

# Proposition d'un système contrôlé par le produit pour le pilotage d'une plate forme de cross-docking : Intégration de la RFID

N-Alfathi, H-Aboulaid, A-Lyhyaoui, MR-Britel, A-Sedqui

*Laboratoire de recherche des Technologies Innovantes*

Ecole nationale des sciences appliquées

Tanger, MAROC

[Najlae.alfathi@gmail.com](mailto:Najlae.alfathi@gmail.com); [hajargi@hotmail.com](mailto:hajargi@hotmail.com); [lyhyaoui@gmail.com](mailto:lyhyaoui@gmail.com); [mrbritel@hotmail.com](mailto:mrbritel@hotmail.com); [abdelfettah.sedqui@gmail.com](mailto:abdelfettah.sedqui@gmail.com)

**Résumé**—Ce papier présente la problématique de la personnalisation de masse dans les processus de préparation de commandes des plateformes de cross-docking, et la simulation de l'impact de la RFID sur la performance des processus opérationnels préalablement modélisés. L'objectif de ce papier est de simuler le rôle de la RFID dans le pilotage des chaînes logistiques et leur contribution à créer des chaînes logistiques intelligentes pilotées par le produit.

**Keywords**—Plateforme de cross-docking; RFID; performance, produit intelligent, système contrôlé par le produit; TIBCO BUSINESS STUDIO.

*Liste d'acronymes :*

RFID : Radio Fréquence Identification  
TIC : Technologies de l'Information et de la Communication  
PCD: Plateforme de Cross-Docking  
EDI: Échange de Données Informatisées  
EDC: Electronic Product Code  
BPM: Business Process Management  
BPMN: Business Process Model and Notation  
SCOR: Supply Chain Operations Reference-Model

## I. INTRODUCTION

La concurrence croissante entre les entreprises industrielles et l'apparition des technologies de l'information et de la communication ont fait l'apparition de la notion de personnalisation de masse. Cette notion génère une forte diversité des produits et des processus de production, ce qui nécessite des systèmes de pilotage réactif et flexible, pour satisfaire au mieux les clients et assurer la pérennité des entreprises.

Les systèmes de pilotage et de prise de décision ont évolué d'une architecture centralisée où toutes les décisions sont prises par le niveau supérieur du système, qui définit les contraintes et objectifs à atteindre par le niveau suivant, à une architecture distribuée de pilotage qui s'appuie sur le principe

de la distribution de toutes les décisions, ainsi elle considère que chaque niveau inférieur à un contrôleur qui est autonome et coopère avec l'ensemble des autres niveaux, d'où sa grande flexibilité et sa relative tolérance aux perturbations.

Alors que l'architecture centralisée présente un pilotage Robuste et stable, l'architecture distribuée garantie une flexibilité et réactivité face aux aléas. L'hybridation de ces deux approches a donné naissance en 2003 [1] du paradigme des systèmes contrôlés par le produit.

Le concept du système contrôlé par le produit prend en compte les capacités du produit à jouer un rôle actif de synchronisation des échanges entre les différents systèmes de l'entreprise de niveau « busines » et « process » [2]. Cette synchronisation nécessite une connaissance des données exacte et en temps réel du système, cela nécessite une intégration d'une technologie infotronique porteuse de l'information, ou ce qu'on peut appeler aussi des technologies d'informations et de communication.

Après l'utilisation de ce concept dans des travaux relatifs à la gestion du ré-ordonnement des produits, de la logistique hospitalière, des procédés industriels en entreprise [3], nous proposons dans ce papier l'intégration de cette notion de pilotage par produit dans les processus logistiques d'une plateforme de cross -docking, qui a pour mission le regroupement, le reconditionnement puis la distribution de produits vers ses différents clients.

Cette intégration, permettra d'avoir une parfaite synchronisation entre les flux physiques et les flux d'informations, et donc d'assurer une meilleure traçabilité dans les processus de préparation en interne de la PCD jusqu'à l'acheminement au client, et par la suite améliorer la performance globale de la chaîne logistique.

Ce papier est composé de 3 grandes parties : la première partie sera dédiée à une revue de la littérature sur les TIC, la RFID (Radio frequency identification) et les produits intelligents, alors que la deuxième partie présentera la modélisation des

Xème Conférence Internationale : Conception et Production Intégrées, CPI 2015, 2-4 Décembre 2015, Tanger - Maroc.

Xth International Conference on Integrated Design and Production, CPI 2015, December 2-4, 2015, Tangier - Morocco.

processus logistiques de la plateforme et les contraintes étudiées.

A travers la troisième et la dernière partie nous présenterons les résultats de simulations selon les différents scénarios préalablement exposés avant et après l'intégration de la RFID\* dans les processus de la PCD.

## II. REVUE DE LA LITTÉRATURE

### A. Technologie d'information et de communication

L'avancée technologique des outils de communication et d'information (TIC) motive de nombreux chercheurs à s'intéresser aux rôles des TIC en Supply Chain, [4] ; [5] ; [6].

L'environnement dans lequel opèrent les entreprises implique des exigences plus strictes en termes de réduction de coûts, de satisfaction clients, de traçabilité des produits tout au long de leur cycle de vie. Dans ce contexte, la collaboration est considérée comme une source d'avantage compétitif qui permet aux entreprises de coopérer étroitement pour faire face à l'incertitude et à la volatilité des marchés. [7] ; [8].

