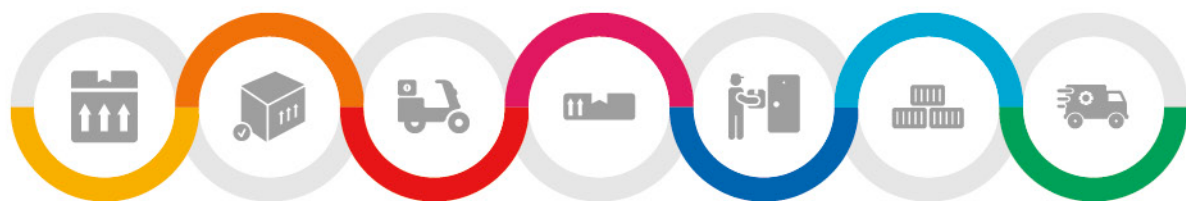


SUPPLY CHAIN

14 ÉTUDES DE CAS CORRIGÉES



2^e édition

Sabrina **Berbain**
Philippe **Vallin**

Avec la collaboration de
Mohamed Longou



SUPPLY CHAIN

14 études de cas corrigées

2^e édition

Sabrina Berbain

Philippe Vallin

avec la collaboration de Mohamed Longou



Mise en pages : PCA

ISBN 9782340-118003

Dépôt légal : août 2026

©Ellipses Édition Marketing S.A.

8/10 rue la Quintinie 75015 Paris



Le Code de la propriété intellectuelle et artistique n'autorisant, aux termes des alinéas 2 et 3 de l'article L. 122-5, d'une part, que les « copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective » et, d'autre part, que les analyses et les courtes citations dans un but d'exemple et d'illustration, « toute représentation ou reproduction intégrale, ou partielle, faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause, est illicite » (alinéa 1^{er} de l'article L. 122-4).

Cette représentation ou reproduction, par quelque procédé que ce soit, constituerait donc une contrefaçon sanctionnée par les articles L. 335-2 et suivants du Code de la propriété intellectuelle.

www.editions-ellipses.fr

La supply chain ou la logistique, dans son sens général d'approvisionnement, production, distribution, prend une place centrale dans l'activité économique.

La planification de cette activité a tout d'abord été maîtrisée par les militaires (de beaux exemples : campagne d'Égypte de Napoléon ; débarquement allié de 1944...). Depuis le milieu du ^{xx}^e siècle, la fonction logistique n'a cessé de prendre de l'importance dans les comités de direction des entreprises. L'internationalisation des réseaux de production et de distribution, la multiplication des canaux de distribution (traditionnel, e-commerce) nécessitent une réflexion stratégique, une exploitation tactique efficace autorisant une réactivité opérationnelle. Comme dans toute activité, la prise de décision dans ce domaine s'appuie sur des modèles prenant en compte les contraintes et les objectifs d'efficacité que la puissance informatique actuelle permet de résoudre. Les solutions théoriques tentent de s'adapter aux situations concrètes pour intégrer la complexité de leurs environnements économique, social et écologique et satisfaire aux divers critères souvent contradictoires. La conception du modèle qui, en pratique, est réajusté, affiné, complexifié, constitue une plateforme d'échanges permettant aux diverses fonctions de l'entreprise (commerciale, technique, production, achat, financière) d'exprimer leurs contraintes et leurs objectifs.

Cet ouvrage n'est pas un manuel d'outils ; les concepts utilisés sont simplement définis rigoureusement dans des annexes techniques pour éviter toute incertitude et préciser leur champ d'application et leurs limites.

La méthodologie nécessaire à l'aide à la décision est présentée au travers de cas concrets rencontrés lors de missions d'étude des auteurs dans divers secteurs. Les études de cas sont un outil pédagogique pertinent. Elles ne se limitent pas à la compréhension d'un concept, la modélisation et résolution d'un problème, mais elles permettent d'appréhender les difficultés éventuelles d'application de modèles théoriques à des situations réelles et parfois complexes. C'est dans cet esprit que cet ouvrage a été rédigé. L'ensemble des études de cas est articulé en trois parties :

1. Énoncé : présentation de l'entreprise, son environnement économique et organisationnel et la ou les problématiques auxquelles elle fait face.
2. Corrigé : composé d'une première étape d'analyse quantitative et qualitative de l'organisation actuelle de la supply chain de l'entreprise, suivie de l'étude de divers scénarios aidant à ébaucher des solutions concrètes aux problématiques soulevées.

3. Conclusion : un bilan des différents scénarios étudiés est dressé pour aider la prise de décision et si nécessaire des recommandations d'études complémentaires pour enrichir les solutions proposées.

Les problématiques abordées sont celles que rencontrent les directions logistiques et supply chain :

- auditer et améliorer une politique de stockage et d'approvisionnement (*cas 1 : Ludis*);
- organiser la distribution d'une activité saisonnière (*cas 2 : SparePart Auto*);
- implémenter la rétro-logistique, synergie avec les flux allers et retours, modéliser les coûts de transports (*cas 3 : Aquaflux*);
- coordonner les contraintes de la chaîne amont (production et approvisionnement) et de la chaîne aval (distribution) (*cas 4 : La Potasse*);
- rechercher la qualité de service par arbitrage entre flux tendus et stocks (*cas 5 : Parfum*);
- redéfinir une architecture de réseau de distribution plus adaptée (*cas 6 : DistriLisboa*);
- piloter un réseau multidistributeurs (*cas 7 : Lacus*);
- analyser les synergies de livraisons par regroupement d'activité (*cas 8 : Nutridis*);
- mettre en place des modèles de prévision (*cas 9 : Eiffel*);
- couvrir un territoire pour assurer des services avec une problématique multicritère (*cas 10 : Lacus*);
- modifier une organisation industrielle pour répondre à une évolution du marché (*cas 11 : Librae*);
- élaborer un plan industriel et commercial face à une activité saisonnière (*cas 12 : Serywell*);
- concevoir un plan directeur de production, et d'approvisionnement (*cas 13 : Amortis*);
- adapter sa stratégie de distribution pour prendre en compte les impératifs écologiques en optimisant le passage de la flotte aux véhicules électriques (*cas 14 : Electris Downtown*).

Chaque problématique étudiée fait l'objet d'un état des lieux, de proposition d'actions, de présentation d'outils adaptés à la modélisation, permettant les améliorations des politiques et leur analyse critique.

Les outils tels que l'analyse statistique (moyenne, écart-type, coefficients saisonniers, coefficient de variation, tendance, ...), la programmation linéaire, la modélisation probabiliste (loi normale et loi de poisson), la conception de plans directeurs, les indicateurs de qualité de service sont présentés en détail. L'utilisation du tableur Excel et ses fonctions particulières telle que le « Solveur » sont décrites et exploitables par l'accès aux fichiers mis à disposition sur le site ellipses.fr.

Les concepts de stocks de sécurité, stock-outil, loi de probabilité, qualité de service, taille optimale de commande, courbe de concentration, caractéristiques et synthèses statistiques, d'évolution de séries chronologiques, plans directeurs (PIC, PDP) et planification des besoins (MRP) sont définis dans les annexes techniques accompagnées d'exemples.

