

Organisation et gestion de réseaux logistique

0. Positionnement du cours.....	2
1. La logistique industrielle : définitions et enjeux.....	2
1.1. Définition.....	2
1.2. Définition d'une chaîne logistique.....	3
1.3. Modélisation d'une chaîne logistique.....	4
1.3.1. Le modèle SCOR.....	4
1.3.2. Le modèle AFNOR.....	7
1.4. Enjeux et indicateurs de performance.....	8
1.4.1. Les enjeux.....	8
1.4.2. Les indicateurs de performance.....	8
2. Organisation de la chaîne logistique.....	10
2.1. La maison de la supply chain.....	10
2.2. Organisation du réseau logistique.....	13
2.2.1. Décision de faire ou de faire-faire.....	13
2.2.2. Evaluation de la performance logistique.....	14
2.2.3. Localisation des unités de production et de stockage.....	15
2.3. Organisation de la relation logistique.....	22
2.3.1. Typologie des réseaux de distribution.....	22
2.3.2. Autres logiques de distribution.....	24
3. Le supply chain management.....	26
3.1. Architecture décisionnelle.....	26
3.2. Les concepts fondamentaux de la supply chain.....	27
3.2.1. Le CRM : Customer Relationship Management.....	27
3.2.2. La GPA : Gestion partagée des approvisionnements.....	27
3.2.3. Le CPFR : Collaborative Planning, Forecasting & Replenishment.....	28
3.2.4. Le Postponement.....	29
3.2.5. Le concept d'Available To Promise (ATP).....	31
3.3. La répartition et la planification des activités de production.....	32
3.3.1. Approche optimisation sous contraintes.....	32
3.3.2. Approche évaluation de performance.....	39
3.4. La gestion des opérations logistiques.....	40
3.4.1. La gestion des stocks dans une chaîne logistique.....	40
3.4.2. Organisation des tournées.....	46
3.4.3. Exemples d'organisation de systèmes d'approvisionnement.....	47
4. Les APS : Advanced Planning & Scheduling System.....	49
4.1. Les fonctions couvertes par les APS.....	49
4.2. Liens ERP – APS.....	50
4.2.1. ERP : Définitions.....	50
4.2.2. Les spécificités des APS.....	51
4.2.3. Liens ERP – APS.....	52
Bibliographie.....	53
Glossaire.....	54

0. Positionnement du cours

	Intra - entreprise	Inter- entreprises
Organisation	Organisation des Systèmes de Production	Organisation du Réseau Logistique
Gestion	Gestion de Production	Supply Chain Management

1. La Logistique Industrielle : définitions, enjeux

1.1. Définition de la logistique industrielle

Le *Logistics Institute* définit la logistique (1996) comme une collection de fonctions relatives aux flux de marchandises, d'information et de paiement entre fournisseurs et clients depuis l'acquisition des matières premières jusqu'au recyclage ou la mise au rebut des produits finis.

Le *Council of Logistics Management* définit la Logistique (1985) comme le processus de planification, de mise en œuvre et de contrôle des flux et des stocks – de matière première, en-cours, produits finis – et des flux d'information associés, de leur point d'origine jusqu'à leur point de consommation, dans le but de satisfaire les attentes client de manière efficace et au moindre coût.

L'*APICS* définit la Logistique comme l'art et la science de l'approvisionnement, de la production et de la distribution des composants et produits fabriqués à la bonne place et en bonne quantité.

Cette dernière définition peut être approchée de celle des 7 "R" : having the Right product, in the Right quantity and the Right condition, at the Right place, at the Right time, for the Right customer, at the Right price

L'*AFNOR* définit la Logistique comme la planification, l'exécution et la maîtrise des mouvements et des mises en place des personnes ou des biens, et des activités de soutien liées à ces mouvements et mises en places, au sein d'un même système organisé pour atteindre des objectifs spécifiques (NF X50-600)

On distingue classiquement :

- la Logistique Interne : Organisation et gestion des flux au sein de l'entreprise
- la Logistique Externe, elle-même décomposable en :
 - logistique d'approvisionnement : *Organisation et Gestion des flux des fournisseurs vers l'entreprise*
 - logistique de distribution : *Organisation et Gestion des flux de l'entreprise jusqu'aux clients*

La logistique Interne traite essentiellement de l'organisation des ateliers et de la gestion de production, deux points développés précédemment. Ce cours traite exclusivement de la logistique externe.

Initialement (années 60), la logistique ne traitait que des activités opérationnelles de transport et d'entreposage. Dans une seconde étape (années 70), les distributeurs se sont focalisés sur le concept de coût total, et la mise en balance des coûts logistiques d'une part, du service client d'autre part. Dans les années 80 a émergé le concept de logistique intégrée. Il s'est agit d'intégrer les fonctions de gestion des stocks, de gestion des commandes clients, de planification et de gestion des achats. Ceci a conduit au développement de plans logistiques stratégiques et tactiques. Au cours des années 90, cette intégration des fonctions logistiques s'est poursuivie dans une optique de management de l'entreprise intégrée.

1.2 Définition d'une chaîne logistique

Une chaîne logistique peut être définie comme un « Réseau d'installations qui assure les fonctions d'approvisionnement en matières premières, de transformation de ces matières premières en composants puis en produits finis, et de distribution du produit fini vers le client » (Lee)

L'AFNOR définit une chaîne logistique comme une suite d'événements pouvant inclure des transformations, des mouvements ou des mises en place et apportant une valeur ajoutée.

Une chaîne logistique est composée d'unités de production, d'unités de stockages et de réseaux de transport et de communication entre ces différents nœuds.

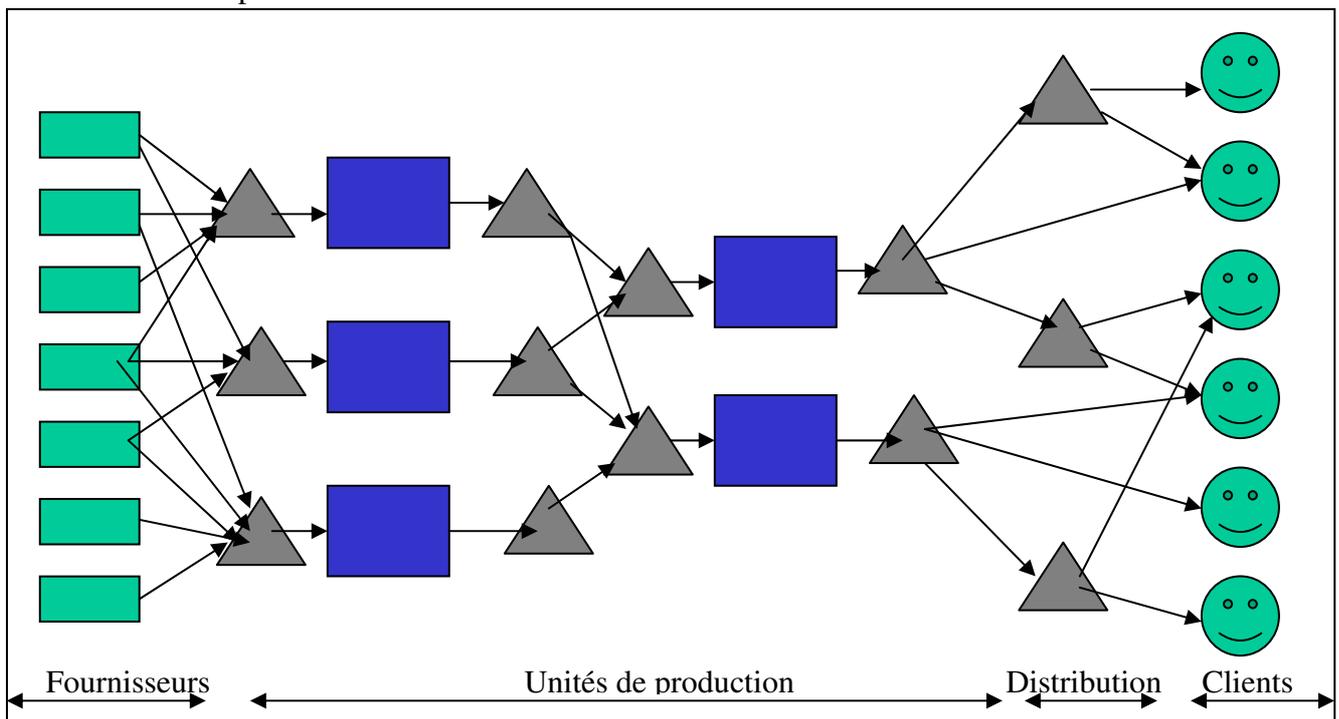
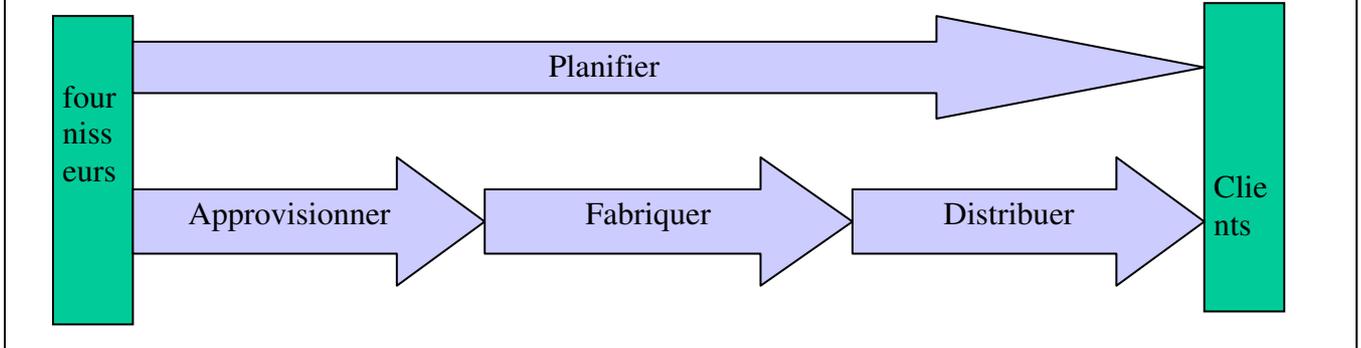


Figure 1 : Exemple de chaîne logistique

1.3. Modélisation d'une chaîne logistique

1.3.1. Le Modèle SCOR. Depuis plusieurs années, un modèle fait référence dans le monde industriel pour modéliser une chaîne logistique. Il s'agit de modèle SCOR développé par le Supply Chain Council. Il s'agit d'un modèle à 3 niveaux :



Niveau 1 : définition de 4 processus type

Niveau 2 : Caractérisation des processus

Distinction de 3 catégories de processus

- processus de planification
- processus d'exécution
- processus de soutien

et de 17 processus

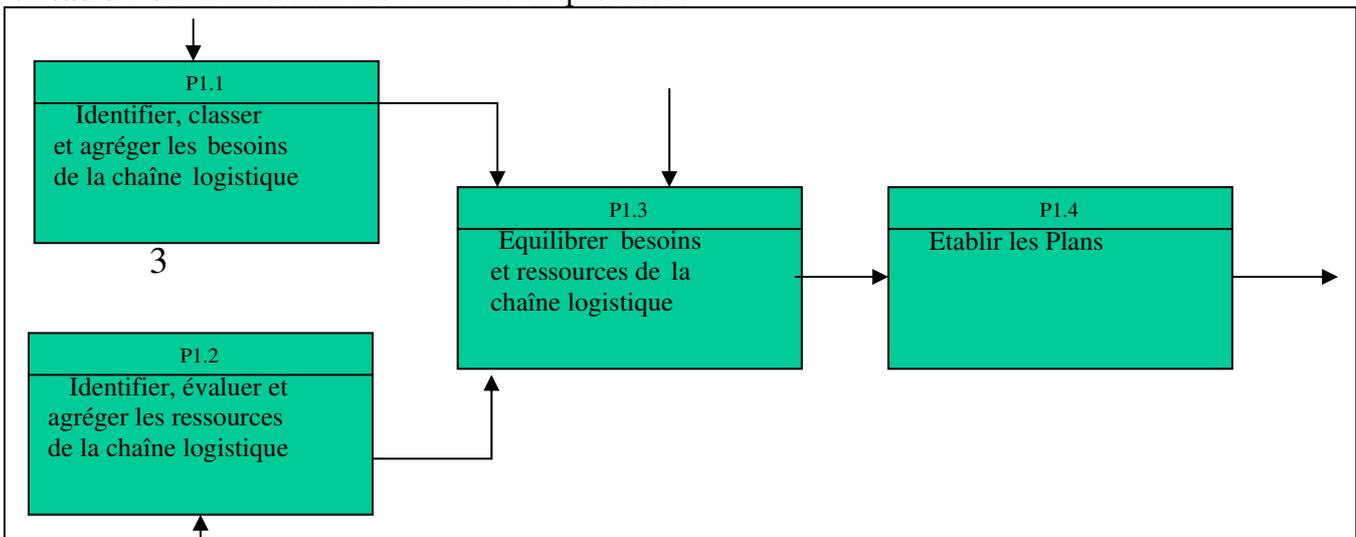
S1, M1, D1 : sur stock

S2, M2, D2 : à la commande

S3, M3, D3 : conception à la commande

	P	A	F	D
Planification	P1	P2	P3	P4
Exécution		S1 à S3	M1 à M3	D1 à D3
Soutien	EP	ES	EM	ED

Niveau 3 : Caractérisation des éléments de processus



Métriques et Best Practices : A chaque activités sont associées des indicateurs de performance et des éléments de benchmarking en regard de best practices.

Figure 2 : le modèle SCOR

La méthode SCOR

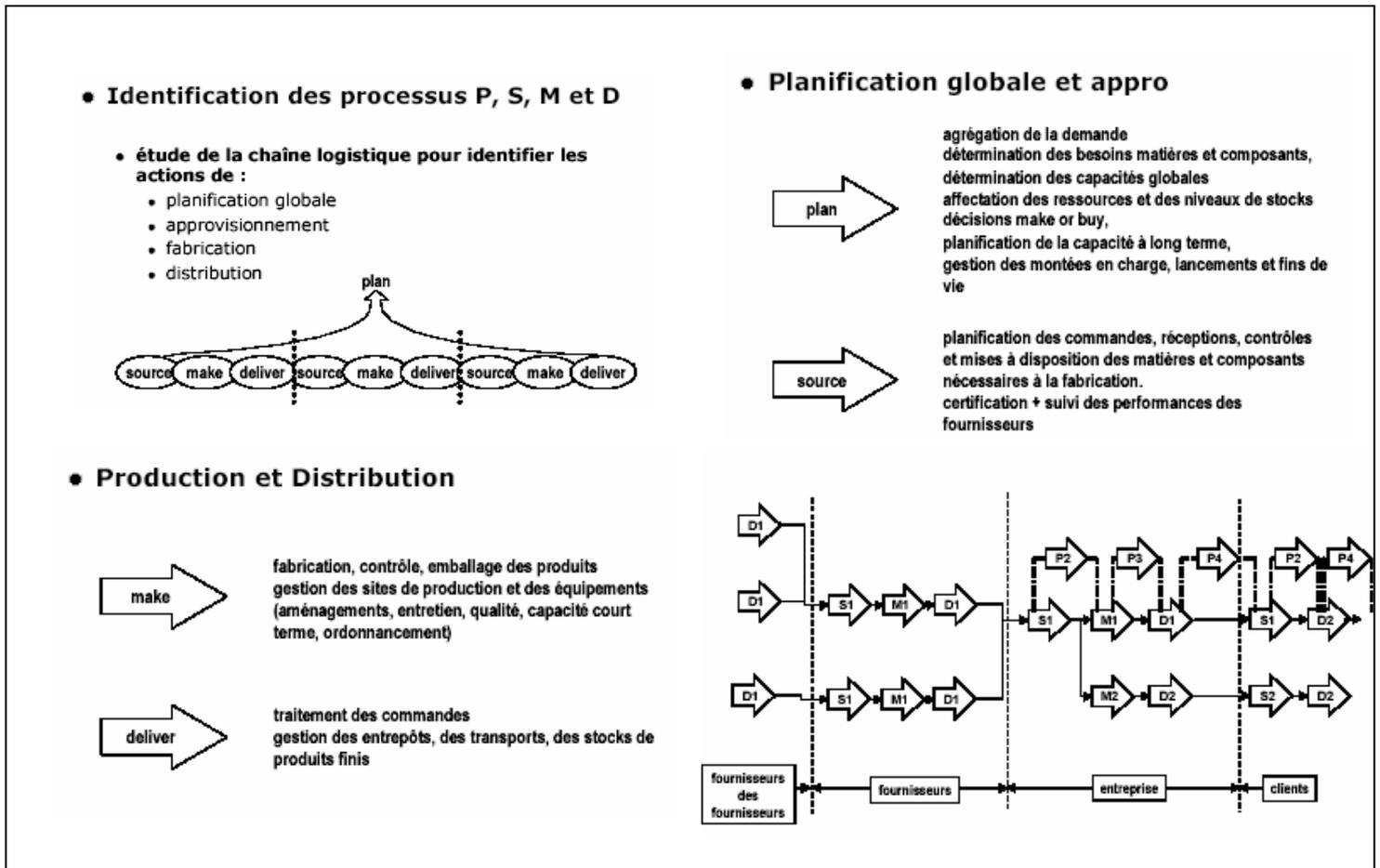


Figure 3 : Méthode SCOR niveau 1 : identification des processus

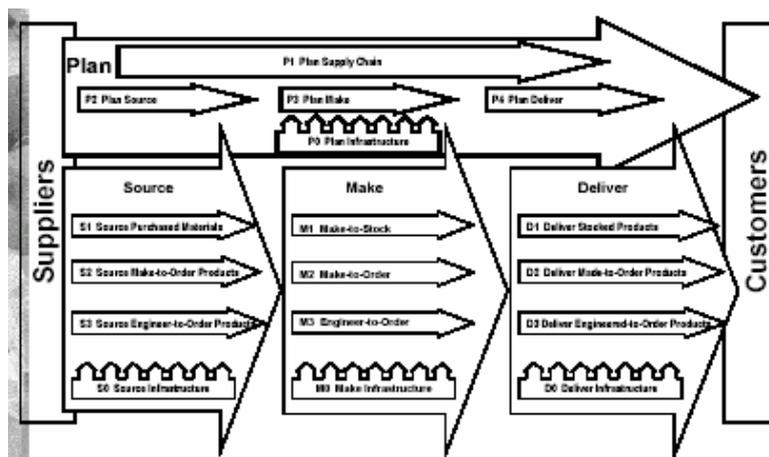
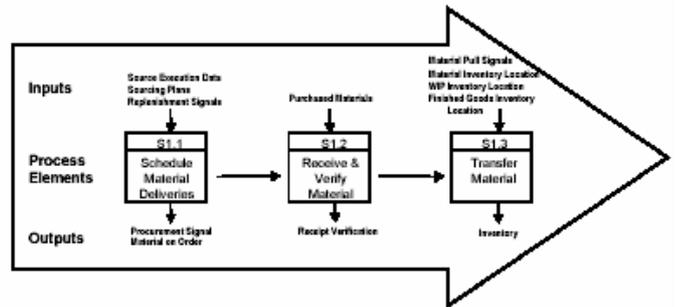


Figure 4 : Méthode SCOR niveau 2 : définition des catégories de processus
D'après C.Caux (IFMA)

- **Détail des processus**

- **définition de sous-processus**
- **définition des entrées et des sorties**
- **définition des indicateurs de performance**
- **recherche des « best practices » associées**
- **recherche des fonctionnalités des logiciels associés**



Process Element: Schedule Material Deliveries		Process Number: S1.1
Process Element Definition		
Scheduling and managing the execution of the individual deliveries of material against an existing contract or purchase order. The requirements for material releases are determined based on the detailed sourcing plan or other types of material pull signals.		
Performance Attributes	Metric	
Cycle Time	Total Source Lead Time % of EDI Transactions	
Cost	Materials Management as a % of Material Acquisition Costs	
Service/Quality	% defective	
Assets	Raw Material Days of Supply (DOS)	

Process Element: Schedule Material Deliveries		Process Number: S1.1
Process Element Definition		
Scheduling and managing the execution of the individual deliveries of material against an existing contract or purchase order. The requirements for material releases are determined based on the detailed sourcing plan or other types of material pull signals.		
Best Practices	Software Features Required	Software Application Suppliers
Utilize EDI transactions to reduce cycle time and costs VMI agreements allow suppliers to manage (replenish) inventory	EDI interface for 830, 850, 856 and 862 transactions Vendor managed inventories with scheduling interfaces to external vendor systems	All major ERP vendors: SAP, Oracle, JD Edwards, Baan, QAD, BSA, etc Oracle, Manugistics, Logility, SAP
Mechanical (Kanban) pull signals are used to notify suppliers of the need to deliver material Consignment agreements are used to reduce assets and cycle time while increasing the availability of critical items	Electronic Kanban support Consignment inventory management	Discrete ERP vendors: SAP, Oracle, Baan, JD Edwards, QAD, BSA Typically custom programming
Advanced ship notices allow for tight synchronization between source and make processes	Blanket order support with scheduling interfaces to external vendor systems	All major ERP vendors: SAP, Oracle, JD Edwards, Baan, QAD, BSA, etc