La collaboration permet d'atteindre un niveau de réactivité et de flexibilité qu'une entreprise seule ne pourra jamais atteindre. Les TIC sont reconnus comme des catalyseurs dans cette démarche de collaboration inter-entreprise car elles autorisent la capture rapide d'un grand volume d'informations et son partage entre les différents protagonistes de la Supply Chain. La qualité de l'information échangée est le socle de toute action et décision prises en temps opportun pour répondre aux changements du marché.

Nous pouvons résumer les objectifs de l'utilisation des TIC en Supply Chain dans les trois points suivants : (i) fournir une visibilité continue à travers une information disponible à tout moment, (ii) assurer une prise de décision basée sur une information partagée tout au long de la Supply Chain et (iii) permettre une collaboration entre les différents partenaires.

### B. Rôle des TIC dans la supply chain

Le rôle des TIC en Supply Chain est d'assurer la disponibilité de l'information, de garantir la visibilité sur la totalité de la chaîne logistique, de permettre une prise de décision réactive et synchronisée ainsi qu'une collaboration parfaite entre les partenaires.

### C. Choix de la RFID

Face aux préoccupations d'amélioration du partage d'information, de traçabilité, de gestion d'incertitude et de pilotage dynamique, nous constatons l'omniprésence des technologies d'identification de type code à barre ou RFID, l'utilisation de l'internet, des EDI comme outil d'échange d'information, etc.

Plusieurs auteurs place la technologie RFID comme le pivot de la gestion des chaînes logistiques. En tant qu'outil d'identification et système d'information inter-organisationnel [9], [10], la technologie permet l'identification des objets, la capture automatique des données et leur transmission aux différents partenaires [11]. Elle est intégrée aux systèmes

d'information des entreprises et permet d'automatiser les activités en interne et entre les partenaires de la Supply Chain. [12].

La technologie RFID semble répondre aux exigences et à la complexité de l'environnement actuel car elle offre la possibilité d'acquérir des informations exactes et précises en temps réel. Cette visibilité continue permet une prise de décision dynamique. La technologie se positionne comme une solution intéressante et est utilisée dans diverses applications de la Supply Chain pour améliorer la performance des processus intra et inter-organisationnels. Elle est considérée, Comme un facilitateur de la mise en place de différentes applications où l'identification et le contrôle sont essentiels .

### D. Principe de fonctionnement

L'architecture classique d'un système d'identification par radiofréquence (RFID) est composée d'un ensemble d'étiquettes, un émetteur-récepteur et un système d'information.

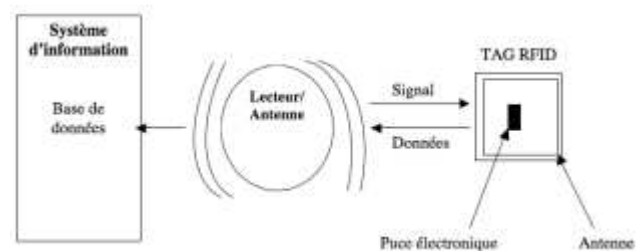


Figure 1 fonctionnement d'un système RFID Source [13]

- L'étiquette ou transpondeur, se compose essentiellement d'une puce électronique et d'une antenne. Elle peut être active (elle émette d'elle-même un signal) ou passive (elle se contente de réagir à la présence d'un lecteur) et contient ainsi un numéro d'identification unique, appelé EPC (Electronic Product Code).
- Un émetteur-récepteur qui peut être fixe ou mobile et sert à identifier l'ensemble des étiquettes situées dans son champ de couverture. Il agrège les données recueillies et communique par voie hertzienne.
- Un système d'information composé d'un certain nombre de logiciels et/ou d'applications qui collectent les données informatiques et les exploite.

### E. Système contrôlé par le produit

Le concept de système contrôlé par le produit considère le produit comme acteur principale de prise de décision qui échange des données en temps réel avec les autres processus de l'entreprise. Dans la littérature les chercheurs ont donné plusieurs définitions et caractéristiques à ce concept. Alors que des auteurs en introduit le concept comme une dérivée du Holonic Manufacturing Systems, dont l'originalité est de combiner des décisions centralisées prises à priori sur des

horizons à moyen, voire à long terme, avec des décisions décentralisées ou distribuées prises « en exécution » sur des horizons à court terme voire sur événements [3], autre auteurs en plus de la définition du concept en temps qu'une hybridation de deux approches de pilotage ils ont rappelé les capacités du produit, à jouer un rôle actif de synchronisation des échanges entre les différents systèmes de l'entreprise[2].

#### F. Produit intelligent

Le produit vu comme bien par le système de production, et comme un fournisseur d'information et de services par les systèmes de gestion, assure la cohérence entre les flux physiques et informationnels. [14]

Plusieurs travaux ont donné des définitions de ce concept et ont détaillé ces caractéristiques :

Dans [14] ,et dans [15] , les auteurs ont évoqué les niveaux d'intelligence des produits , vu que la considération du produit comme actif lors de sa production amène à lui conférer des capacités d'intelligence technique, ces capacités, à attribuer au produit, sont les suivantes :

1. Posséder un identifiant unique ;
2. Pouvoir communiquer avec son environnement ;
3. Pouvoir mémoriser des données le concernant ;
4. Déployer un langage pour présenter ses caractéristiques, ses exigences de production ... ;
5. Pouvoir assurer ou participer à une décision concernant son devenir.