Cet ouvrage s'adresse, d'une part aux professeurs et aux étudiants en master 1 ou 2 en supply chain management, aux étudiants d'école de commerce, aux ingénieurs suivant un double cursus école d'ingénieur/école de commerce et, d'autre part, aux professionnels : consultants en supply chain et responsables des fonctions de la supply chain : directeurs supply chain et de production pour les problématiques stratégiques et les responsables de services, approvisionnement, entreposage, transport, suivi de production, système d'information pour les aspects tactiques. Ils y trouveront une méthodologie d'analyse de différentes problématiques concrètes tout au long de la supply chain – approvisionnement, production et distribution –, des modélisations théoriques essayant de représenter au mieux la complexité de situations concrètes et des outils de résolution permettant d'aider la décision qu'elle soit stratégique, tactique ou opérationnelle.

Les auteurs ayant une double compétence académique et professionnelle, ont construit ces études de cas sur la base de missions de conseil en supply chain auprès de PME et de grands groupes de différents secteurs de l'activité économique. Ces études de cas ont été dispensées dans le cadre d'enseignements en formation initiale et continue à des étudiants en master 2 spécialisés en supply chain et aussi à des ingénieurs en master 1 suivant un double cursus école d'ingénieur et école de commerce. Leurs remarques, questions et commentaires ont guidé les auteurs dans la rédaction de ce livre.

Études de cas

Nouvelle architecture du réseau de distribution pour faire face à la concurrence des géants de l'e-commerce

- **Thèmes abordés** : fréquence d'approvisionnement de magasins en fonction de la saisonnalité de la demande, dimensionnement du stock de sécurité pour améliorer le taux de service, l'effet de la massification des flux via un entrepôt central

Énoncé

Optimiser la stratégie de distribution de jouets...
n'est pas un jeu d'enfants!

■ Problématique

- ↳ Quelle est la stratégie optimale de distribution de jouets et comment la mise en place d'un entrepôt central peut améliorer le taux de service tout en réduisant la trésorerie immobilisée dans les stocks ?

■ Résumé

Ludis est une entreprise française de distribution de jouets. Elle connaît ces dernières années de nombreux problèmes dans l'approvisionnement de ses 100 magasins situés en France métropolitaine. En effet, la distribution de jouets est une activité fortement saisonnière imposant d'anticiper le niveau et la localisation du stock bien avant le besoin effectif. Ces décisions sont déterminantes dans la rentabilité de l'entreprise et du taux de service offert aux clients.

■ Objectifs

Le cas permet :

- L'organisation de l'architecture d'un réseau de distribution.
- L'amélioration du taux de service par la mise en place d'un entrepôt central tout en minimisant la trésorerie immobilisée dans le stock.

■ Outils et concepts mobilisés

- Modèle de fréquence optimale pour la stratégie d'approvisionnement des magasins.
- Dimensionnement optimal du stock de sécurité en intégrant les aléas de la demande.
- Analyse du rôle de la massification des flux.

Après plusieurs années d'expansion, le secteur de la distribution de jouets connaît depuis cinq ans une forte turbulence en raison de la concurrence de plus en plus féroce des géants de l'e-commerce tel qu'Amazon. Ainsi, la société de distribution de jouets, *Ludis*, cherche à redéfinir l'architecture de son réseau de distribution pour faire face à cette rude concurrence. Elle possède 100 magasins de détail en France métropolitaine et elle s'approvisionne auprès de 150 fournisseurs européens et un exportateur chinois.

Les données financières recueillies auprès des différents acteurs de la distribution de jouets montrent que 60 % du chiffre d'affaires est réalisé au cours du dernier trimestre, avec des ventes au mois de décembre représentant 30 % du chiffre d'affaires annuel. Cette saisonnalité particulière impose à *Ludis* une organisation des livraisons aux magasins différenciée selon la période de l'année.

Le projet de réorganisation de l'architecture de distribution de *Ludis* est réalisé en deux phases : (1) audit du schéma de distribution actuel ; (2) proposition d'une nouvelle architecture du réseau de distribution. Les flux physiques sont évalués en nombre de colis.

Phase 1 : audit de l'architecture de distribution actuelle

Chez *Ludis*, les flux sont répartis en trois types :

- Flux de *type 1* (300 000 colis/an) : les jouets venant de Chine sont importés par Anvers¹ et stockés dans un entrepôt de la région nord de la France à Lille qui livre ensuite les magasins. L'approvisionnement de cet entrepôt s'effectue régulièrement pendant chaque trimestre pour assurer la livraison aux magasins au début du trimestre suivant (voir ci-dessous l'organisation des livraisons).
- Flux de *type 2* (500 000 colis/an) : provenant de fournisseurs européens qui livrent, en début de trimestre, directement les magasins. Ces flux concernent les 150 fournisseurs.
- Flux de *type 3* (300 000 colis/an) : provenant des 25 fournisseurs européens les plus importants qui livrent un entrepôt de la région parisienne. Ces flux correspondent à des achats en grande masse uniquement pendant la saison de Noël, ces jouets concernent les références les plus vendues, ils sont approvisionnés en septembre, sont stockés et distribués pendant le dernier trimestre (octobre novembre décembre).

50 % des flux de *type 1* ou *2* se réalisent pendant la période de Noël.

1. Ville portuaire en Belgique.

Organisation des livraisons des magasins

Chez *Ludis*, l'année est décomposée en deux périodes :

- **la période de Noël** s'étendant du 1^{er} octobre au 25 décembre ;
- **la période «standard»** s'étendant du 1^{er} janvier au 30 septembre.

Pendant *la période standard* les magasins sont livrés trois fois, en début de chaque trimestre en provenance du dépôt de Lille (flux de type 1) et de chaque fournisseur européen (flux de type 2).

Pendant *la période de Noël* les magasins sont livrés une fois en début du quatrième trimestre pour les flux de type 1 et 2 et une fois par semaine pour les flux de type 3.

Le pilotage des flux est réalisé par une cellule centralisée qui calcule les approvisionnements de chaque magasin.

Pour réaliser l'audit de la distribution actuelle, il est nécessaire de réaliser les étapes suivantes :

1. Représentation du schéma des flux pour chacune des deux périodes de l'année, sur lequel apparaissent les différents nœuds du réseau (fournisseurs, entrepôt, magasins) ainsi que les flux les liant en indiquant leur fréquence et leurs volumes de livraison annuels.
2. Estimation pour chaque période, du temps perdu par la force de vente en magasin pour la manutention des colis reçus des fournisseurs (flux type 2). Il faudra calculer le nombre de livraisons reçues et leur volume pour chaque magasin. La réception d'un camion correspond à une livraison. Le temps sera décomposé en temps fixe (réception de livraison) et en temps variable en fonction du nombre de colis reçus.
3. Analyse de la pertinence de la fréquence actuelle d'approvisionnement des flux de type 2 pendant la période standard pour les magasins (1 livraison trimestrielle). Une comparaison avec la fréquence optimale, en appliquant le modèle de la quantité économique¹ avec l'hypothèse d'un coût du temps fixe perdu lors de la réception de l'approvisionnement de l'ordre de 15 €.
4. Évolution du stock de l'entrepôt de Lille du 1^{er} janvier au 25 décembre.
5. Évaluation du niveau du stock-outil en début et fin de chaque trimestre dans **l'ensemble du système de distribution**, quelle que soit la localisation du stock (entrepôt ou magasin). On suppose que la demande finale est régulière pendant chaque trimestre. 50 % de la demande annuelle des flux 1 et 2 est servie au 4^e trimestre avec la totalité des flux de type 3.

