

Optimisation conjointe des coûts de transport et de stockage dans une chaîne logistique de distribution multi niveau : Une approche basée sur la simulation.

Khadija EDDOUG*, Saâd LISSANE ELHAQ**

Laboratoire d'informatique des systèmes industriels et des énergies renouvelables (LISER)

Equipe Automatique Productive

Ecole nationale supérieur d'électricité et de mécanique (ENSEM)

Université Hassan II Aïn Chock, BP 8118, Oasis, Casablanca, Maroc

*khadija.eddoug@gmail.com,** lissan1@yahoo.com

Résumé— Dans cet article nous abordons la problématique de pilotage de flux dans une chaîne logistique de distribution multi niveau (CLDMN) dans un environnement stochastique. Ce travail vise à la mise en œuvre des solutions de gestion de flux de livraison, de réapprovisionnement, d'allocation des stocks et de transbordement pour une optimisation combinée des coûts de stocks et transport. La méthodologie adoptée est basée sur une approche de simulation. En effet, la démarche basée sur la modélisation et la simulation pour l'évaluation et l'analyse des performances des systèmes complexes a fait ses preuves depuis des années, dans divers domaines de la recherche scientifique. Nous avons adopté le langage UML pour développer un modèle conceptuel de la chaîne de distribution multi niveau, qui combine les processus de gestion de stock et de transport. Nous avons implémenté le modèle dans l'outil de simulation ARENA.

Mots clés— Chaîne logistique de distribution multi niveau (CLDMN); modélisation UML; optimisation par simulation; politique de pilotage de flux; indicateurs de performance.

I. INTRODUCTION

L'importance grandissante de la gestion des chaînes logistique encourage la recherche dans les milieux industriels et universitaires à élaborer des techniques qui permettent une meilleure analyse de ce système, de ce fait les approches de modélisation et simulation sont adaptées à l'étude du comportement des phénomènes complexes, vu qu'elles prennent en compte les aspects stochastiques et dynamiques [4].

Les travaux de recherche récents sur la chaîne logistique de distribution multi niveau (CLDMN), traitent l'optimisation des coûts de stock et de transport séparément, et la plupart sont basés sur des méthodes analytiques qui imposent des hypothèses restrictives. Ces méthodes sont difficiles à mettre en œuvre quand le nombre des niveaux est important dans un environnement stochastique.

Le travail de recherche que nous proposons vise une

contribution double :

- Développer un modèle de connaissance spécifique d'une CLDMN à travers une étude de modélisation.
- Construire, à partir de ce modèle, un outil de simulation des scénarii qui permettront de mettre en œuvre des solutions pour l'optimisation combinée des coûts de stock et transport, par simulation.

Ce travail sera réalisé en trois étapes :

1. La première étape concerne la modélisation des systèmes de distribution multi niveau. Il s'agit de développer un modèle de l'ensemble de la chaîne intégrant les acteurs, les flux logistiques et de transport et les différents processus du système. La démarche de modélisation est basée sur le langage UML. Cette étape de modélisation permet d'avoir une représentation du système d'information de la chaîne et un cadre conceptuel des flux et processus mise en jeu, en vue de réaliser un outil de simulation. Cependant le développement d'un modèle globale, nécessite la prise en considération des politiques de pilotage de flux, d'allocation de stock et de transbordement.

2. La deuxième étape consiste à réaliser, à partir du modèle UML, un simulateur des systèmes de distribution multi niveau, à l'aide d'un logiciel de simulation de flux. L'outil de simulation prend en considération les différents aléas (demande, capacité, délais de livraison, etc.). Cet outil permettra d'analyser le comportement du système vis-à-vis ces aléas et d'étudier différentes configurations de la chaîne logistique.

3. La troisième étape traite l'évaluation des performances (niveau de service, coût des stocks, coût de transport, ..) ainsi que de mesurer l'impact des politiques de pilotage de flux qui permettent une optimisation conjointe du stock et du transport.

II. PRESENTATION DE LA PROBLEMATIQUE.

A. *Etat de l'art*

La modélisation et la simulation des chaînes logistiques de distribution multi-niveau s'est bien développé pendant ces dernières décennies vue l'immense rôle qu'elle joue dans l'analyse de comportement discret de ce type de système qui permet par la suite l'évaluation de leur indicateurs de performances.

Dans la littérature, [2] ; [10] ; [16] ; [19] il existe trois grandes classes de modélisation des chaînes logistiques:

- Modèles organisationnels : représentent la chaîne logistique à partir de ses entités, ses activités, ses processus, ses fonctions, sa structure et son comportement. Les principales approches qui découlent de ce modèle sont les approches hiérarchiques et hétérarchiques.
- Modèles analytiques : représentent la chaîne logistique selon une perspective quantitative. Ils permettent de décrire le système par un ensemble d'équations mathématiques. Les principales approches qui découlent de ce modèle sont la théorie des contraintes et la recherche opérationnelle.
- Modèles pour la simulation : sont généralement utilisés lorsqu'il n'existe pas une relation entre les différentes variables du système et ne pouvant donc pas se mettre sous la forme d'un modèle analytique.

Certains travaux de recherche modélisent les chaînes logistiques de distribution multi niveau selon les politiques classiques de gestion de stock :

- Politiques avec révision continue: il s'agit des politiques (s, S), (s, Q) et (S-1, S) où l'état du stock est inspecté continuellement.
- Politiques avec révision périodique : il s'agit des politiques (R, s, S), (R, S) et (R, Q) où l'état du stock est inspecté périodiquement.

où les paramètres s, Q, S, R et T désignent respectivement le point de commande, la quantité de commande, le niveau de recombplètement et l'intervalle de révision, ainsi nous retrouvons la notion du transbordement d'urgence comme sorte de coopération entre les détaillants pour faire face aux situations de rupture [17]. De plus, des règles d'allocation doivent être mises en place pour être appliquées lorsque les sites en amont sont en situation d'insuffisance de stock pour approvisionner les sites en aval. Les coûts logistiques liés à ces politiques [20] ; [13] sont : Coût de commande, coût de possession et coût de rupture.