En fonction de ces cinq capacités, ils sont définis deux niveaux d'intelligence technique du produit :

- un produit avec une intelligence de niveau 1 est capable de communiquer son état (forme, composition, localisation, critères clés). Ce niveau 1 est orienté vers les informations du produit, il couvre les points 1 à 3 décrits précédemment ;

- un produit avec une intelligence de niveau 2 est capable non seulement de communiquer son état, mais aussi d'influencer les décisions qui sont prises à son égard. Ce niveau 2 est orienté vers la décision, il couvre les points 1 à 5 décrits précédemment.

### III. DEVELOPPEMENT D'UN MODEL DE PILOTAGE DE PRODUIT A L'AIDE DE SCOR & BPMN

#### A. Modélisation et résultats

Dans cet article, on vous présente un modèle que nous avons développé pour le pilotage par le produit d'une plateforme de cross docking (PCD) à l'aide de la technologie RFID. Cette modélisation par processus a pour but d'identifier les points de discontinuité de flux d'informations et par la suite les processus qui manquent de visibilité et qui peuvent causer un impact négatif sur la performance de la chaîne logistique.

D'où le choix de la fusion de SCOR et BPMN en un seul modèle. Le modèle SCOR définit une approche d'évaluation de la performance en proposant des indicateurs clés pour piloter la performance.

Tandis que BPMN, vient combler l'aspect statique de SCOR, il permet aussi d'intégrer un contrôle avancé des flux et une présentation dynamique des événements.

Les plateformes de cross-docking présentent un nœud dans la chaîne logistique, elles se positionnent entre les fournisseurs et leurs clients. La maîtrise des activités des PCD permet de contrôler en grande partie la performance globale de la chaîne logistique.

Les processus modélisés dans notre étude sont les processus opérationnelles, à savoir la réception, le regroupement des commandes par client et l'expédition.

Le tableau ci-dessous présente la liste des activités du processus considéré dans ce papier.

Activités	Nomination dans le modèle
<i>Recevoir, enregistrer et valider la commande</i>	<i>D 1.2</i>
<i>Préparer le planning de réception des livraisons fournisseurs</i>	<i>D1.4</i>
<i>Réceptionner le produit</i>	<i>D1.5</i>
<i>identifier le produit</i>	<i>D1.6</i>
<i>Grouper les commandes</i>	<i>D1.7</i>
<i>Construire le chargement</i>	<i>D1.8</i>
<i>Appeler le conteneur maritime déjà réservé en D1.4</i>	<i>D1.9</i>
<i>Emballages chargés, documents d'expédition générés</i>	<i>D 1.10</i>
<i>Envoyer un avis d'expédition au client</i>	<i>D 1.10.13</i>
<i>Expédier la commande</i>	<i>D 1.11</i>
<i>Envoie de la commande du client au PCD</i>	<i>P 1.1</i>
<i>Réceptionner la commande chez le client</i>	<i>S 1.2</i>
<i>vérifier la commande chez le client</i>	<i>S 1.3</i>
<i>Envoyer la facture au PCD</i>	<i>S 1.4</i>
<i>Préparation et vérification de la commande envoyée de la PCD au fournisseur.</i>	<i>P 4</i>
<i>Envoyer avis d'acceptance de la commande du PCD.</i>	<i>D 2</i>
<i>Réception de la facture par le fournisseur</i>	<i>DR2</i>

Tableau 1 : Liste des activités du processus étudié.

Le modèle obtenu est composé de trois bassins : fournisseur, client et PCD

- Bassin du fournisseur :

Composée de deux colonnes : Plan et Deliver. La figure 2 présente la modélisation par TIBCO BUSINESS STUDIO des processus du fournisseur.

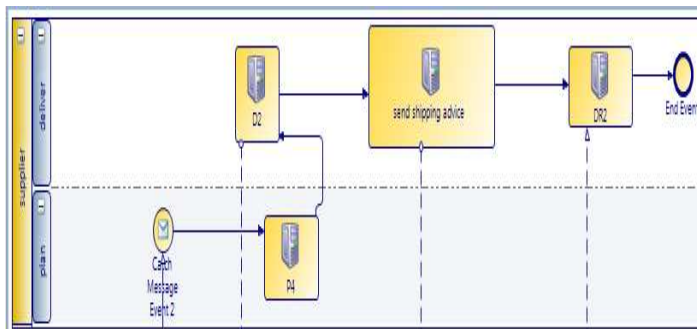


Figure 2 Modélisation par BPMN des processus du fournisseur.

- Bassin du PCD

Ce bassin est composé de trois colonnes : Source, Plan et Deliver. Dans l'annexe 1 on trouve la modèle caractérisant ces processus.

- Bassin du client :

Composé de deux processus de SCOR : Plan et Source. L'annexe 2 illustre une modélisation par TIBCO des processus de client.