Figure 5 : Méthode SCOR niveau 3 : description des processus
D'après C.Caux (IFMA)

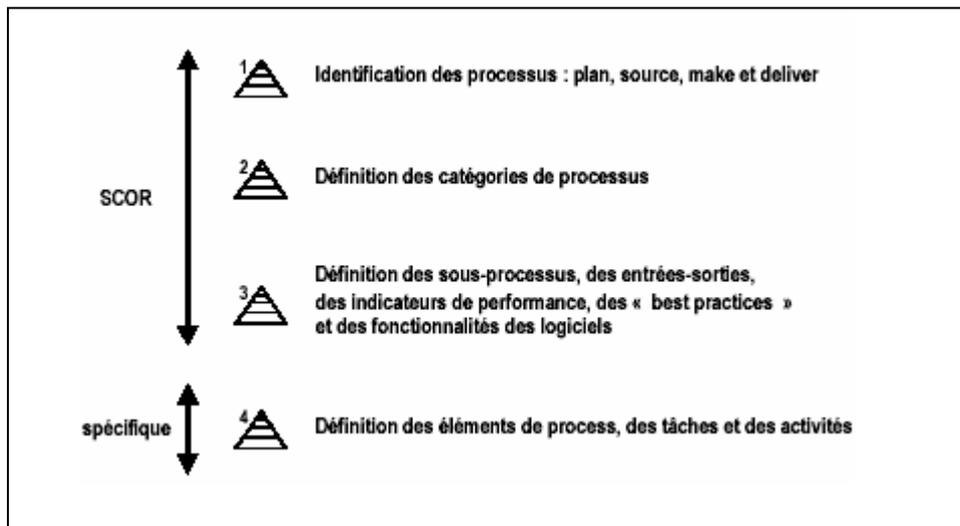


Figure 6 : Méthode SCOR : Synthèse
D'après C.Caux (IFMA)

1.3.2 Le modèle AFNOR. L'AFNOR identifie 6 processus comportant chacun 4 activités de base :

- Planifier (*définir les objectifs sur une certaine durée et déterminer la façon de les atteindre et avec quelles ressources*)
- Programmer (*Planification des heures de démarrage ou d'arrêt des activités*)
- lancer et exécuter
- contrôler

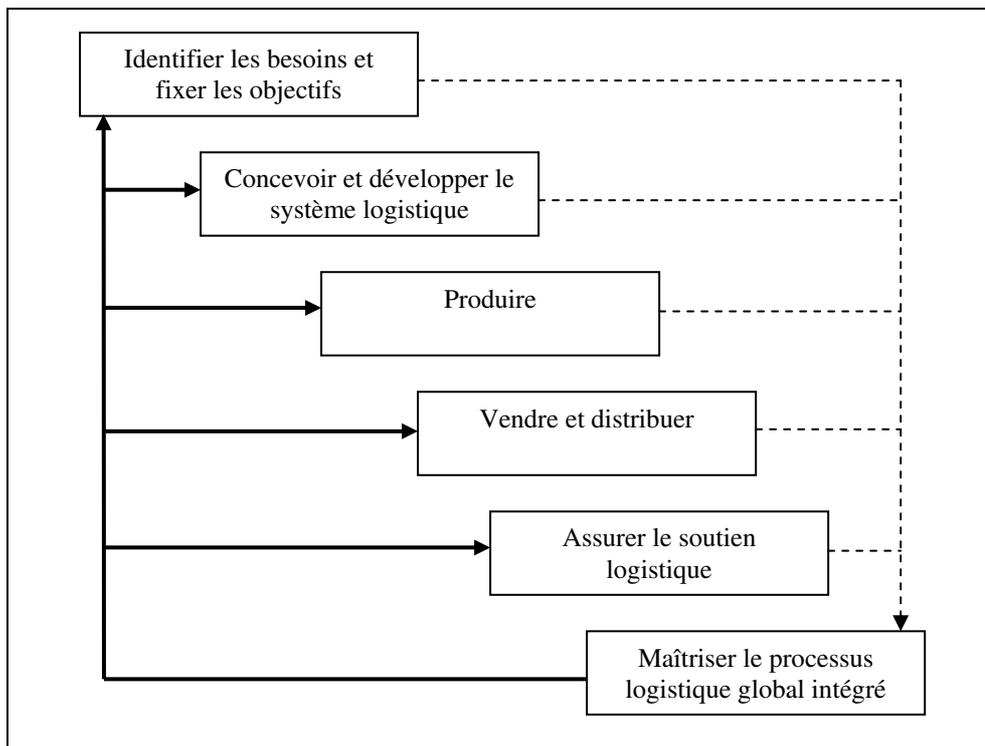


Figure 7 : Le modèle AFNOR

1.4. Enjeux et indicateurs de performance

1.4.1. Les enjeux

En 1992, une étude estimait les coûts de logistique à 10 % du CA

- 64 % pour la logistique de distribution
- 29 % pour la logistique d'approvisionnement
- 7 % pour la logistique de production

par composante de coûts, la répartition était la suivante :

- 15 % de frais administratifs
- 23 % de frais financiers sur stock
- 21 % de frais de magasinage
- 41 % de frais de transport

1.4.2. Les indicateurs de performance

Le Taux de service

Le premier indicateur de performance est le taux de service. Celui-ci peut faire l'objet d'une évaluation plus ou moins rigoureuse :

$T1 = \text{Quantité totale de produits livrés à temps} / \text{Quantité Commandé}$

$T2 = \text{Nbre de Références (ou de commandes) livrées à temps} / \text{Nbre de Références (ou de commandes) total}$

Ce taux de service peut être mesuré à différents stades de la chaîne et de manière plus ou moins agrégé (entreprise, unité de production, familles de produits...)

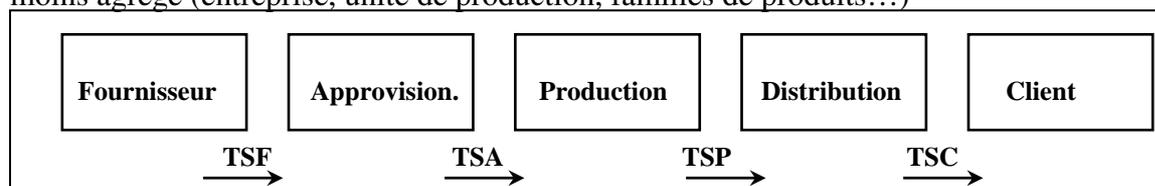


Figure 8 : Les principaux taux de service

Les indicateurs relatifs aux niveaux de stock

Les stocks peuvent être estimés en % du flux annuel (Valeur du Stock / Valeur du flux annuel), en taux de rotation (Valeur du flux annuel / Valeur du Stock), en nombre de jours (Valeur du Stock / Valeur moy.de flux journalier) ou en terme de coût de possession.

Coût financier	12 %
Coût des locaux	5 %
Coût des aménagements	1 %
Coûts des moyens de manutention	5 %
Immob.Emballages recyclables	2 %
M.O. de manutention	5 %
M.O. de gestion (saisie, inventaires)	5 %
Risques de détérioration	2 %
Risques d'obsolescence	3 %
Total	40 %

Figure 9 : Exemple de décomposition d'un taux de possession

La vitesse d'écoulement des flux

C'est le temps de traversée des produits physiques, d'un point d'entrée à un point de sortie d'un site.

Il traduit les temps réels :

- de fabrication
- d'attente
- de stockage (de sécurité, d'anticipation, liés à la taille des lots...)

$$TE = \frac{\text{Quantité présente de produits}}{\text{Quantité utilisée par jour}}$$

On peut également calculer la dispersion autour du TE moyen

Le temps de réactivité ou temps de réponse (Time to Customer)

C'est le temps qui s'écoule entre l'émission de la demande et la livraison.

Indicateurs rattachés au transport

- coûts de transports rapportés au CA
- taux de remplissage des camions
- taux de respect du planning de transport

Autres coûts logistiques

- coûts de manutention (MO + équipements)
- coût des conditionnements
- coûts administratifs
 - agents de planning
 - administration des ventes
 - gestion des informations

Coûts liés à la gestion des nouveaux produits et des évolutions

- délai de lancement/modification de nouveaux produits
- taux de ponctualité des lancements/modifications
- pertes annuelles pour obsolescence (destruction / pertes de valeur / surcoût d'utilisation)

2. Organisation de la chaîne logistique

2.1. La maison de la supply chain

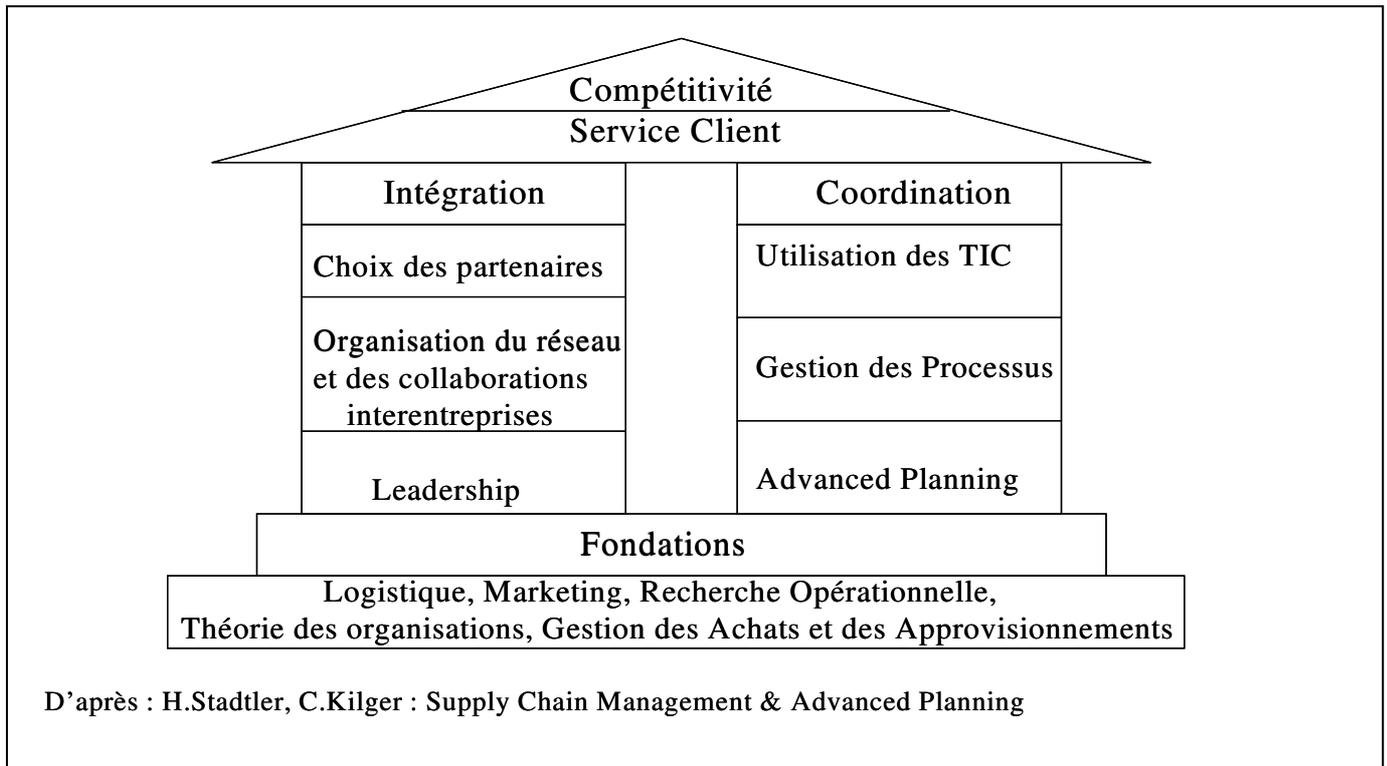


Figure 10 : La maison de la supply chain

Toute l'organisation de la chaîne logistique doit être tournée vers la satisfaction des attentes clients, et ce tout en étant compétitif. Ceci repose d'une part sur une démarche d'intégration et d'autre part sur la mise en œuvre de processus de coordination.

Cette satisfaction repose en premier lieu sur la fourniture, au niveau transactionnel, d'une plus value au consommateur final :

- meilleur produit
- meilleure qualité
- meilleur assortiment
- meilleure disponibilité
- meilleur coût

L'un des enjeux majeurs en terme de service client est le délai, le *Time to customer*. La prise en compte des exigences client conduira à définir le **point de découplage** dans la chaîne logistique : A partir de quel point de stockage devra être servi le client ou jusqu'à quel stade de fabrication il pourra être produit à la commande et quels seront les approvisionnements, les fabrications qui devront être anticipées.

Ceci nécessite l'analyse des délais de transmission des flux d'information/décision et des délais d'écoulement des flux de produit

Par exemple, dans le schéma page suivante, tout produit devant être livré dans un délai de 1 jour devra être disponible dans le stock de proximité, tout produit pour lequel le client accepte un délai de 5 jours pourra être livré à partir du magasin central.... C'est à partir de ce délai client que l'on décide ce qui peut être assemblé ou fabriqué à la commande et ce qui doit être géré sur stock ou fabriqué sur prévision.

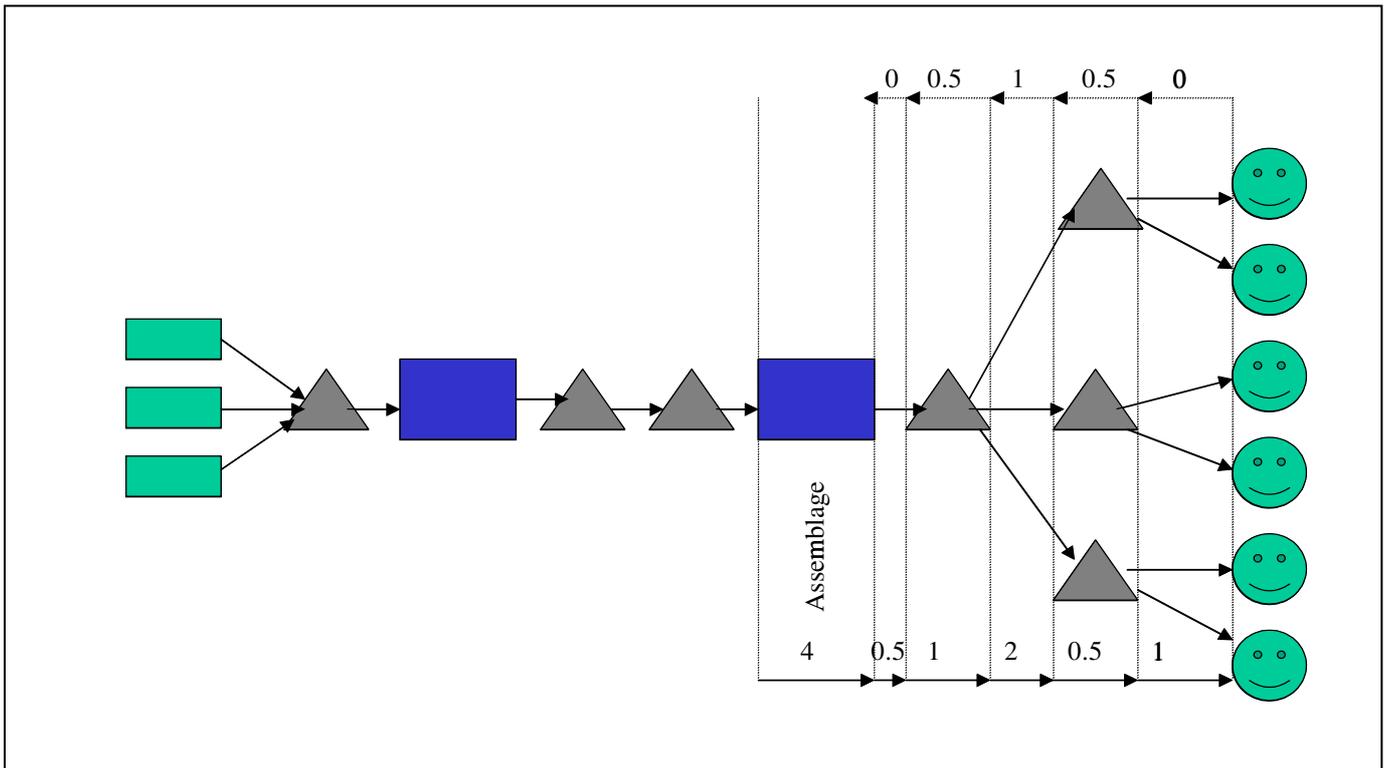


Figure 11 : Détermination du temps de réponse client

Le service client s'exprime non seulement au niveau transactionnel en termes de :

- coût,
- qualité,
- délai

Mais également aux niveaux

- pré transactionnel en termes :
 - d'accès à l'information
 - de flexibilité pour répondre au besoin spécifique du client
- et post transactionnel en termes :
 - de service après-vente,
 - de maintenance,
 - de recyclage

Plus généralement ce service client est la résultante d'actions marketing et d'actions logistiques comme synthétisé figure 12. Ce service est généralement connu sous le terme d'*Efficient Customer Response (ECR)*. Elle est l'aboutissement d'une approche visant à la réalisation d'une intégration entre fabricants et distributeurs afin de contribuer au succès d'une stratégie globale d'intégration du marketing, de la distribution et de la production

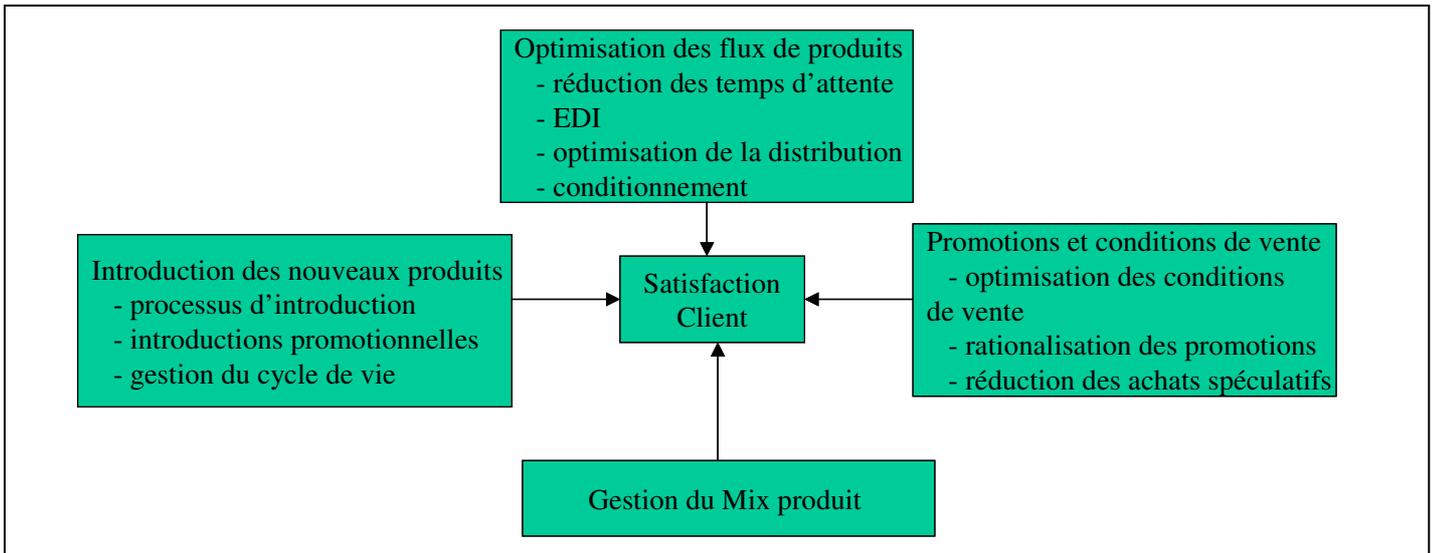


Figure 12 : Les bases de la satisfaction client (ECR)

Plus précisément, le marketing doit définir une stratégie produit (variété, prix, promotion, niveau de service), ce qui se traduira en termes de choix de localisation. La logistique intégrera ces contraintes marketing pour mettre à disposition les produits demandés dans les localisations demandées et avec le niveau de service demandé au moindre coût. Ces derniers coûts sont la somme de coûts de production, de stockage, d'entreposage, de transport, de traitement et de communication de l'information.

