HAL
open science

CADRE DE MODELISATION POUR LE PILOTAGE DYNAMIQUE DU TRANSPORT ROUTIER A L'AIDE DE TECHNOLOGIE RFID

Sakina Brahim-Djelloul, Dominique Estampe, Samir Lamouri

To cite this version:

Sakina Brahim-Djelloul, Dominique Estampe, Samir Lamouri. CADRE DE MODELISATION POUR LE PILOTAGE DYNAMIQUE DU TRANSPORT ROUTIER A L'AIDE DE TECHNOLOGIE RFID. 9th International Conference on Modeling, Optimization & SIMulation, Jun 2012, Bordeaux, France. hal-00728614

HAL Id: hal-00728614

https://hal.science/hal-00728614v1

Submitted on 30 Aug 2012

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

9e Conférence Internationale de Modélisation, Optimisation et SIMulation - MOSIM'12
06 au 08 Juin 2012 - Bordeaux - France
« Performance, interopérabilité et sécurité pour le développement durable »

CADRE DE MODELISATION POUR LE PILOTAGE DYNAMIQUE DU TRANSPORT ROUTIER A L'AIDE DE TECHNOLOGIE RFID

S. BRAHIM-DJELLOUL, D. ESTAMPE

LISSMA – SUPMECA / BEM Bordeaux Management School
680, Cours de la Libération
33405 Talence Cedex - France
Sakina.brahimdjelloul@bem.edu , Dominique. Estampe @bem.edu

S. LAMOURI

Arts et métiers ParisTech LCPI
151 Boulevard Hôpital, 75013 Paris
samir.lamouri@ensam.eu

RESUME : *Dans un environnement instable et dynamique caractérisé, notamment, par une concurrence acerbe, les entreprises doivent assurer leur pérennité en satisfaisant le client à moindre coût. Le transport est considéré comme un élément majeur dans la qualité de service et le coût logistique car il assure la liaison entre les différents niveaux de la Supply Chain. Dans un environnement dynamique, différents évènements peuvent survenir de manière inattendue. L'optimisation du transport routier de marchandises nécessite donc la maitrise de ces évènements par une accessibilité quasi-permanente de l'information en temps réel. L'objet de ce papier, est de définir l'apport de l'application des Technologie d'Information et de la Communication TIC, et plus particulièrement, la technologie RFID sur la performance du routage dynamique des marchandises. Il s'agit de présenter un cadre de modélisation des processus de transport, des évènements qui peuvent surgir à chaque étape de l'acheminement des produits afin de mettre en exergue où l'application de la technologie RFID a un apport significatif en termes de pilotage réactif lié au routage dynamique des véhicules.*

MOTS-CLES : *Temps réel, RFID, transport routier de marchandises, modélisation, pilotage, routage dynamique, Supply Chain*

1 INTRODUCTION

La Supply Chain est un réseau de partenaires interdépendants dont l'objectif global est la satisfaction du client à moindre coût (Mentzer et al 2001). La Supply Chain assure plusieurs activités : l'approvisionnement en matières premières et composants, la production des biens et transformation des matières, la distribution physique des produits finis aux clients finals (Cavellin et al 2005). Il existe plusieurs activités dans le processus de distribution, le transport est considéré comme un maillon d'une importance particulière car il assure la liaison entre les différents niveaux du système logistique depuis l'approvisionnement jusqu'à la distribution. Le transport est un des éléments majeurs dans la qualité de service et le coût logistique puisque directement lié aux retards, erreurs, pertes, casses, vols, avaries, etc. (Baglin et al 2007).

L'entreprise peut elle-même assurer l'activité du transport en acheminant ses produits soit avec ses propres véhicules ou en louant un parc de véhicules avec chauffeurs. L'entreprise peut également avoir recours à un professionnel transporteur en relation directe chargeur-transporteur ou bien par l'intermédiaire d'un transitaire/commissionnaire de transport.

Dans le transport, plusieurs activités sont assurées : la détermination des routes, la planification des tournées, la préparation des documents de transport, le chargement, le déchargement, le suivi des litiges, etc. La gestion du transport vise à déterminer l'approche la plus efficace pour gérer toutes ces activités afin de fournir un meilleur niveau de service aux clients à moindre coûts.

Lors du routage des produits, des évènements inattendus peuvent survenir : apparition d'une nouvelle demande, perte de produits, retard, dépassement du seuil de température, erreur de livraison, etc. N'ayant pas une visibilité en temps réel sur l'état des produits transportés, le transporteur exécutait ses tournées suivant la feuille de route initialement planifiée. Les décisions ne pouvaient être prises au moment opportun impactant ainsi la performance de la fonction transport.

Face à cette instabilité de l'environnement, les entreprises de transport doivent appuyer leur pilotage sur leur capacité à s'adapter à l'incertitude et à répondre rapidement aux différents aléas. Pour cela, la disponibilité de l'information relative à l'état des ressources (endroit du véhicule, heures d'arrivée, etc.) et des produits transportés (conformité, intégrité, etc.) devient de plus en plus nécessaire pour une prise de décision réactive, notamment avec la prise de conscience environnementale des entreprises et le développement durable. Ainsi, de nouvelles réflexions sont mises en place consistant à utiliser les Technologies d'Information et de Communication TIC lors du routage des produits dans le but d'améliorer la traçabilité des produits, d'assurer leur localisation continue et de rationaliser la planification des tournées. Il s'agira d'équiper les produits transportés en multi-technologies d'accès à l'information en l'occurrence la