En contre partie, nous avons la gestion du transport, selon quelques critères : Politique de distribution ; type de

transport ; type de chargement de transport ; taille de véhicule. La plupart des thèses se focalisent sur l'organisation du transport, par le choix du type de chargement:

- Le chargement complet ou le transport à charge entière(TL) : Il est effectué par un véhicule allant d'un point à un autre avec un seul envoi. On parle aussi de transport de lot et il représente environ deux tiers du volume du transport routier de marchandises exprimé en tonnes-kilomètres. Son objectif consiste à la recherche d'un meilleur remplissage des véhicules.

- Le chargement partiel ou le chargement de lots brisés(LTL): Il est effectué par un véhicule qui prend plusieurs envois depuis et/ou à destinations de lieux différents.

L'activité de TL qui était la plus fréquente pour les transports à longue distance tend à diminuer avec la réduction des stocks et l'augmentation corrélative de la fréquence des livraisons, en faveur de l'activité de LTL. [1]; [12].

D'après [21] il existe trois types de transports : le transport périodique, le transport sous condition de quantité et le transport au besoin.

- Transport périodique

A chaque fois qu'une entreprise a besoin de se réapprovisionner, elle lance une commande. L'entreprise en amont déclenche alors le processus de livraison et transfère la quantité commandée au niveau du quai de chargement. A chaque période de transport, le transporteur scrute son quai de chargement. Si de la marchandise y est présente, cela correspond donc à une commande et le transporteur lance alors son processus de transport. Après un délai de transport, la marchandise arrive au processus de réception de l'entreprise qui a lancé la commande.

- Transport sous conditions

Si la production à livrer atteint une certaine quantité définie par l'utilisateur, le processus de transport se déclenche automatiquement.

- Transport au besoin

A chaque fois que le client lance une commande et que la quantité chez le fournisseur est disponible, le processus transport peut démarrer à condition que les ressources de transport soient disponibles.

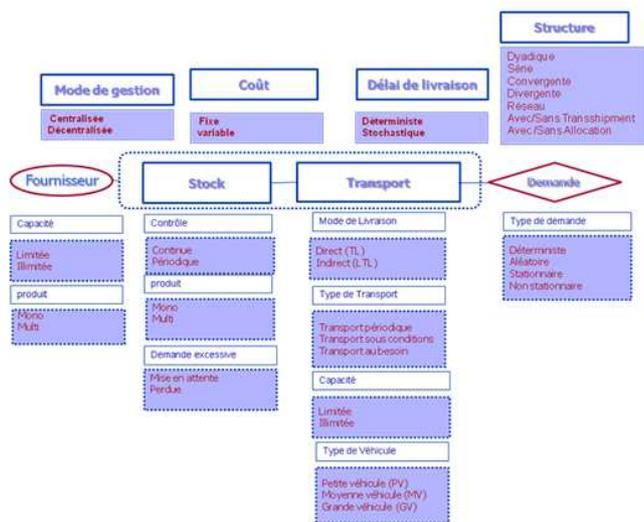
La demande peut être déterministe où stochastique, dans le cas stochastique, on modélise une demande avec une forte intensité avec une loi normale, et pour une demande avec une faible intensité elle est modélisée avec une loi de poisson.

Dans le tableau ci-dessous une classification de quelques articles qui ont traité la modélisation de la CLDMN.

Auteurs	Demande	Gestion De Stock	Gestion De Transport	Niveau	Produit	Approche De Résolution
Huang, et al. 2004	d	oui	oui	multi	mono	analytique
Bollapragade, et al. 2004	a	oui	non	multi	multi	analytique
Chen, et al. 2005	d	oui	oui	mono	mono	analytique
Bélanger, et al. 2007	a	oui	oui	multi	multi	simulation
Dullaert, et al. 2007	a	oui	oui	multi	mono	analytique
Li, et al. 2007	a	oui	oui	multi	multi	analytique
Essaid, et al. 2008	a	oui	non	multi	multi	simulation
Rouibi 2012	a	oui	oui	multi	multi	simulation
Zhao, et al. 2010	a	oui	oui	mono	multi	analytique
Béllveau 2010	a	oui	oui	multi	multi	simulation
Deslauriers-Gaboury 2011	a	oui	oui	multi	multi	simulation
Silver, et al. 2011	a	oui	oui	multi	multi	analytique
Bahloul 2011	a	oui	oui	multi	multi	analytique
Kande, et al. 2014	a	oui	oui	multi	multi	analytique
Echcheikh 2015	a	oui	non	multi	multi	simulation

Fig. 1. Classification des articles selon les critères de recherche (a : aléatoire, d : déterministe).

Cependant et d'après la revue de littérature nous avons déduit les caractéristiques d'une chaîne logistique de distribution multi niveau :



B. Présentation de la problématique.

D'après Lambert [5], les chaînes logistiques peuvent être définies suivant une dimension horizontale et/ou verticale. La structure horizontale fait référence aux nombres de maillons de la chaîne (nombre de niveau). La structure verticale se réfère au nombre de fournisseurs et de clients de chaque maillon (sites de stockage dans chaque niveau).