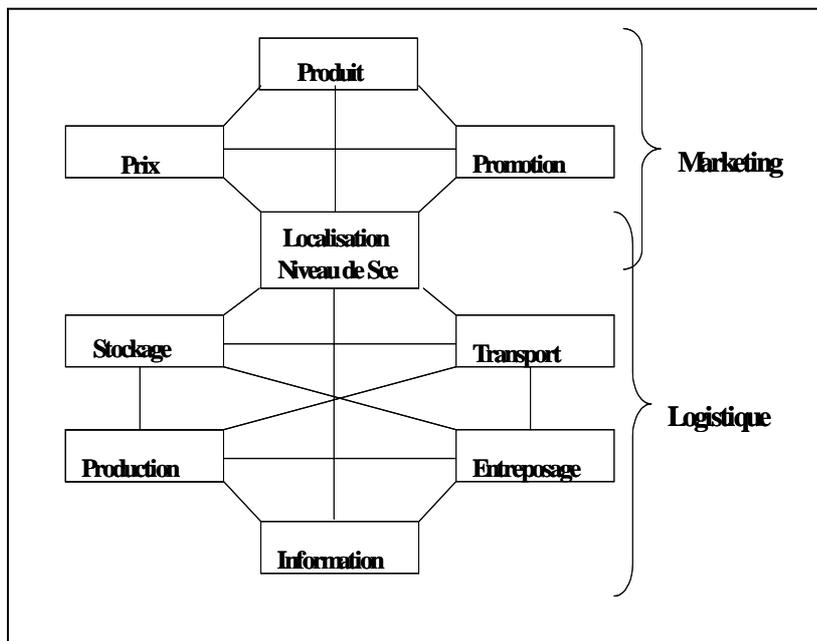


Figure 13 : Liens entre marketing et logistique

2.2. Organisation du réseau logistique

La première phase dans l'organisation d'un réseau logistique est de définir les nœuds du réseau. Comme indiqué, ces nœuds sont de deux sortes ;

- des nœuds de production,
- des nœuds de stockage

Concernant le choix des nœuds de production, il repose en premier lieu sur la décision de faire ou de faire-faire.

Si l'on décide de faire et que plusieurs unités du groupe ont les mêmes capacités, il s'agira de répartir les productions entre ces différentes unités. Si l'on décide de faire-faire, il s'agira alors de choisir les fournisseurs ou sous-traitants à qui seront confiées les réalisations des produits ou d'opérations.

Concernant le choix des nœuds de stockage, il s'agira d'une part de définir le type de réseau de distribution, d'autre part de localiser les lieux de stockage et de décider des unités qui les alimenteront et des clients qu'ils desserviront.

2.2.1. Décision de faire ou de faire-faire

Cette décision résulte de choix stratégiques et opérationnels

Contre	Pour
<ul style="list-style-type: none"> • Choix stratégique protection d'un savoir faire dynamisation de filiales acquérir un savoir faire 	<ul style="list-style-type: none"> se recentrer sur ses métiers transfert d'investissements atteindre la world-class partager les risques libérer des ressources
<ul style="list-style-type: none"> • Choix tactique réduire les délais assurer une qualité 	<ul style="list-style-type: none"> réduire ou contrôler les coûts dégager des liquidités compenser un manque de ressources accroître la maîtrise de processus non contrôlés

- ✓ sous-traitance d'activité ou de capacité
- ✓ recherche de réduction de coûts
 - analyse de la chaîne de création de valeur
 - recentrage sur ses métiers
 - Externalisation des transports
 - Externalisation du système de distribution
 - Externalisation du stockage
 - Externalisation de la maintenance, de la gestion informatique
 - Externalisation de certaines activités de production (Alcatel)

Figure 14 : Principaux critères relatifs à la décision de faire ou faire-faire

Lorsque la décision de faire-faire est prise, il s'agit de retenir le ou les fournisseurs sélectionnés. Ceci dépend :

- de la stratégie d'achat retenue :
 - mono-sourcing : cette stratégie permet de réduire les coûts d'approvisionnement par les effets volume qui en résultent. De plus, par exemple dans l'automobile, il n'est pas rare que des outillages spécifiques soient payés par le donneur d'ordres. Le fait de

retenir un seul fournisseur permet d'éviter de multiplier des investissements et de mieux négocier les prix. Par contre c'est une stratégie nécessairement plus risquée,

- multi-sourcing : cette stratégie présente les avantages et inconvénients inverses de la précédente. De plus en plus fréquemment, les entreprises sont mono-sourcing pour une référence particulière, mais multi-sourcing au niveau d'une famille de produits.

Lorsque les points de consommation des produits sont multiples ou qu'il importe de construire des unités de production à proximité de ses donneurs d'ordres, d'autres critères doivent être pris en compte qui seront développés ultérieurement.

La stratégie étant fixée, le choix des fournisseurs reposera sur un certain nombre de critères. On trouvera ci-après les critères de choix retenus (par ordre décroissant), par les constructeurs automobiles.

<i>compétences techniques et de recherche</i> <i>compétence de fabrication</i> <i>qualité</i> <i>délai - réactivité</i> <i>prix</i> <i>conditions de livraison et services</i> <i>faculté d'adaptation</i> <i>sécurité</i>

Figure 15 : Critères hiérarchisés d'évaluation de fournisseurs

2.2.2. Evaluation de la performance logistique

On trouvera ci-joint une grille d'évaluation de la performance logistique d'un fournisseur. Dans cette grille sont mis en évidence (de gauche à droite) trois niveau de performance des fournisseurs. On notera en particulier l'importance que prend la gestion des capacités dans cette grille qui figure explicitement dans cette grille comme un critère essentiel dans l'évaluation d'un fournisseur.

Suivi des performances Logistiques	Le fournisseur suit son taux de service	La définition du taux de scc est suff. exigeante	Un processus d'analyse et de correction est en place
Organisation de la logistique	Une personne est nommément resp. de la logistique	Les composantes de la log. sont intégrées dans des rel. fonct. cohér.	Il existe un plan de progrès logistique
Disponibilité Client	un correspondant nomm. désigné	Le remplacement de cette personne est prévu en cas d'abs.	Les jours et h. de fermetures sont traités
Traitement de la flexibilité	temps d'écoulement interne et délais clients PEC pour dét. niveaux de stk	Système de planification adapté est utilisé et maîtrisé	Des procédures précisent les niveaux de stock et de SS
Suivi des capacités	La charge des goulots est réévaluée au moins deux fois l'an	La charge des principaux équipements est suivie tous les 3 mois	Des réunions de suivi de la charge ont lieu
Expédition & Transport	Les besoins en capacité de transport sont calculées à l'avance	pas de liv. retardée ou avancées sans accord du client	La fiabilité des transports est suivie
Approvision. du fournisseur	Un système adapté de calcul et passation de cde est en place	La perf. logistique des fournisseurs est suivie ainsi que les ruptures d'approvisionnement	

Figure 16 : Critères d'évaluation de la performance logistique d'un fournisseur

2.2.3. Localisation des unités de production et d'entreposage

Cette localisation peut dépendre de trois types de contraintes :

- Des contraintes liées à un client
 - accompagnement d'un client à l'international
 - satisfaction d'un marché au niveau mondial
 - exigences de livraison synchrone
 - stock avancé
 - post-manufacturing
- Des contraintes politiques (contraintes douanières, obligation de production locale...)
- Des contraintes d'approvisionnement (matière, énergie)

Il s'agit dès lors, avec pour objectif de minimiser les coûts de :

- déterminer le nombre approprié d'entrepôts,
- choisir la localisation de chaque entrepôt,
- déterminer la taille de chaque entrepôt,
- allouer l'espace à chaque produit,
- déterminer l'entrepôt approvisionnant chaque produit pour chaque client
- déterminer l'usine approvisionnant chaque entrepôt pour chaque produit

2.2.3.1. Données du problème

Il s'agit :

- de données de localisation
 - des clients et fournisseurs
 - des entrepôts existant
 - des centres de distribution
- de données relatives aux capacités et coûts de production
- de données relatives aux produits : volume, mode de transport
- de données relatives à la demande annuelle par localisation
- de données relatives aux coûts de transport par mode
 - flotte interne : par km.SKU
 - flotte externe
 - camion entier : coût au km inter-zones
 - < camion : tarifs par classe : poids.km
- de données relatives aux coûts de stockage
- de données relatives aux coûts d'entreposage
 - Proportionnels au flux (manutention)
 - Proportionnels au stockage moyen
 - Fixes
- de données relatives aux tailles et fréquences des expéditions
- de données relatives aux coûts de traitement des ordres
- de données relatives exigences de services

Données qu'il conviendra d'agrèger :

- au niveau des clients
 - localisation
 - niveau de service
 - fréquence de livraison
- au niveau des articles
 - groupes de produits : même source et destination
 - types de produits

2.2.3.2. Localisation d'un stock unique

L'objectif est la minimisation des coûts d'approvisionnement et de distribution. Ceux-ci sont la somme de coûts de transport, de magasinage et d'immobilisation du stock.

En première approximation, ces deux derniers coûts sont indépendants de la localisation. Si l'on considère que les coûts de livraisons terminales sont \gg aux coûts de transport de l'usine vers le dépôt, il suffit de minimiser ces coûts de livraisons terminales

$$CT = A + B * d$$

avec A : coût fixe

B : prix kilométrique pour un tonnage donné

d : distance

$$\text{Min}(CT) = \text{Min} \sum (CT_i * Q_i) = \text{Min} \sum (A + B*d_i) * Q_i = \text{Min} (A(\sum Q_i) + B (\sum d_i * Q_i))$$

Le premier terme étant une constante, il suffit de minimiser $\sum d_i * Q_i$

On peut pour cela utiliser la méthode du barycentre :

$$X_b = \sum Q_i * x_i / \sum Q_i$$

$$Y_b = \sum Q_i * y_i / \sum Q_i$$

Remarques :

- les distances sont estimées à vol d'oiseau
- il conviendrait d'ajouter les coûts usine / dépôt

Exemple de calcul du barycentre :

- en ne prenant en compte que les coûts de transport final
- en intégrant à un coût moitié les transports usine / dépôt

Villes	Tonnage	Abscisse	Ordonnée	$T_i x_i$	$T_i y_i$
Meaux	1025	20	24,3	20500	24908
Lille	391	20,5	30,9	8016	12082
Nancy	233	28,3	24	6594	5592
Lyon	515	25,5	13	13133	6695
Toulouse	85	16,7	4,8	1420	408
Rennes	77	8,9	21,7	685	1671
Caen	60	12,2	25,5	732	1530
Tours	52	14,7	18,8	764	978
Angoulême	34	13,3	12,4	452	422
Limoges	35	16,2	13,1	567	459
Moulins	36	21,5	15,8	774	569
Besançon	46	28,2	18,6	1297	856
Total l	2589			54933,5	56167
Barycentre		21,22	21,69		
Usine		11,3	9,4		
Barycentre		17,91	17,60		

Figure 17 : Exemple de calcul d'un barycentre

2.2.3.3. Localisation et répartition des stocks et des productions

2.2.3.3.1. Localisation d'une unité de production

Aux coûts de transport et de stockage il faut rajouter les coûts de production qui peuvent varier fortement d'un pays à un autre.

2.2.3.3.2. Répartition de la production entre sites

Il peut s'agir de :

- n usines candidates pour alimenter le même dépôt
- n dépôts candidats pour alimenter le même client

L'objectif est de minimiser les coûts de production et de distribution. Deux solutions :

La programmation linéaire

soient :

- C_{ij} le coût de transport Usine /Dépôt
- T_{ij} le tonnage transporté de l'usine i vers le dépôt j
- P_i la capacité de l'usine i
- D_j la demande à satisfaire par le dépôt j

Objectif : minimiser $\sum_{ij} C_{ij} * T_{ij}$ Avec les contraintes suivantes:

limites de capacité $\sum_j T_{ij} \leq P_i$

satisfaction de la demande : $\sum_i T_{ij} = D_j$

La résolution par des méthodes heuristiques

Exemple : méthode du stepping one

- partir d'une solution de base :

- méthode du coin nord / ouest
- saturation des liaisons au coût le plus faible

- rechercher des améliorations de cette solution : pour chaque liaison de valeur nulle, calculer le coût marginal généré par le déplacement d'une unité vers des cases voisines de celle-ci. Retenir les solutions améliorantes.

La solution optimale est obtenue lorsque tout déplacement entraîne des coûts marginaux positifs.

Exemple : alimentation de 4 dépôts par trois sites de production

Dépôt	Capacité	Rennes	Niort	Auxerre	Tarbes
St Etienne	9	260	150	140	170
Colmar	17	280	250	150	310
Lille	9	200	160	70	280
Demande	35	10	14	7	4

La saturation des liaisons au plus faible coût conduit :

- à alimenter la demande totale d'Auxerre par Lille
- à livrer la totalité de la production de St Etienne à Niort

- à livrer le solde de la production de Lille à Niort
 - à répartir la production de Colmar pour solder la demande
- Ceci conduit à une première solution conduisant à un coût de 6.950

Dépôt	Capacité	Rennes	Niort	Auxerre	Tarbes
St Etienne	9		9		
Colmar	17	10	3		4
Lille	9		2	7	
Demande	35	10	14	7	4

L'analyse du voisinage de cette solution permet de déceler :

- qu'une permutation des approvisionnements de Tarbes et Niort par St Etienne et Colmar entraîne un gain de 40 par unité
- qu'une permutation des approvisionnements d'Auxerre et de Niort par Lille et Colmar entraîne un gain de 10 par unité
- que toute autre permutation entraîne une majoration de coût

Nous obtenons ainsi la solution finale conduisant à un coût de 6.720

Dépôt	Capacité	Rennes	Niort	Auxerre	Tarbes
St Etienne	9		5		4
Colmar	17	10		7	
Lille	9		9		
Demande	35	10	14	7	4

2.2.3.3.3. Optimisation du nombre d'entrepôts dans un réseau

On peut distinguer 5 types de coûts :

- coûts dépôt - clients : décroissants en fonction du nombre de dépôts
- coûts usine - dépôts : croissants en fonction du nombre de dépôts
- coûts d'immobilisation financière : croissants en fonction du nombre de dépôts
- coûts d'entreposage : croissants en fonction du nombre de dépôts
- coûts de traitement de l'information : croissants en fonction du nombre de dépôts

Ce coût passe par un minimum. Ce problème peut être résolu par une programmation linéaire en nombres entiers :

- objectif : minimiser la somme des coûts précédents
- contraintes : satisfaction de la demande
conservation des flux

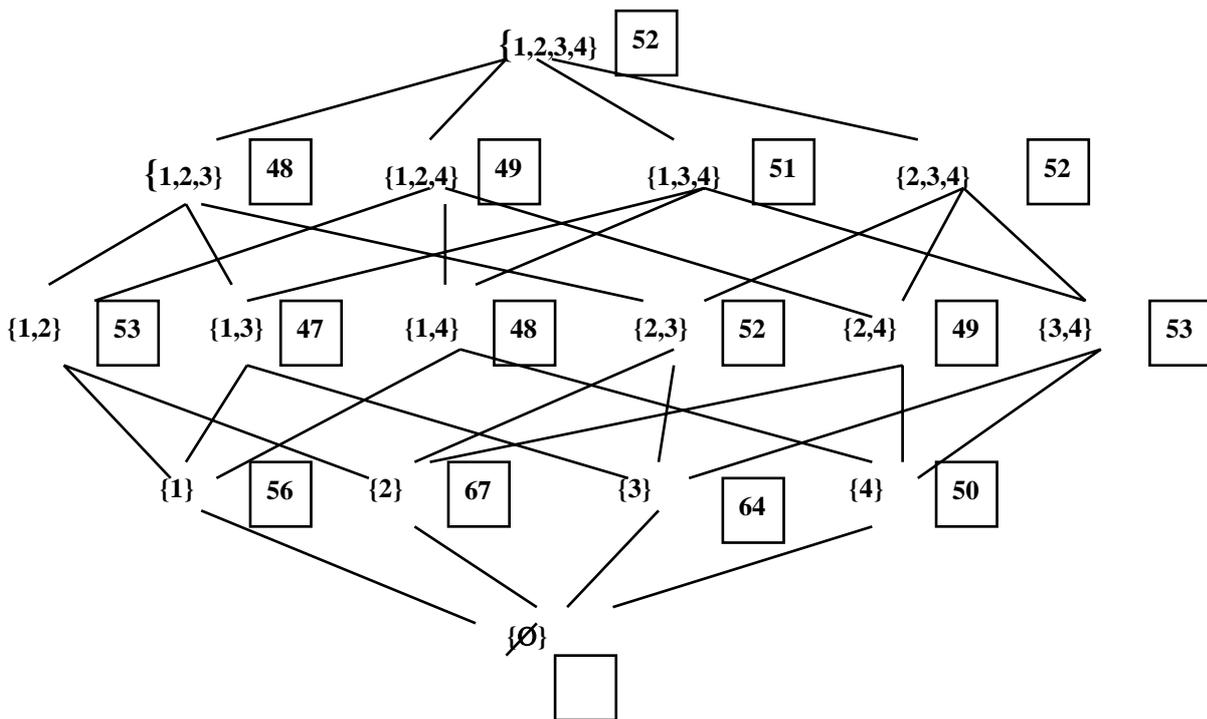
Solution approchée : soustraction progressive

- on retient n villes candidates : calcul du coût
- on recherche la ville dont la fermeture entraîne l'économie maximale
- on réitère jusqu'à ne plus dégager d'économies

Exemple d'application

$$\text{Coût} = \sum r_j + \sum \min\{c_{ij}\}$$

Localisation	Coût Fixe r_j	Coût d'approvisionnement du client i par le dépôt j c_{ij}				
		1	2	3	4	5
1	7	7	15	10	7	10
2	3	10	17	4	11	22
3	3	16	7	6	18	14
4	6	11	7	6	12	8



L'heuristique précédente consiste en une descente en profondeur dans le treillis correspondant à l'ensemble des solutions possibles représenté ci-dessus.

L'économie maximale est obtenue en supprimant l'entrepôt 4. Parmi les 3 entrepôts restant, l'économie maximale est obtenue en supprimant l'entrepôt 2. Toute nouvelle suppression entraîne une augmentation du coût.

Cette descente en profondeur ne garantit pas l'obtention de la solution optimale. Pour obtenir celle-ci, il faut considérer l'ensemble des nœuds de ce treillis.

Remarque : il conviendrait de rajouter des limites de capacité au niveau des dépôts.

2.2.3.4. Choix entre production et stock avancé

Exemple 1 : Reydel - Renault : console enrichie

Une console rassemble le levier de vitesse, le frein à main, des accessoires tels que vide-poche, cendrier..

La réalisation d'une console demande une injection de la structure plastique, une peinture de certains éléments, le montage d'accessoires. Sur le véhicule considéré, il existe 750 références produits

A l'origine, Reydel livrait des consoles nues (16 références), selon un système Kanban à une chaîne de préparation située à proximité de la chaîne d'assemblage qui effectuait les opérations de différenciation sur le mode synchrone (délai 3h).

Renault souhaitant abandonner cette chaîne de préparation (récupération de surface, suppression des stocks de composants et de leur gestion, réduction d'effectifs...) Reydel a étudié une solution pour livrer l'unité d'assemblage en consoles enrichies.

Un stock de proximité n'était pas envisageable en raison de la grande variété des produits

La création d'une usine autonome non plus en raison des investissements lourds nécessités par l'injection.

La solution retenue a été la création d'un atelier de proximité assurant les opérations de peinture et de montage à partir de pièces injectées fournies par l'usine mère.

Il n'existe pas de stocks de consoles finies. Par contre l'entreprise dispose d'un stock de pièces injectées représentant 2 jours de consommation et d'un stock de consoles nues réalimenté par Kanban

Les consoles enrichies sont prêtes en 2'. Leur livraison se fait par conteneurs de 48 dans lequel les consoles sont placées dans l'ordre des messages reçus. Un aller-retour du camion dure 75'. Il ramène les conteneurs vides et charge les nouveaux conteneurs. Un second camion est prêt à intervenir.

Les approvisionnements des composants sont effectués sur la base des prévisions de demandes transmises de manière hebdomadaires par Renault : prévisions de demande en jour / 2 semaines, en semaines / 2 mois + demande M+3. Ces prévisions permettent également de prévoir la charge.

Exemple 2 : Reydel - Nissan : Livraison synchrone d'une console non enrichie

Dans ce cas la faible variété des produits (6 références) a conduit à retenir l'option de mise en place d'un stock avancé à partir duquel s'effectuent les livraisons synchrone

Exemple 3 : Reydel - Nissan : Livraison synchrone d'un panneau de porte

Dans le cas traité il n'existait que 20 références de panneau. Leur réalisation demande des opérations d'injection, de thermogainage, de collage et de montage. Le délai de livraison est de 40'.