RFID (Radio Frequency Identification), le GPS (Global Positioning System) et le GSM (Global System for Mobile). Le but est de concevoir une solution technique et organisationnelle permettant un pilotage dynamique et une prise de décision réactive afin d'optimiser le transport au travers d'un routage centré sur le produit. Plusieurs chercheurs ont étudié les avantages de l'utilisation de la technologie RFID sur la Supply Chain. Les auteurs se sont principalement intéressés à des problématiques liées à l'entreposage et la gestion des inventaires (Kang et Gershwin 2004), (Atali et al 2006), (Fleisch et Tellkamp 2005), l'effet Bullwhip (Joshi 2000), (Lee et al 1997), et la politique de réapprovisionnement (Kok et Shang 2007), (Lee et al 2004).
La technologie est utilisée également dans la gestion de production afin de vérifier si le bon composant est mis dans le bon produit (McFarlane et Sheffi 2002) et dans la logistique inverse pour augmenter la précision de contrôle des quantités des produits retournés. (Carmann lee et chan 2009).
Cependant, peu de recherches ont été menées pour mettre en exergue l'application de la technologie RFID dans le domaine du transport. La plupart des recherches dans ce domaine sont axées sur la sécurité et la sureté des produits dangereux, périssables ou à température dirigée. (Li et Wei 2008), (Sahin et al 2009) et (Jadermann et al 2009).
Au-delà des problèmes cités ci-dessus, il existe d'autres évènements qui méritent d'être présentés et étudiés avec davantage d'attention. Le recensement de ces évènements permet de mettre en lumière les retombées de l'utilisation de la technologie RFID, dans le pilotage dynamique du transport, lors de l'occurrence de ces évènements.
L'objet de cet article est de présenter un cadre de modélisation du pilotage dynamique du transport routier basé sur l'utilisation de la RFID. Il s'agira, d'une part, de décrire les différents processus liés au transport routier de marchandises et d'autre part, de recenser, de décrire et d'évaluer les différents évènements pouvant survenir pendant l'acheminement du produit afin de proposer les actions à mettre en place pour y faire face. La contribution escomptée se résume en :

1- La présentation d'une modélisation des processus liés au routage des produits afin de déterminer ceux au niveau desquels l'application de la technologie RFID a un intérêt significatif,
2- La proposition d'une typologie des différents évènements pouvant survenir à chaque étape de l'acheminement des produits,
3- La mise en exergue de l'apport de l'utilisation de l'information temps réel sur la performance du routage dynamique des véhicules.

2 GESTION DU TRANSPORT ROUTIER DE MARCHANDISES « TRM »

Le rôle que joue la fonction transport dans la Supply Chain est beaucoup plus complexe que de transporter des produits d'un fournisseur jusqu'aux clients (Tseng et Long Yu 2005). La gestion du transport routier de marchandises est considérée comme difficile car dépend du type d'organisation du transport (passage ou pas par plates-formes, nombre de fournisseurs et de clients, etc.) et du nombre de contraintes à prendre en compte.

2.1 Organisation du transport routier de marchandise « TRM »

Nous spécifions deux types d'organisation :

2.1.1 Organisation sans rupture de charge

Les produits sont acheminés directement de l'expéditeur vers les clients sans passer par des plates-formes de groupage/dégroupage. Dans ce type d'organisations, quatre sortes de trajets sont distingués (Berbeglia et al 2007):

- **One to One :** Le prestataire de transport enlève la marchandise d'un seul fournisseur pour la livrer à un seul centre de distribution.
- **Many to Many :** Le prestataire de transport enlève la marchandise de plusieurs fournisseurs pour la livrer à plusieurs centres de distribution
- **One to Many :** Le prestataire de transport enlève la marchandise d'un seul fournisseur pour la livrer à plusieurs centres de distribution.
- **Many to One :** Le prestataire de transport enlève la marchandise de plusieurs fournisseurs pour la livrer à un seul centre de distribution.

2.1.2. Organisation avec rupture de charge : Cross-Docking

Cette organisation est adoptée (Errera et al 2000):

- Lorsque les flux sont faibles entre chaque point de départ et chaque point de destination,
- Pour éviter que le moyen de transport coûteux ne soit utilisé longtemps en tournées (Ramassage/distribution).

Le cross-Docking (transbordement de quai à quai ou flow through distribution) est un système de distribution dans lequel le prestataire de transport réalise des tournées de ramassage de la marchandise auprès des fournisseurs vers les plates-formes de groupage. Au niveau de ces plates-formes, les marchandises sont groupées par destination et acheminées vers les centres d'éclatement. Les marchandises sont ainsi dégroupées pour être livrées aux ultimes destinataires.

2.2 Pilotage dynamique du transport

Les décisions liées au transport peuvent être stratégiques, tactiques ou opérationnelles (Crainic et Roy 1988). Dans notre article, nous nous intéressons, uniquement, au niveau opérationnel où les décisions sont prises dans un laps de temps très court. L'optimisation du transport

s'avère une tâche ardue car elle repose sur de nombreuses contraintes de natures variées : origine, destination, caractéristiques du produit, quantité, coût d'exploitation des véhicules, capacité, délais et horaires imposés, etc. Sous ces différentes contraintes, le gestionnaire de transport doit prendre des décisions pertinentes afin d'atteindre des objectifs qui sont principalement liés à la réduction des coûts et du temps total de transport, le respect des délais et la minimisation des retards.
Les décisions à prendre concernent le choix des itinéraires à emprunter, l'allocation des véhicules, l'affectation des chauffeurs et l'optimisation des plans de chargement et de déchargement des camions (Baglin et al 2007).