#### B. Discussion du modèle

- Le modèle obtenu nous a permis de détecter les faiblesses et les points de discontinuité dans la gestion des processus opérationnels.
- La non synchronisation entre les flux physiques et les flux d'information, et la non traçabilité dans la gestion des flux physiques sont les facteurs qui dégradent la performance de la PCD.
- Le manque d'un contrôle avancé des flux pour gérer les retards fournisseurs n'est pas pris en compte aussi dans les processus de la PCD.
- Pour l'évaluation de la performance de la PCD, nous avons opté pour les indicateurs les plus significatifs, le temps de traitement de la commande et le coût associé.

### IV. SIMULATION DE L'EXISTANT

#### A. Synthèse sur les outils de simulation basés sur BPMN

Logiciel	Définition
Activiti	Activiti est une plate-forme légère de contrôle de processus industriel de déroulement des opérations et d'affaires (BPM) visée aux gens d'affaires, aux promoteurs et aux admins de système. Son noyau est moteur de processus de BPMN 2.0. C'est open-source et distribué sous le permis d'Apache
TIBCO BUSINESS STUDIO	Le logiciel TIBCO Business Studio rassemble les trois éléments clés de la gestion des processus métier dans un seul environnement : modélisation, gestion et simulation. La modélisation métier facilite la collaboration entre les utilisateurs fonctionnels et les informaticiens, intègre les ressources métier importantes qui n'entrent pas dans le périmètre du processus et permet de simuler l'exécution du processus.
MEGA SIMULATION	En complément à MEGA Process BPMN Edition, le

logiciel MEGA Simulation BPMN Edition est édité par MEGA International pour assister les organisateurs et les décideurs dans :
<ul style="list-style-type: none"> <li>- L'analyse des performances des processus de l'entreprise.</li> <li>- L'amélioration de l'efficacité des processus existants ou en cours de reconception.</li> </ul>

Tableau 2 : citation et définitions de logiciel permettant la simulation des modèles BPMN.

Dans ce papier nos modèles seront simulés par TIBCO BUSINESS STUDIO, vu que notre objectif est de simuler les flux physiques et informationnels et d'avoir des comparaisons entre des scénarios pour valider la solution proposée.

#### B. Simulation

Pour valider le modèle obtenu par fusion de SCOR et BPMN, nous allons simuler le processus par TIBCO BUSINESS STUDIO, en adoptant deux scénarios.

- Scénario 1 : si lors du groupement de commandes une erreur s'est produite, par conséquent le client ne reçoit pas tous les produits demandés, dans ce cas les tâches de D1.7 jusqu'au l'envoi de l'avis d'envoi de produits vont être exécutées une deuxième fois.

- Scénario 2 : si les produits demandés par le client sont envoyés sans aucune erreur lors du groupement de commande.

#### C. Comparaison des résultats de simulation des deux scénarios :

- Temps de simulation :

La figure ci-dessous montre une comparaison entre les temps de cycle minimum, moyens et maximum des scénarios. Toutes les mesures de temps sont par minute.

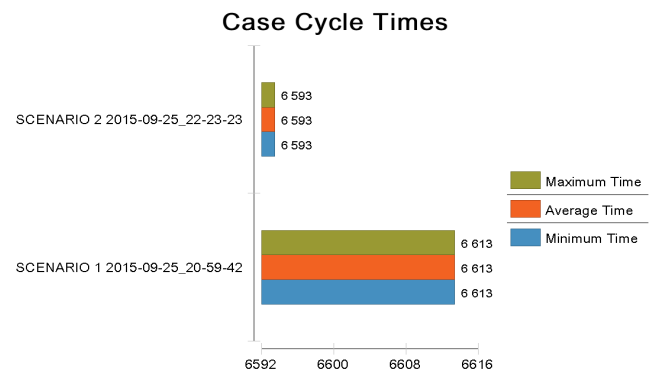


Figure 3 Comparaison entre les temps de cycle des scénarios 1 et 2.

Le retour de flux engendre des pertes de temps comme illustré dans la figure .

- Coût :

La figure ci-dessous schématise une comparaison entre les coûts engendrés dans chaque scénario. Les coûts sont exprimés en EURO.

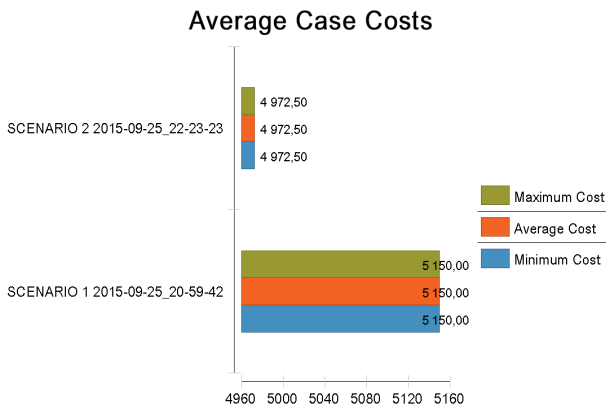


Figure 4 Comparaison entre les couts du scénario 1 et 2.

D’après la simulation par ces deux scénarios, on a conclu que la non fiabilité du processus de groupement des commandes a conduits à des pertes en terme de temps et de coût, ce qui influence la performance de la plateforme de cross-docking.