Le volume de la demande permettant de saturer tous les équipements, la solution retenue a été celle de création d'une unité de proximité : l'injection se fait par campagne (temps de changement de série de 1h à 2h) ; le collage demande des temps de séchage de 6h

Il existe des stocks intermédiaires après injection et collage et des stocks de produits finis (la différenciation se fait au montage)

Ces exemples illustrent les problèmes que posent la livraison synchrone :

- implantation des fournisseurs à proximité (Smart implante ses fournisseurs sur son site d'assemblage)
 - choix entre stock déporté et unité déportée
 - variété des produits
 - taux d'utilisation des équipements
 - délimitation entre production synchrone et production sur stock
 - délai de réalisation
 - coût des changements
 - synchronisation production et livraison
 - gestion de la variété
 - différenciation retardée
 - gestion de produits «enveloppe» (faisceaux électrique)
- gestion des flux d'information : intégration des systèmes de gestion DO / F
- gestion des transports et des emballages

2.3. Organisation de la relation logistique

Par organisation de la relation logistique nous entendons définition du mode de distribution du produit du fournisseur vers ces clients.

Il s'agit en particulier à ce niveau de décider :

- de l'internalisation ou de l'externalisation du système de distribution,
- du choix du réseau de distribution
- de la structuration du réseau de distribution
 - nombre de niveaux
 - localisation et taille des lieux de stockage
- de la mise en place de stocks avancés, de stocks consignés
- de la structuration des réseaux de communication
- du choix et de l'organisation du système de transport : liaison directe, organisation de tournée, passage par des plate-formes de distribution
- de l'internalisation ou de l'externalisation des transports

Cette organisation du système de distribution dépend fortement de la clientèle et de produits livrés :

- livraison sur stock à des clients multiples : création de dépôts pour minimiser les coûts de distribution
- livraison à la commande pour un client spécifique en JAT : création de stocks consignés, de stocks avancés, de stocks de sécurité hors de l'entreprise

2.3.1. Typologie des réseaux de distribution

On distingue 3 types de structures :

- la vente directe

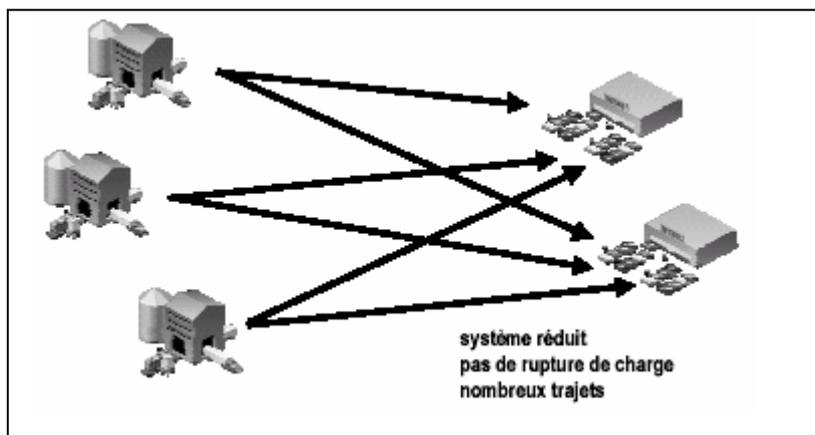


Figure 18 : La vente directe (d'après C.Caux – IFMA)

- les systèmes à 1 étage :
- un entrepôt central

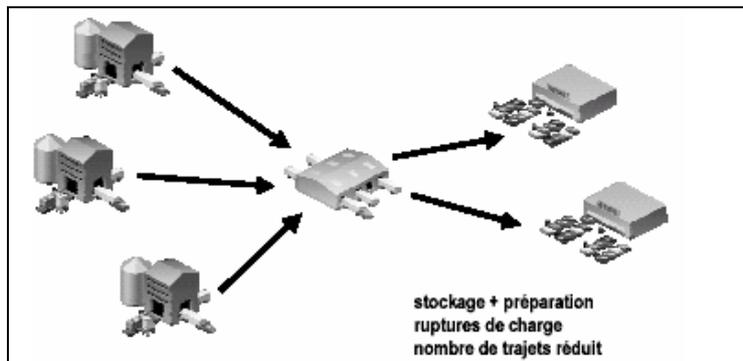


Figure 19 : entrepôt central (d'après C.Caux – IFMA)

- n dépôts locaux

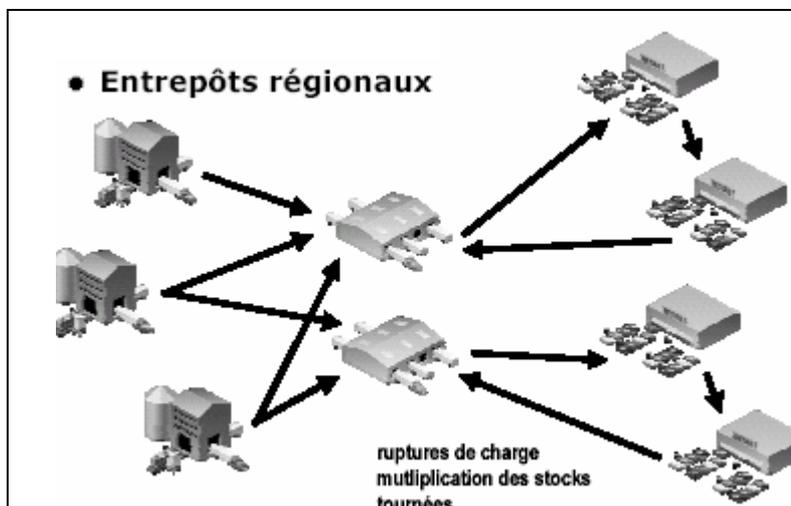


Figure 20 : distribution au travers de dépôts locaux (d'après C.Caux – IFMA)

- les systèmes à deux étages :
- un entrepôt central et n dépôts
- un entrepôt central et n plate-formes de distribution

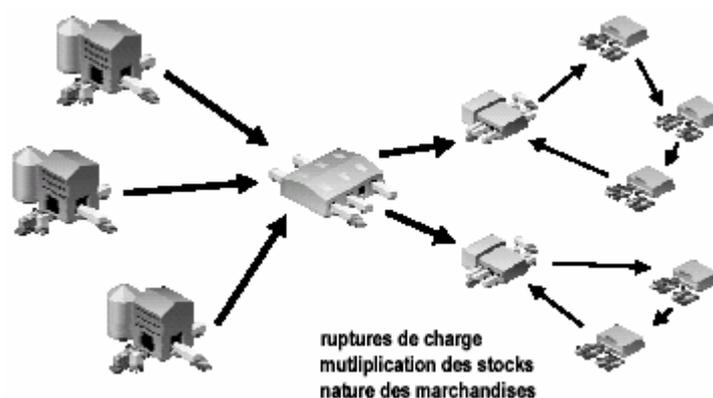


Figure 21 : réseau de distribution à 2 niveaux (d'après C.Caux – IFMA)

2.3.2. Autres logiques de distribution

En opposition à ces logiques de distribution traditionnelles reposant sur une structure hiérarchisée d'entrepôts, émergent de nouvelles logiques permettant de réduire drastiquement les stocks dans les réseaux de distribution. Il s'agit :

Du cross-docking. Dans ce système, les entrepôts fonctionnent comme des points de coordination et non comme des points de stockage : les produits qui arrivent du fournisseur, sont transférés dans les véhicules pour être livrés aux clients aussi rapidement que possible. Ceci permet d'accroître les volumes de produits transportés point à point : le fournisseur livre vers l'entrepôt l'ensemble des demandes de ses clients. Dans l'entrepôt sont regroupés des produits d'origines différentes pour une même destination (le client final ou un autre entrepôt)

Cette méthode trouve son origine dans la grande distribution (Wall Mart qui fut l'initiateur de ce système a acquis grâce à celui-ci un avantage concurrentiel lui ayant permis de devenir le leader mondial dans son domaine). Elle est également appliquée aujourd'hui dans le domaine de l'automobile pour la gestion des approvisionnements des composants.

Outre la décision de faire ou de faire-faire (passer par des intermédiaires ou construire son propre réseau de plate-formes), la mise en œuvre d'un tel système suppose une intégration des systèmes d'information pour une parfaite synchronisation des flux et une réorganisation des systèmes d'approvisionnement et/ou de distribution

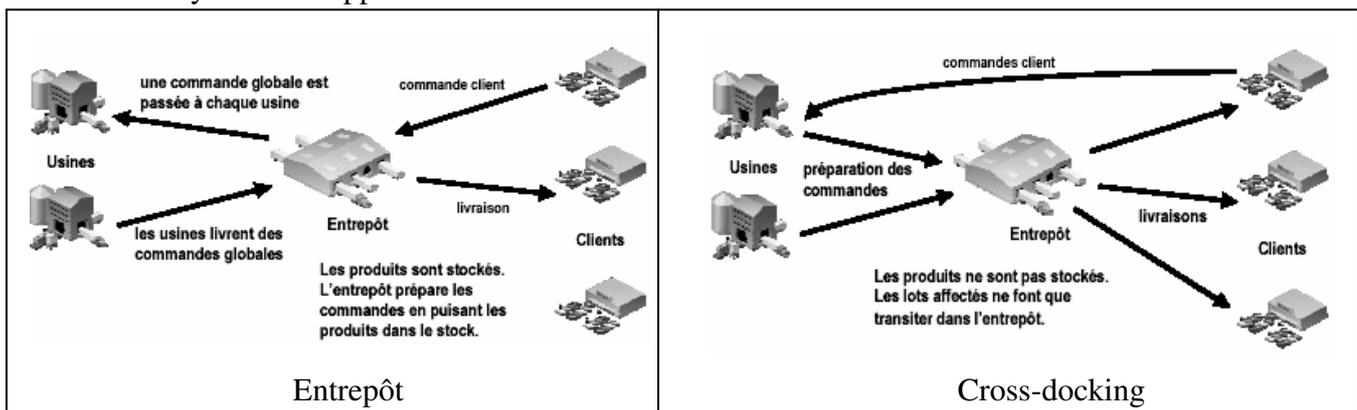


Figure 22 : Comparaison entreposage – Cross-docking (d'après C.Caux – IFMA)

Une variante de ce système est l'application du principe de **massification** dans le domaine de la grande distribution. Dans ce système, un fournisseur livre dans un seul lieu de livraison tous les produits commandés par un client qui en assure ensuite la distribution au sein de son réseau. Elle diffère du cross-docking dans le sens qu'il s'agit ici de véritables entrepôts (c'est à dire disposant de stocks), entrepôts dits massificateurs car ils remplissent simultanément la fonction de stock régional et de point de concentration/redistribution. La mise en place de cette approche repose sur une renégociation des prix avec le fournisseur (la massification réduit les coûts de transport du fournisseur par l'augmentation des volumes transportés point à point et augmente ceux du distributeur qui doit assurer des rotations entre ses différents entrepôts).

Du transshipment. Dans ce système, il s'agit de partager les stocks dans un réseau de distribution, ce qui signifie que des produits peuvent être transportés entre différents points de stockage d'un même niveau dans la supply chain. L'objet est une exploitation du stock total existant dans le réseau de distribution pour satisfaire immédiatement la demande.

Cette méthode trouve principalement son application au niveau final du système de distribution (détaillants) et pour la gestion de stocks de pièces détachées (très grande variété de produits, demande très ponctuelle, exigence de délai de réponse court). En effet dans ce cas le caractère très ponctuel de la demande nécessiterait des stocks très importants pour atteindre un niveau de service acceptable par le client, si ces stocks n'étaient pas partagés par l'ensemble du réseau.

La mise en place d'un tel système impose le développement d'un système d'information avancé (connaissance des stocks dans l'ensemble du réseau, recherche des solutions optimales d'approvisionnement...). Elle pose en préalable un problème de définition de règles de propriété et de partage des stocks (si le stock est propriété du fournisseur, cela ne pose pas de problème, pas contre s'il est la propriété du distributeur, celui-ci exigera d'être dans une stratégie gagnant/gagnant, c'est à dire de ne pas dépanner ses confrères sans contrepartie). Elle conduit généralement à une élimination de niveaux dans le système de distribution (suppression d'un entrepôt central grâce à la mise en commun des stocks au stade de la distribution).

3. Le supply chain management

3.1. Architecture décisionnelle

Comme représenté dans le modèle SCOR, la gestion de la chaîne logistique globale repose sur la mise en œuvre et la synchronisation de processus de planification, d'approvisionnement et de distribution. Elle implique des choix de niveau stratégique, tactique et opérationnel à long, moyen et court terme.

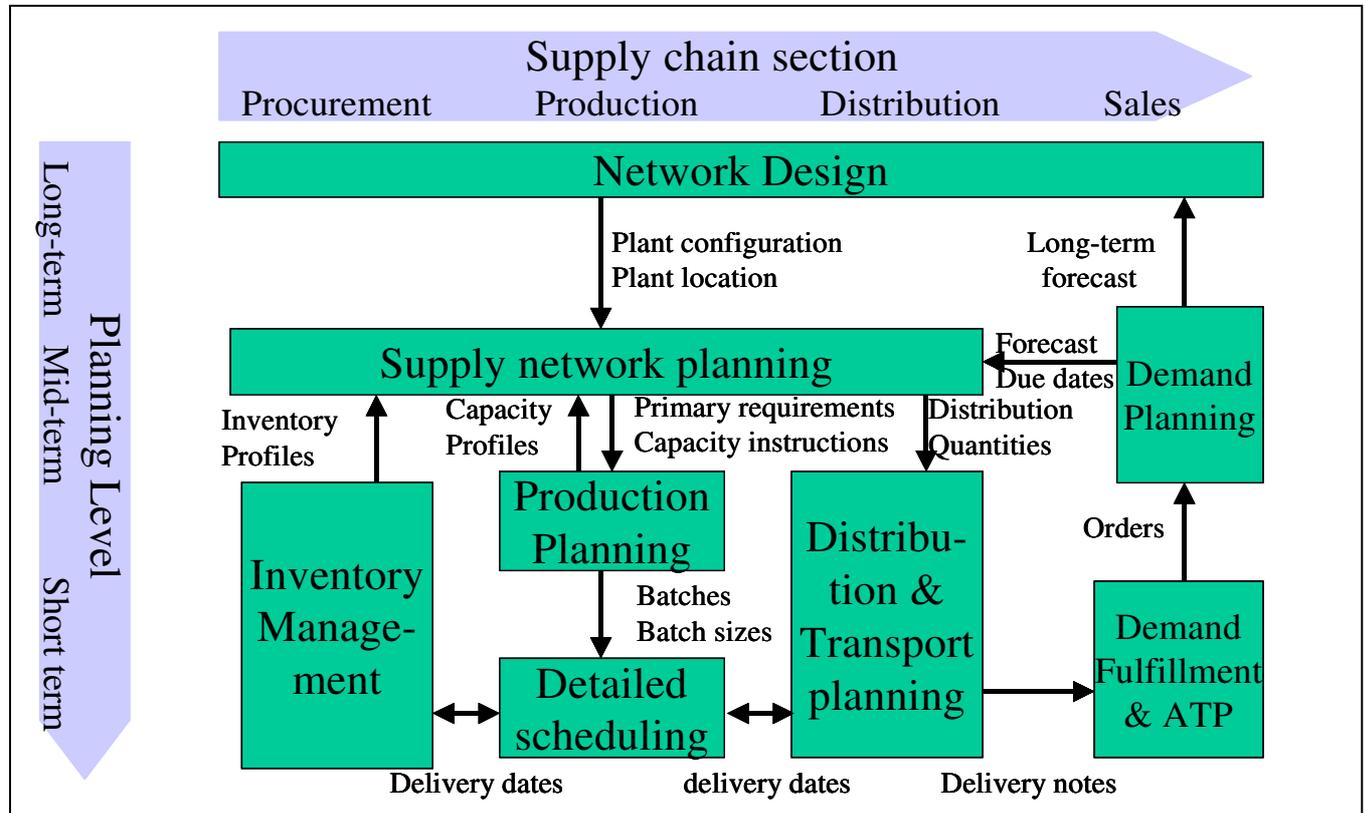


Figure 23 : Architecture décisionnelle de pilotage d'une chaîne logistique
D'après N.Trautmann : Components of APS (IEPM 01)

Le point de départ du SCM est la définition du réseau logistique (*Network Design*), c'est à dire la définition de l'ensemble des entités – clients, fournisseurs, unités de production et d'entreposage, plate-formes...) – constitutives de ce réseau et des relations entre ces entités.

Cette définition reposera sur des prévisions de demande à long terme issues du module « Demand Planning » et conduira en particulier à la définition des localisations et configurations des unités de production.

Partant de cette configuration, des besoins (commandes ou prévisions) issues du module « Demand Planning », des données de stock, de charge et de capacité, une planification des activités de production et de distribution sera réalisée par le module « *Supply Planning Network* ». Cette planification consiste en une répartition et une planification des productions et approvisionnements entre entités, avec un ajustement éventuel des capacités de celles-ci. Cette planification se fait à long et moyen terme sur l'ensemble du réseau logistique.

Une planification (moyen terme) et un ordonnancement (court terme) des productions et approvisionnements sera dès lors réalisé au niveau de chaque unité de production par les

modules « *Production planning* » et « *Detailed Scheduling* », de même qu'une planification des expéditions et des transports par le module « *Distribution & Transport planning* »

La gestion des transactions sera réalisée par les modules de gestion des stocks (« *Inventory Planning* »), de suivi de production, de gestion de la distribution, d'administration des ventes (« *Demand Fulfillment & ATP* »), ce dernier module alimentant le module de prévision de la demande.

3.2. Les concepts fondamentaux du Supply Chain Management

3.2.1. Le CRM (Customer Relationship Management)

La gestion de la relation client ne se limite pas à l'administration des ventes. Il s'agit d'optimiser la satisfaction client qui peut être définie comme le rapport entre d'une part la valeur perçue par le consommateur de la prestation de l'entreprise et d'autre part ses besoins ou attentes. Cette valeur perçue repose sur :

- la conformité au besoin,
- l'offre de variété
- le prix et la marque
- les services à valeur ajoutée
- le développement de relations

et porte sur des éléments :

- antérieurs à la transaction
 - politique de service client de l'entreprise écrite,
 - politique de communication
 - structure organisationnelle
 - flexibilité
 - assistance client
- propres à la transaction
 - rupture de stock,
 - suivi des commandes,
 - délai,
 - conformité
- postérieurs à la transaction
 - installation, garantie,
 - traçabilité,
 - gestion des réclamations,
 - remplacement des produits

3.2.2. La gestion Partagée des approvisionnements (GPA)

Encore appelée Vendor Managed Inventory (VMI) ou Vendor Managed Replenishment (VMR), c'est une méthode de gestion des approvisionnement dans laquelle c'est le fournisseur qui décide :

- du niveau approprié des stocks pour tous ses produits chez le client (dans des limites fixées en commun accord),
- de la politique de gestion des stocks appropriée pour maintenir ce niveau

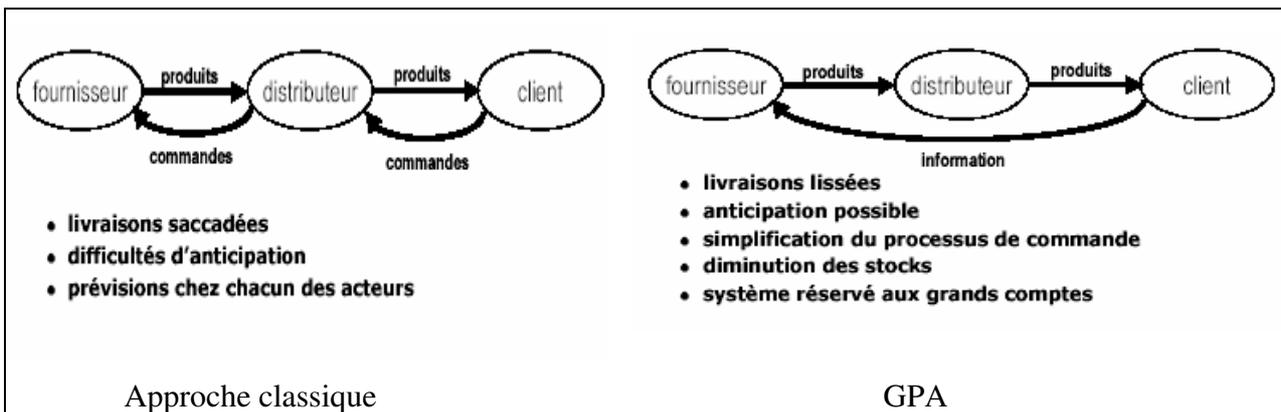


Figure 24 : Comparaison Approche classique et GPA (d'après C.Caux – IFMA)

A l'origine, la propriété des produits était transférée à réception. On évolue maintenant vers des solutions de consignation dans lesquelles la propriété du stock reste au fournisseur jusqu'à la vente du produit.