Eu égard à la variabilité et la turbulence de l'environnement actuel, le gestionnaire du transport doit adopter un pilotage en temps réel. L'utilisation de l'information en temps réel grâce à la technologie RFID permet au transporteur une prise de décision réactive afin de rester compétitif et de répondre au mieux aux attentes de ses clients.

Afin de mieux décrire les différents processus liés au transport routier de marchandises, de comprendre l'enchainement des activités, leur synchronisation, une modélisation des processus s'impose. Cette modélisation permet de déterminer les différents processus au niveau desquels intervient la technologie RFID pour évaluer l'impact de son utilisation sur le fonctionnement de ces processus.

3 MODELISATION DES PROCESSUS LIES AU TRANSPORT ROUTIER DE MARCHANDISES

La modélisation des processus est une étape importante et indispensable qui permet de bien décrire les différentes activités et flux qui circulent entre les intervenants, de comprendre les mécanismes, d'analyser les comportements suite à l'occurrence d'évènements.

La Supply Chain peut être modélisée suivant une dimension horizontale et/ou verticale (Lambert et al 1998). La structure horizontale fait référence aux nombre de maillons de la chaine. La structure verticale se réfère au nombre de fournisseurs et des clients de chaque maillon. Chaque maillon de la Supply Chain est constitué de plusieurs processus.
Dans notre papier, nous considérons une chaine composée de trois maillons (expéditeur, transporteur et client). Nous distinguons plusieurs étapes de processus au niveau des trois entités. Cette distinction n'a pas pour objectif de dresser une liste exhaustive des activités, nous nous sommes, en effet, principalement intéressés aux processus relatifs aux opérations de transport et d'expédition.
La description de ces processus est basée sur le modèle de référence SCOR qui propose un référentiel unique qui lie processus, bonnes pratiques et Indicateurs de performance. Parmi les cinq processus de base décrits par ce model (Plan, Source, Make, Deliver and Return), nous avons retenu, le processus « Deliver » qui représente le processus de transport et d'opérations d'expédition (SCOR 2010).
Ce processus comprend plusieurs activités : cotation, réception et validation de la commande, groupage des commandes, emballage, étiquetage, expédition, etc. Nous supposons que la livraison s'effectue selon une organisation basée sur le stock D.1 et nous nous focalisons principalement sur les processus étroitement liés au transport routier de marchandises. (Figure 1)

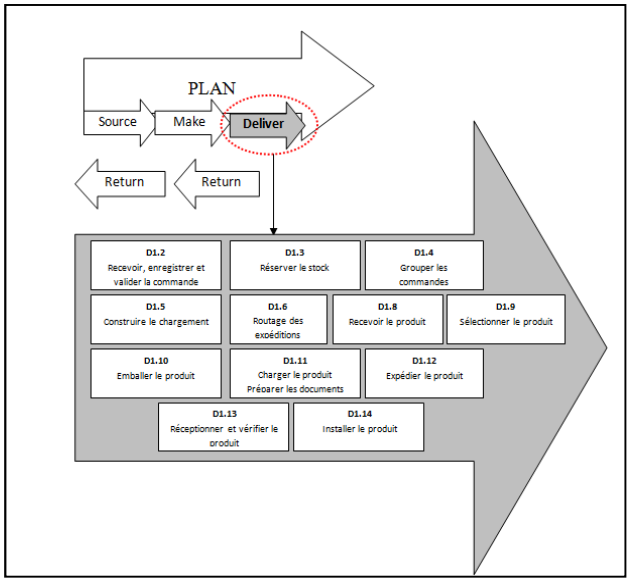

Figure 1 : Processus « Deliver » du modèle SCOR

Afin de décrire avec détail et précision les différents processus liés au routage des marchandises, nous nous sommes appuyés sur le modèle SCOR et sur la description des processus de la logistique aval proposée par (Mocellin 2004).

3.1 Processus de préparation de commande

Le client passe commande après reconnaissance d'un besoin à son fournisseur via un bon de commande comportant un certain nombre d'informations : date d'émission, code produit, valeur, poids, volume, coordonnées du destinataire, etc.,

Le fournisseur reçoit la commande envoyée par fax, courrier ou EDI, il enregistre la commande et la valide en envoyant un avis d'acceptation à son client (D 1.2). La validation de la commande se réalise après vérification de l'état de stock et la réservation de la quantité demandée par le client (D 1.3)

Un groupage de commandes par destination est effectué (D1.4), à l'issu duquel le chargement est construit (D1.5) et un plan de chargement est établi. Suite au plan de chargement, les préparateurs de commandes réalisent les commandes des clients. Ils reçoivent, sélectionnent et vérifient les produits qui arrivent de l'approvisionnement ou de la fabrication (D 1.8 et D1.9). Les produits sont ensuite consolidés, emballés et étiquetés par destination (palettisation). (D1.10). Les palettes préparées sont

mises sur les quais d'expédition en attendant l'arrivée des véhicules.

3.2 Processus de planification des tournées

La planification des tournées (D 1.6) est soit à la charge de l'expéditeur ou bien à celle du transporteur. Le responsable de cette tâche planifie les tournées en fonction de certaines contraintes (date et heure de livraison, type et capacités des véhicules, quantités, poids et volume transportés, temps de travail et de pause des chauffeurs, heures de pointe, etc.). Dans la tâche de planification, Les chauffeurs et les véhicules sont affectés en fonction des destinations, de la nature du produit, de la capacité des ressources, etc.
A l'issu de cette planification, une feuille de route est préparée suivant laquelle l'exécution des tournées de ramassage est entamée. Une fois le camion arrivé chez l'expéditeur, il est affecté à un quai de chargement. Ce dernier est sécurisé et les équipements de manutention y sont installés.