#### V. GROUPEMENT DE COMMANDES CONTROLE PAR LE PRODUIT

Pour éliminer les retours de flux causés par la non fiabilité du processus de groupement de commande, nous proposons une gestion par produit du processus de groupement en intégrant la technologie RFID, permettant au produit de devenir intelligent et d’indiquer pour chaque référence à envoyer l’emplacement dans les colis.

Le nouveau processus de groupement de commandes est composé de quatre étapes :

- Etape 1 : Après la réception de la commande du client, le processus Plan de la PCD envoie la quantité de produit demandée de chaque référence au produit intelligent de la même référence. Le produit intelligent renvoie au processus plan de la PCD la nouvelle quantité à approvisionner.
- Etape 2 : Le processus source de la PCD approvisionne, de la part du fournisseur, la quantité déterminée par le produit.
- Etape 3 : Après la réception des produits approvisionnés, Le processus Plan envoie au produit intelligent la liste des références des produits à grouper pour livrer au client.
- Etape 4 : Cette étape est la plus importante, puisqu’il s’agit de grouper les commandes. Le rôle du produit intelligent est d’indiquer pour chaque référence de produit un emplacement dans les colis.

#### A. Modélisation du nouveau processus

La nouvelle modélisation est caractérisée par l’ajout d’une nouvelle colonne produit dans le bassin de la PCD. Ainsi nous avons modélisé les différentes interactions entre le produit et les processus de la PCD. L’annexe 3 présente la modélisation de la PCD après intégration du RFID, ainsi dans ce modèle on trouve, en plus des activités existantes avant l’intégration du RFID, les différentes interactions et échanges entre le produit intelligent et les autres processus de la PCD : Source, Plan et Deliver.

#### B. Résultats

Nous présentons en ce qui suit une comparaison entre le résultat de simulation du fonctionnement de la plateforme piloté par le produit et des deux scénarios comparés auparavant :

- Temps de simulation

La figure ci-dessous présente une comparaison entre les temps de cycle des trois scénarios simulés dans cet article.

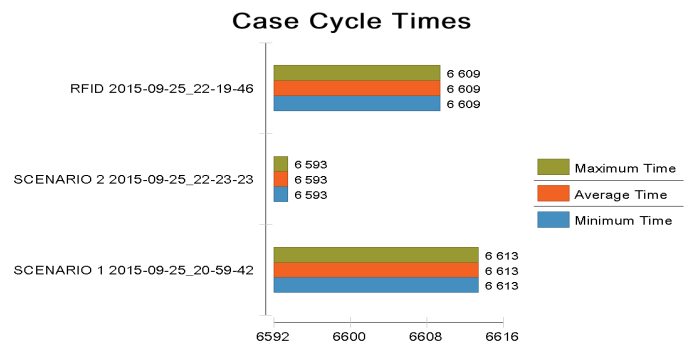


Figure 5 Comparaison des temps de cycle de la plateforme avant et après intégration de la RFID.

La comparaison des temps de cycle des trois simulations montre que la plateforme pilotée par le produit à un temps de cycle approché de l’optimum, vu que le temps du scénario 1 schématisé dans le graphe est juste celui des opérations au niveau de la plateforme, alors que si on ajoute le temps du transport, la différence entre le premier scénario est la proposition serait plus grand.

- Coût

La figure 6 présente une comparaison des couts liés à chaque scénario : scénario 1, scénario2 et PCD après l’intégration du RFID portée par le produit.

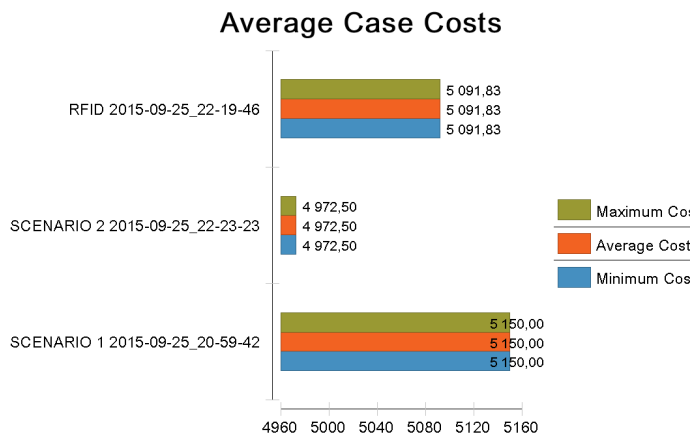


Figure 6 Comparaison des coûts de la plateforme avant et après intégration de la RFID.

Le coût du premier scénario est en réalité plus grand que la valeur calculée par TIBCO si on ajoute les coûts liés au transport, ce qui est très coûteux, de ce fait on peut conclure que par intégration de la RFID nous avons obtenu un coût approché de l'optimum et donc nous avons amélioré la performance de la supply chain étudiée.

## CONCLUSION

A travers ce papier, nous avons modélisé les interactions entre les processus d'une plateforme de cross docking, ses fournisseurs et ses clients. Le modèle développé nous a permis d'identifier les points de faiblesses qui peuvent impacter négativement la performance de la SC étudiée.