Ceci implique que le fournisseur ait une connaissance de la consommation finale (transmission au fournisseur des consommations saisies au niveau des caisses enregistreuses).

Par exemple c'est la SEITA qui gère les stocks et les réapprovisionnements des débits de tabac à partir des données saisies sur les caisses enregistreuses. Ceci lui apporte un avantage concurrentiel important lui permettant de conserver de fait un monopole de la distribution.

Il existe des variantes de la GPA telle que la CMI (Co-Managed Inventory), méthode dans laquelle chaque proposition de livraison par le fournisseur doit être préalablement validée par le client.

3.2.3. Le CPFR : Collaborative Planning, Forecasting & Replenishment

Le CPFR repose sur les meilleures pratiques de la GPA. Il repose sur 3 points :

- un cadre de partenariat et des processus opérationnels plaçant le consommateur au centre des préoccupations,
- une prévision unique et partagée de la demande pour le pilotage des activités opérationnelles,
- une volonté d'élimination progressive des contraintes d'approvisionnement

Le processus CPFR comporte 9 étapes :

- établissement de l'accord de coopération
- développement d'un plan commercial commun
- élaboration de prévisions de vente
- identification des prévisions non valides
- résolution des exceptions
- génération des programmes d'approvisionnement
- identification des ordres planifiés non valides
- création des commandes

Sa mise en place repose sur la mise en place d'un ensemble d'indicateurs (orientés résultat ou processus). Pour chacun de ces indicateurs il conviendra de définir :

- l'origine de la donnée
- la fréquence de la mesure

- le niveau de la mesure (SKU, catégorie, département...)
- le nombre d'article inclus dans le processus
- la définition conjointe de l'indicateur et de la méthode de calcul

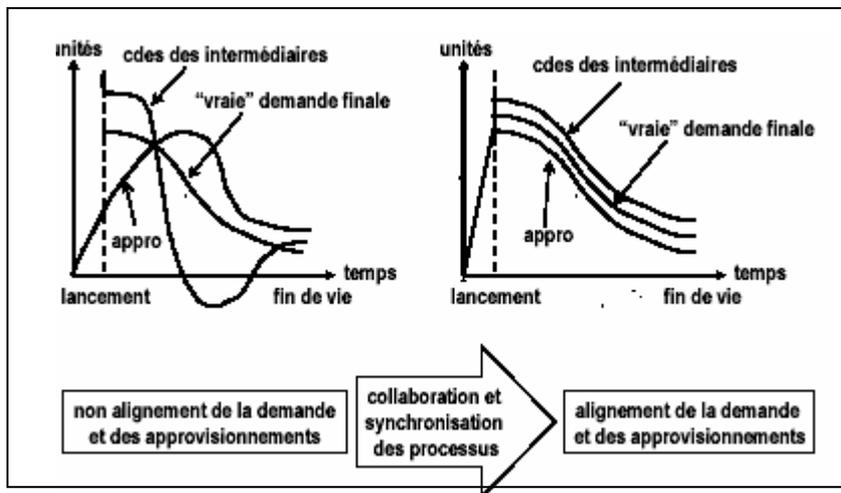


Figure 25 : Apport du CPFR (d'après C.Caux – IFMA)

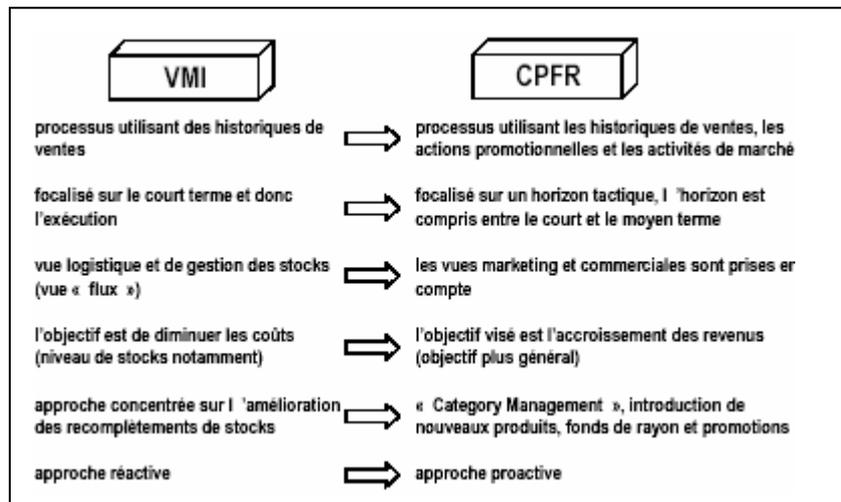


Figure 26 : Comparaison VMI – CPFR (d'après C.Caux – IFMA)

3.2.4. Le Postponement

Le postponement ou stratégie de différenciation retardée, a pour objectif de réduire le délai d'obtention d'un produit sans entraîner une inflation des stocks. Celui-ci repose sur les principes suivants :

- une prévision agrégée est toujours plus précise qu'une prévision détaillée
- on lance des productions de produits génériques sur la base de ces prévisions agrégées,
- la spécification finale intervient ultérieurement.

Cette différenciation retardée peut être obtenue :

- par un reséquençement des opérations afin de retarder au maximum les opérations de personnalisation (Benetton qui teint des pulls finis)
- par une standardisation des composants
- par un transfert d'opérations chez le client (emballage...)

Elle permet :

- de bien prendre en compte les besoins de variété du client
- de produire en amont des séries longues de produits indifférenciés.

et peut être :

- du domaine de l'utilisateur : meubles en Kit, chaussures thermo-moulantes
- du domaine perceptuel (publicité, promotion, politique de prix)
- du domaine de la distribution (différenciation dans le canal de distribution)
- du domaine de la production

Cette stratégie trouve son aboutissement dans l'externalisation, ou post-manufacturing des activités conduisant à cette différenciation.

Post et Pre-Manufacturing

Post-manufacturing (et Pre-manufacturing) sont des activités de production réalisée en dehors des sites d'usine et au cours de laquelle une valeur ajoutée, au sens d'utilité ou de valeur ajoutée attendue par le client, est apportée au produit.

Il peut s'agir d'entrepôts, de plates-formes de transit, de sites commerciaux ou d'après-vente, de vecteurs de transport, voire d'installations chez le client destinataire du produit.

Trois situations conduisent au pré ou post-manufacturing :

- la recherche d'une différenciation au plus tard du produit (postponement)
- le traitement des flux de retour du marché
- la recherche d'une simplification et d'une standardisation des process de production

Recherche d'une différenciation retardée

- Compaq livre des micro-ordinateurs standards à son site européen qui assure des opérations d'adaptation et de préparation pour chaque pays (notice d'utilisation, clavier, cordon, documents promotionnels...)

- Epson réceptionne des imprimantes par palette en France. Le référencement est changé sur le carton d'emballage, l'alimentation est adaptée, la disquette d'installation et de démonstration introduite

- HP livre des composants de micro-ordinateurs qui sont assemblés chez ses principaux clients

- dans l'industrie de l'optique, on arrive à 230.000 milliards de combinaisons possibles. En usine, un verre semi-fini est fabriqué par usinage ou moulage de la face concave. La seconde face est usinée puis des traitements de surface sont éventuellement réalisés par de petits ateliers intégrés aux agences

- Kawasaki et Triumph ont confié à un prestataire logistique l'assemblage final des motos importées en France

- la CAT, filiale de Renault prépare 30.000 véhicules par an dans un de ses centres de distribution de la région lyonnaise (contrôle, montage d'accessoires, finitions et nettoyage intérieur...)

- dans la grande distribution, les opérations commerciales entraînant du repacking (changement d'emballage) ou du copacking (emballage de plusieurs produits ensemble) sont généralement traitées dans des entrepôts.

Traitement de flux de retour

Dans l'industrie du rechapage, un diagnostic est effectué en pré-manufacturing pour éviter des transports inutiles.

Simplification du process de fabrication

Dans le cas d'assemblages nécessitant de multiples composants, les opérations de picking peuvent être réalisées chez un prestataire amont assurant la gestion du stock avancé (ex. H.P.)

Renault fait appel à un prestataire logistique pour le montage de cassettes de portes (plus de 100 références) qui font alors l'objet d'une livraison synchrone.

3.2.5. Le concept d'ATP ou Available To promise

Dans un contexte de production sur stock (MTS), le stock peut être décomposé en :

- stock réservé, affecté ou consigné
- stock disponible à la vente. C'est ce dernier stock que l'on qualifie de disponible à la vente.

Pour la gestion du disponible à terme, on ajoute à ces quantités les approvisionnements planifiés

On peut également quantifier les productions réalisables pour déterminer le « Capable To Promise » (CTP)

Ce concept est utilisé dans les APS pour optimiser la répartition des stocks dans un réseau de distribution, ainsi que dans de nombreux systèmes MRP pour l'élaboration des plans directeurs

Niveaux de gestion de l'ATP

- dans un contexte de MTS il représente la disponibilité au niveau des produits finis
- dans un contexte de MTO il correspond à la disponibilité au niveau des composants ou des produits intermédiaires
- dans un contexte de capacité finie (CTP) il tient compte à la fois des disponibilités au niveau des composants et des capacités de production

Des mécanismes d'allocation peuvent être alors définis, comparables à ceux de gestion des sièges dans les compagnies aériennes. Des quantités sont allouées à des groupes de client ou à des canaux de distribution, structurés selon une hiérarchie en fonction :

- d'une priorité
- de prévisions initiales
- de ratios fixés

On peut en outre réserver à chaque niveau des quantités qui seront allouées selon le principe FIFO

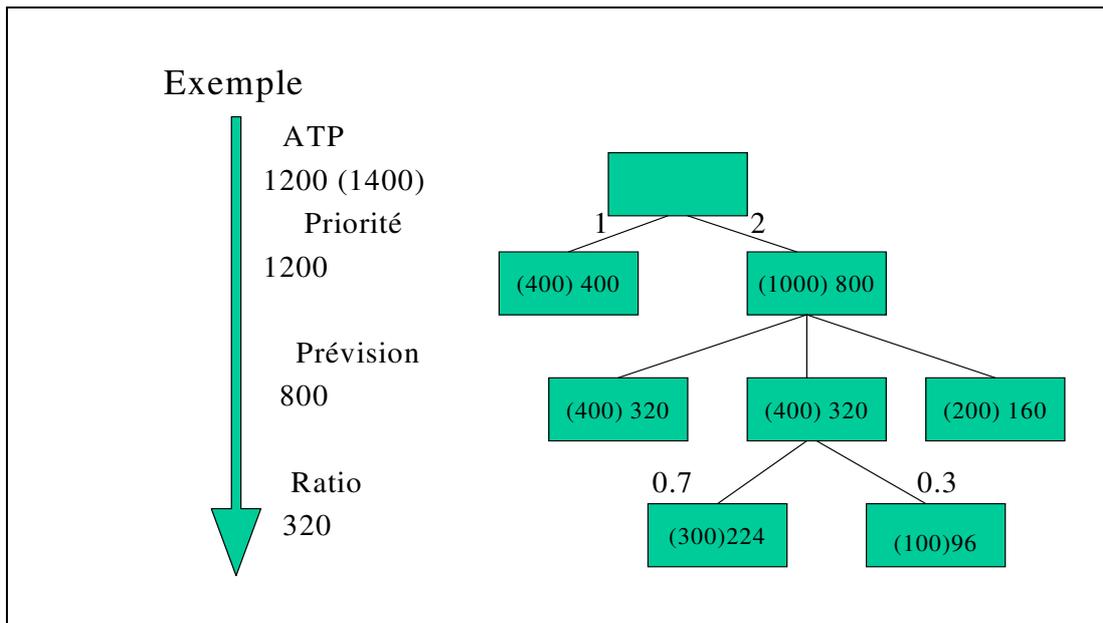


Figure 27 : Exemple de processus d'allocation

Lors de la réception d'une commande la recherche et l'affectation d'un disponible peut s'effectuer selon 3 axes :

- l'axe des temps
- l'axe client
- l'axe produit

La démarche d'affectation du disponible est dès lors la suivante :

1. Recherche du disponible dans le réservoir (temps, client, produit) correspondant. Si oui, consommation du disponible
2. Recherche en amont sur l'axe des temps (générera du stock). Si oui, consommation du disponible
3. Remontée dans la hiérarchie sur l'axe client et réitération du processus jusqu'à satisfaction
4. Réitération du processus pour des produits de substitution
5. Si un disponible n'est pas trouvé, réitération de l'ensemble du processus pour une livraison au plus tôt.

3.3. La répartition et la planification des activités de production

3.3.1. Approche optimisation sous contraintes

3.3.1.1. Planification monolithique

Le problème consiste à déterminer la localisation et les productions associées à un nombre non prédéfini d'installations de manière à minimiser les coûts fixes d'installation et d'exploitation (coûts de production et distribution).

On connaît :

- pour chaque localisation :
- le coût fixe d'ouverture

- le coût de production par type de produits
- pour chaque liaison :
 - la quantité maximale par produit qui peut être transportée
 - le coût de transport d'une unité
 - la durée de transport
- pour chaque produit fini :
 - les nomenclatures
 - la demande (quantité, lieu, délai)

Le problème est alors de déterminer :

- combien d'installations ouvrir ou fermer
- la localisation de chaque installation
- les produits fabriqués par chaque installation
- les quantités de produits transportés sur chaque liaison

Les variables de décision sont relatives :

- à la configuration de la chaîne :
 - $z_{i,f} = 1$ si le produit i est fabriqué par l'installation localisée en f
 - $z_{i,f} = 0$ sinon
- à la production : $x_{i,f,k}$ représente la quantité de produit fabriqué au cours de la période k par l'installation localisée en f
- à la distribution : $Tr_{i,k,l}$ représente la quantité de produit i transportée pendant la période k sur la liaison l

Soient :

- $I_{i,f,k}$ la quantité de produit i en stock dans l'installation localisée en f au début de la période k
- $cp_{i,f}$ le coût de production d'une unité de produit i par l'installation f
- $ct_{i,l}$ le coût de transport d'une unité de produit i sur la liaison l
- cl_f le coût fixe de localisation d'une installation en f
- F l'ensemble des localisations possibles
- C l'ensemble des clients
- N l'ensemble des produits (PF, PI, MP)
- M l'ensemble des MP
- L l'ensemble des liaisons
- K l'ensemble des périodes de temps considérées
- $Capa_{f,k}$ la capacité maximale de production de l'installation f pour la période k
- $StockmaxMP_{i,f,k}$ le stock maximal disponible de MP i pour f pendant la période k
- $Transportmin_{i,l}$, $Transportmax_{i,l}$ les quantités minimales et maximales de produit i pouvant être transportés sur la liaison l

- $NbInsmin_i$ et $NbInsmax_i$ le nombre minimum et maximum d'installations ouvertes devant fabriquer le produit i

Il s'agit de minimiser le total des coûts fixes et d'exploitation :

$$\min\left\{\sum_{f \in F} [c_l \min(1; \sum_{i \in N} z_{i,f})] + \sum_{i \in N} \sum_{k \in K} (c_{p_{i,f}} X_{i,f,k} + \sum_{i \in N} \sum_{k \in K} c_{t_{i,l}} Tr_{i,k,l})\right\}$$

Avec :

$$\sum Tr_{i,k,l} = D_{i,c,k} \quad \text{Satisfaction de la demande client}$$

$$I_{i,f,k+1} = I_{i,f,k} + X_{i,f,k} \underset{\text{vers}}{\quad} + \sum Tr_{i,k,l} \underset{\text{depuis}}{\quad} - \sum Tr_{i,k,l} \quad \text{Conservation des flux}$$

$$\sum_{\text{vers}} Tr_{i,k,l} = \sum g_{i,j} X_{j,f,k} \quad \text{prise en compte des nomenclatures (une installation ne fabrique jamais le PF et les SE de ce PF)}$$

$$\sum X_{i,f,k} \leq \text{Capa}_{i,k} \quad \text{Respect des contraintes de capacité}$$

$$I_{mp,f,k} \leq \text{StockmaxMP}_{mp,f,k} \quad \text{Respect des contraintes de stock}$$

$$\text{Transportmin}_{i,l} \leq Tr_{i,k,l} \leq \text{Transportmax}_{i,l} \quad \text{Respect des contraintes de transport}$$

$$X_{i,f,k} \leq \text{Capa}_{f,k,zi,f} \quad \text{Seule une installation ouverte peut produire}$$

$$NbInsmin_i \leq \sum z_{i,f} \leq NbInsmax_i \quad \text{Respect des bornes d'installations ouvertes par produit}$$

3.3.1.2 Planification hiérarchisée

Cette approche repose sur un processus :

- d'agrégation des données et des variables
- de désagrégation des décisions

Agrégation des données et des variables

Un ensemble de données ou de variables présentant des caractéristiques communes sont remplacées par une donnée ou une variable agrégée.

Ces agrégations peuvent être faites selon plusieurs axes :

- l'axe produit : familles de produits d'un plan directeur
- l'axe ressources : poste de charge, macro-ressource, ilot
- l'axe travail : opération, macro-tâche
- l'axe temporel : période, macro-période

Désagrégation des décisions

Elle repose sur une décomposition en différents niveaux décisionnels correspondant chacun à un stade et un horizon de planification donné.

Une décision agrégée élaborée à un niveau est alors désagrégée au niveau inférieur

Le niveau supérieur élabore la décision à partir d'un horizon temporel dit de prévision

La solution transmise au niveau inférieur est limitée à un horizon temporel dit de décision

L'horizon de prévision du niveau inférieur correspond en général à l'horizon de décision du niveau supérieur

Avantages de cette démarche

L'agrégation permet de diminuer la complexité des modèles (diminution du nombre de variables, de données, de contraintes) et de faciliter l'estimation des données futures.