3.3 Processus de chargement

Le chargement des véhicules nécessite la préparation de l'ordre de chargement suivant lequel les palettes sont mises en file d'attente pour être chargées. Celles-ci sont contrôlées quantitativement et qualitativement pour être définitivement mises dans le camion. (D1.11)

3.4 Processus de transit

Le chargement étant réalisé, le fournisseur envoie un avis d'expédition à son client pour préparer ses quais de réception.

Le transporteur établit ses tournées de livraison vers les clients suivant la feuille de route issue de la planification (D1.12). Il pourrait également effectuer des tournées de collecte et de livraison de manière alternative.

3.5 Processus de déchargement

Une fois le camion arrivé chez le client, il est affecté à un quai de déchargement sécurisé et équipé par les moyens de manutention. La marchandise est déchargée par le client en présence du chauffeur.
Le client vérifie la conformité de la réception par rapport à sa commande (D1.13). Si la commande est conforme à sa demande, le bon de livraison est signé et la marchandise est mise en stock ou expédiée vers des plates-formes en cas de cross docking. Un accusé de réception de la marchandise est envoyé à l'expéditeur (D1.14). Dans le cas d'éventuels problèmes : casse, avarie, articles manquants, etc., des réserves seront notées.

Afin de modéliser au mieux les différents processus décrits ci-dessus, de bien représenter l'enchainement des activités, et de mettre en évidence les échanges du flux informationnel entre les différents acteurs du transport routier de marchandises, nous avons eu recours à une modélisation générique au travers du diagramme d'activité d'UML. (Figure 2).
Dans la modélisation proposée, nous avons mis en évidence la circulation des flux physiques et informationnels entre les différents intervenants. Suivant cette modélisation, nous présentons, dans le tableau 1, les processus au niveau desquels l'identification radio RFID a un rôle essentiel dans le pilotage et la prise de décision, ceux où celle-ci n'y présente pas un apport important et ceux où une combinaison des technologies RFID, GSM et GPS s'avère indispensable.

Le besoin de la technologie dans certaines étapes du processus est justifié par l'apport qu'elle amène dans l'accroissement de la performance, notamment, en termes de réduction du temps total de livraison (réactivité), de réduction de coûts (efficience) et d'augmentation du taux de service (fiabilité de la commande). (Lee et al 2008), (Amami et al 2008)

PROCESSUS		RFID	GPS	GSM
Processus de passation et de préparation de commande	**D 1.2** Recevoir/enregistrer et valider la commande	✓		
	D 1.3 Réserver stock			
	D 1.4 Grouper commandes			
	D 1.5 Construire chargement			
	D 1.8 Recevoir le produit	✓		
	D 1.9 Sélectionner le produit	✓		
	D 1.10 Emballer le produit	✓		
Processus de planification de tournées	**D 1.6** Planifier les tournées			
Processus de chargement	**D 1.11** Charger le produit	✓		
Processus de transit	**D 1.12** Expédier le produit	✓	✓	✓
Processus de déchargement	**D 1.13** Réceptionner et vérifier le produit	✓		
	D 1.14 Installer le produit			

Tableau 1 : L'utilisation des TIC dans les processus de transport routier de marchandises