1. Voir l'annexe technique 1.4.

Le directeur logistique estime pour les flux de *type 1* le tableau suivant :

Stock total du réseau exprimé en nombre de colis (entrepôt et magasins)

	Trim 1	Trim 2	Trim 3	Trim 4
Stock en début de trimestre	50 000	50 000	50 000	150 000
Stock en fin de trimestre	50 000	50 000	150 000	50 000

En déduire le niveau du stock moyen pour chaque trimestre et pour les 3 types de flux sachant que le stock de sécurité est fixé à un mois de consommation pendant la période standard et nul pendant la période de Noël.

6. Évaluation du coût annuel de l'immobilisation financière¹ de ce stock. Le taux d'immobilisation est estimé à 12 % par an.
7. Estimation du coût annuel d'entreposage compte tenu des emplacements palettes utilisés à Lille et en région parisienne. L'estimation sera basée sur le stock moyen utilisé.
8. Pour une référence de fournisseur européen stockée en magasin, il serait pertinent d'estimer la probabilité de rupture lors de chaque trimestre de la période standard avec les hypothèses suivantes :
 - L'écart type de la demande trimestrielle est égal à 50 % de la consommation moyenne trimestrielle estimée.
 - Le stock de sécurité correspond à un mois de consommation moyenne.
9. Estimation du nombre de dépannages que cela génère au cours de cette période standard. Un magasin a recours à un dépannage uniquement lorsqu'il est en rupture sur une référence de classe de gestion A, ces références représentent 5 % des références gérées par le magasin. Pour cette estimation on s'appuiera sur l'historique de vente d'une référence représentative donné ci-après (*cf.* Données générales).

Phase 2 : proposition d'une nouvelle stratégie de distribution

Compte tenu de l'audit précédent, la direction générale propose une nouvelle stratégie de distribution qui consiste à faire passer tous les flux (type 1, 2 et 3) par un entrepôt central dans une logique de massification. Les flux du grand import seraient dirigés d'Anvers vers cet entrepôt.

1. Voir l'annexe technique 1.1.

Dans cette deuxième phase de l'étude de cas, l'objectif est d'évaluer la pertinence et l'efficacité de cette nouvelle stratégie en se basant sur des données économiques et organisationnelles. Cette évaluation va se faire selon les étapes suivantes :

1. Lister les avantages et inconvénients de cette nouvelle architecture du réseau de distribution et préciser les éventuelles études complémentaires nécessaires à mener pour une prise de décision.
2. On cherche à organiser l'approvisionnement de l'entrepôt en camions complets. L'estimation de la fréquence d'approvisionnement en provenance des fournisseurs européens mise en place en période standard, devra être faite en premier lieu.
3. Montrer que dans cette organisation les magasins peuvent être livrés plus fréquemment en période standard.
4. Proposer alors un niveau de stock de sécurité pour les magasins en période standard pour répondre à la demande avec une probabilité de 95 % (on conserve l'hypothèse d'un écart-type de la demande égal à 50 % de la demande moyenne quelle que soit la période interapprovisionnement).
5. Faire une synthèse de recommandations dans le cas de la nouvelle organisation.

Données générales de l'étude de cas

Hypothèses simplificatrices

Pour chaque type de flux les fournisseurs concernés ont le même poids ainsi que les magasins; les trimestres de la période standard sont équivalents.

Données économiques

- Valeur d'un colis = 75 €.
- Taux d'immobilisation 12 %/an.
- Un emplacement palette est facturé 3 € par quinzaine. C'est le nombre de palettes stockées en début de quinzaine qui génère la facturation du prestataire pour la quinzaine.

Données techniques

- 1 mois = 4 semaines. Le 25 décembre est considéré comme la fin de l'année.
- 24 jours ouvrables par mois.
- Capacité d'un camion = 500 colis.
- 15 colis par palette au niveau de l'entrepôt.

- Temps consacré à la réception d'une livraison par le magasin : temps fixe de 15 minutes + 1 minute par colis.
- Nombre de références approvisionnées de Chine : 2000.
- Nombre de références livrées en direct des fournisseurs européens : 3 000.
- Nombre de références gérées sur l'entrepôt de la région parisienne : 250.
- Si la variable aléatoire U suit une loi normale centrée réduite, la fonction de répartition de cette variable, $P(U < t)$, selon la valeur t est donnée dans le tableau ci-dessous :

t	0	0,20	0,41	0,61	0,81	0,99	1,17	1,41	1,64	1,75	2,05
$P(U < t)$	50%	58%	66%	73%	79%	84%	88%	92%	95%	96%	98%

Caractéristiques des ventes trimestrielles d'une référence A pour un magasin donné.

	Année A	Année A+1
Trim.1	43	64
Trim.2	65	24
Trim.3	48	60
Demande moyenne trim.		50,7
Ecart-type trim.		15,8

■ Phase 1 : audit de l'architecture de distribution actuelle

Décider de la stratégie de distribution nécessite d'avoir une vision globale et claire des flux d'approvisionnement et de distribution. Chaque flux entre deux points du réseau est caractérisé par son volume global pour une période donnée, et sa fréquence d'approvisionnement. Par exemple, un flux de 12 000 colis par an est logistiquement très différent s'il est assuré avec une fréquence hebdomadaire (240 colis par voyage) ou avec une fréquence trimestrielle (3 000 colis par voyage). Compte tenu de la très forte saisonnalité de l'activité de *Ludis*, nous distinguerons, dans ce contexte, un schéma distinct pour chacune des deux périodes d'activité : (1) standard : du 1^{er} janvier au 30 septembre (9 mois); (2) Noël : du 1^{er} octobre au 25 décembre (3 mois).

La construction du schéma du réseau de distribution s'effectue par la modélisation des nœuds stratégiques du réseau qui peuvent être soit :

- des points sources (fournisseurs, sites de production, *etc.*) constituant le départ du flux;
- des points de rupture de charge où il y a changement de vecteur de transport (entrepôt, plateforme d'éclatement);
- des points de livraisons finales (points de vente, entrepôt client, *etc.*).

Les liaisons entre ces points stratégiques indiqueront le sens directionnel des flux ainsi que leur volume et leur fréquence. En fonction du degré d'analyse souhaité, les points modélisés dans le réseau peuvent être un pays, une région, un entrepôt, une plateforme d'éclatement, un site de production ou un magasin.

