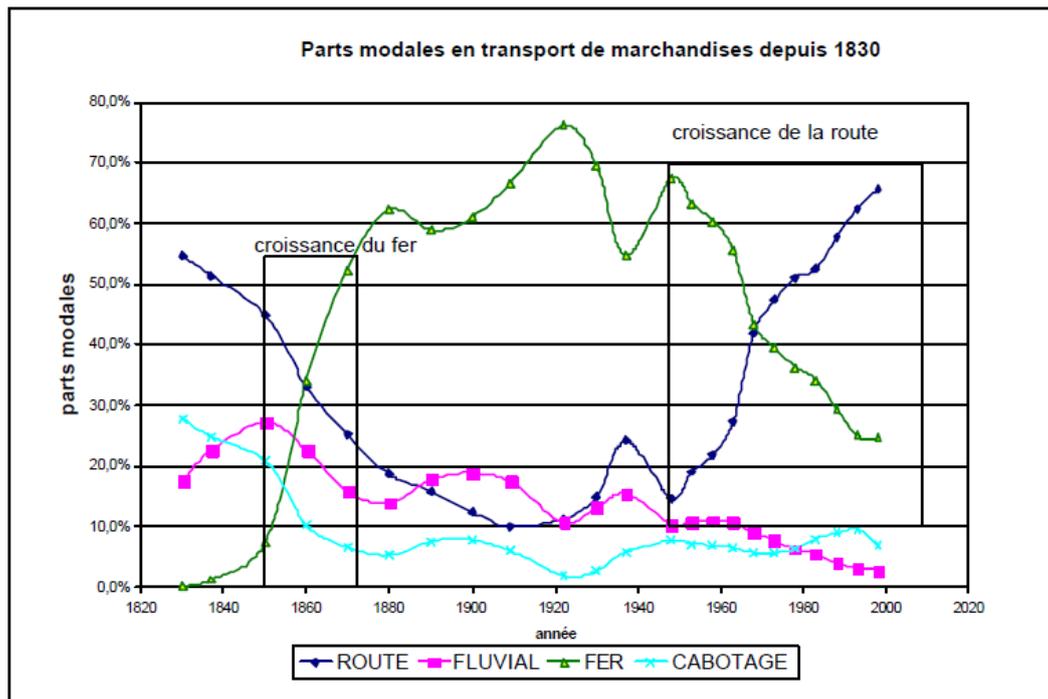


Figure 1.4 – Pourcentage de répartition des utilisations des voies terrestres en France (Sauvant, 2002)

allons donc nous intéresser au transport routier de marchandises pour la suite du manuscrit.

Aujourd’hui, selon le ministère de la transition écologique et solidaire², en France, le transport de marchandises routier correspond à 87.1% du transport de marchandises terrestre. Environ 34 800 entreprises sont présentes dans ce secteur pour un total de 351 400 employés en 2015. D’un point de vue de la livraison finale, 78 % des tonnages sont transportés dans un rayon de moins de 150 km, ce qui montre que la majorité des marchandises doit être acheminée sur des petites distances.

Cette section a présenté l’augmentation du tonnage des marchandises à transporter jusqu’au client final. Cela nous a amené à nous intéresser au transport routier de marchandises, souvent le dernier intermédiaire de cette livraison. En France, de nombreuses entreprises se positionnent sur ce marché du transport routier de marchandises. Cela génère de la concurrence entre les entreprises. Pour avoir des parts de marché ou les garder, les entreprises de transport routier sont dans l’obligation de satisfaire au mieux le client.

2. Site du ministère : <https://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/economie-du-secteur-du-transport-marchandises-trm>

1.2 La gestion de la livraison dernier kilomètre

Pour satisfaire le client, l'entreprise de transport prend des décisions pour effectuer la livraison dernier kilomètre. Dans cette section, nous verrons les trois niveaux (stratégique, tactique et opérationnel) de prise de décision ainsi que les outils utilisés.

1.2.1 Les différentes prises de décision

Les décisions dans les entreprises de transport routier de marchandises se font à trois échelles de temps différentes. Les décisions peuvent concerner le long terme, le moyen terme ou le court terme.