La chaîne de distribution multi niveau modélisée par [8];[9] avait une structure mixte et était constituée de quatre niveaux de distribution : un fournisseur, deux centres de distribution, cinq grossistes et dix détaillants).

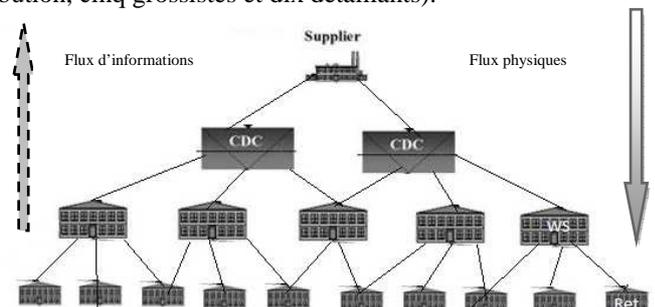


Fig. 3. La chaîne logistique de distribution multi niveau initiale.

Fig. 2. Caractéristiques de la chaîne logistique de distribution multi niveau (CLDMN).

Dans notre cas et afin de mieux correspondre aux chaînes logistiques du monde industriel, nous avons introduit la notion de transport. Le nouveau modèle ainsi construit est constitué de trois niveaux de distribution, caractérisée par plusieurs connexions où le réseau transport est assuré par des transports des différents types : Périodique, sous condition, au besoin. Soumis à des demandes et des délais de livraison aléatoires.

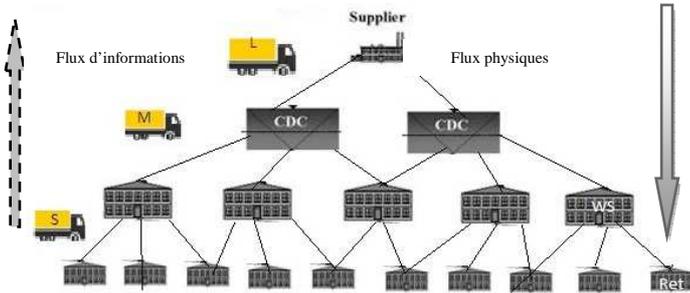


Fig. 4. Intégration du transport dans La chaîne logistique de distribution multi niveaux.

III. MODELISATION DE LA CHAÎNE LOGISTIQUE.

La modélisation s'avère une étape essentielle. Pour maîtriser le processus du système.

A. Choix de la méthode de modélisation de la chaîne logistique de distribution multi niveau.

Pour le choix de la méthode de modélisation, nous nous sommes intéressés aux modèles de simulation qui se basent sur le langage UML, puisqu'ils ont la particularité de décrire les aspects statiques et dynamiques du système.

UML (Unified Modeling Language) est né de la fusion des trois méthodes qui ont le plus influencé la modélisation objet au milieu des années 90 : OMT, Booch et OOSE. Cependant avec l'évolution du concept objet, beaucoup de travaux utilisent ce standard pour structurer leurs modèles de référence. UML est avant tout un support de communication performant, qui facilite la représentation et la compréhension d'un système complexe [11]. La notation graphique d'UML permet d'exprimer visuellement une solution, le langage UML se distingue par le fait qu'il peut représenter un système selon différentes vues complémentaires : Vue logique, vue processus, vue physique [14].

B. Proposition d'un modèle de simulation sous UML de la CLDMN.

Le modèle de simulation que nous avons conçu, sert en principe de base pour élaborer un simulateur, il intègre les processus de la chaîne, dans le but d'analyser et développer plusieurs caractéristiques de la chaîne logistique multi-niveaux.

Les différents diagrammes visent à représenter les processus opérationnels importants de l'entreprise, de la passation des commandes jusqu'à la livraison finale aux clients.

Le premier diagramme que nous présentons concerne le cas d'utilisation permet de décrire les interactions entre les acteurs de l'environnement et les cas d'utilisation du système, cette description est purement fonctionnelle, comme c'est décrit dans la figure suivante :