Dans la présente étude de cas :

- Les points sources sont différenciés selon les types de flux :
 - flux de type 1 : concerne les 2 000 références en provenance de l'exportateur chinois géré par Anvers;
 - flux de type 2 : concerne les 3 000 références en provenance des 150 fournisseurs européens représentant des ventes moyennes;
 - flux de type 3 : concerne les 250 références les plus vendues en période de Noël en provenance de 25 fournisseurs européens.

On remarque donc qu'un nœud du réseau n'est pas uniquement un lieu géographique mais un couple (géographie, fonction logistique).

- Les points de rupture sont l'entrepôt de Lille et celui de la région parisienne.
- Les points de livraisons sont les 150 magasins.

Schéma des flux

Le schéma des flux est représenté pour chaque période : figure 1 pour la période *standard* et figure 2 pour la période de *Noël*.

Période standard

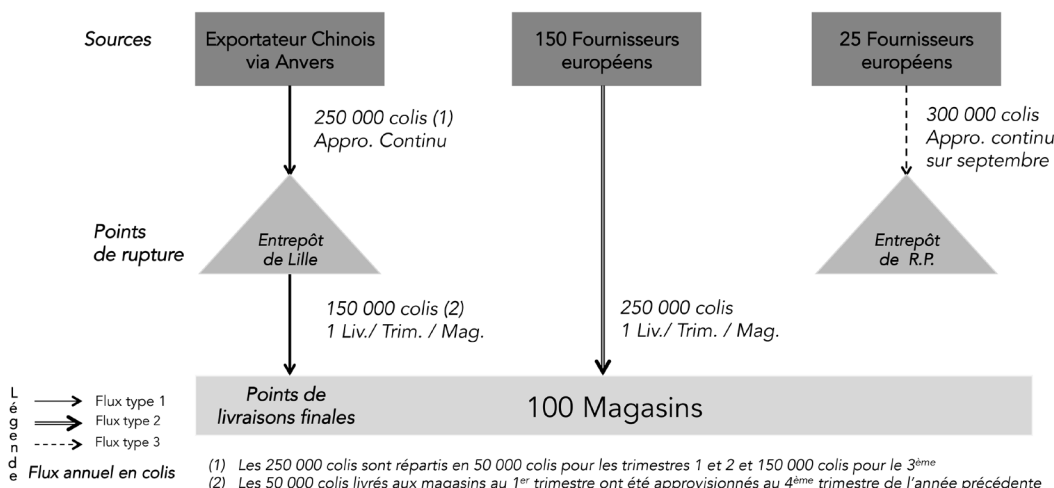


Figure 1 : Schéma actuel des flux d'approvisionnement et de distribution pendant la période standard.

Période de Noël

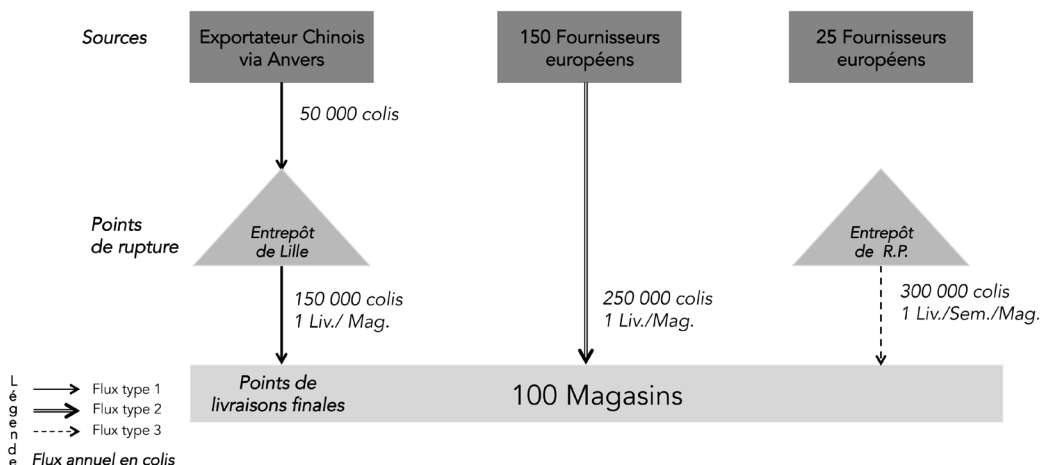


Figure 2 : Schéma actuel des flux d'approvisionnement et de distribution pendant la période de Noël.

Si le passage par entrepôt des flux 1 et 3 paraît pertinent, on peut s'interroger sur la multiplication des réceptions en magasins en provenance des 150 fournisseurs pour les flux de type 2 qui conduit à un dévoiement des capacités de la force de vente vers des opérations de manutention dont il faudra estimer la charge.

Estimation de la charge de manutention supportée par les vendeurs

L'estimation du temps passé par les vendeurs aux opérations de manutentions est présentée dans le tableau 1.

Capacité camion (colis)	500	Livraisons ou Réceptions par magasin					Temps de manutention lié aux réceptions par magasin		
Origine		Colis livrés/mag Période "STD"	Colis livrés/mag Période "Noël"	Nb. Réceptions Période "STD"	Nb. Réceptions Période "Noël"	Nombre Total réceptions	Temps fixe (h)	Temps variable (h)	Temps total (h)
Entrepôt de Lille		500	1 500	3	3	6	1,5	50,0	51,5
Fournisseurs		5,6	16,7	450	150	600	150,0	83,3	233,3
Entrepôt Région Parisienne			250		12	12	3,0	50,0	53,0
						Total	154,5	183,3	337,8
							Total Jours Vendeurs		48,26

Tableau 1 : Temps fixe et variable de réception et de manutention par magasin.

Le temps variable se calcule aisément à partir du flux annuel reçu par le magasin, les 1 100 000 colis en provenance des fournisseurs nécessitent par magasin : 1 100 000/100 mag./60 min = 183 h de manutention pour chaque magasin. Pour rappel chaque livraison nécessite une manutention : un temps fixe de 15 minutes et 1 minute pour chaque colis.

On constate qu'environ la moitié du temps de manutention (46 %, 154h) est due aux temps fixes donc liés aux fréquences de livraisons. Peut-on avoir une idée d'une fréquence optimale économiquement ?

Calcul de la fréquence optimale d'approvisionnement des magasins

En se plaçant du point de vue du magasin la fréquence de ses approvisionnements a un impact sur le niveau de ses stocks d'une part et sur les temps fixes perdus en manutention d'autre part. Ces deux postes de coûts varient en sens inverse : plus la fréquence est élevée moins il y a de stock immobilisé mais plus il y a de coût fixe

de manutention. Il faut donc trouver un équilibre. Cette question peut être approchée par le modèle de la « quantité économique¹ ».

Ce modèle est un peu sommaire mais il permet de dégrossir la situation et de dépister des choix de gestion aberrants. Il repose sur l'arbitrage de deux coûts : le coût fixe lié à chaque approvisionnement (coût dit de passation de commande) et le coût lié à la possession du stock. Le critère de décision étant d'optimiser (minimiser) la somme de ces deux coûts par unité de temps.