La démarche d'affinement successif des décisions permet de retarder l'instant où sera figé une décision et donc :

- de renforcer l'autonomie des niveaux inférieurs
- d'intégrer les spécificités propres et instantanées de ces niveaux
- d'accroître la réactivité (capacité de remettre en cause à tout moment une décision)

Concepts de cohérence et de robustesse

Une décision agrégée est robuste si elle permet au niveau inférieur d'élaborer une décision détaillée

Une décision détaillée est cohérente si elle est compatible avec les décisions agrégées

Horizons associés à une prise de décision

- horizon de prévision
- horizon de décision
- période
- horizon gelé
- périodicité de décision

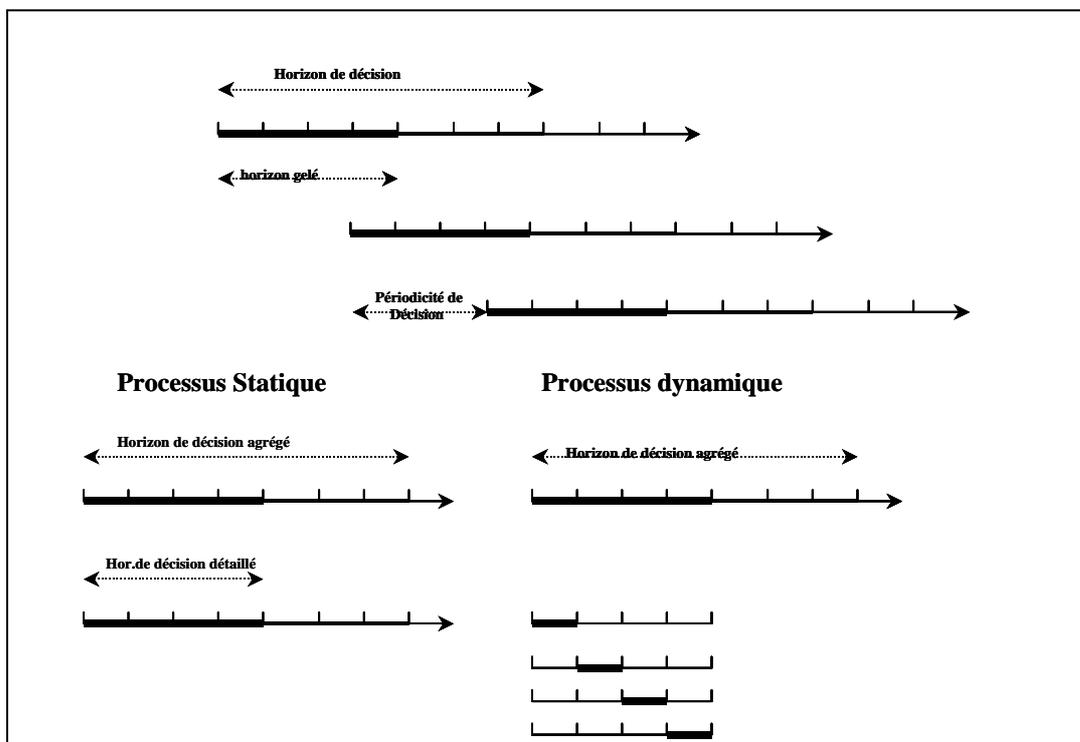
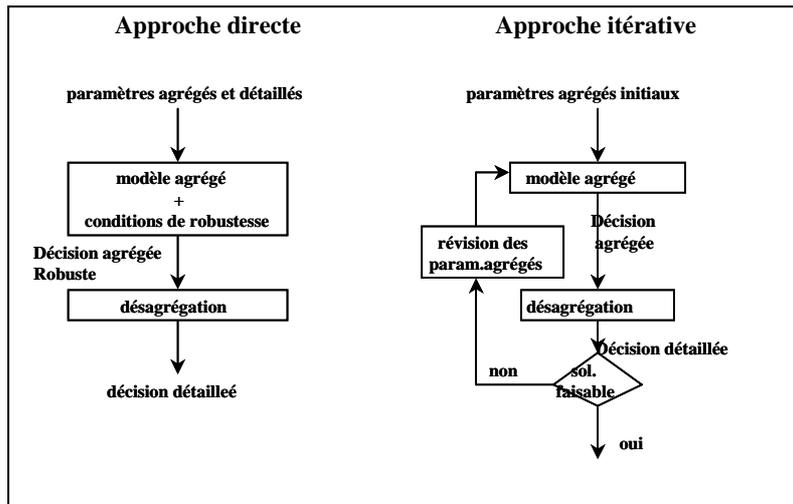


Figure 28 : Les différents horizons de planification

Caractérisation d'une planification hiérarchisée

<p>Niveau supérieur : aspect prédictif</p> <ul style="list-style-type: none"> - horizon de planification long - données agrégées disponibles et fiables sur cet horizon 	<p>Niveau inférieur : aspect réactif</p> <ul style="list-style-type: none"> - processus de désagrégation dynamique - horizon de désagrégation court - données détaillées disponibles et réalistes sur cet horizon - prise en compte de l'état détaillé réel
--	--

Approches pour assurer la Robustesse



Conditions de robustesse

• Exemple

- ✓ considérons le problème posé par la planification de la production d'un type d'article comprenant 3 produits sur 2 périodes
- ✓ Les contraintes d'agrégation sont :
 - $S_0 + X_1 - S_1 = D_1$
 - $S_1 + X_2 - S_2 = D_2$
- ✓ Les contraintes du niveau détaillé sont :
 - $s_{k,0} + x_{k,1} - s_{k,1} = d_{k,1} \quad k=1,2,3$
 - $s_{k,1} + x_{k,2} - s_{k,2} = d_{k,2} \quad k=1,2,3$
- ✓ La faisabilité exige que
 - $\sum x_{k,t} = X_t \quad t=1,2$

Si l'on considère les stocks et demandes suivantes :

Articles	Stock initial	Demande t_1	Demande t_2
K = 1	$s_{1,0} = 6$	$d_{1,1} = 2$	$d_{2,1} = 2$
K = 2	$s_{2,0} = 2$	$d_{2,1} = 3$	$d_{2,1} = 2$
K = 3	$s_{3,0} = 1$	$d_{3,1} = 6$	$d_{3,1} = 2$
	$S_0 = 9$	$D_1 = 11$	$d_{1,1} = 6$

On peut facilement vérifier que la solution $X_1 = 6$, $X_2 = 2$, $S_1 = 4$ et $S_2 = 0$ est réalisable au niveau agrégé mais n'a pas de désagrégation faisable. Ceci provient de l'impossibilité de pouvoir utiliser le stock d'un article pour un autre article.

On peut éviter ceci en utilisant des demandes effectives en soustrayant le stock initial des demandes futures jusqu'à épuisement

Articles	Stock initial	Demande t_1	Demande t_2
K = 1	$s_{1,0} = 0$	$d_{1,1} = 0$	$d_{2,1} = 0$
K = 2	$s_{2,0} = 0$	$d_{2,1} = 1$	$d_{2,1} = 2$
K = 3	$s_{3,0} = 0$	$d_{3,1} = 5$	$d_{3,1} = 2$
	$S_0 = 0$	$D_1 = 6$	$d_{1,1} = 4$

Gabbay a démontré que si l'on travaille sur des demandes effectives, quelque soit la solution réalisable du modèle agrégé, elle donnera une solution faisable pour le modèle détaillé

Erschler, Fontan et Mercé ont démontré qu'un plan agrégé est robuste si et seulement si :

$$\sum_{j=1}^t X_j \geq \sum_{k=1}^n \max_{j=1}^t (0, \sum_{j=1}^t d_{k,j} - s_{k,0}) \quad t = 1, \dots, T$$

Cette condition exprime que la production agrégée doit permettre de répondre aux demandes détaillées non satisfaites par les stocks détaillés initiaux.

3.3.1.3. Approche de Hax et Meal

Le modèle considère quatre niveaux de décisions portant sur des horizons différents

- au niveau supérieur on répartit la production entre les différentes usines
- au second niveau on planifie des productions par type
- au troisième niveau on planifie des productions par familles
- au quatrième niveau on planifie des productions par articles

Les auteurs proposent une méthode ascendante, les modèles utilisés aux différents niveaux se construisant en agrégeant progressivement les entités à produire. Ils ne considèrent qu'une seule étape de fabrication (durée, capacité...) et le temps est discrétisé en intervalles de longueur constante.

Soient :

cp_{ti} : le coût de production d'une unité de type i pendant la période t

cs_{ti} : le coût de stockage d'une unité de type i pendant la période t

chn_t et chs_t : les coûts d'une heure de travail normal et d'une heure de travail supplémentaire pendant la période t

nh_i : le nombre d'heures nécessaires pour produire une unité de type i

D_{it} : la demande agrégée en produits de type i pour la période t

thn_t et ths_t : le total d'heures de travail normal et supplémentaire disponible pour la période t

X_{it} : la quantité de type i à produire pendant la période t

S_{it} : le stock de produits i en fin de période t

R_t et O_t : le nombre d'heures de travail normales et supplémentaires utilisées durant la période t .

On est amené à résoudre le programme linéaire suivant :

$$\text{Min } \sum_t (\sum_i cp_{ti} X_{it} + cs_{ti} S_{it}) + chn_t R_t + chs_t O_t$$

Avec les contraintes suivantes :

$$S_{it-1} + X_{it} - D_{it} = S_{it}$$

$$0 \leq R_t \leq thn_t$$

$$0 \leq O_t \leq ths_t$$

$$\sum_i nh_i * X_{it} = R_t + O_t$$

$$X_{it} \geq 0$$

$$S_{it} \geq 0$$

Les avantages d'une planification hiérarchisée sont les suivants :

- elle nécessite moins de données à collecter et à traiter
- partir d'une demande agrégée permet de réduire la variance de l'estimation
- elle permet de donner des résultats synthétiques aux décideurs

Au niveau des familles l'horizon de planification correspond à la première période du niveau supérieur. Il s'agit alors de répartir les capacités disponibles par type fixées au niveau supérieur entre les différentes familles de manière à minimiser une fonction économique prenant en compte des coûts de lancement :

$$\text{Min } \sum_j I_j d_j / Y_j \quad \text{Avec : } \sum Y_j = X_i \quad \text{et } P_{j_inf} \leq Y_j \leq P_{j_sup}$$

I_j : coût de lancement de la famille j

d_j : demande prévisionnelle pour la famille j

Y_j : quantité à produire de la famille j

P_{j_inf} et P_{j_sup} : limites de production inférieure et supérieure de la famille j

$$P_{j_inf} = \max(0, d_{j,1} - s_{j,0} + ss_j)$$

$$P_{j_sup} = K_j - s_{j,0}$$

avec :

$d_{j,1}$: demande pour la première période pour la famille j

$s_{j,0}$: stock pour la famille j disponible en début de période

ss_j : stock de sécurité pour la famille j

K_j : capacité de stockage pour la famille j

Au niveau des articles on considère un problème similaire à celui traité au niveau des familles. A ce niveau on cherche à ce que toutes les ruptures de stock se fassent au même moment pour tous les articles d'une même famille de manière à réduire le nombre de lancements d'une famille d'article (equalization of Run Out Time)

$$\text{Min } 1/2 \sum [(Y_j + \sum s_{k,0}) / \sum d_{k,1}) - ((Z_k + s_{k,0}) / d_{k,1})]^2$$

Sous les contraintes suivantes :

$$\sum Z_k = Y_j$$

$$Q_{k_inf} \leq Z_k \leq Q_{k_sup}$$

avec : $s_{k,0}$: stock du produit k en début de période

$d_{k,1}$: demande détaillée pour le produit k

Q_{k_inf} et Q_{k_sup} : bornes inférieures et supérieures de la production d'articles k

Il convient de noter que la procédure de planification agrégée peut conduire au stade de la désagrégation à l'infaisabilité. On peut éviter ceci en utilisant les demandes effectives. Si le stock initial d'un article n'est pas nul, on soustrait celui-ci de la demande de la première période et des suivantes jusqu'à épuisement.

3.3.2. Approche évaluation de performance

Dans cette approche, principalement utilisée par des grands groupes industriels dont HP, la modélisation consiste à représenter chaque opération de la chaîne logistique interne par au moins deux entités : une zone de stockage dite de réception et une phase de transformation. On trouve souvent une troisième entité correspondant à une zone de stockage après transformation. Ces différentes entités reliées forment un site. Les sites sont reliés par des flux d'information et de produits

Cette chaîne a deux interfaces, avec ses clients et ses fournisseurs. La demande en PF se traduit par des besoins en composants puis en MP qui génèrent des demandes d'approvisionnement. Suite à ces demandes, les composants sont livrés et transformés pour satisfaire la demande client.

Cette modélisation peut être vue comme un réseau de zones de stockage où chaque zone peut avoir sa propre politique de gestion. Elle prend en compte :

- des délais d'approvisionnement et des taux de service moyen des fournisseurs
- des temps de cycle, capacité, taux de rebuts et de pannes en production
- une demande souvent modélisée par une loi normale

Les performances sont évaluées par simulation à l'aide d'indicateurs tels que :

- taux de service client
- délai moyen de livraison
- niveau moyen de stock

3.4. La gestion des opérations logistiques

3.4.1. La gestion des stocks dans une chaîne logistique

3.4.1.1. Liaison MRP / DRP

La planification des activités de production (MRP : Manufacturing Resource Planning) et la planification des activités de distribution (DRP Distribution Resource Planning) doivent être bien évidemment synchronisées.

Le lien entre ces deux fonctions est assurée au travers de deux concepts ;

- le concept de **SKU** ou **Stock Keeping Unit** qui correspond à l'entité élémentaire de stock dans une localisation donnée
- le concept de **Nomenclature de Distribution** (ou BOD – Bill Of Distribution – et référence au BOM – Bill Of Material)

Ceci correspond à la création d'une nomenclature inverse décrivant l'arborescence du réseau de distribution

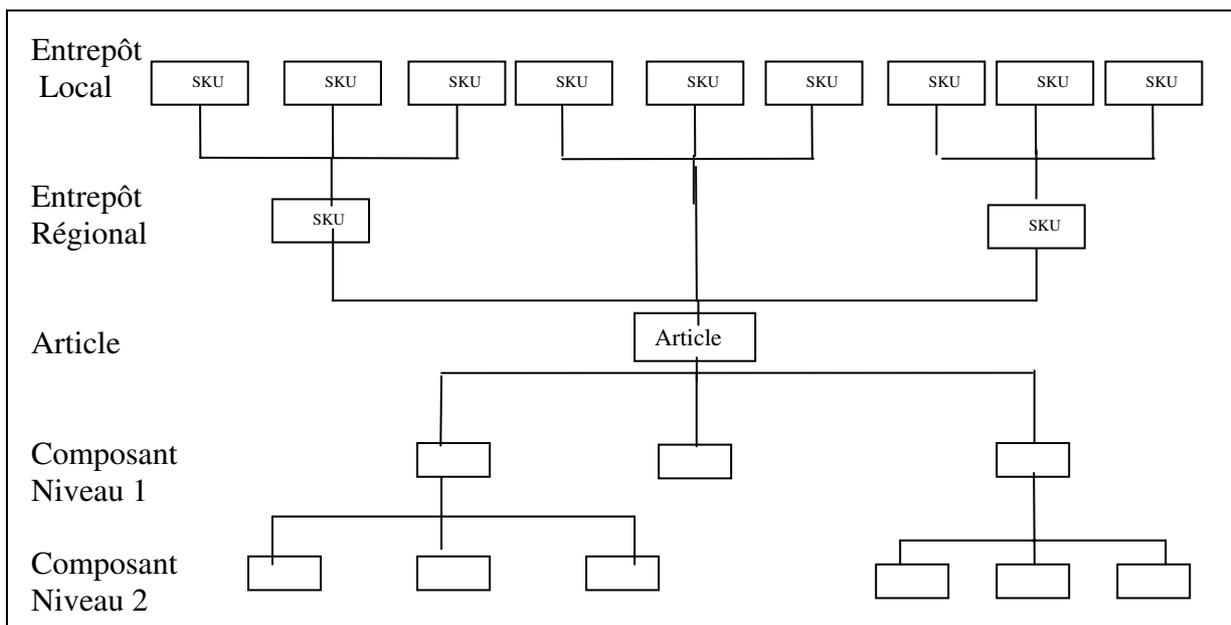


Figure 29 : Bill Of Distribution & Bill Of Material

Les besoins de chaque article sont cumulés niveau par niveau et remontés ainsi jusqu'au niveau de l'entreprise. Ceci permet d'utiliser les techniques de CBN pour gérer l'ensemble des approvisionnements des entrepôts. Quelle que soit la localisation des produits, la demande finale provient du client et déclenche les productions et les réapprovisionnements de stock.

Les prévisions s'expriment sous la forme traditionnelle dans un MRP (combien et quand) mais sont destinées à un lieu spécifique (où).

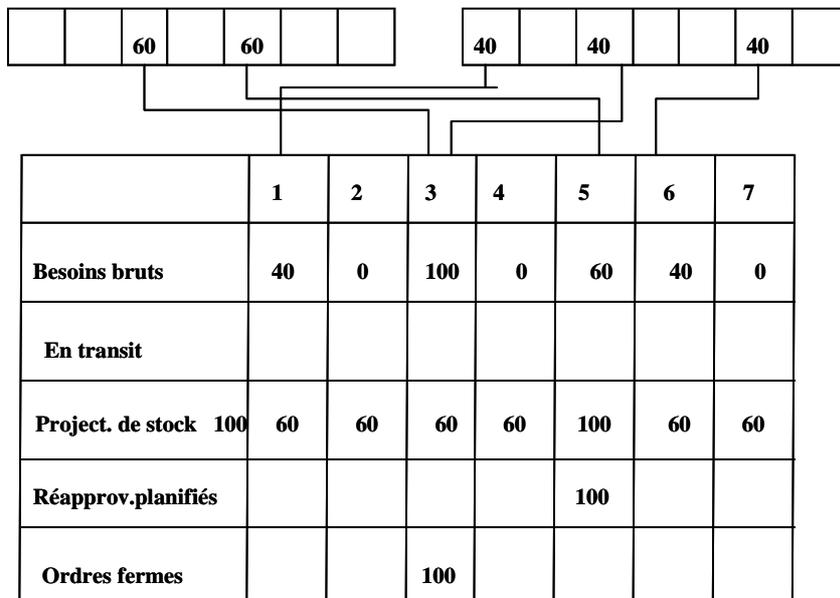
	1	2	3	4	5	6	7
Besoins bruts	20	20	20	20	30	30	30
En transit		60					
Project. de stock 45	25	65	45	25	55	25	55
Réapprov.planifiés			60		60		

Exemple de planification des besoins dans deux entrepôts et d'agrégation de ces besoins
 Entrepôt 1 : $SS = 20$, $q^* = 60$, délai = 2 (chargement + transport + réception + stockage)

	1	2	3	4	5	6	7
Besoins bruts	15	15	15	15	15	15	15
En transit							
Project. de stock 22	7	32	17	42	27	12	37
Réapprov.planifiés	40		40			40	

Entrepôt 2 : $SS = 5$, $q^* = 40$, délai = 1

Liaison entre entrepôts : Implosion démarche inverse de celle de l'explosion utilisée dans le CBN, mais également fondée sur l'exploitation des nomenclatures.



Entrepôt central : $SS = 5$, $q^* = 100$, délai = 0

Lorsque des entreprises assemblent ou conditionnent une grande variété de PF à partir d'éléments communs, de sous-ensembles ou de matière en vrac, on peut également établir un

plan directeur au niveau de ces composants et créer un programme d'assemblage final (Final Assembly Schedule : FAS) pour la réalisation des produits vendus (comme cela est fait au niveau d'un PDP pour des produits configurés).

Les besoins bruts en PF sont traduits en approvisionnement planifiés pour chaque entrepôt et le plan directeur établi à partir de l'agrégation des besoins issus de ces produits finis

3.4.1.2. Gestion de l'incertitude dans les réseaux de distribution

En théorie, le SS doit être placé là où il y a incertitude, c.a.d. près du consommateur, au niveau de la demande indépendante. Par contre on ne devrait pas avoir de SS au niveau de la demande dépendante.

En pratique, l'agrégation de ces stocks de sécurité en amont permet leur réduction. R.G.Brown a développé le concept de « national level safety stock », c.a.d. un SS central assurant un meilleur taux de service au moindre coût. Par contre, n'étant pas positionné au niveau du point d'incertitude, il convient de tenir compte des délais de réapprovisionnement.

On peut également introduire la notion de stock associé à un niveau (echelon inventory), somme du stock du niveau et des stocks des niveaux aval et y associer un délai, somme des délais jusqu'au client

Ce stock est alors géré au point de commande (P) avec reconstitution de stock maxi

$$P = S_d \cdot L^e + B \text{ avec } B = k \cdot \sigma_{de} \cdot L^e \text{ }^{1/2}$$

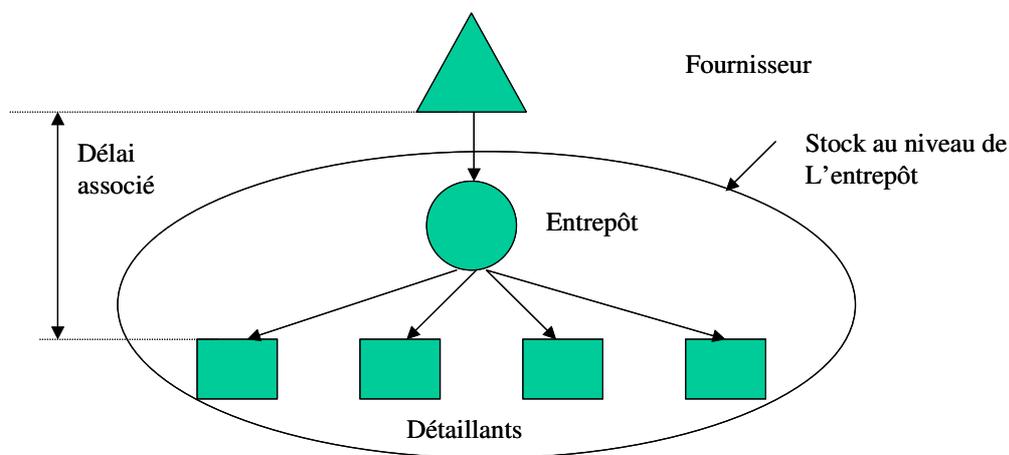


Figure 30 : Notion de stock au niveau

Cette logique de gestion qui repose sur un partage implicite des stocks dans le réseau, suppose la mise en œuvre des principes du transshipment

3.4.1.2. Propagation des variations de la demande dans un réseau de distribution : l'effet « Bullwhip »

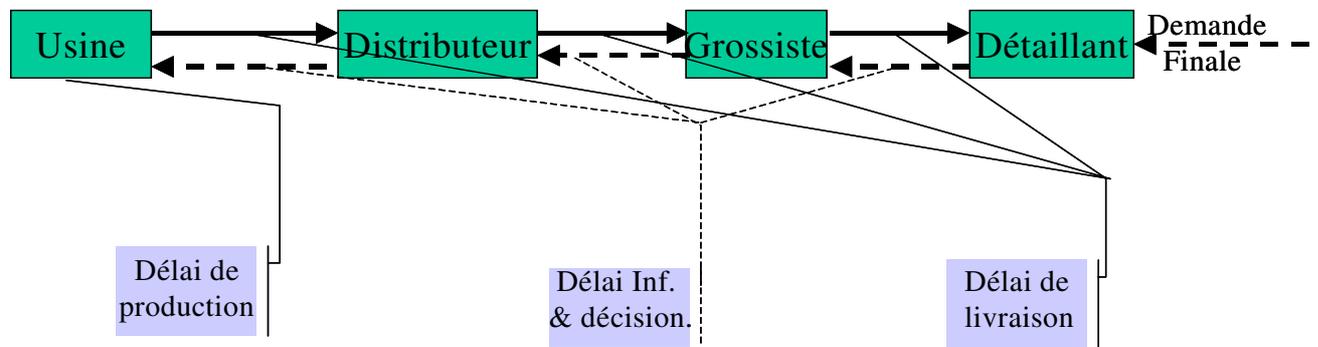
L'application des méthodes de gestion des stocks à plusieurs niveaux consécutifs d'un réseau de distribution crée un problème bien connu sous le terme d'effet Bullwhip. Ce problème est lié à deux phénomènes :

- le filtrage de la demande. Chaque niveau ne connaît que la demande émise par son client immédiat. La demande finale est donc filtrée en fonction de l'application à chaque niveau intermédiaire de règles de gestion propres à ce niveau
- l'effet retard dans la propagation des variations de la demande finale résultant ici encore des règles d'approvisionnement appliquées à chaque niveau.