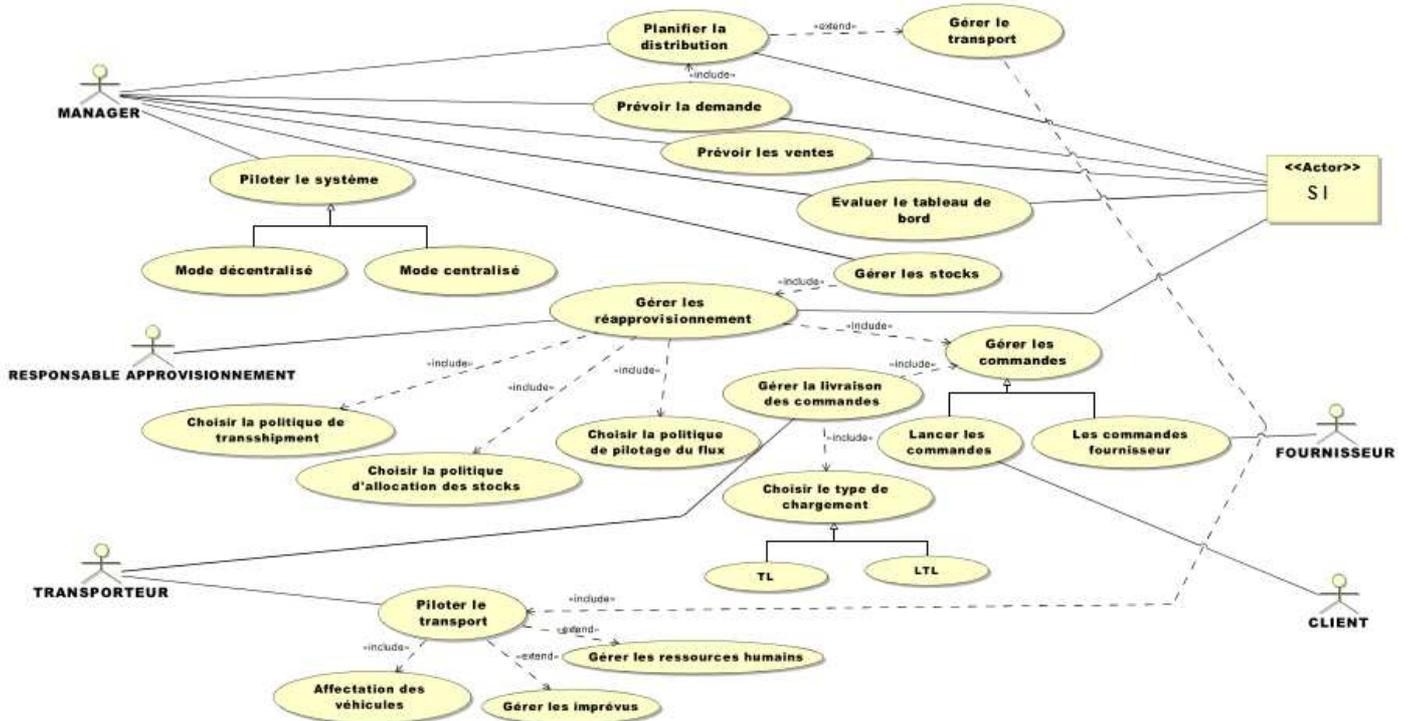


Fig. 5. Diagramme des cas d'utilisations : Analyse des besoins.

MANAGER : a le rôle du superviseur de toute la chaîne, pilote le système de distribution (mode de gestion centralisé, décentralisé), planifie et gère les distributions ainsi qu'il prévoit les demandes et les ventes, évalue le tableau de bord.

En second lieu nous retrouvons :

RESPONSABLE APPROVISIONNEMENT : gère les réapprovisionnements à chaque niveau de la chaîne logistique ainsi que les politiques de transbordement et d'allocation des stocks en cas de rupture ou à l'arrivée d'une demande excessive mais bien sûr avec la validation finale du MANAGER.

Le troisième acteur est :

TRANSPORTEUR : pilote au niveau opérationnel le transport dans le choix du type de transport et de taille de véhicule, aussi la gestion des imprévus lors des livraisons.

FOURNISSEUR : Responsable de l'approvisionnement de toute la chaîne de distribution.

CLIENT : génère les demandes clients.

SI : le système d'information qui reçoit les informations et émet les décisions.

Nous avons élaboré un diagramme des classes décrivant ainsi la configuration de la CLDMN dans la figure 6.

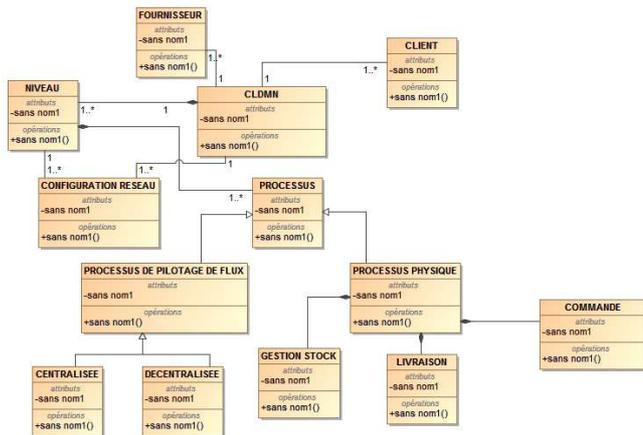


Fig. 6. Diagramme de classe : Configuration de la CLDMN.

Nous présentons le diagramme de classes UML les différents processus : Processus de gestion (centralisée, décentralisée), processus physiques (livraison, gestion de stock, gestion de commande etc).

Ces processus sont détaillés ci-dessous.

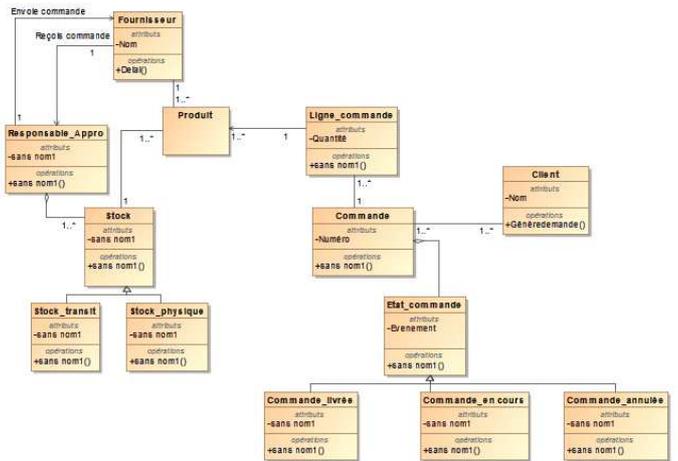


Fig. 7. Diagramme de classe : Gestion des commandes dans une CLDMN.

Le diagramme de gestion des commandes décrit l'acheminement des produits depuis l'envoi de la commande jusqu'à la réception. La classe `etat_commande` présente les différents états d'une commande : livrée, en cours, annulée.

La classe `ligne de commande` caractérise l'ensemble de commandes envoyées par le responsable approvisionnement interne (centre de distribution, grossiste ou bien détaillant) pour alimenter les stocks à chaque niveau afin de satisfaire la demande client final. Le fournisseur satisfait la demande de toute la CLDMN.