Comme amélioration nous avons proposé d'intégrer la technologie RFID dans les processus opérationnels de la plateforme logistique, et nous avons développé un nouveau modèle en intégrant la RFID dans les processus de préparation. Notre modèle a été validé par simulation en utilisant l'outil TIBCO. Les résultats aboutis montrent une amélioration dans le temps de préparation des commandes ainsi sur les coûts associés après l'intégration de la RFID dans les processus de la PCD, et donc une amélioration de la performance globale de la PCD. Dans nos perspectives de recherche on souhaite étudier le retour sur investissement suite à l'implantation d'un réseau intelligent intégrant la RFID dans le pilotage de la chaîne logistique. Cet indicateur met entre les mains des industriels et gestionnaires les outils nécessaires pour choisir la technologie qui répond au mieux aux contraintes budgétaires associées à chaque entreprise.

## References

[1] Morel, G., Panetto, H., Zaremba, M., & Mayer, F. (2003). Manufacturing enterprise control and management system engineering paradigms and open issues. *Annual Reviews in Control*, 199-209.

[2] Noyel, M., Thomas, P., Thomas, A., Beaupretre, B. 2012. Back industrial experience on the choice of a Information technology scope by products. *Internationale Conférence of Modelling, Optimisation et SIMulation - MOSIM'12 From 06 to 08 June 2012 - Bordeaux*.

[3] Elhouzi, H. Methodological approach for the integration of Driven product system in an environment just- a- time. *Engineering Sciences. Universite Henri Poincare - Nancy I*, 2008. French.

[4] DeGroot, S.E., Marx, T.G., (2013), The impact of IT on supply chain agility and firm performance: An empirical investigation. *International Journal of Information Management*, vol.33, n°6, pp.909-916.

[5] Tallon, P.P., & Pinsonneault, A. (2011). Competing perspectives on the link between strategic information technology alignment and organizational agility: Insights from a mediation model. *MIS Quarterly*, 35(2),463-486.

[6] Vickery, S.K., Droge, C., Setia, P., & Sambamurthy, V. (2010). Supply chain information technologies and organisational initiatives: Complementary versus independent effects on agility and firm performance. *International Journal of Production Research*, vol. 48, n°23, pp.7025-7042

[7] Fiala P., (2005), "Information sharing in supply chains", *Omega International Journal of Management Science*, vol°33, n°5, pp.419-423

[8] Thun, J. (2010). Angles of integration: An empirical analysis of the alignment of Internetbased information technology and global supplychain integration. *Journal of Supply Chain Management*, vol. 46, n°2, pp.30-44

[9] Curtin, J., Kauffman R.J., & Riggins, F. J. (2007). "Making the most out of RFID technology: A research agenda for the study of the adoption, usage and impact of RFID", *Information Technology and Management*, vol.8, n°2, pp. 87-110

[10] Sharma, A., Thomas, D., & Konsynski, B. (2008). Strategic and institutional perspectives in the evaluation, adoption and early integration of radio frequency identification (RFID): An empirical investigation of current and potential adopters. *Proceedings of the 41<sup>st</sup> Hawaii International Conference on System Sciences (Big Island, Hawaii)*, IEEE Computer Society, USA,

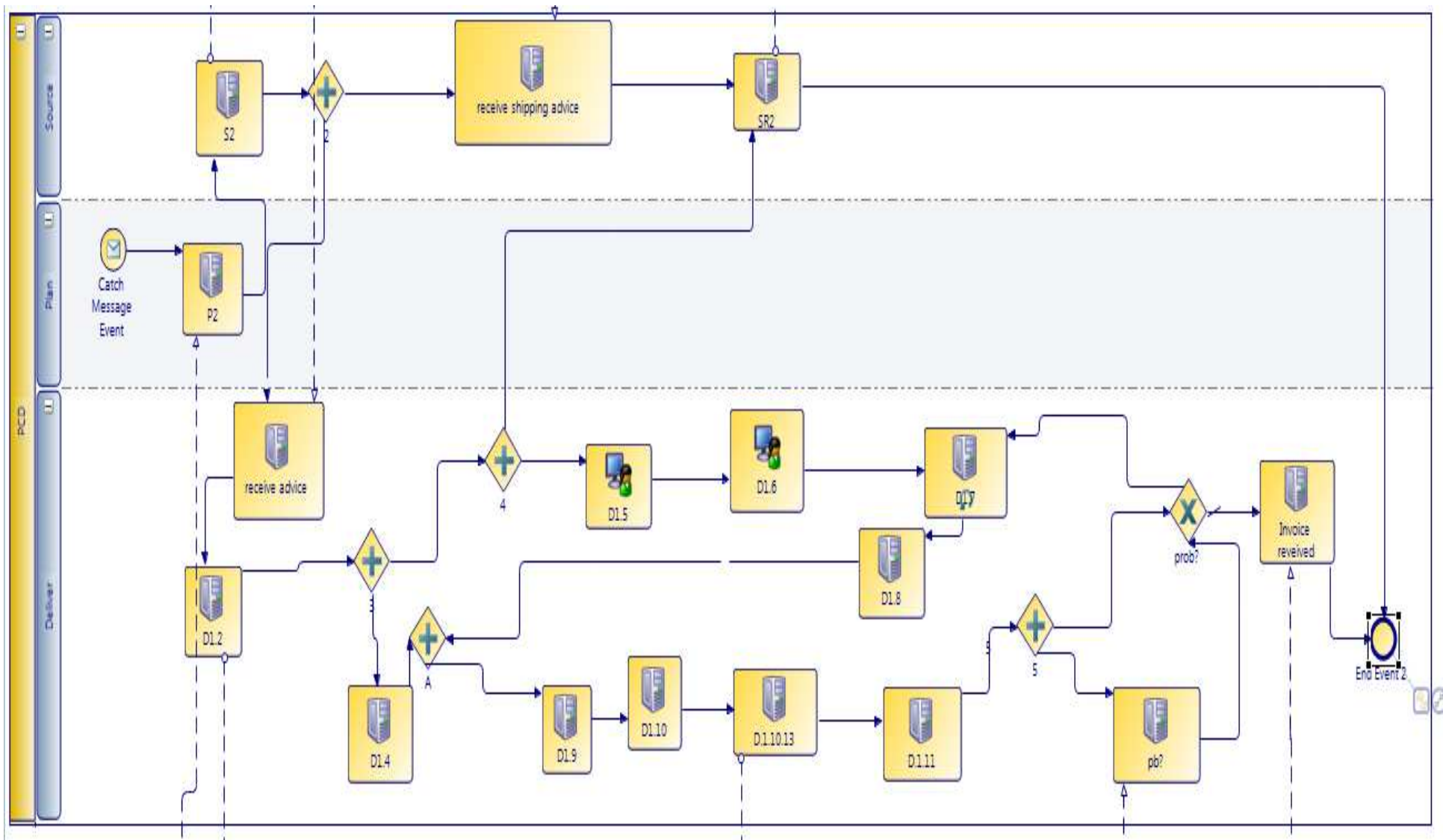
[11] Loebbecke & Palmer, 2006; Loebbecke, 2007; Fosso Wamba & Beck, 2008]