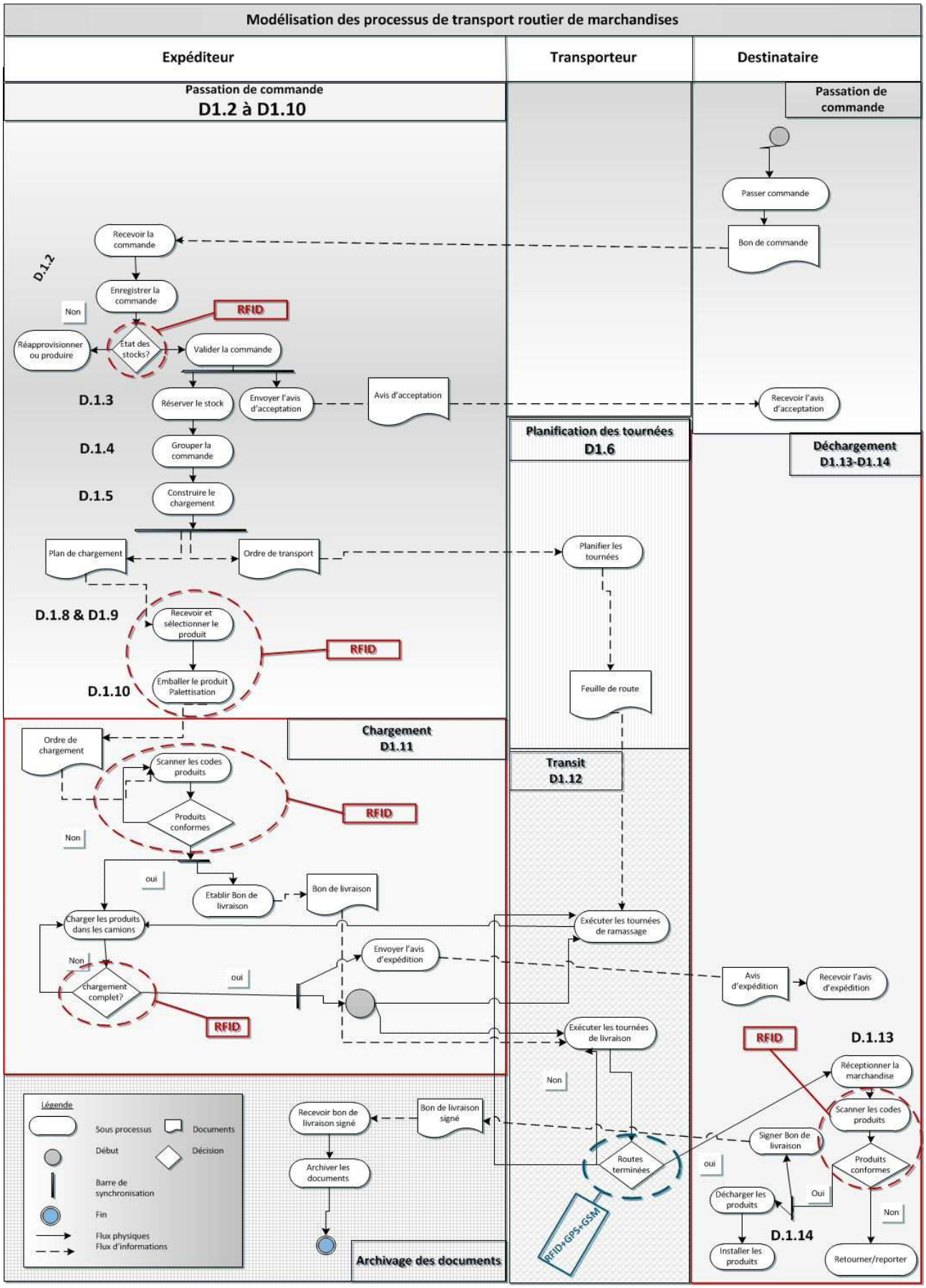

Figure 2 : Modélisation des processus de transport routier de marchandises

Lors du traitement de la commande, le gestionnaire a besoin de connaitre l'état de ses stocks pour l'acceptation de cette dernière. L'implémentation des tags RFID permet l'optimisation de la gestion des stocks ainsi que les inventaires grâce à une disponibilité temps réel de la traçabilité produit. L'accès à une information exacte en permanence assure une validation rapide des commandes clients et une amélioration de la politique de réapprovisionnement (D 1.2).
L'optimisation des opérations de préparation des commandes constitue un élément majeur pour la réduction des coûts et l'amélioration des taux de service. La technologie RFID offre la capacité d'une lecture systématique des marchandises prélevées en supprimant l'identification manuelle des produits (D1.8 & D 1.9). La RFID fiabilise la préparation de la commande par la détection d'éventuelles erreurs lors de la préparation de commandes, notamment des palettes hétérogènes, et de les corriger instantanément. (D1.10). Après préparation, palettisation et consolidation des commandes, celles-ci sont déplacées vers les zones d'expédition pour être chargées.
Au cours du chargement, l'objectif essentiel de l'utilisation de la technologie RFID est d'éviter les erreurs d'expédition et d'assurer le chargement optimal des camions. La RFID permet de localiser rapidement les palettes dans les zones de chargement, d'identifier et de vérifier leur conformité par la lecture des tags apposés et la comparaison des informations récoltées aux avis d'expédition (D1.11).
Au niveau des entrepôts, la transmission de l'information se réalise par la combinaison de la RFID avec des techniques telles qu'Ethernet, Wifi, Bluetooth, fibre optique, etc.
Au moment du transit des produits (D 1.12), une lecture des tags RFID est réalisée pour connaitre en temps réel l'état des produits transportés (casse, vol, dépassement du seuil de température, etc.). L'accès à cette information, conduira à une prise de décision réactive et dynamique en cas d'occurrence d'évènements inopinés. Etant dans un milieu d'utilisation extérieur et mobile, la RFID n'a d'utilité que si elle est combinée aux techniques GPS/GSM car la connexion, la transmission de l'information dynamique et la localisation exacte ne peuvent se faire que via le couplage de ces technologies (Schreiner 2006).
Au même titre que le chargement, au moment du déchargement (D 1.13), la lecture des tags RFID est effectuée pour contrôler la conformité des produits déchargés.

4 MODELISATION DES EVENEMENTS LIES AU TRANSPORT ROUTIER DE MARCHANDISES

Le routage des produits est un système d'évènements discrets où plusieurs types d'évènements peuvent survenir à des intervalles irréguliers et inconnus (Ramadge et al 1989). Certains chercheurs ont évoqué les différents évènements que peuvent connaitre les produits aux différents stades de la Supply Chain. Ces chercheurs se sont principalement attardés sur les problèmes liés à certains évènements observés lors du stockage tels que le vol, la perte de la marchandise dans les entrepôts. (Wong et McFerlan 2005), (Sarac et al 2010).
Sahin et al 2009 ont mis en évidence l'impact de l'utilisation de l'information temps réel sur l'amélioration de la sécurité des produits, notamment, en termes de respect de la chaine de froid.
(Telkamp 2006), (Rekik et al 2007) se sont, quant à eux, intéressés à l'impact de l'utilisation de la technologie RFID sur les erreurs d'identification des produits.

Le pilotage du transport des produits est indissociable de l'identification des évènements et leur mise en évidence permet de mettre en place des actions correctives en temps réel.

4.1 Typologie des évènements

Nous proposons d'identifier les différents évènements pouvant survenir durant l'acheminement des produits. Nous identifions les différentes actions correctives à mettre en place lors de la survenue de ces évènements.
Les évènements associés au pilotage du transport peuvent être classés en trois types :

- Evénements liés aux produits,
- Evénements liés aux ressources (Véhicule et Chauffeur),
- Evénements liés à l'environnement.