Ce phénomène a été mis en évidence par J. Forrester dans son ouvrage « Industrial Dynamics » (1958). J. Forrester a montré qu'une variation de la demande finale se propageait avec retard et amplification à chaque niveau de la chaîne, dès lors que l'on appliquait à chacun de ces niveaux des méthodes de gestion des stocks.

Ceci justifie l'ensemble des actions visant à mettre en œuvre des processus coopératifs (GPA ou CPFR) afin de mieux gérer la variation de la demande finale ou de partage des stocks dans les réseaux de distribution.

Exemple de propagation d'un accroissement de 10 % de la demande finale dans un réseau de distribution :



Demande du détaillant : pic à + 18 %

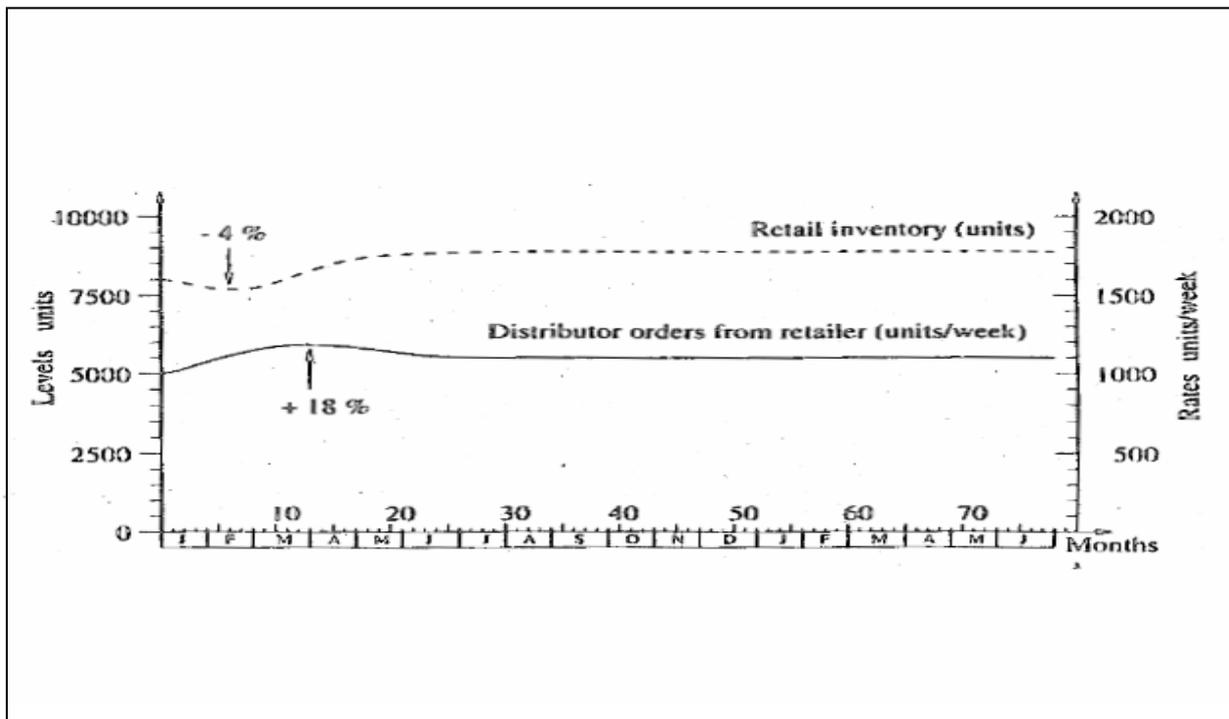


Figure 31 : évolution des stocks et des commandes chez le détaillant

Demande du grossiste : pic à + 34 %

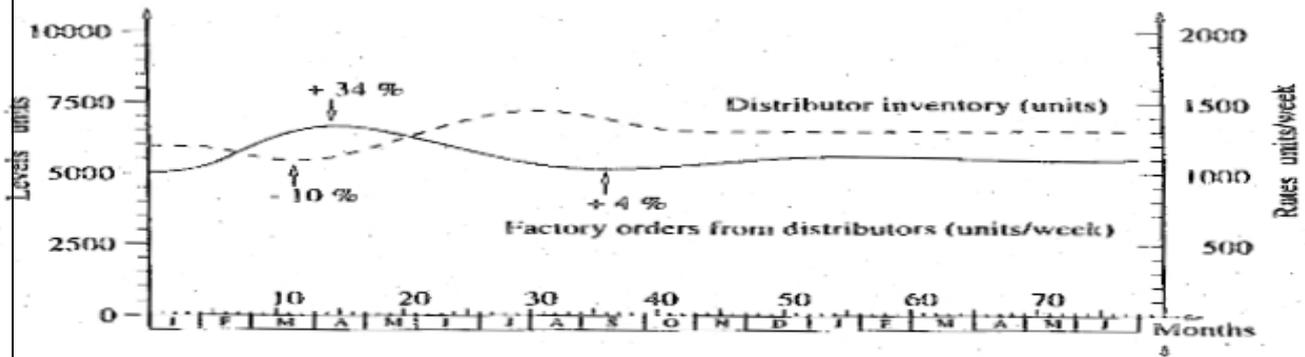


Figure 32 : évolution des stocks et des commandes chez le grossiste

Demande du distributeur : pic à +51 %

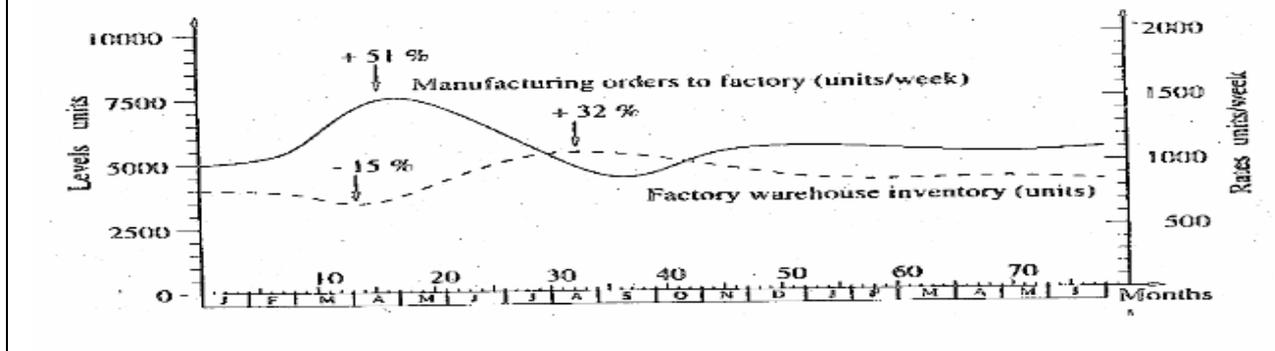


Figure 33 : évolution des stocks et des commandes chez le distributeur

Production de l'usine : pic à + 45 %

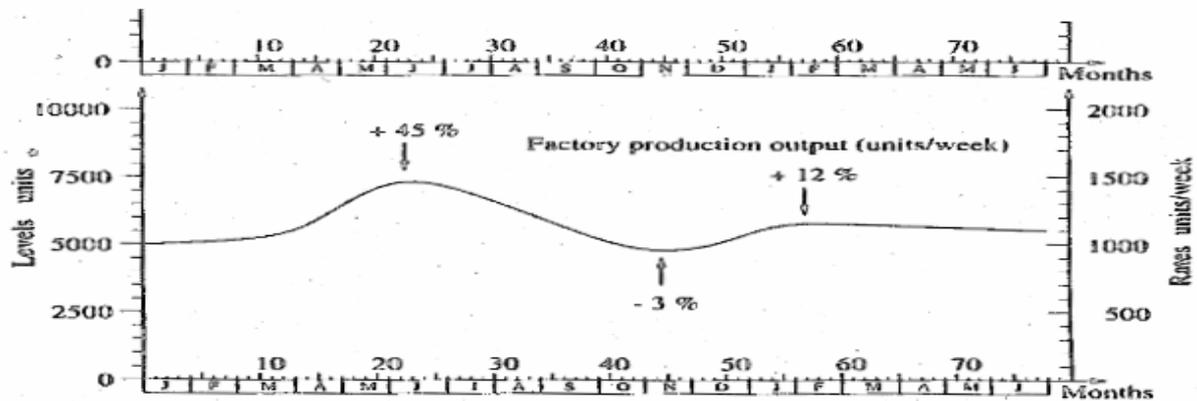


Figure 34 : évolution de la production

Quantification de l'effet Bullwhip

- Hypothèses :

- ✓ gestion au point de commande

$$P = \mu_t \cdot L + B \text{ avec } B = k \cdot \sigma_d \cdot L^{1/2}$$

- ✓ estimation de la demande et de l'écart type par lissage :

$$\mu_t = \sum_{i=p}^{t-1} D_i \quad \sigma_t^2 = \sum_{i=p}^{t-1} (D_i - \mu_t)$$

- Évolution de la variance :

Pour un niveau $\sigma^2(F) / \sigma^2(C) \geq 1 + 2 \cdot L/p + 2 \cdot L^2/p^2$

- ✓ l'effet augmente avec le délai et décroît si le lissage s'effectue sur un horizon important

Pour plusieurs niveaux

- Gestion décentralisée : $\sigma^2(F^k) / \sigma^2(C) \geq \prod_{i=1}^{k-1} (1 + 2 \cdot L_i/p + 2 \cdot L_i^2/p^2)$

- Gestion centralisée : $\sigma^2(F^k) / \sigma^2(C) \geq 1 + 2 \cdot \sum_{i=1}^{k-1} L_i/p + 2 \cdot \sum_{i=1}^{k-1} L_i^2/p^2$

3.4.2. Organisation des tournées

Les coûts de transport entre unité dépendent :

- des volumes transportés
- des distances de transport

Volumes : le coût d'un camion est sensiblement le même que celui-ci soit plein ou vide :

- optimisation des fréquences (mais la réduction des fréquences entraîne une augmentation des stocks
- regroupements
 - passage par des prestataires ou des plates-formes de distribution extérieures
 - entreposage ou plates-formes multi-niveaux
- massification

Distances : c'est le problème bien connu du voyageur de commerce ou de l'organisation des tournées

On peut chercher à minimiser soit un coût total, soit un temps total, soit un kilométrage total. Un temps de tournée est la somme des temps :

- de manutention et de chargement du véhicule au dépôt
- d'approche jusqu'au premier client
- de déchargement chez le client (n fois)
- de parcours jusqu'au client suivant ((n-1) fois
- de retour au dépôt

Le coût d'un véhicule s'exprime habituellement sous la forme de coûts fixes et de coûts variables proportionnels au kilométrage parcouru. C'est cette dernière valeur que l'on cherche à minimiser.

Les problèmes de gestion de tournée sont rendus beaucoup plus complexes du fait de contraintes fréquentes fixées par le donneur d'ordre de plages d'horaires de livraison à respecter impérativement, ce qui impose une gestion du temps beaucoup plus fine.

Nous nous limitons par la suite à la recherche de la minimisation du circuit de livraison sans prise en compte de ces contraintes de temps intermédiaires, problème connu sous le terme de «voyageur de commerce et qui est NP complet.

Résolution par l'algorithme des écartements de Kruskal

Son objectif est la minimisation des distances à parcourir ou du temps correspondant.

Il est basé sur la notion d'écartement de couples de points (A,B) par rapport au centre O (le dépôt) : $e(A,B) = d(O,A) + d(O,B) - d(A,B)$

Cet écart représente le gain obtenu en intégrant les deux points dans une même tournée. On démontre que pour une localisation donnée du dépôt, minimiser la longueur de la tournée revient à maximiser la somme des écartements

Algorithme

1. Calculer les écartements de tous les couples par rapport au centre
2. Les classer par importance décroissante
3. Sélectionner successivement chaque couple de la liste en abandonnant ceux formant une boucle (interdiction de passer plus de 1 fois en chaque point)

4. Arrêter la procédure lorsque (n-2) couples ont été retenus (ou plus tôt si s'y rajoutent des contraintes de tonnage, de temps...)
5. Joindre le centre à ces deux extrémités

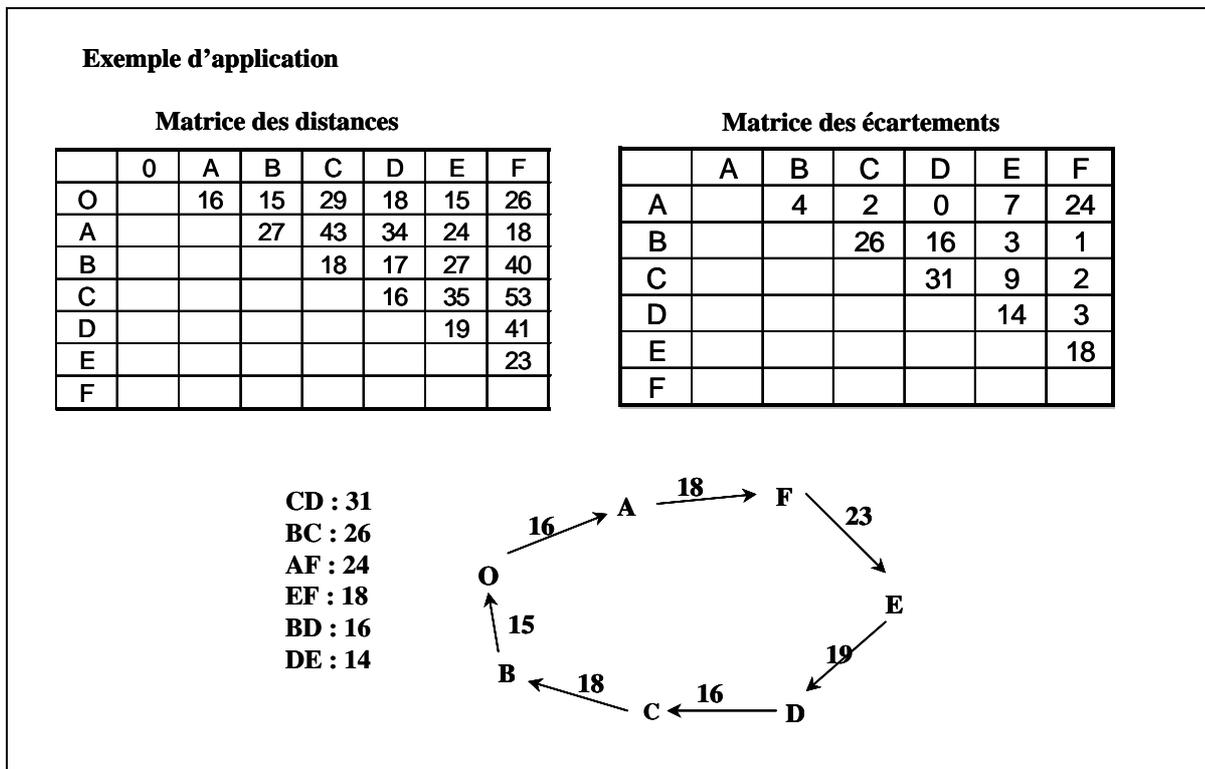


Figure 35 : Exemple d'organisation de tournée

3.4.3. Exemples d'organisation de systèmes d'approvisionnement

3.4.3.1. Renault

Depuis plusieurs années Renault gère l'essentiel de ses transports de composants, de sorte que le transport Franco ne représente plus que 10 % du total des approvisionnements et ne concernent que les gros fournisseurs (Bosch...) dont les volumes sont suffisants pour s'organiser par eux-mêmes.

Pour les autres fournisseurs, les pièces sont achetées au départ du quai chez le fournisseur et l'approvisionnement géré par Renault (qui fait pour cela appel à des prestataires). L'essentiel de ces transports sont des transport programmé (83 %). Ceux-ci sont :

- organisés sur la durée
- avec des horaires définis (livraison cyclique). Ceci permet un lissage et une optimisation des réceptions.

Les transports non programmés ne concernent que de flux ponctuels ou irréguliers, ou résultent d'incidents ou de surplus.

Trois types de circuits cohabitent :

- des circuits directs en camion entier lorsque le volume transporté nécessite plus de 10m de plancher
- des circuits indirects par organisation de tournées lorsque le volume transporté nécessite plus de 3m de plancher pour limiter le nombre de chargement
- des parcours indirects par centres de groupage. Deux circuits sont alors organisés :

- le circuit Fournisseur / centre. Celui-ci est affecté au transporteur qui gère le centre de groupage
- le circuit Centre / Usine qui fait l'objet d'un appel d'offres avec horaires de chargement et de déchargement fixés.

Le passage par centre de groupage permet de faire du cross-docking, c'est à dire d'éclater des articles de même origine puis de regrouper des articles de destination identique, minimisant ainsi les flux.