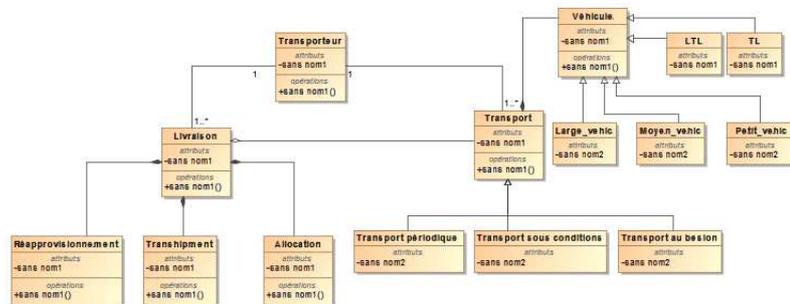


Fig. 8. Diagramme de classe : Gestion de livraison.

Le diagramme de classe : gestion de livraison dans la CLDMN que nous avons conçu, met en œuvre le rôle actif du transporteur dans le choix du type : de transport, véhicule et selon les différents états d'une livraison : réapprovisionnement, transbordement, allocation.

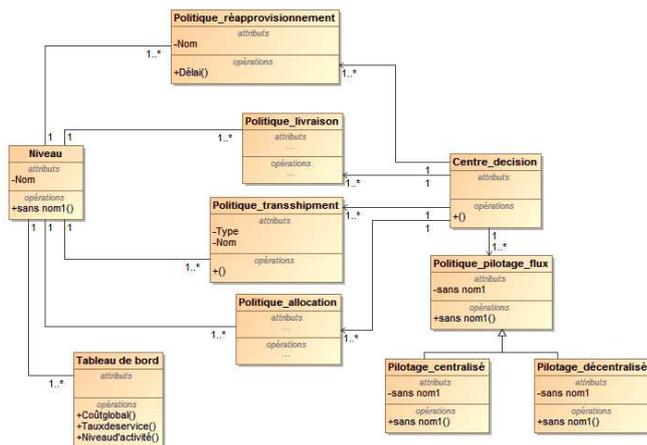


Fig. 9. Diagramme de classe : Politiques de gestion des flux dans une CLDMN.

La classe de centre de décision représente l'ensemble des décisions pour la gestion de toute la chaîne, elle concerne les politiques de gestion des flux (les politiques de réapprovisionnement, de livraison, d'allocation de stock, et les politiques de transbordement). Les centres de distributions de la chaîne logistique n'ont pas tous le même mode de pilotage. En effet, ils diffèrent par le nombre de connexions et la politique de stockage utilisée. La classe politique de réapprovisionnement définit le niveau de stock, les quantités à commander et les délais entre deux réapprovisionnements. Chaque stock est unique et ne peut admettre qu'une seule politique de réapprovisionnement, par contre cette dernière peut être utilisée par différents stocks. Enfin la classe Politique_livraison défini le mode de livraison (direct, indirect) et le choix de type de véhicule (large, moyen, petit) ainsi le type de transport.

De même, la classe Politique_allocation crée une flexibilité de choix des règles d'allocation de stock, dans le cas où le stock physique ne peut pas satisfaire toutes les demandes client. La classe Politique_transbordement crée aussi le choix entre un ensemble de politique qui peut être utilisé dans le cas d'une rupture. Pour la classe Politique_pilotage_flux elle précise le mode de gestion de la CLDMN : centralisée, décentralisée. Finalement l'évaluation des indicateurs globaux : niveau de service, coût global, etc. se fait dans le Tableau de bord.

la modélisation des chaînes logistiques de distribution multi niveau, donne un caractère générique et apporte une aide pour la bonne exploitation de ce système. Afin de simuler de manière réaliste le comportement complexe des chaînes logistiques de distribution multi niveau.

IV. ENVIRONNEMENT DE SIMULATION DE LA CLDMN.

Nous avons implanté le modèle UML développé dans l'environnement de simulation ARENA.

Il existe plusieurs travaux de simulation des chaînes logistiques dans la littérature. Par exemple Yuri et al. [17]montre que le taux d'exploitation, du logiciel Arena atteint

38 %, dans le monde universitaire, aussi Dias et al. [14] classe Arena comme l'outil le plus populaire, le plus utilisé sur la base de plusieurs sources telles que les conférences scientifiques, bases documentaires, l'industrie etc.

Vieira et al. [6] ; [7] ont proposé un modèle hiérarchique à trois niveaux : le premier niveau, est composé de quatre éléments principaux (usine, entrepôt, fournisseur et client). Le deuxième niveau constitue une modélisation intermédiaire, de chaque membre de la chaîne. Le troisième niveau comporte la modélisation détaillée pour la mesure des performances de la chaîne, il a mesuré trois indicateurs : le temps de cycle entre détaillant et producteur, la variation de la moyenne totale du stock et la variation de la production/demande chez les fournisseurs.

Belanger et al. [22] ont simulé une chaîne logistique de cinq niveaux (fournisseur, centre de distribution, centre de consolidation, inventaire en consigne des détaillants, détaillant) et ils ont pris le fournisseur et les détaillant comme réseau externe pour le reste constitue le réseau interne, ils ont choisis comme mesures de performance (temps total dans le système, pourcentage de satisfaction de la demande, inventaire, Nombre de demandes placées, nombre de demande de réapprovisionnement expédiées).

Finalement Echcheikh [8];[9] a simulé une chaîne logistique de distribution de quatre niveaux (fournisseur, centre de distribution, grossiste, détaillant) dans il a étudié l'impact du mode de gestion de la CLDMN (centralisé, décentralisé) et la politique de pilotage de flux (continue, périodique) sur l'influence des indicateurs de performance (taux de satisfaction, coût globale, backorders).