Le **niveau stratégique** correspond à des prises de décision long terme. Ces décisions sont le plus souvent prises par la direction générale. Elles peuvent être prises pour un horizon de plusieurs mois ou années. Elles concernent, par exemple, le choix de la flotte de transport, notamment sur l'aspect environnemental et la quantité des ressources à mobiliser de façon globale pour estimer la taille de flotte nécessaire. Elles peuvent aussi s'intéresser au choix des ressources humaines, au choix du système informatique utilisé... Le niveau stratégique concerne donc les enjeux économiques, environnementaux et sociétaux de chaque entreprise.

Le **niveau tactique** correspond à des prises de décision à moyen terme. Selon Montoya-Torres et al. (2016), dans le domaine de la livraison de marchandises, « la planification tactique, correspond à la phase de planification à moyen terme concernant les prévisions, les expéditions, les stocks, la gestion de la production et le contrôle de la qualité ». Ces décisions, souvent prises par les responsables d'exploitation ou les responsables de site, peuvent également concerner les sujets comme la fréquence de livraison d'un client, la politique de groupage des livraisons, les itinéraires et modes de transport pour chaque demande. L'horizon des décisions peut varier de plusieurs jours à plusieurs semaines.

Ces décisions cherchent à satisfaire les clients qui reçoivent les marchandises. Selon Esper et al. (2003), « les décideurs en matière de logistique devraient se concentrer sur les questions de transport et de livraison en tant que composantes clés de la satisfaction des consommateurs en ligne ». Cependant comme le dit le proverbe, « le client est roi » et cela expose le transport de marchandises à de plus en plus d'exigences du client qui peuvent être de plus en plus difficiles à gérer. Le client peut refuser une commande si la livraison a un retard d'une minute et demander la réalisation de cette livraison le lendemain. Il peut demander un véhicule sécurisé, ou dédié avec les couleurs de son entreprise. Le client peut refuser de mélanger ses marchandises avec celle d'un autre client...

Le **niveau opérationnel** correspond à des prises de décisions court terme. Les décisions opérationnelles correspondent au travail de l'exploitant ou du planificateur. Pour ce niveau, l'horizon est court terme, d'environ une journée. Le planificateur essaie de répondre aux objectifs demandés au niveau stratégique par l'entreprise

de transport et au niveau tactique par les exigences clients. Le planificateur est le coordinateur entre l'ensemble des exigences clients, les exigences de l'entreprise ainsi que les ressources qui lui sont mises à disposition.

Pour structurer l'activité de l'entreprise de transport de marchandises, des planifications sont réalisées aux niveaux tactique et opérationnel.

1.2.2 Planification et outils de planification

Au niveau tactique, un plan de transport est réalisé. Ce plan de transport est une première vision de planning macroscopique qui permet à l'entreprise de projeter l'ensemble des ressources qui lui seront nécessaires pour les prochaines semaines ou jours à venir que ce soit pour les véhicules ou pour les conducteurs. Son objectif est de faciliter la planification opérationnelle.

Lundi	Mardi	Mercredi	Jeudi	Vendredi	Samedi	
						Client 1 3h45
						Client 2 14h45
13h		14h	14h	13h		Client 3 entre 12h30 et 15h30
						Client 4 11h
						Client 5 5h15
Semi	Semi	Semi	Semi			Client 6 7h30
						Client 7 7h30
Livraison	Enlèvement		Livraison	Enlèvement		Client 8 17h
						Client 9 10h
Conducteur1 9h	Conducteur1 10h	Conducteur1 10h	Conducteur1 9h			Client 10 21h
						Client 11 entre 9h et 12h
						Client 12 7h
Porteur	Porteur		Porteur	Porteur		Client 13 9h
						Client 14 12h
5 Tours	4 Tours	2 Tours	3 Tours	3 Tours		Client 15 6h

Figure 1.5 – Exemple d'un plan de transport

La figure 1.5 est un exemple de plan de transport. Sur la colonne de droite se trouve l'ensemble des clients à livrer avec des petites précisions sur la particularité du client. Les six premières colonnes sont les jours de la semaine. Si la case est grise cela signifie que le client ne doit pas être livré ce jour-là. A l'intérieur des cases se trouvent des informations complémentaires comme des heures à respecter, le type de véhicule à utiliser (semi, porteur), s'il s'agit d'une livraison ou d'un enlèvement... Ce plan de transport donne une vision macroscopique de l'ensemble des clients à livrer sur une semaine. Mais au moment de sa construction, il peut manquer des informations comme la quantité de palettes à livrer par exemple. L'horizon présenté par un plan de transport est d'une semaine et la fréquence de modification peut varier d'une semaine si les clients sont ponctuels à quelques mois si les clients sont réguliers pour l'entreprise de transport.