[12] [Sharma et al., 2007 ; Kumar, 2007 ; Bendavid, 2010].

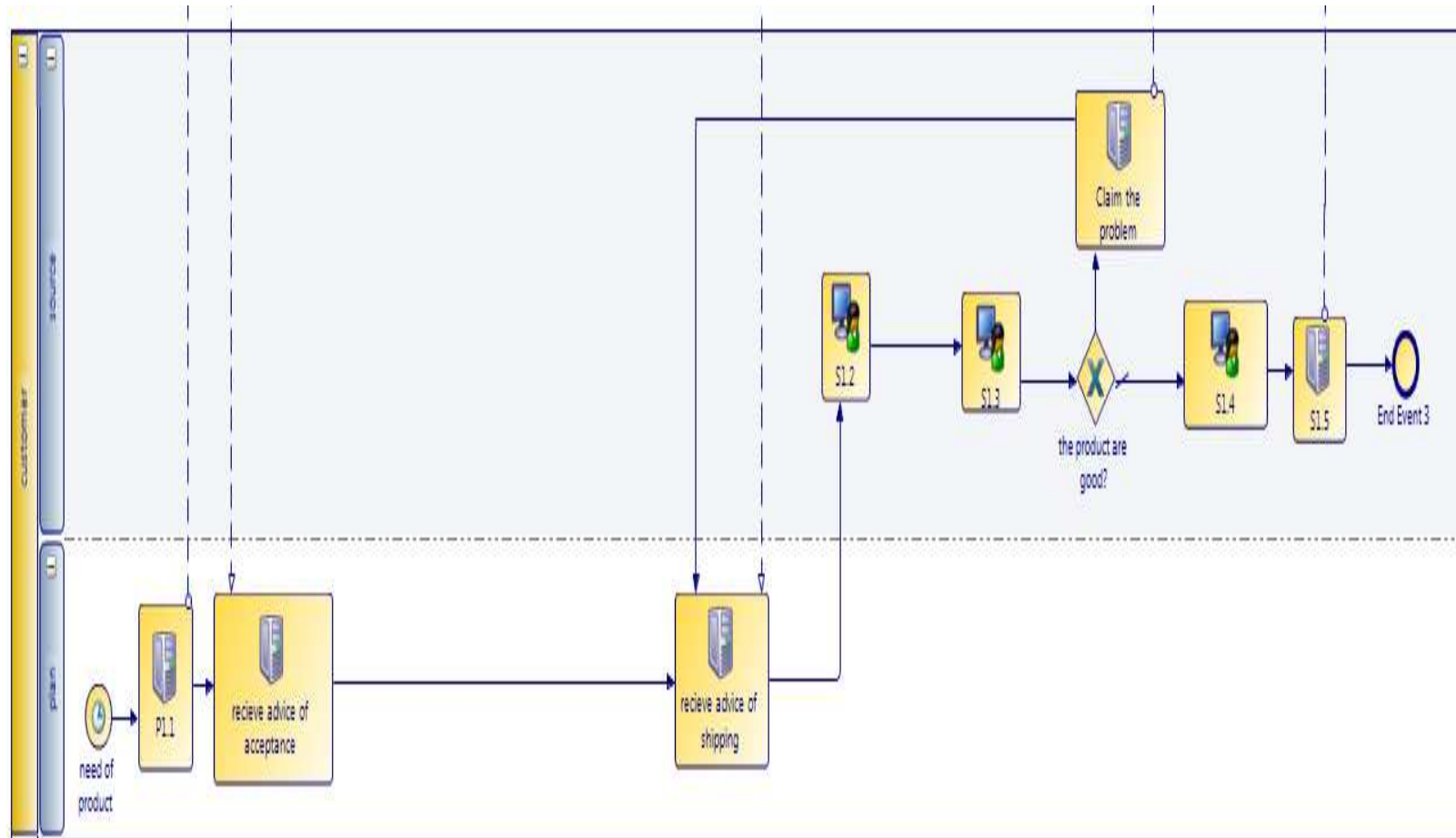
[13] Lazzeri, J. (2014). Vers une traçabilité totale des supply chains Le cas de l'agroalimentaire en France, Thèse de doctorat en Sciences de Gestion, Aix-Marseille Université