Pour une période de temps T entre deux approvisionnements (T étant l'inverse de la fréquence d'approvisionnement) :

- Le coût moyen de passation par unité de temps est : Cp/T , où Cp est, ici, le coût fixe de réception.
- Le coût de stockage est estimé par la valeur du stock moyen multiplié par un taux, i , estimant le coût du capital immobilisé dans le stock par unité de temps (frais financiers, obsolescence, détérioration, *etc.*). La valeur du stock moyen est calculée par $(mT/2)P$ où P est le prix de revient moyen de l'article stocké, prix d'achat dans notre cas, m la consommation moyenne par unité de temps (flux type 2) et mT la quantité approvisionnée en début de période T ; $mT/2$ est donc le niveau moyen du stock pendant la période T lorsque la demande servie du stock est régulière et que le stock final en fin de cycle de réapprovisionnement est quasi nul.

On peut conclure (cf. annexe technique 1.4) que la périodicité optimale, T^* , qui minimise la somme des deux coûts est donnée par $T^* = \sqrt{2Cp / mPi}$. Ce qui dans le cas étudié donne, en prenant le mois pour unité de temps, $Cp = 15$ €; $m = 250\,000/9/150/100 = 1,9$ colis/mois/fournisseur/magasin; $P = 75$ €; $i = 1$ %/mois soit $T^* = 4,6$ mois.

Nous concluons que la périodicité actuelle de 3 mois est acceptable compte tenu de l'imprécision des paramètres et des avantages organisationnels pour la relation avec les fournisseurs.

Évolution annuelle du stock de l'entrepôt de Lille

La politique actuelle d'approvisionnement consiste à recevoir régulièrement pendant le trimestre t ce que l'entrepôt va livrer en début de trimestre $t+1$ aux magasins. Au cours du 3^e trimestre il faudra donc anticiper les livraisons du 4^e trimestre, par suite prévoir des places de stockage supplémentaires. La figure 3 ci-dessous résume l'évolution du stock (en nombre de palettes sur la base de 15 colis par palette) pendant l'année.

1. Voir l'annexe technique 1.4.

Pour ces activités saisonnières on loue, pour une période donnée, chez des prestataires des emplacements supplémentaires pour constituer les stocks d'anticipation.

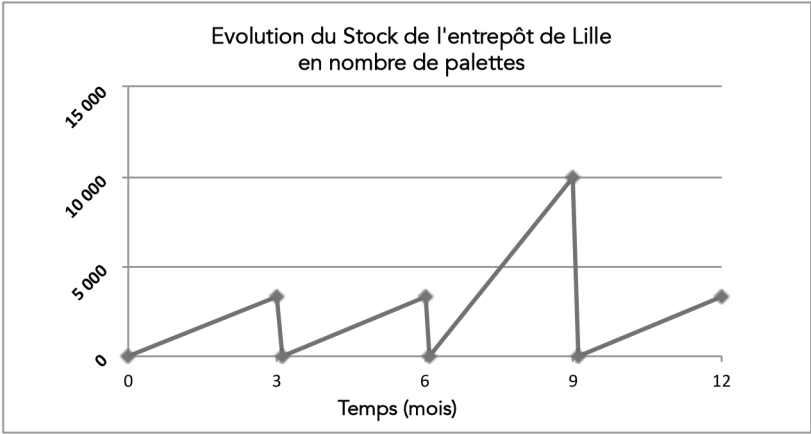


Figure 3 : Évolution annuelle du stock de Lille (emplacement palettes).

Évaluation du niveau du stock-outil en début et fin de chaque trimestre dans l'ensemble du système de distribution

Si on considère l'ensemble du système de distribution on ne distingue plus la localisation du stock à l'intérieur du réseau, un colis stocké en entrepôt ou en magasin est un colis stocké. Le stock résulte donc du cumul des entrées moins le cumul des sorties. Si on s'intéresse aux flux de type 1 (via Lille) en début de trimestre 1 et 2 les magasins ont reçu leur dotation du trimestre soit 50 000 colis pour l'ensemble, l'entrepôt est vide, puis l'entrepôt est réapprovisionné pendant que les magasins se vident, en fin de trimestre l'entrepôt est plein et les magasins sont vides. Le stock global est donc constant et égal à 50 000 colis. Pour le troisième trimestre l'entrepôt anticipe les livraisons de Noël et son stock monte à 150 000 colis, le stock passe donc de 50 000 colis en magasins en début de trimestre à 150 000 colis (stock d'anticipation en fin de 3^e trimestre). Le phénomène s'inverse au 4^e trimestre. Le tableau présenté par la direction logistique (cf. énoncé partie 1 *Audit*) est donc exact.

Pour les flux de type 2 et 3 c'est plus simple, le stock est approvisionné dans le système de distribution en début de trimestre et tombe à 0 en fin de trimestre.

Le tableau 2 permet d'estimer le niveau moyen du stock par trimestre. Pour un trimestre, ce niveau moyen est calculé par une simple moyenne entre stock début de trimestre et stock de fin : $Stock\ moyen = (stock\ début + stock\ final)/2$.

	Stock total y compris les magasins (colis)			
	Trim.1	Trim.2	Trim.3	Trim.4
Stock déb. flux 1	50 000	50 000	50 000	150 000
Stock déb. flux 2	83 333	83 333	83 333	250 000
Stock déb. flux 3	0	0	0	300 000
Total Stock début	133 333	133 333	133 333	700 000
Stock fin flux 1	50 000	50 000	150 000	50 000
Stock fin flux 2	0	0	0	0
Stock fin flux 3				0
Total Stock fin	50 000	50 000	150 000	50 000
Stock outil moyen	91 667	91 667	141 667	375 000

Tableau 2 : Stock-outil du réseau par trimestre.

À ce stock-outil moyen permettant de satisfaire la demande en régime moyen il faut ajouter un stock de sécurité¹ permettant d'assurer une qualité de service en cas de demande forte (supérieure à la moyenne prévue). Le niveau du stock de sécurité se calcule en fonction de la précision de la prévision et de la qualité de service visée. Ici une règle empirique a été adoptée compte tenu de la fréquence de réapprovisionnement et des flux unitaires pour un magasin et un fournisseur : le niveau du stock de sécurité s'élève à un mois de consommation de période standard. En effet si l'on se réfère à la période standard, le flux moyen mensuel de type 2 par magasin et par fournisseur est de : $250\,000/3/150/100 = 5,5$ colis. Le stock de sécurité sera donc de 1,8 colis, ce qui signifie que si la demande pour les références d'un fournisseur est plus forte que prévu (5,5 colis) et atteint 7,3 colis la demande sera satisfaite. Au-delà il y aura rupture de stock.

L'impact de ce stock de sécurité est donné dans le tableau 3 ; remarquons que le stock de sécurité est un matelas qui en moyenne reste constant, matelas qui fluctue à la hausse comme à la baisse selon l'intensité de la demande :

	Trim.1	Trim.2	Trim.3	Trim.4
Stock outil moyen	91 667	91 667	141 667	375 000
Stock de sécurité	44 444	44 444	44 444	0
Stock total moyen	136 111	136 111	186 111	375 000

Tableau. 3 : Évolution trimestrielle du stock total (outil + sécurité) exprimé en nombre de colis.