Au niveau opérationnel, la planification réalisée s'appelle un planning journalier. Un planning journalier est précis, il indique les différents clients à livrer, quel conducteur est chargé de la livraison et avec quel véhicule. L'horizon planifié est d'une journée et la

fréquence de modification est également quotidienne. Le nombre de palettes par client peut être précisé pour éviter les erreurs de livraison. La planification opérationnelle est souvent vue comme la détermination du trajet optimum (Montoya-Torres et al., 2016).

Pour piloter toutes ces prises de décisions, des logiciels appelés Transport Management System ont été conçus pour aider le planificateur. Les TMS (Transport Management System) permettent de générer un planning selon différents types d'optimisation que ce soit la durée de réalisation, le taux de remplissage des véhicules, etc.

L'objectif de cette partie n'est pas de faire une revue de la littérature des TMS (Transport Management System) ou logiciel de gestion du transport mais de parler de l'ensemble des fonctionnalités que couvre ce type de logiciel. Comme le précise le site "<https://www.faq-logistique.com>", les TMS couvrent de plus en plus d'activités dans le domaine du transport.

Pour le domaine du transport routier de marchandises, les fonctionnalités proposées par les TMS sont :

- l'optimisation et conception des schémas de transport ;
- la construction et analyse des budgets de transport ;
- la planification des tournées de livraison et/ou collecte ;
- l'optimisation des tournées ;
- l'optimisation des chargements (taux de remplissage) ;
- la traçabilité en temps réel des expéditions ;
- le suivi des anomalies et des réserves de transports ;
- la pré-facturation du transport
- le reporting, par la présence d'indicateurs comme : respect des délais de livraison, taux de remplissage des camions, taux d'occupation des moyens de transport, émissions de CO₂.

Il est important de noter qu'aujourd'hui les besoins des entreprises sont multiples et variés. Les entreprises ne fonctionnent pas de la même façon et les fonctionnalités proposées par les TMS ne sont pas toutes nécessaires. Pour couvrir un marché plus important, l'implémentation des TMS se doit d'être modulable et personnalisable.

L'interface proposée pour présenter des plannings journaliers est souvent standard. C'est pour cela que les vendeurs de TMS proposent une adaptation de cette interface pour qu'elle corresponde plus aux besoins de l'entreprise de transport routier de marchandises. Cependant, la liste des indicateurs présentés reste la même, il s'agit juste du mode de visualisation qui change. Les indicateurs sont généralement restreints au domaine économique ou environnemental (taux de remplissage des camions, taux d'occupation des moyens de transport, émissions de CO₂). Une partie des TMS permet d'effectuer un suivi en temps réel, ce qui est un vrai atout pour la livraison d'un client.

Cependant l'expertise du planificateur est souvent négligée dans l'ensemble des fonctionnalités proposées par les outils. La littérature montre que ces logiciels ne

sont pas assez performants malgré le fait qu'ils soient modulables. Du point de vue de l'optimisation, Crainic et al. (2004) et Montreuil (2011) montrent que les volumes des véhicules utilisés restent très faibles, ce qui n'est pas optimal pour la planification. Du point de vue de la planification urbaine, Knoflacher (2007) montre que ces technologies ne sont pas encore adaptées pour prendre en compte les problèmes environnementaux et sociaux auxquels sont confrontés les planificateurs. Cela explique que la planification opérationnelle est souvent réalisée de manière manuelle.