Pour chacune de ces typologies, nous avons recensé à travers la littérature plusieurs évènements (Figure 3).
Cette typologie des évènements permet de :

- évaluer le degré de criticité des évènements les uns par rapport aux autres,
- définir ceux pour lesquels l'utilisation de la technologie RFID a un impact important pour leur détection,
- déterminer les actions de pilotage réactif à mettre en place qui diffèrent, bien évidemment, d'une typologie à une autre.

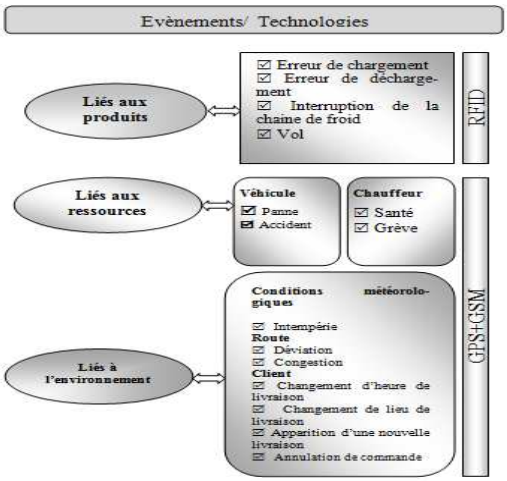

Figure 3 : Typologie des évènements

Pour chaque processus liés au routage des produits (chargement, transit et déchargement), un ensemble d'événements est identifié.
Nous étudions, plus particulièrement, dans cet article le pilotage lié aux évènements sur les produits car lors d'occurrence de ce type d'évènements, l'application de la technologie RFID a un apport significatif. (Tableau 2).
Nous avons exclu, de notre étude, les évènements relatifs aux ressources et à l'environnement car à ces niveaux, la technologie RFID n'a d'apport que si elle est couplée aux autres techniques (GPS et GSM).

Evènements		Processus		
		Chargement D1.11	**Transit D1.12**	**Déchargement D1.13**
Liés aux produits	**Erreurs de chargement** *Non-conformité de la palette	**Identifié**	Non identifié	Non identifié
	Interruption de la chaine de froid *Dépassement du seuil de température	Non identifié	**Identifié**	Non identifié
	Vol	**Identifié**	**Identifié**	**Identifié**
	Erreur de déchargement *Non-conformité de la palette	Non identifié	Non identifié	**Identifié**

Tableau 2 : Présentation des évènements liés aux produits par processus

Certains évènements liés aux produits peuvent survenir inopinément lors du chargement, transit et déchargement de la marchandise. Il s'agit de :

- erreurs de chargement et déchargement qui regroupent les problèmes liés à la non-conformité de la commande,
- interruption de la chaine de froid,
- vol

A chaque occurrence d'évènements, des décisions sont prises et des traitements sont mis en place pour y remédier (Tableau 3).

4.2 Identification des processus de pilotage liés aux évènements produits

Nous proposons des actions de pilotages correctifs à mettre en place après occurrence d'évènements et cela à chaque étape du chargement, transit et déchargement. (Tableau 3)

Evènements		Traitement Processus		
		Chargement D1.11	Transit D.1.12	Déchargement D.1.13
Liés aux produits	***Erreurs de chargement*** *Non-conformité de la palette	* **Mauvaise palette/palette supplémentaire** - Décharger la palette non conforme * **Palette manquante** - Chercher et charger la palette manquante	Non identifié	Non identifié
	Interruption de la chaine de froid *Dépassement du seuil de température	Non identifié	****Transbordement :*** Charger au niveau de plates-formes proches ***Ou*** ****Réallocation*** Affecter une autre ressource ***Ou*** ****Report*** Reporter la livraison ***Et*** ****Re-routage*** Recalculer le trajet optimal	Non identifié
	Vol	*Préparer une autre palette ***Ou*** *Reporter la livraison de la palette volée ***Et*** *Recalculer le trajet optimal	* ***Transbordement :*** Charger au niveau des plates-formes proches ***Ou*** * ***Réallocation*** *Affecter une autre ressource* ***Ou*** * ***Report*** Reporter la livraison de la palette volée ***Et*** * ***Re-routage*** Recalculer le trajet optimal	*Signaler le problème ***Et*** *Reporter la livraison
	Erreur de déchargement *Non-conformité de la palette	Non identifié	Non identifié	* **Mauvaise palette/palette supplémentaire** -Recharger la palette non conforme ***Palette manquante** -Reporter la livraison

La technologie RFID permet de connaitre, en continu, l'état physique du produit afin de disposer en tout temps des données nécessaires pour prendre les décisions et mettre en place les systèmes de pilotage les plus adaptés en fonction des évènements observés.
Les prises de décisions dépendent de certaines contraintes telles que : localisation des véhicules, capacités des ressources, fenêtre de temps, existence de plates-formes proches, etc. Nous envisageons les actions de pilotages suivantes : le transbordement, la réallocation de ressources, le report de livraison et le Re-routage.

1. Le pilotage lié aux évènements détectés lors du chargement :

Lors du chargement, le gestionnaire peut être confronté à des problèmes tels que la non-conformité de la palette (mauvaise palette, palette supplémentaire ou manquante) et/ou le vol. La lecture des tags RFID apposés sur les palettes permet de détecter les évènements et une alerte est donc générée. Trois types d'actions sont déclenchés :

- Dans le cas d'erreur sur la palette ou bien palette supplémentaire, celle-ci est déchargée pour être mise dans une zone d'attente afin d'être re-router vers sa destination initiale. Le gestionnaire cherche par la suite la palette conforme pour la mettre dans la file d'attente des palettes à charger. Cette dernière est, bien évidemment, contrôlée avant d'être chargée.
- Dans le cas de palette manquante, le gestionnaire cherche cette palette, la place en file d'attente pour être contrôlée puis chargée.
- Dans le cas de palette volée, le gestionnaire prépare une autre palette si la fenêtre de temps le permet, autrement, il reporte la livraison de la palette et un recalcul du trajet optimal est effectué.