Remarquons que les stocks moyens trimestriels ne s'additionnent pas mais représentent des niveaux par période. En revanche les coûts associés, eux, se cumulent.

1. Voir annexe technique 1.3

Évaluation du coût annuel d'immobilisation du stock

Le capital investi dans le stock ne rapporte rien à l'entreprise, si celui-ci était réinvesti on peut considérer qu'il rapporterait à l'entreprise. La terminologie de « coût » n'est pas tout à fait judicieuse car il s'agit plutôt de manque à gagner. Il est pratique d'estimer ce « coût » par un taux que l'on applique à la valeur du stock. Évidemment l'estimation du taux n'est pas très précise ; il est au moins égal au taux de rentabilité interne de l'entreprise mais s'y ajoutent des composantes supplémentaires comme l'obsolescence, la perte de produits... Pour notre cas les 12 % annuels proposés paraissent raisonnables. Le tableau suivant présente la valeur moyenne immobilisée par trimestre et les coûts trimestriels et annuels. Rappelons que seul le cumul des coûts a un sens.

	Trim.1	Trim.2	Trim.3	Trim.4	
Stock total moyen	136 111	136 111	186 111	375 000	
Valeur du stock moyen (k€)	10 208	10 208	13 958	28 125	
Coût d'immob. (k€)	306	306	419	844	1 875 k€/an

Tableau 4 : Évaluation du coût de l'immobilisation du stock (trimestriel et annuel).

Le taux trimestriel est de $12\%/4 = 3\%$; chaque colis immobilisé en stock pendant un trimestre « coûte » : $75\text{ €} \cdot 0,03 = 2,25\text{ €/trim.}$

Compte tenu de l'imprécision des données l'unité k€ est utilisée pour réduire le nombre de chiffres significatifs illusoires. Ce coût est important ; pour contrôler la pertinence de ce résultat on peut le rapporter au budget d'achat qui s'élève à $1\,100\,000\text{ colis} \cdot 75\text{ €} = 82\,500\text{ k€}$; il représente donc 2,3 % de ce budget ce qui ne paraît pas déraisonnable.

Remarquons que ce calcul s'établit sur la base du stock moyen car tous les colis ne restent pas en stock pendant un trimestre entier.

Estimation du coût d'entreposage

Hormis l'aspect financier du stock calculé précédemment, il existe un autre coût lié au besoin de surface de stockage. Il ne s'agit pas, ici, de faire une préfacturation précise mais d'estimer l'ordre de grandeur du budget. On se basera donc sur le stock moyen, en palettes, de chaque trimestre (estimation par défaut compte tenu de la règle de facturation).

	Trim.1	Trim.2	Trim.3	Trim.4	
Nombre de semaines	13	13	13	13	
Stock total moyen (palettes)	9 074	9 074	12 407	25 000	
Coût des emplacements k€	177	177	242	488	1 083

Tableau 5 : Évaluation du coût de location des emplacements-palettes.

En additionnant le coût financier au coût d'entreposage on arrive à un coût de 2 900 k€ soit 4 % environ du budget d'achat.

Remarquons qu'en plus des coûts de location de surface, il existe des coûts de manutention mais ces coûts sont proportionnels aux flux, ils sont donc inchangés tant que l'on garde la même politique d'entreposage. A contrario, les coûts de stocks dépendent des fréquences d'approvisionnements. Une politique de flux plus « tendus » les réduirait.

Estimation de la probabilité de rupture

Faute d'information plus précise fondons-nous sur un article de la catégorie A vendu par un magasin jugé représentatif. Il faut ici se placer au niveau de la référence car ces dernières ne sont quasiment pas substituables. L'approvisionnement de l'article en début de trimestre doit permettre de satisfaire la demande pendant tout le trimestre, avant l'approvisionnement suivant.

L'historique des ventes trimestrielles est donné dans le tableau 6 ci-dessous :

	Année A	Année A+1
Trim.1	43	64
Trim.2	65	24
Trim.3	48	60
Demande moyenne trim.		50,7
Ecart-type trim.		15,8

Tableau 6 : Caractéristiques des ventes trimestrielles du produit game X pour un magasin donné.

On vend donc en moyenne 51 articles par trimestre, mais ces ventes peuvent fluctuer autour de cette moyenne. L'intensité de cette fluctuation est caractérisée par l'écart-type et plus pertinemment par le *coefficient de variation*¹, cv , qui est le rapport écart-type/moyenne. Ici, $cv = 0,31$ qui traduit une variation modérée autour de la moyenne.

1. Voir l'annexe technique 2.1

Si, en début de trimestre, on reconstitue le stock au niveau de 51 articles on risque d'être en rupture de stock dès que la demande s'exprime un peu plus intensément que sa valeur moyenne. Disons un trimestre sur deux. Il faut donc, si on désire assurer une certaine qualité de service, rajouter à ce niveau moyen de 51 articles un matelas de sécurité appelé le stock de sécurité. Dans notre contexte ce stock a été empiriquement estimé à un mois de vente. Toute la finesse de la gestion consiste à choisir entre un stock de sécurité important pour améliorer la qualité de service et un stock plus faible pour réduire les coûts de stockages.

Comment savoir si le choix fait ici est pertinent avant de constater les effets sur le terrain quand il sera trop tard pour rectifier la situation ?

Dans une première étape il est possible d'estimer la probabilité de se trouver en rupture pour l'article en question. Pour ce faire il faut avoir un modèle des variations de la demande trimestrielle autour de sa valeur moyenne (cf. annexe technique 2.4). Lorsque la demande dépasse quelques unités (une vingtaine) il est possible d'utiliser le modèle probabiliste de la loi de Gauss dite aussi loi « Normale ». Ce n'est qu'un modèle approximatif mais suffisant pour donner des indications. On considère dans ce cas que la demande trimestrielle évolue suivant une loi de Gauss de moyenne $m = 50,7$ et d'écart type $s = 15,8$. En début de trimestre le stock s'élève à $S = 50,7 + 50,7/3 = 68$ articles puisqu'on rajoute un mois de stock de sécurité. Il est alors aisé de calculer, avec un tableur la probabilité qu'une demande censée se comporter selon une loi de Gauss de paramètres $m = 50,7$ et $s = 15,8$, la probabilité qu'elle dépasse le seuil $S = 68$. Par exemple dans Excel on utilisera la fonction : `LOI.NORMALE (68; 50,7; 15,8; 1) = 0,86`. Le dernier paramètre, 1, signifiant qu'on désire obtenir le cumul des probabilités des demandes inférieures à 68. En fait nous désirons évaluer la probabilité de rupture, la probabilité de dépasser 68, elle est égale à $1 - 0,86 = 0,14$. Il y a donc 14 % de chance d'être en rupture en fin de trimestre avec cette politique d'approvisionnement, soit 1 chance sur 7. Ce n'est pas une excellente qualité de service mais acceptable compte tenu du nombre de références stockées.