A. Présentation du modèle de simulation.

Le modèle UML présenté ci dessus modélise le système d'information, constituant ainsi la base d'un modèle de simulation pour la chaîne logistique de distribution multi niveau. Essentiellement, le simulateur comporte trois (3) parties : les données d'entrées et le moteur de la simulation ainsi que les données de sorties.

Les données d'entrées ont été implantées dans une base de données MS Access tandis que le moteur de simulation utilisé est le logiciel de simulation ARENA.

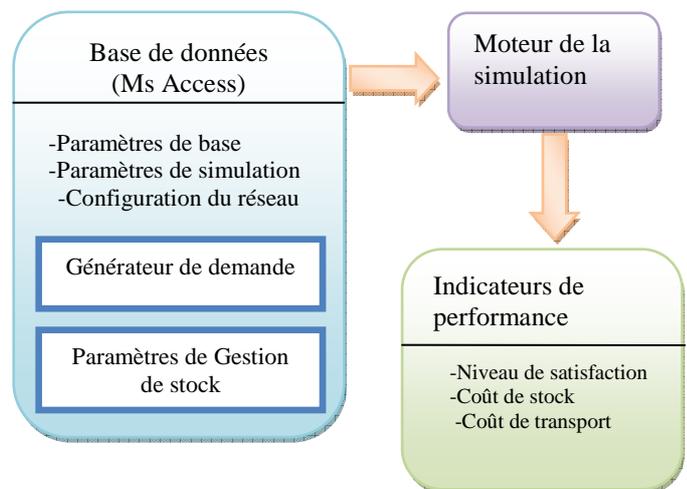


Fig. 10. Structure du modèle de simulation de la CLDMN.

L'interface du simulateur a été conçue sous MS Access.



Fig. 11. Base de données des variables d'entrée implémentés dans ARENA de la CLDMN.

Le bloc base de données d'entrée, comporte quatre parties et dix modules :

« Initialisation » : comporte toutes les paramètres initiaux de configuration de notre CLDMN (Nombre de détaillants ; grossistes ; Niveaux des stocks initiaux ; période de la simulation et de réplification etc.).

« Coûts unitaires » : ce module permet la saisie des coûts unitaires : coût unitaire de stockage, de transport, de passation de commande et de rupture.

« Générateur de demande » : génère les commandes clients traités par chaque détaillant selon la quantité par produit ainsi que la fréquence d'arrivée de commande par client.

« Configuration réseau de x » : réalise la connexion physique entre chaque niveau et le niveau supérieur ou inférieur.

« Délai » : définit le délai de livraison pour chaque nœud de la CLDMN.

« Capacité » : c'est la capacité du fournisseur de la CLDMN

« PPF x » : délimite le choix des politiques de gestions de flux dans la CLDMN étudiée

(Politiques de réapprovisionnement ; Politiques de distribution ; Politiques d'allocation des stocks).

Cela se fait de la même façon pour les centres de distribution et les grossistes.

Notre modèle de simulation comprend dix sous modèles, vu la complexité du système étudié, ces derniers sont interconnectés par les flux d'information et de marchandise :

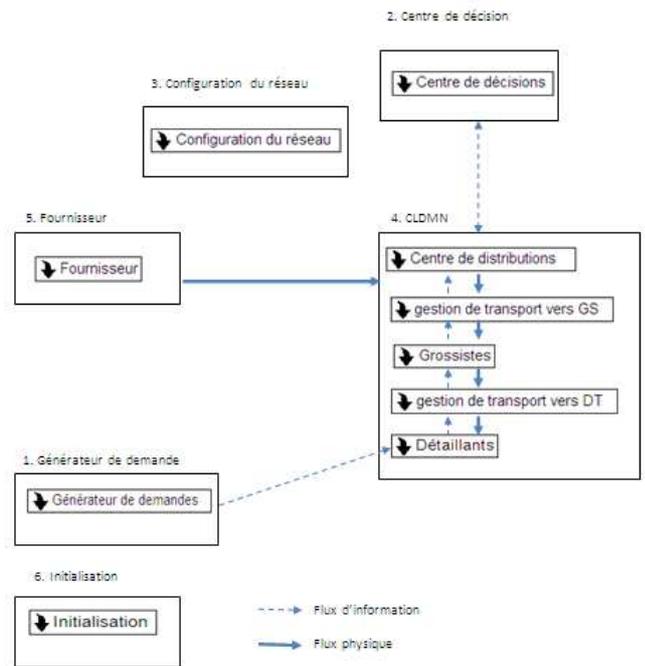


Fig. 12. Structure du modèle de simulation de la CLDMN.

Le bloc « Données de sortie de la simulation » est conçu pour le calcul des indicateurs ainsi que l'édition des rapports. L'évaluation de performances des chaînes logistiques de distribution multi niveau se fait par l'intermédiaire de différents indicateurs :

- Qualité de service : est le ratio des quantités satisfaites sur la totalité des quantités commandées.
- Coût global : le calcul des différents coûts engendrés par le processus de distribution, tels que le coût de possession de stock, le coût de passation de commande, coût de transport.

V. ANALYSE DES RESULTATS DE LA SIMULATION.

Dans cette section, nous étudions l'impact du choix du type de transport, sur l'évaluation du niveau de service et les coûts totaux du système multi niveau partir de différents scénarios.

A. Expérimentation

Notre simulateur est basé les données décrits dans les tableaux ci-dessous :

TABLE I. PARAMETRES DE SIMULATION DE LA CLDMN.