[14] Gouyon, D. Michael, D. 2009. Towards the implementation of a monitored system by product using networks wireless sensors. *Journal of European automated Systems, Hermes*.

[15] Cardin, O. Castagna, P. Chové, E. 2013. Use of an observer for piloting the Product driven system. *Journal of European automated Systems, Hermes*.

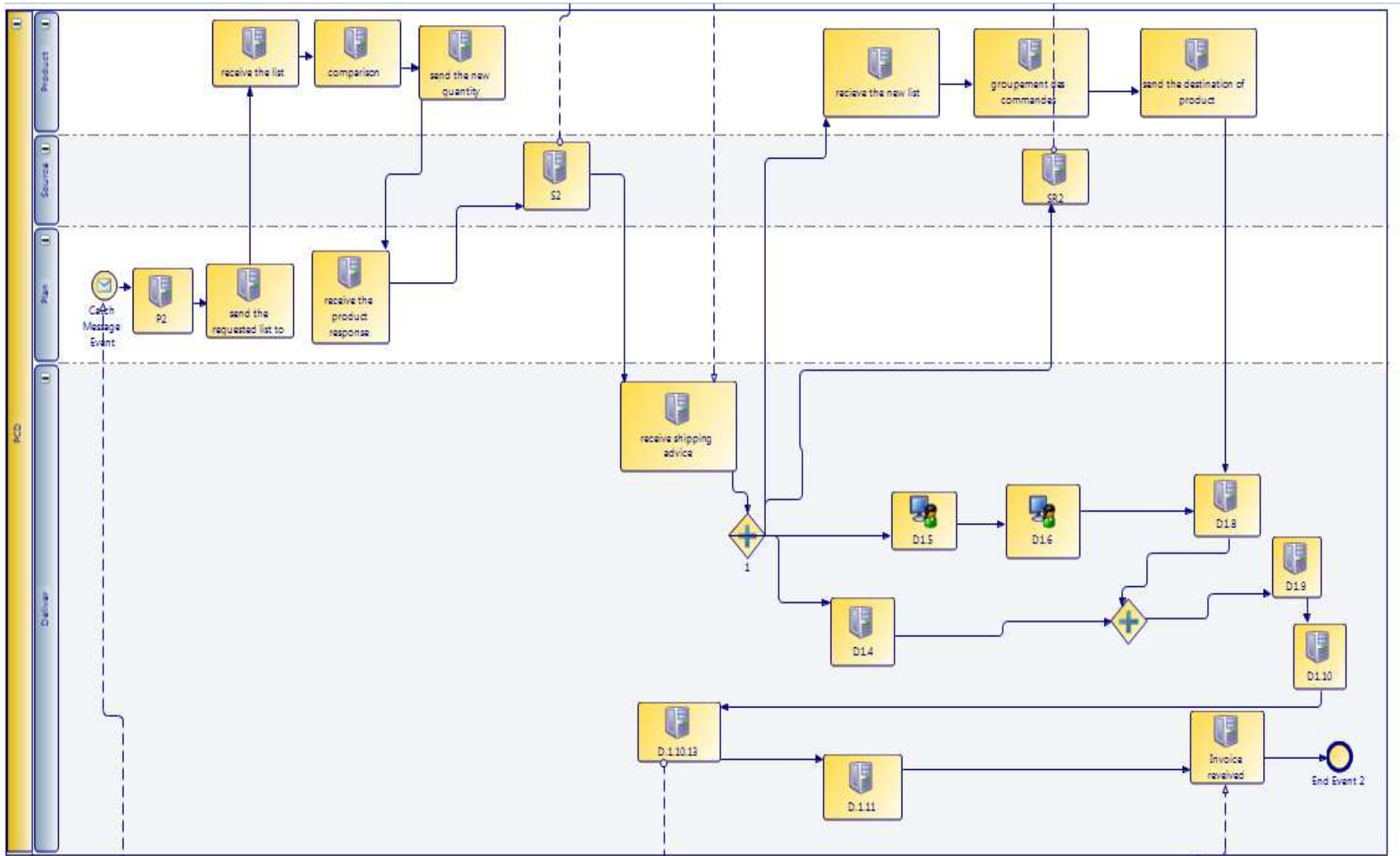


**Annexe 1:** Modélisation par BPMN des processus de la PCD.



**Annexe 2:** Modélisation par BPMN des processus du client.





**Annexe 3:** Modélisation des interactions entre le produit intelligent et les processus de la PCD