Estimation du nombre de dépannages

Pour les articles de catégorie A, une rupture de stock génère une demande de réapprovisionnement en urgence en cas de rupture (dépannage). En s'appuyant sur le résultat précédent, il est possible d'évaluer le nombre de dépannages trimestriels déclenchés par un magasin. Ces références représentent 5 % des 3 000 références gérées, soit 150 références. En moyenne, chaque trimestre, le magasin déclenchera $150 \cdot 0,14 = 21$ dépannages. Soit pour les 100 magasins et les 3 trimestres de la période « standard » : $21 \cdot 100 \cdot 3 = 6\,300$ dépannages/an. Cela doit générer un coût important de gestion et de manutention.

Comment améliorer la situation sans augmenter les stocks en magasins qui consomment de la surface de vente ?

■ Phase 2 : proposition d'une nouvelle stratégie de distribution

Le scénario proposé par la direction générale consiste à faire converger tous les flux vers un entrepôt central. Le schéma des flux est représenté sur la figure 4.

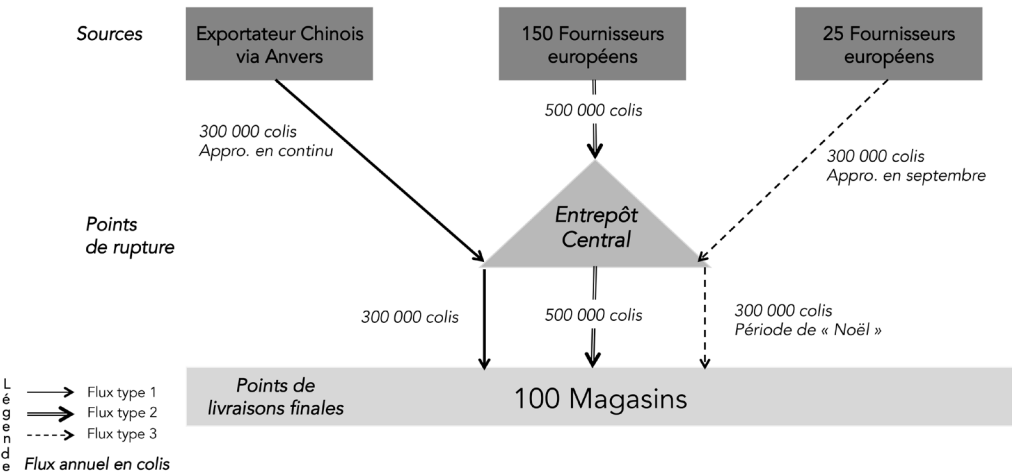


Figure 4 : Nouvelle architecture du réseau de distribution avec massification des flux via un entrepôt central.

Avantages et inconvénients de la nouvelle architecture du réseau de distribution

Faisons une analyse qualitative des avantages et inconvénients de ce schéma. Nous suivrons les trois principaux maillons de la chaîne logistique : approvisionnement – rupture de charge et stockage – distribution.

Fonction	Avantage	Inconvénient
Appro. Flux 1	Inchangé	
Appro. Flux 2	Relation fournisseur plus simple. 1 seul point de livraison par fournisseur.	Réception entrepôt.
Appro. flux 3	Inchangé	
Stockage flux 1	Inchangé	
Stockage flux 2	Allègement probable des stocks magasins en raison d'une fréquence d'approvisionnement plus forte pour un fournisseur	Rupture de charge. Mise en place d'un éclatement des flux reçus.
Stockage flux 3	Inchangé.	
Distribution flux 1, 2, 3	Distribution massifiée multifournisseur	Préparation en entrepôt Sécuriser la distribution flux 2
Réception magasins	Réduction du nombre de réceptions	
Relations fournisseurs		Négociations à prévoir

Tableau 7 : Avantages/inconvénients de la nouvelle architecture de distribution.

Estimation de la fréquence d'approvisionnement des fournisseurs européens

La négociation avec les transporteurs va porter sur l'économie des coûts de transport qu'ils vont réaliser en ne livrant qu'un seul point de livraison. Leur permettre de réaliser des camions complets pendant la période standard serait un argument fort, mais quel impact cela aura-t-il sur les stocks ? Pour l'estimer calculons la fréquence de livraison d'un fournisseur sur l'entrepôt pendant la période standard.

Les 150 fournisseurs livrent pendant cette période 250 000 colis, soit en moyenne 1 700 colis par fournisseur, ce qui représente, en moyenne, sur les trois trimestres $1\,700/500 = 3,4$ camions. Cette fréquence correspond donc à la fréquence actuelle cela n'aurait donc pas d'impact significatif sur les stocks du réseau. En période de Noël on pourrait concevoir une livraison par mois. Compte tenu du nombre de fournisseurs et donc de leur éventuelle proximité géographique, on pourrait concevoir de regrouper l'approvisionnement de deux fournisseurs proches dans le même camion ce qui aurait l'avantage de multiplier la fréquence par deux – donc de diminuer les stocks – tout en conservant l'usage de camions complets.

Estimation de la fréquence d'approvisionnement des magasins et son impact sur le stock moyen

En période standard, ce sont 400 000 colis (150 000 d'origine chinoise et 250 000 d'origine européenne) qui seraient livrés par l'intermédiaire de l'entrepôt unique. C'est donc 4 000 colis par magasin sur la période. Ce qui correspond à la capacité de 8 camions ; il est donc possible de réorganiser l'approvisionnement des magasins en accélérant la fréquence et donc diminuer le stock de chaque fournisseur en magasin. Pour des raisons d'organisation on adoptera une fréquence mensuelle (9 livraisons).

Mesurons l'effet que cette fréquence peut avoir sur le stock des magasins. Si l'on conserve le modèle de la loi de Gauss pour représenter la demande on sait que pour une période donnée le niveau, S , au-dessous duquel se situera la demande avec une probabilité de 95 % est donné par $S = \text{demande moyenne sur la période} + 1,65 \cdot (\text{écart-type de la demande sur la période})$. Si on admet l'hypothèse que l'écart-type = $0,5 \cdot \text{moyenne}$ nous obtenons $S = 1,8 \cdot \text{moyenne}$. Le stock après réapprovisionnement sera donc composé d'une quantité égale à la consommation moyenne (stock-outil) plus une quantité égale à 80 % de la consommation moyenne pour le stock de sécurité. Avec la fréquence d'approvisionnement mensuelle des magasins (9 camions sur la période standard) le stock moyen correspondrait à 0,5 mois de

1. Voir tableau de la loi normale dans les données générales qui fournit la valeur t associée à la probabilité $P(U < t)$.

consommation pour le stock-outil plus 0,8 mois de stock de sécurité soit 1,3 mois de consommation au total. Niveau à comparer aux $1,5 + 1 \text{ mois} = 2,5 \text{ mois}$ de consommation de la situation actuelle (livraisons trimestrielles) et avec une qualité de service supérieure.

Conclusion générale

■ Audit de l'organisation actuelle du réseau de distribution de Ludis

- La réception directe en provenance des fournisseurs génère des coûts de réception (temps fixe) importants : 155 heures/magasin mobilisant ainsi les vendeurs sur des activités de manutention.
- La réception trimestrielle en provenance de chaque fournisseur conduit à une qualité de service médiocre malgré des stocks importants, elle conduit à un recours à des livraisons de dépannage fréquentes (6 300 dépannages/an).