Variable	Formule	Unité
Demande client	NORM(50,5)	heure
Délai de livraison	TRIA(0.01,0.02,0.03)	h/unit
Nombre de niveau	4	--
Nombre de produit	5	--
Volume de produit	TRIA (0.01,0.02,0.03)	m ³ /unit
Capacité de véhicule	TRIA(3,10,30)	m ³
Processus de pilotage	Centralisé	

TABLE II. CALCUL DES INDICATEURS DE PERFORMANCE .

Définition Coût	équation
Cout de Commande	$C_{CDE} = C_{cde} \times \text{Nbrde commande}$
Coutde possession	$C_P = C_p \times \text{Stock moyen}$
Cout de rupture	$C_R = C_r \times \text{Quantité de rupture}$
Cout de transport	$C_{TS} = C_{ts} \times \text{Nbrd'unité transporté} \times \text{Nbr de transport}$
Niveau de service	$\text{Nbr Commandes satisfaites} / \text{Nbr de commandes totaux}$

C_{cde} = coût unitaire de commande.

C_p = coût unitaire de possession.

C_r = coût unitaire de rupture.

C_{ts} = coût unitaire de transport.

B. Constitution des scénarii

Nous proposons comme exemple d'application, deux scénarii différents. Chaque scénario a été exécuté 16 heures par jour et d'une durée de simulation de deux mois.

Considérant que le type de transport est l'un des variables de décision qui influent sur la performance du système, nous avons constitué deux scénarii qui mettent en œuvre le rôle du changement du type de transport sur l'évaluation des indicateurs de performance de la CLDMN.

- Scénario 1: nous avons réalisé le transport avec le troisième type qui est le transport au besoin.

- Scénario 2: nous avons choisi d'effectuer le transport selon le premier type qui est le transport périodique.

C. Résultats

Les deux scénarios étudient l'effet du changement de type de transport, sur la performance de la chaîne. La différence au choix du type de transport dans les deux scénarii sera réfléchir sur les résultats de simulation : le niveau de service et les coûts totaux comme suit:

- Niveau de service:

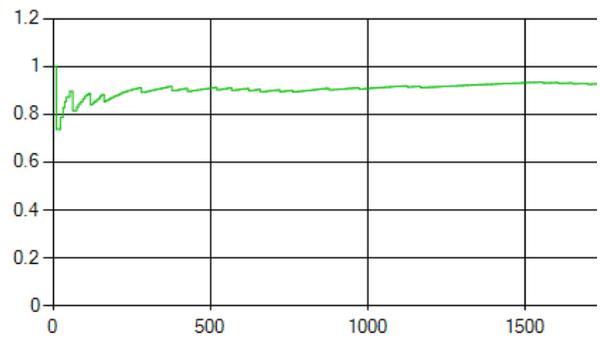


Fig. 13. Niveau de service scénario1.

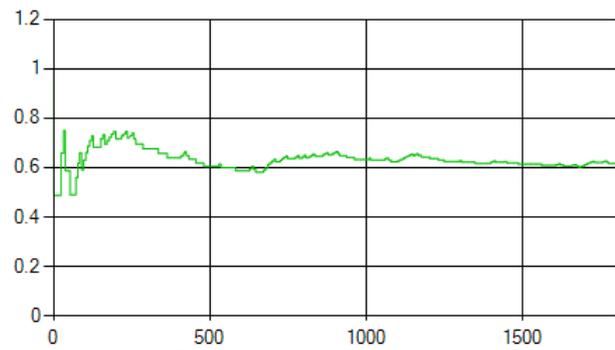


Fig. 14. Niveau de service scénario 2.

La Fig. 13 montre que le choix de transport au besoin à entraîne à un niveau de service qui arrive jusqu'à 97%, parce qu'à l'arrivée de chaque commande nous essayons de la satisfaire au moindre délai de ce fait nous avons réalisé un taux de service aussi satisfaisant.

Par contre sur La Fig. 14 montre que le niveau de service à un pourcentage qui ne dépasse pas 65% est c'est du à la durée de délai de livraison qui augmente dans le transport périodique, parce que nous avons regroupé les commandes, ce qui nous a mené à avoir un niveau de service aussi faible du au retard de livraison qui provoquent bien sùre des ruptures.

- Coûts :

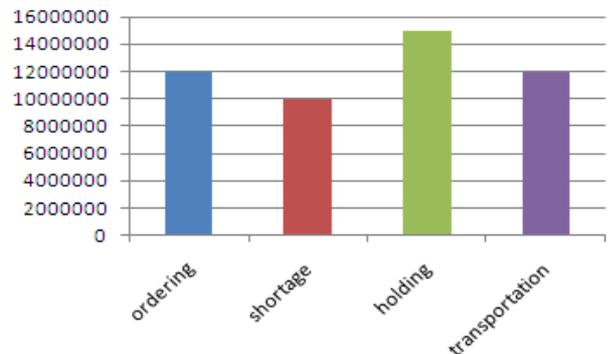


Fig. 15. Les coûts engendrés par scénario 1.

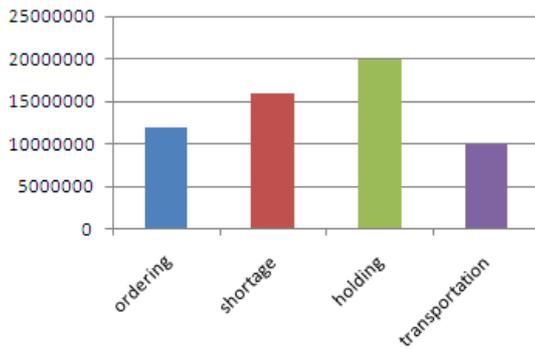


Fig. 16. Les coûts engendrés par scénario 2.