1.3 Les étapes d'une planification opérationnelle

Un planning journalier est un projet quotidien ayant des objectifs à satisfaire. Il est donc formé sur la base du cycle de vie d'un projet. Westland (2007) fait une proposition de ce cycle en quatre phases : l'initiation, la création, l'exécution et la clôture du projet. Avec les observations terrain et l'adaptation au domaine de la planification dernier kilomètre, le cycle de vie peut être représenté en cinq étapes.

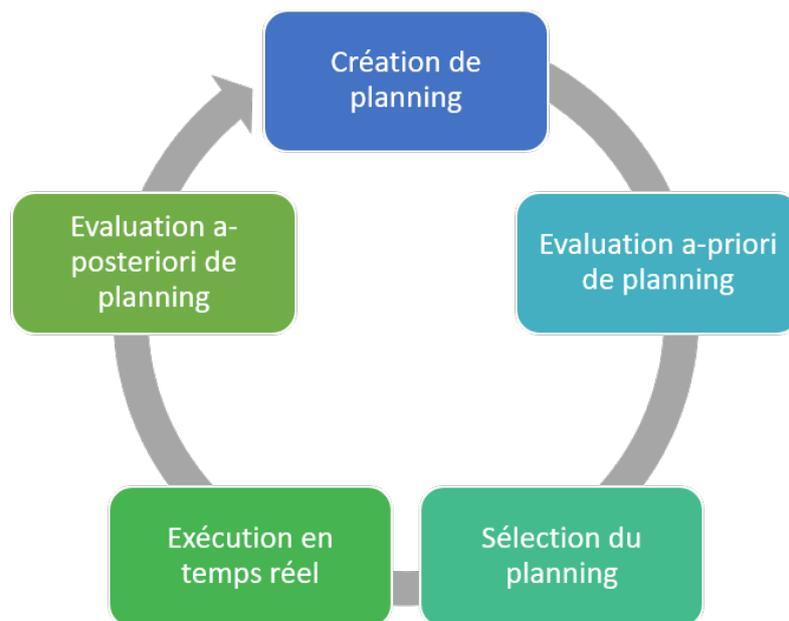


Figure 1.6 – Processus de planification, niveau opérationnel

La figure 1.6 présente les cinq étapes réalisées quotidiennement pour la création d'un planning journalier :

- la création de planning ;
- l'évaluation a priori de planning ;
- la sélection du planning ;
- l'exécution en temps réel ;
- l'évaluation a posteriori du planning.

1.3.1 Phase de création de planning

La phase de création de planning a pour objectif de générer un ensemble de solutions pouvant répondre aux contraintes du problème de la livraison dernier kilomètre avec les différentes exigences des clients. La phase de création de planning doit satisfaire un ensemble de commandes. Les commandes détaillent les sites qui doivent être livrés, à quelle heure et quelles sont les marchandises à livrer (souvent une quantité de palettes). Le planning est composé d'un ensemble de tournées qui va satisfaire une partie des commandes présentes. La tournée est réalisée par un couple conducteur/véhicule.

1.3.2 Phase d'évaluation a priori de planning

Lors de la phase d'évaluation, le planificateur se base sur des indicateurs pour sélectionner son planning. Aujourd'hui, les indicateurs présentés par les logiciels sont majoritairement économiques et environnementaux. Comme le montre Köhler et al. (2019), l'évaluation de planning est assez complexe. Ils s'intéressent à l'indicateur économique lié à la rentabilité d'un planning. Ils cherchent le planning qui satisfera le plus de critères parmi une liste de critères prédéfinie par le planificateur. Meier et al. (2013) déclarent que les indicateurs sont majoritairement financiers, mais il propose une liste d'indicateurs tels que la satisfaction client, l'utilisation des ressources...

1.3.3 Phase de sélection du planning

A partir des différents indicateurs, le planificateur sélectionne le planning qui lui semble correspondre le plus à ses besoins et ses objectifs de la journée. Cependant la connaissance du logiciel est limitée par rapport à son expertise. De ce fait, un planning généré à l'aide d'un algorithme de façon optimale n'est pas forcément celui sélectionné. Cette étape est cruciale lors de la planification car le planificateur doit satisfaire l'ensemble des objectifs de son entreprise sur des indicateurs comme l'économie et satisfaire le client sur la structure du planning.