2. Le pilotage lié aux évènements détectés lors du transit :

Deux types d'évènements peuvent être observés lors du transit : l'interruption de la chaine de froid et/ou le vol. Suite à l'occurrence de ces évènements quatre types d'actions sont envisagés :

- ***Transbordement:***

S'il existe une plate-forme proche, le transporteur se déplace vers la plate-forme pour décharger les palettes affectées par le dépassement du seuil de température ou le vol. Les palettes remplacées sont mises en file d'attente pour être contrôlées puis chargées. Ce transbordement nécessite d'intégrer dans le recalcul du trajet une nouvelle destination.

- ***Réallocation de ressources:***

Une autre ressource peut être allouée pour livrer la quantité de la marchandise affectée par le dépassement du seuil de température ou le vol. Il peut s'agir d'une ressource en départ du dépôt d'origine ou d'une ressource allouée suite à un transbordement

- ***Report de livraison:***

S'il n'y a pas de possibilité de transbordement ou de réallocation de ressource due à des contraintes de fenêtre de temps, de capacité de camion ou de sa localisation, la livraison des palettes concernées par le problème doit donc être reportée.

- **Re-routage :**

Quelle que soit l'action de pilotage prise (transbordement, réallocation ou report), un recalcul du trajet optimal est obligatoire.

3. Le pilotage lié aux évènements détectés lors du déchargement :

Les problèmes de non-conformité de la palette et /ou de vol peuvent être rencontrés également lors du déchargement de la marchandise. La détection de l'évènement se fait lors de la lecture des tags et une alerte est ainsi générée. Trois actions sont entreprises :

- Dans le cas d'une erreur palette ou palette supplémentaire, celle-ci est rechargée dans le camion pour être livrée à sa destination prévue.
- Dans le cas de palette manquante, le transporteur vérifie la disponibilité de la palette en supposant une erreur dans l'ordre de chargement,
- Dans le cas de palette volée, la livraison est reportée. Le transporteur poursuit la route vers les autres clients pour décharger le reste de la livraison.

5 LES BENEFICES DE L'APPLICATION DE LA TECHNOLOGIE RFID SUR LA PERFORMANCE DU TRANSPORT

La maitrise de l'information en temps réel permet de prendre des décisions réactives et de mettre en place des actions correctives au moment opportun. Le but est d'améliorer la performance de fonctionnement de tous les processus liés au transport routiers de marchandises (chargement, transit et déchargement)

L'utilisation de la technologie RFID permet :

- **D'augmenter la réactivité : Réduction du temps total de livraison**

- Réduire le temps de scan et de contrôle car la communication est sans contact, sans visibilité directe et permet une identification simultanée non manuelle de plusieurs tags,
- Réduire le temps de chargement /déchargement et le temps d'immobilisation des camions sur les quais suite à l'automatisation mise en place,
- Détecter rapidement les évènements pouvant survenir sur les produits transportés,
- Localiser les palettes perdues par une identification rapide des lieux de perte.

- **D'augmenter le taux de fiabilité des commandes livrées :**

- Réduire les erreurs de chargement, déchargement par une détection rapide des erreurs et une mise en place d'actions correctives au bon moment,
- Contrôler en temps réel l'intégrité de la marchandise transportée : mesurer et transmettre, en continu, la température des produits transportés et garantir le respect de la chaîne du froid.
- Détecter au temps opportun la quantité de marchandise manquante en cas de vol.

- **Réduction des coûts:**

Quelle que soit la décision prise de transbordement, de réallocation de ressources ou de report de livraison, un recalcul du trajet optimal est effectué.

Ces décisions de reroutage ont pour objectif principal la minimisation des coûts de transport, il s'agit de :

- augmenter le taux de remplissage des ressources,
- réduire le nombre de kilomètres à vide,

6 CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Nous avons développé un cadre de modélisation présentant les différents processus liés au transport routier de marchandises en se focalisant sur les activités de chargement, transit et déchargement.
L'intérêt de cette modélisation est de décrire les différentes activités et flux, de comprendre les mécanismes, d'analyser les comportements suite à l'occurrence d'évènements et de déterminer à quel niveau l'application de la technologie RFID a un intérêt significatif. Notre problématique est de mettre en exergue l'apport de la technologie RFID en termes de pilotage réactif lié au routage dynamique des véhicules calculé suite à l'occurrence d'évènements inattendus.
Ces évènements se situent au cœur même de la problématique du routage dynamique du transport routier de marchandises, la raison pour laquelle, nous avons jugé utile de présenter un cadre de modélisation des différents évènements pouvant survenir à chaque étape de l'acheminement du produit depuis l'expéditeur jusqu'au client final. Des classes d'évènements ont été donc proposées afin de définir celles pour lesquelles la technologie RFID a un impact plus important et de proposer les mesures réactives à mettre en place pour chaque type d'événements survenu.

Les modélisations proposées des processus et des évènements ainsi que les mesures correctives adoptées semblent être facilement compréhensibles par les industriels et peuvent ainsi servir de cadre conceptuel pour les mesures de pilotage réactif dans le transport routier de marchandises.
Notre travail contribue également à la littérature existante en identifiant l'impact de l'utilisation de la technologie RFID sur la performance du transport dans un contexte dynamique centré sur le produit.