Nous avons calculé le coût total de la CLDMN les coûts (de possession, rupture, stockage, transport), ces coûts sont représentés distinctement pour chaque scénario, de ce fait, nous pouvons clairement voir la différence dans les figures 15 et 16 par rapport aux coûts totaux. Avec le transport périodique le délai de livraison à augmenter, mais les coûts ont diminué. Le choix du transport périodique à entraîner à une optimisation remarquable au niveau des coûts de la CLDMN.

VI. CONCLUSION.

Cet article présente la modélisation et simulation d'une chaîne logistique de distribution constituée de quatre niveaux. La bonne coordination entre ces niveaux pour la gestion des flux nécessite l'intégration du transport. Nous avons introduit la gestion du transport avec quelques hypothèses sur les ressources.

Dans cet article, nous avons proposé, un modèle UML de la chaîne de distribution multi niveau qui introduit les flux de stock et de transport. Ensuite, nous avons développé un simulateur de la chaîne, caractérisée par une structure complexe, qui nous a permis d'avoir quelques résultats encourageants. Nous envisageons ainsi d'adapter le simulateur réalisé à une entreprise industrielle.

Références

[1] A. Aguezoul, "Prise en compte des politiques de transport dans le choix des fournisseurs". [Thèse de Doctorat. institut National Polytechnique de Grenoble 2005].

[2] B.M, Beamon. "Supply chain design and analysis: Models and methods", [International Journal of Production Economics, Vol. 55, No. 3, pp. 281-294, 1998].

[3] C. Harrel, K. Tumay, "Simulation made easy", [Engineering & Management press, 1994].

[4] C. Thierry, A. Thomas, et G. Bel. "Simulation for supply chain management". [CAM, control systems, robotics and manufacturing series. Wiley, 2008].

[5] D.M. Lambert, M.C. Cooper, J.D. Pagh, "Supply Chain Management: Implementation Issues and Research Opportunities", [International Journal of Logistics Management, Vol. 9, No. 2, pp. 1-19. 1998].

[6] G. E. Vieira, "Ideas for modeling and simulation of supply chains with arena". wsc, pages 357-366. 2004.

[7] G. E. Vieira and O. C. Júnior, "A conceptual model for the creation of supply chain simulation models". Proceedings of the 2005 Winter Simulation Conference. 2005.

[8] H. Ech-Cheikh, Lissane Elhaq S. and Douraid A. "Simulating Demand Uncertainty and Inventory Control Variability of Multi-Echelon Distribution Supply Chain". [International Journal of Applied Logistics, 5(2), 12-31, April-June 2014].

[9] H. Ech-Cheikh. "Proposition d'un cadre de simulation et d'optimisation pour le pilotage de flux des chaînes logistiques de distribution multi échelon dans un contexte stochastique". [Thèse de Doctorat. Ecole Nationale Supérieure d'Electricité et de Mécanique Maroc 2015].

[10] H. Min, et G. Zhou. " Supply chain modeling: past, present and future". [Computers and Industrial Engineering, Vol. 43, p.231-249, 2002].

[11] H. Zhu et X. Li "Modeling of Information System for Cluster Supply Chain Based on UML", [Journal of Computational Information Systems p. 2849-2857, 2010].

[12] J. Gonzalez "Models and Methods for the City Logistics: The Two-Echelon Capacitated Vehicle Routing Problem". [Thèse de Doctorat . Politecnico di Torino 2008].

[13] J.W. Toomey, "Inventory Management: Principles, Concepts and Techniques". Kluwer Academic Publishers, Norwell (2000).

[14] K. Eddoug, S. Lissane el haq, "Proposition d'un modèle UML de gestion des stocks et de transport dans un système de distribution multi-niveaux (a)". [CIGIMS 2015, EST de Fès Maroc].

[15] L.M.S. Dias, G.A.B. Pereira, P. Vik, J.A. Oliveira. "Discrete Simulation Tools Ranking—a Commercial Software Packages comparison based on popularity", [Proceedings of the Industrial Simulation Conference, 2011], Venice.

[16] L. Trilling, B. BESOMBES et al., " Investigation et comparaison des méthodes et outils d'analyse pour l'étude des systèmes hospitaliers ", [Hôpitaux Regroupement Partage Pilotage, R. Rhône-Alpes, Bilan année 1, 2004].

[17] M. Tlili, M. Moalla, Z. Bahroun, J.-P. Campagne. "Gestion de stocks avec transbordement dans un réseau de distribution multi-sites et multi-échelons". [In Proceedings of the 8e International Conference on Modeling and simulating (MOSIM'10)], Hammamet, Tunis, Tunisia.

[18] M. Yuri, P. Jelena, " Discrete-Event Simulation: Methodology and Practice ", [Support de cours, Department of Modelling and Simulation, Riga Technical University, Latvia, 2005], p. 41.

[19] O. Labarthe, "Modélisation et simulation orientées agents de chaînes logistiques dans un contexte de personnalisation de masse : modèles et cadre méthodologique", [Thèse de doctorat en cotutelle : Informatique et Sciences de l'Administration, Université Laval Québec et Université Paul Cézanne Marseille, 2006].

[20] P. Zermati, and F. Mocellin. "Pratique de la Gestion des Stocks". (2005).

[21] S. Rouibi, Impact du partage d'informations et du vendor managed inventory sur la performance des chaînes logistiques [Thèse de doctorat].

[22] V. Belanger, et al., "Réingénierie de la chaîne d'approvisionnement d'une entreprise de distribution", [7e Congrès international de génie industriel – 5-8 juin 2007- Trois-Rivières, Québec (CANADA)].