■ Nouvelle architecture du réseau de distribution de *Ludis*

• **Avantages :**

- réduction des réceptions en magasins ;
- augmentation de la fréquence d'approvisionnement induisant une amélioration de la qualité de service et une diminution des stocks magasins ;
- pilotage d'un seul entrepôt pour tous les flux ;
- relations fournisseurs simplifiées.

• **Inconvénients :**

- rupture de charge supplémentaire pour les flux des fournisseurs européens ;
- prise en charge de la livraison terminale.

■ Étapes futures à prévoir

- Négociation avec les fournisseurs ;
- Recherche d'un emplacement optimal pour l'entrepôt ;
- Recherche de prestataires pour la livraison terminale ;
- Bilan économique de cette nouvelle architecture.

Politique d'approvisionnement des pièces détachées

- **Thèmes abordés** : politique d'approvisionnement, Courbe de Pareto (Classes ABC), stock-outil, stock de sécurité, loi Normale, loi de Poisson, moyenne et écart-type

Énoncé

Doit-on avoir la même stratégie d'approvisionnement pour toutes les pièces détachées ? Trois poids trois mesures !

■ Problématique

- Quelle est la stratégie optimale d'approvisionnement des pièces détachées et accessoires ? Comment différencier la politique d'approvisionnement de ces pièces en fonction de leur volume de ventes ?

■ Résumé

SparePartAuto est le leader européen en maintenance automobile. Il a développé un concept novateur dans les années 1970, en associant un magasin de pièces automobiles en libre-service à un atelier de maintenance et de réparation automobile. La logistique des pièces détachées et accessoires automobiles présente des défis majeurs avec des enjeux importants sur les niveaux de stocks et l'avènement de l'e-commerce a rebattu les cartes. *SparePartAuto* doit revoir sa politique d'approvisionnement des pièces détachées pour maîtriser ses niveaux de stocks pour mieux répondre à la demande des clients tout en optimisant sa trésorerie.

■ Objectifs

Le cas permet :

- La détermination de la politique d'approvisionnement des références gérées.
- La différenciation de cette politique en fonction du type de pièces (en termes de volume des ventes).
- Le repérage des stocks surdimensionnés.

■ Outils et concepts mobilisés

- Modèle de quantité économique pour déterminer la fréquence optimale d'approvisionnement.
- Courbe de Pareto pour le classement des références en fonction du CA en trois catégories ABC.
- Modélisation des variations de la demande par la loi Normale et la loi de Poisson (approprié pour de faibles ventes caractérisant les pièces détachées).
- Estimation du stock de sécurité en fonction du taux de service visé par l'entreprise.

La logistique des pièces détachées présente de forts enjeux sur les stocks, elle est complexifiée par demande très fluctuante, par sa diversité de sourcing et ses zones géographiques étendues. La stratégie d'approvisionnement des pièces détachées a évolué vers une centralisation pour réduire les niveaux de stocks et trouver un compromis entre la valeur de stock et le taux de service rendu au client.

SparePartAuto a bien cerné ces enjeux et possède aujourd'hui plus de 350 centres en France près de 500 au niveau européen. Le stock de *SparePartAuto* est entreposé dans les réserves des centres. Le fichier Excel « SparePartAuto_Historique.xls » disponible sur le site editions-ellipses.fr (décrit en annexe) fournit l'état du stock et les relevés de ventes des références stockées dans un magasin de centre représentatif sur une période de 30 semaines (trois périodes de dix semaines).

Une analyse rapide des données de cet historique montre qu'il y a une disparité significative entre les références en termes de ventes et que la politique actuelle d'approvisionnement mensuelle des magasins n'est peut-être pas appropriée pour toutes les références. *SparePartAuto* souhaite revoir sa politique d'approvisionnement en réalisant un audit sur le stock en deux étapes :

1. Réalisation d'un audit du stock des pièces détachées.
2. Étude de deux scénarios avec des fréquences d'approvisionnement des magasins personnalisées selon le profil des produits (en termes de volume de ventes : fort, moyen ou faible).

Étape 1 : audit du stock des pièces détachées et accessoires du magasin type

Pour réaliser cet audit, des analyses doivent être menées aussi bien sur *le stock* que sur les *ventes* des pièces détachées et accessoires. Un *tableau de bord* sera construit pour mesurer l'impact de la politique actuelle d'approvisionnement et faciliter la comparaison avec les deux scénarios qui seront investigués en partie 2 de cette étude de cas.

1. *Analyse du stock des pièces détachées :*
 - Calcul de la valeur du stock immobilisé, en déduire le « coût financier¹ » de stockage hebdomadaire sur la base d'un taux d'immobilisation proposé par le contrôleur de gestion de 10 % par an. Mesure du poids (en pourcentage) de ce coût financier sur le chiffre d'affaires annuel de l'entreprise. Le CA est exprimé en prix d'achat (cf. fichier Excel « SparePartAuto » disponible sur le site editions-ellipses.fr).
 - Estimation de la couverture moyenne du stock en nombre de semaines.

1. Voir l'annexe technique 1.1.

2. *Analyse de la répartition des ventes :*

- Traçage de la courbe «ABC», distribution de Pareto¹ des ventes des 10 dernières semaines en distinguant 3 classes de produits : classe A, références représentant 80 % du CA; classe B, références contribuant à hauteur de 15 % du CA; classe C, le reste des références.
- Calcul de la valeur immobilisée dans le stock pour chaque classe.
- Pour la classe A, représentation de la courbe de la couverture en stock, en semaines, en fonction du CA. Identifier les produits qui peuvent être mis en promotion pour réduire le stock.

3. *Tableau de bord :* synthèse de la politique actuelle d'approvisionnement en complétant le tableau de bord fourni en annexe.

Étape 2 : nouvelle politique d'approvisionnement en simulant deux scénarios

La direction s'interroge sur la pertinence de la fréquence actuelle des approvisionnements du magasin qui est d'un mois pour toutes les références. Elle voudrait analyser les deux scénarios suivants :

- Scénario 1 : passage à une livraison hebdomadaire pour toutes les références.
- Scénario 2 : une fréquence de livraison spécifique pour chaque classe de produits. Les articles de la classe A peuvent être réapprovisionnés toutes les semaines, ceux de la classe B tous les 14 jours et ceux de la classe C une fois par mois.

Il faut estimer le stock moyen objectif sachant que la direction souhaite limiter la probabilité de rupture à 5 % à chaque cycle pour les articles A et 10 % pour les autres.

Pour bâtir ces deux scénarios, la méthodologie suivante est utilisée :

- Calcul du stock-outil² moyen pour chaque référence.
- Détermination du stock de sécurité en cohérence avec la qualité de service (probabilité de non-rupture) visée par la direction.
- Valorisation du stock théorique.
- Comparaison avec la politique d'approvisionnement actuelle.

1. Voir l'annexe technique 1.2

2. Voir l'annexe technique 1.3