Dans la partie sélection du planning, la majorité des travaux réalisés propose une seule et unique solution extraite d'un algorithme d'optimisation. Le multicritère est donc souvent utilisé pour définir quelle serait la meilleure solution. Par exemple, Szymon et al. (2013) proposent de résoudre un VRP à l'aide d'une implémentation du multicritère dans un algorithme Tabu. Le problème est qu'ils ne cherchent pas à proposer un ensemble de plannings adaptés pour laisser le planificateur choisir selon son expertise.

1.3.4 Phase d'exécution en temps réel

La phase d'exécution en temps réel a pour objectif de se rapprocher au maximum du planning sélectionné. Cependant, pendant cette phase, le planificateur doit faire face aux différents aléas qui peuvent perturber son planning. Les outils de cette phase sont en pleine expansion, notamment à l'aide des appareils de tracking permettant

de suivre en temps réel la marchandise. L'utilisation de terminaux permet également de scanner les marchandises livrées pour confirmer une livraison à un client. Les systèmes de tracking permettent de connaître le nombre de kilomètres parcourus, le temps de conduite, le temps d'arrêt, la consommation des véhicules...

Les exigences sont de plus en plus fortes, c'est pourquoi les systèmes d'informations évoluent. Schoen et al. (2018) présentent l'évolution des systèmes, notamment pour le suivi des produits sensibles tels que le transport du sang. Cela permet d'assurer la traçabilité en temps réel mais également de surveiller des contraintes fortes pour ces produits comme la température de conservation.

1.3.5 Phase d'évaluation a posteriori du planning

La phase d'évaluation a posteriori correspond finalement à une évaluation de ce qui s'est déroulé pendant la phase d'exécution en temps réel. Son objectif est de donner au planificateur le résultat de ses choix précédents. Les mêmes indicateurs que ceux de la phase d'évaluation a priori sont présents. Cependant ici il ne s'agit pas d'une estimation. Cette phase va également permettre d'effectuer les facturations aux différents clients et d'adapter les prix si le service proposé n'est pas rentable. Cette phase permet de donner un historique des plannings réalisés avec les indicateurs correspondant à chacun.

Le constat de cette phase est que l'exécution du planning ne se produit pas comme prévu. Les valeurs des indicateurs initialement prévues dans l'évaluation a priori ne sont pas les mêmes que dans l'évaluation a posteriori. Cela est dû au fait que l'exécution du planning se fait dans un contexte risqué. Le problème est que les risques pouvant impacter un planning ne sont généralement pas pris en compte lors de l'évaluation a priori.

Conclusion

La quantité de marchandises à livrer a fortement augmenté depuis les vingt dernières années et cette augmentation entraîne une utilisation des transports plus importante. Les marchandises peuvent voyager par plusieurs modes de transport avant d'arriver au client final. Le transport routier de marchandises est souvent le dernier intermédiaire de livraison permettant au client d'obtenir la marchandise commandée, selon ses souhaits.

Dans le domaine du transport routier de marchandises, les entreprises sont soumises à une forte concurrence des entreprises. Pour conserver des parts de marché, l'entreprise doit satisfaire au maximum ses clients. Le planificateur doit répondre aux exigences des clients en prenant au mieux en compte les contraintes de l'entreprise de transport. Pour cela, chaque jour le planificateur construit un planning journalier. Celui-ci comprend les activités à réaliser par les conducteurs. Plusieurs propositions de plannings sont créées, évaluées et celle qui répond au mieux aux objectifs au regard des indicateurs est sélectionnée. Cependant les aléas rencontrés au cours des activités peuvent faire que le planning ne se déroule pas tel qu'initialement prévu. Ainsi,

un planning journalier prévisionnel pourra présenter une évaluation différente de l'enchaînement réalisé et potentiellement générer de l'insatisfaction chez le client. Il est donc important de pouvoir s'engager sur le respect des plannings. Les outils utilisés aujourd'hui ne permettent pas de prendre en compte la survenance possible d'aléas dans l'évaluation des plannings.

Au regard de ce constat, la problématique de recherche de ces travaux est ainsi formulée :

Comment aider le planificateur du transport routier de marchandises à choisir un planning dans un contexte risqué ?