Lors de nos travaux futurs, nous proposons de simuler plusieurs scénarii de transport afin de mesurer l'impact de l'utilisation de la technologie RFID sur la performance du transport. Les scénarii ont pour objectif de vérifier le fonctionnement de la chaine de transport suite à l'occurrence d'évènements liés aux produits (intégrité, conformité, etc.) et de tester les solutions de routage dynamique envisagées.

REMERCIEMENTS
Nos remerciements vont à l'Agence Nationale de la recherche ANR qui finance le projet PRODIGE dans lequel s'inscrit notre travail de recherche.

REFERENCES

Amami M, Ait Daoud S, Impact de la technologie RFID sur la synchronisation du Supply Chain : une étude exploratoire.

Atali A., Lee H. L., and Ozer O., (2006), If the inventory manager knew: Value of RFID under imperfect inventory information. *Tech. rep., Graduate School of Business*, Stanford University.

Baglin G, Bruel O, Garreau A, Greif M, Kerbache L, Delft C-V, 2007, Management industriel et logistique, Edition Economica, 5ème Edition, Paris, p. 750.

Berbeglia , Cordeau J-F, Gribkovskaia I, Laporte G, 2007, Static pickup and Delivery Problems : A classification scheme and survey, April 2.

Cavellin J, Debourg M-C et Perrier O, 2005, Pratique du Marketing, Ed BERTI ,2ème Edition, Paris, p372.

Carman Lee KM, Chan TM., 2009, Development of RFID-based reverse logistics system. Expert Systems with Applications, 36: pp 9299-9307,
.

Crainic, Roy. O.R., 1988, tools for tactical freight transporttion planning. European *Journal of Operational Research*, 33: pp 290-297.

Erera A , Hewitt M, savelsbergh M, Zhang Y, 2000, Refined Execution Cost Estimation for LTL load plans, Georgia Institute of technology.

Fleisch E., and Tellkamp C., 2005, Inventory inaccuracy and supply chain performance: a simulation study of a retail supply chain. *International Journal of Production Economics 95*, pp 373–385.

Jedermann R, Ruiz-Garcia L, Lang W., 2009, Spatial temperature profiling by semi-passive RFID loggers for perishable food transportation. *Computers and Electronics in Agriculture, 65:*, pp145-154.

Joshi Y. V., 2000, Information visibility and its effect on supply chain dynamics,Master Thesis; Massachusetts Institute of Technology.

Kang, Y., and Gershwin, S. B., 2004, Information inaccuracy in inventory systems- stock loss and stockout. IIE Transactions 37, pp 843–859.

Kok A. G., and Shang H. K., 2007, Inspection and replenishment policies for systems with inventory record inaccuracy. *Manufacturing and Service Operations Management 9(2)*, pp. 185–205.

Lambert D.M., Cooper M.C., Pagh J.D., 1998, Supply Chain Management: implementation issues and research opportunities. *International Journal of Logistics Management*, Vol 9, P 1-20.

Lee H. L., Padmanabhan V., and Whang S., 1997, Information distortion in a supply chain: The bullwhip effect. *Management Science 43(4)*, pp 546–558.

Lee Y. M., Cheng F., and Leung Y. T., 2004, Exploring the impact of RFID on supply chain dynamics, *Winter Simulation Conference R .G. Ingalls*, M. D. Rossetti, J. S. Smith, and B. A. Peters, eds., pp. 1145–1152.

Lee LS, Fiedler K.D, Smith J.S, 2008, Radio Frequency Identification implementation in the service sector: a customer-facing diffusion model, International Journal of Production Economics 112 (2), pp. 587-600.

Li F, Wei Y., 2008, A real-time vehicle routing system for RFID-tagged goods transportation, *In: Proceedings of IEEE International Conference on Service Operations and Logistics, and Informatics*, Beijing, China, pp 2892-2897.

McFarlane D, Sheffi Y., 2002, The impact of automatic identification on supply chain operations, Auto ID Labs at MIT.

Mentzer J.T et al, 2001, Defining Supply Chain Management, *Journal of Business Logistics*, Vol. 22, n°2, pp. 1-25.

Mocellin F, gestion des entrepôts et des plates-formes, 2004, Edition DUNOD, Paris, p249.

Ramadge P.J.G., Wonham W.M., 1989, The control of discrete event systems, proceedings of the IEEE, Vol 77.

Rekik, Y., Sahin, E., Dallery, Y. 2007, Analysis of the impact of the RFID technology on reducing product misplacement errors at retail stores.*International Journal of Production Economics 112*, pp 264–278.

Sahin E, Babaı MZ, and Dallery Y, 2009, Ensuring supply chain safety through time temperature integrators, *International Journal of Logistics Management*, pp 102-124.

Sarac A, Absi N, Dauzère-Pérès S, 2010, a literature review on the impact of RFID technologies on supply Chain management. *International Journal of Production Economics*, 128: 77-95,

Schreiner G, 2006, Introduction à la géolocalisation 802.11, université Louis Pasteur, LSIIT, Strasbourg.

SCOR: www.supplyChain Council.com.

Tellkamp, C., 2006, The impact of Auto-ID technology on process performance -RFID in the FMCG supply chain. PhD thesis, The University of St. Gallen.

Tseng Y , Long Yue W, 2005, The role of transportation in the logistics chain. *In: Proceedings of the Eastern Asia Society for Transportation*, 5: pp1657-1672.

Wong, C. Y., McFarlane D, 2005, RFID data capture and its impact on shelf replenishment. Tech. rep., C bridge Auto-ID Lab, Centre for Distributed Automation and Control.