3.4.3.2. SMART

Contrairement à Renault, Smart sous-traite totalement l'approvisionnement de ses composants. Sont distinguées :

- les livraisons de modules (carrosserie, cockpit...) : ceux-ci sont réalisés par des fournisseurs implantés sur le site en livraison synchrone
- les livraisons à partir de stocks avancés fournisseurs. Cela concerne des pièces petites, sans variété et sans variance. Le stock est propriété du fournisseur. L'approvisionnement fait l'objet d'un contrat tripartite Fournisseur / Prestataire / SMART car un prestataire unique est imposé aux fournisseurs pour l'alimentation des lignes de production
- les livraisons directes (pièces volumineuses avec variance mais n'imposant pas un arrêt de chaîne en cas d'absence telles que des sièges). Ces produits font l'objet de livraison synchrone

3.4.3.3. YOPLAIT

La société Yoplait livre quotidiennement les productions de ses usines (spécialisées) à 15.000 distributeurs en s'appuyant sur un réseau à deux niveaux :

- 4 plate-formes
- 200 entrepôts (cross-docking)

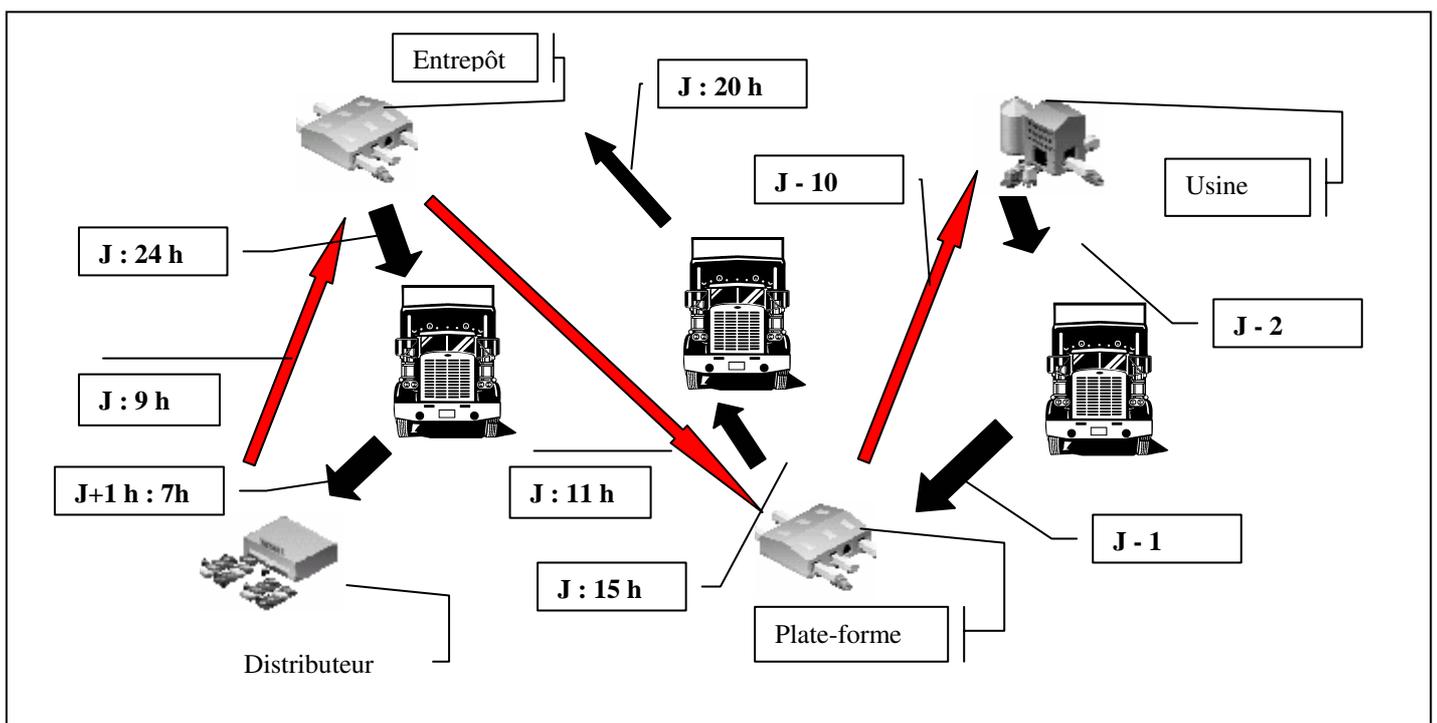


Figure 36 : Le processus de distribution Yoplait

4. Les APS : Advanced Planning System

Depuis quelques années sont apparus de nouveaux progiciels, les APS, dont l'objet est d'aider à la configuration des réseaux logistiques ainsi qu'à la planification et à la gestion des opérations logistiques. Ces progiciels couvrent donc l'ensemble des activités logistiques :

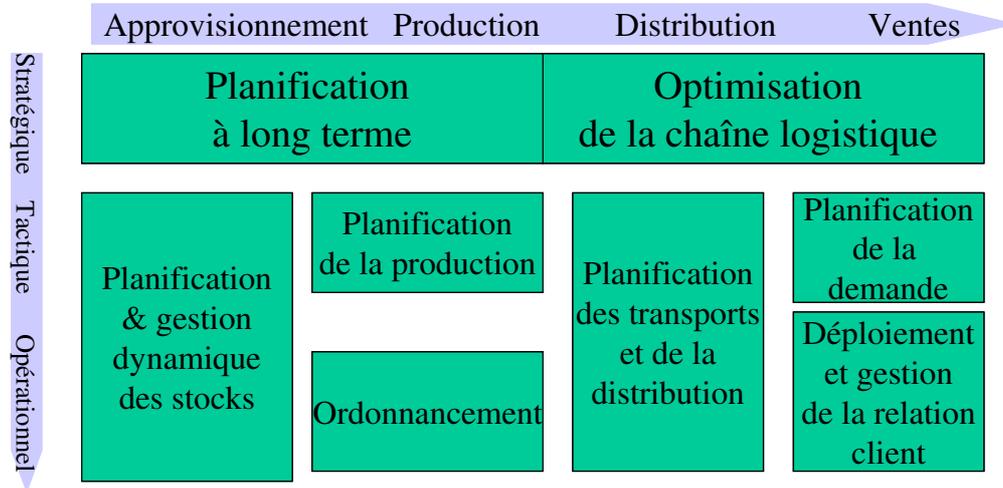


Figure 37 : Fonctions couvertes par les APS

4.1. Les fonctions couvertes par les APS

Comme représenté figure 14, les fonctions couvertes par ces progiciels sont les suivantes :

- Optimisation de la chaîne logistique
 - localisation des unités de production
 - conception de la structure physique de distribution
- Planification de la demande
 - estimation de la demande à long terme
 - planification de la demande à moyen terme
- Planification à long terme : coordination des approvisionnements, de la production et de la distribution à long terme
- Planification de la production et ordonnancement : si celle-ci est faite en deux modules, le premier détermine les tailles de lot et le second affecte et séquence les opérations

La liste des principaux APS et une description de leurs principales fonctionnalités est fournie dans le tableau suivant (dossier du Pôle Productique)

	I2	Manugistics	BAAN	APO	Synquest	JDE Numetrix	People Soft	Logility	ORTEMS	SKEP
Planification Stratégique Conception de la supply chain	X	X	X		X	X				X
Planification de la demande	X	X	X	X	X	X	X	X		X
Plan Directeur de Production	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Planning de Distribution	X	X	X		X	X	X	X		X
Ordonnancement production (manufacturier)	X	X	X	X	X	X	X		X	X
Ordonnancement production (process)	X	X				X	X		X	X
Ordonnancement production (automobile)	X	X			X				X	
Planning de Transport	X	X	X							
Programme d'expédition	X	X	X					X		
Disponible à la vente	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Gestion collaborative de la demande	X	X	X	X	X	X	X	X		X
Gestion collaborative de l'approvisionnement	X	X		X	X	X	X	X	X	X

Figure 38 : les principaux APS (d'après les dossiers du pôle productique)

4.2. Liens ERP – APS

4.2.1. Les ERP : Définitions

CXP : Un progiciel est un ERP lorsqu'il couvre au moins 5 fonctions essentielles de l'entreprise :

- gestion comptable
- gestion financière
- planification de la production
- Achat / stocks
- Gestion commerciale
- Gestion des ressources humaines
- gestion des données techniques

APICS : Un ERP est un progiciel qui assure une mise à jour en temps réel de l'ensemble des fonctions de l'entreprise, tant au point de vue des ordres d'achats, de production, de vente, que de la gestion des stocks et des produits en assurant un lien avec la finance, la charge des différentes ressources

Cambashi Ltd : ERP promises « ONE » database, « ONE » application, and « ONE » user interface for the entire enterprise, where once disparate systems ruled manufacturing, distribution, finance and sales. Taking information from every function it is a tool that assists employees and managers plan, monitor and control the entire business

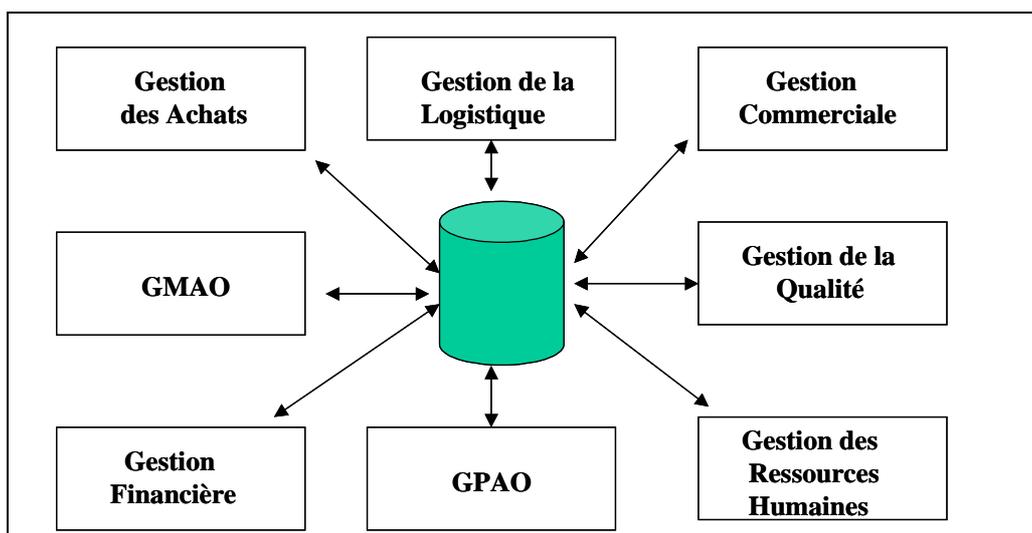


Figure 39 : ERP : Ensemble de Modules Paramétrables couvrant les grandes fonctions de gestion d'une entreprise

Ce qui caractérise un ERP, c'est principalement :

- l'importance du domaine couvert
- l'unicité de la base de données
- la vue processus
- la recherche de l'application de Best Practice

L'ERP est avant tout l'outil de gestion transactionnelle de l'entreprise, celui sur lequel repose la mise en œuvre et le respect de l'ensemble des procédures de gestion de l'entreprise.

4.2.2. Les spécificités des APS

A l'inverse, un APS est avant tout l'outil d'aide à la décision de l'entreprise :

- il est centré sur la gestion des ressources critiques (et non sur une gestion exhaustive de toutes les transactions)
- il vise à un approche simultanée des approvisionnements, de la production et de la distribution à capacité finie, en s'appuyant pour cela sur des techniques :
 - de programmation linéaire
 - de programmation mixte entière
 - de planification sous contraintes
 - d'algorithmes génétiques
 - de placement à long terme
- il traite simultanément des niveaux tactiques et opérationnels
- son approche est dynamique (ce qui pose le problème de la perte locale d'autonomie déjà constatée lors de la mise en œuvre des ERP et amplifiée par les APS compte tenu de leur capacité à remettre continûment en cause leurs décisions)
- il est essentiellement tourné vers la planification multi-entreprises
- il permet une propagation des changements en amont et aval

En contrepartie, elle nécessite une bonne maîtrise des techniques d'optimisation.

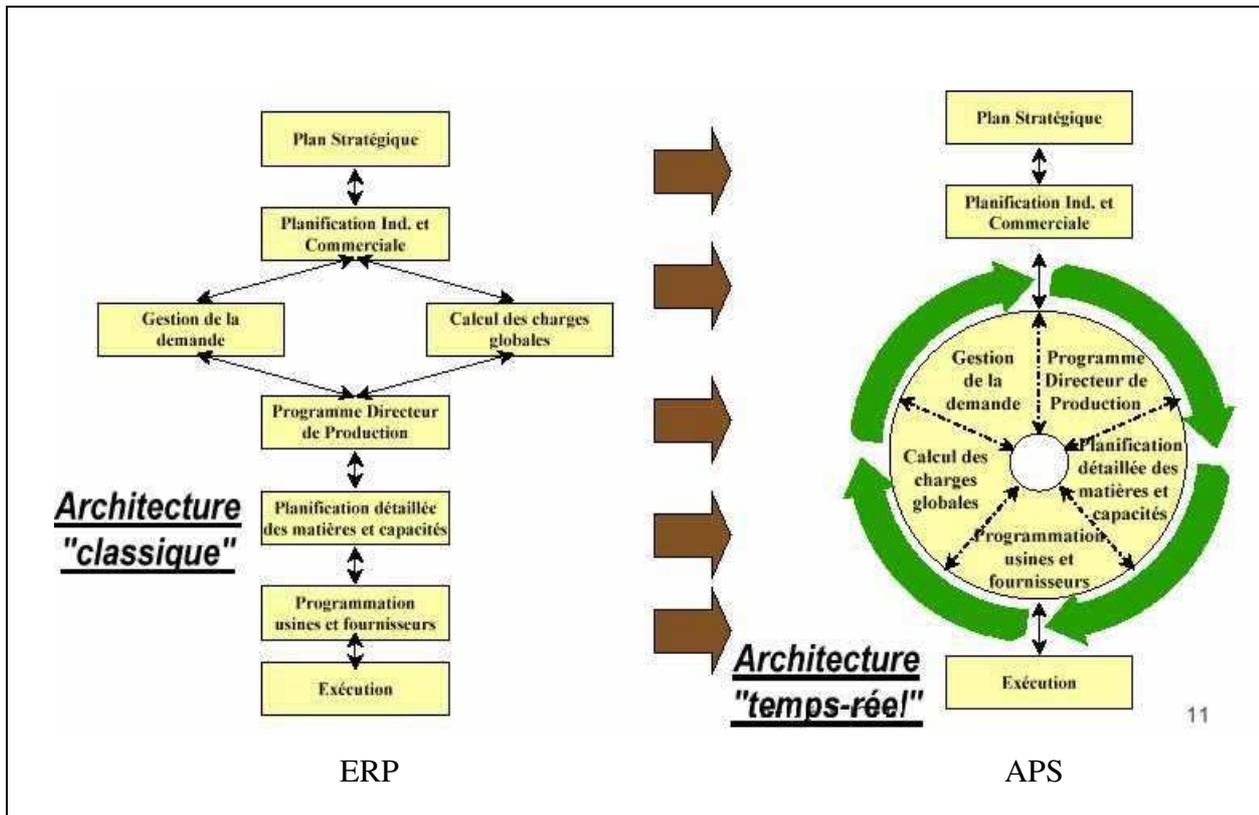


Figure 40 : Rapprochement ERP - APS

4.2.3. Liens ERP – APS

Ces progiciels sont complémentaires comme représenté sur la figure 16

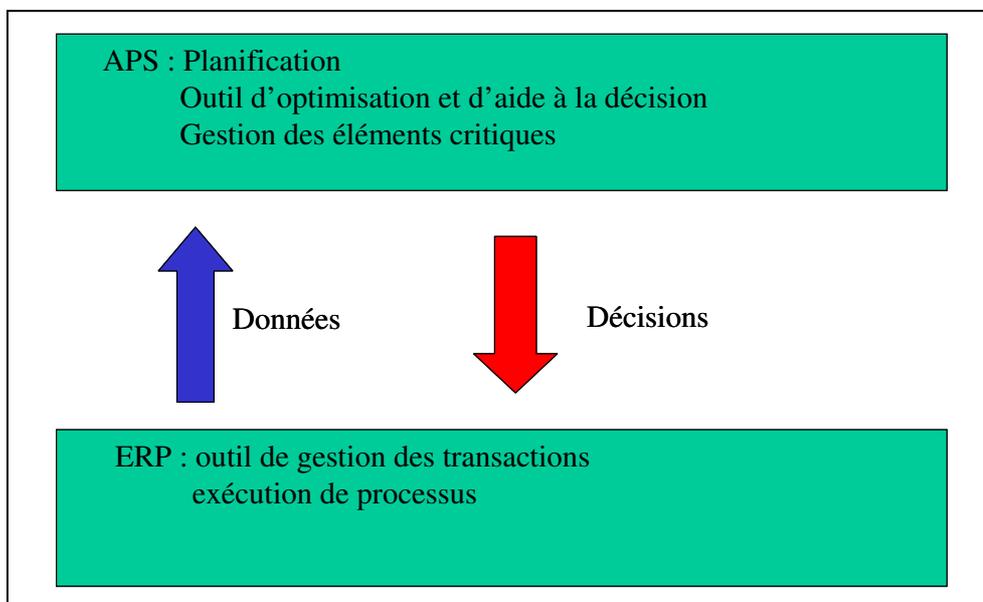


Figure 41 : Liens ERP – APS

Bibliographie

- G.Baglin, O.Bruehl, A.Garreau, M.Greif : Management Industriel et Logistique. Economica 1990
- J.Pons : La logistique Intégrée. Hermès 1993
- G.Paché : La logistique : enjeux stratégiques. Vuibert Entreprise 1994
- F.D.Ross : Distribution Planning & Control. Kluwer Academic Publishers 1996
- P.Eymery : La logistique de l'entreprise : supply chain management. Hermès 1997
- ASLOG : Référentiel Logistique ASLOG 1997
- P.P.Dornier, R.Ernst, M.Fender, P.Kouvelis : Global Operations & Logistics. John Wiley & Sons, 1998
- J.C.Johnson, D.F.Wood, D.L.Wardlow, P.R.Murphy Jr : Contemporary Logistics. Prentice Hall 1999
- J.Laurentie, F.Berthélémy, L.Grégoire, C.Terrier : Processus et méthodes logistiques : Supply Chain Management. AFNOR 2000
- H.Stadtler, C.Kilger : Supply Chain Management and Advanced Planning : concepts, models & case studies. Springer Verlag 2000
- D.Simchi-Levi, P.Kaminsky, E. Simchi-Levi : Designing & Managing the supply chain. McGraw-Hill 2000
- CPFR : Concepts, carte routière et premiers pilotes internationaux. Jouwen éditions. 2000
- P.Dejax : Stratégie, Planification et Implantation du Système Logistique dans « Maîtrise et organisation des flux industriels », Hermès 2001
- G.Fontan, C.Mercé, J.Erschler : La Planification des flux de Production dans « Performance Industrielle et gestion des flux », Hermès 2001
- K.Rota-Franz, C.Thierry, G.Bel : Gestion des flux dans les chaînes logistiques dans « Performance Industrielle et gestion des flux », Hermès 2001
- P.P.Dornier, M.Fender : La logistique Globale, Les éditions d'organisation 2001

Glossaire

APS : Advanced Planning & Scheduling System (Systèmes de Planification Avancé) : Progiciel Intégré de planification de l'ensemble des flux de l'entreprise (matières, informations et financiers) qui synchronisent et optimisent les activités et leurs interfaces, de façon globale et collaborative, en fonction d'objectifs de taux de service client et de marges sur les activités

ATO : Assembly To Order : méthode de gestion consistant à déclencher l'assemblage des produits finis à la commande

ATP : Available to promise : Il s'agit d'une notion de stock disponible, de façon prévisionnelle, à date, pour une nouvelle commande. Cette valeur peut être calculée par des prévisions de flux (approvisionnement, production, déstockage) ou des réservations sur du disponible immédiat fermestock prévisionnel à date pouvant être disponible pour une nouvelle commande

CBP : Constraint Based Planning : Méthode et techniques permettant de planifier, à capacités finies et réalistes (car suivies et mesurées) ou sous contraintes (délai, objectifs de marge, disponibilité des ressources), l'ensemble des activités opérationnelles sur des horizons court terme mais également sur les niveaux tactiques et stratégiques de la Supply Chain. Ceci peut s'appliquer aussi bien au niveau de l'ordonnancement court terme de production que sur la modélisation/optimisation de réseau logistique (couche stratégique).

CMI : Co-Managed Inventory : Gestion Partagée des Approvisionnements (voir GPA) dans laquelle toute proposition d'approvisionnement faite par le fournisseur doit être validée par le client

Commande ouverte (Blanket Order) : engagement à long terme avec un fournisseur sur une quantité globale à livrer, mais avec des appels de livraison qui ne sont faits qu'en fonction de la demande.

CPFR : Collaborative Forecasting & Planning Replenishment : Système de pilotage collaborative portant sur la coopération stratégique, les prévisions de vente et les programmes d'approvisionnement.

CRM : Customer Relationship Management : Domaine d'activité permettant de développer et de gérer la relation entre l'entreprise et sa clientèle.

Cross Docking : processus d'éclatement de lots en entrepôt pour réexpédition immédiate sans que la marchandise passe par le stock

CRP : Capacity Requirement Planning (Planification des besoins en capacité): Fonction d'établissement, de mesure et d'ajustement des limites ou niveaux de capacité, en particulier la détermination de la quantité de ressources (main d'œuvre et machine), nécessaires pour les tâches de production. Les ordres lancés et planifiés du calcul de besoins sont les rentrées du CRP qui convertit ces ordres en heures de travail par poste de charge et par période.

CRP : Continous Replenishment Program : méthodes de réapprovisionnement continu (Quick Response, GPA, VMI, CMI...)

CTP : Capable To Promise : Capacité à s'engager auprès du client sur une disponibilité/mise à disposition du produit lors de la prise de commande, quels que soient l'organisation et le type d'outils de la prise de commande. La disponibilité/mise à disposition recouvre le produit, tout à la fois, dans ses bonnes spécifications techniques, dans les quantités souhaitées, et dans des délais de livraison calculés sur la base d'un processus de mise à disposition produit.

Ce processus, dans le cas des produits sur stock, va depuis le stock usine (ou dépôt) vers la zone d'expédition, intègre la disponibilité d'un vecteur de transport et le transit time nécessaire pour atteindre le site client.

Dans le cas des fabrications à la commande, ce processus englobe les activités d'approvisionnement des lignes de production, les temps de cycle de production et les contrôles de fin de production.

La capacité de s'engager à mettre à disposition en un seul contact client (one call system) est une différenciation concurrentielle majeure dans de grands secteurs industriels (industries de process : acier, chimie, etc.)

DRP : Distribution Resource Planning : progiciel de gestion des stocks et de planification de la distribution des produits finis dans les canaux de distribution

EAI : Enterprise Application Integration : Technologie d'intégration d'applications

ECR : Efficient Customer Response : Ensemble de vision stratégique, démarches organisationnelles et contractuelles et modules de systèmes d'information visant, à partir de la connaissance des besoins et des consommations clients, à optimiser les différents maillons de la chaîne logistique (systèmes d'offre ou " Supply side ") afin de rechercher l'apport de valeur ajoutée pour le client sur chacune des opérations.

Outils utilisés par l'ECR :

- *les commandes assistées par ordinateur (CAO),
- *les échanges EDI -Internet intégrés,
- *la gestion partagée des approvisionnements (GPA ou VMI), le Cross-docking,
- *la gestion des coûts par activité (Activity Based Costing),
- *la gestion par catégorie de produit (Category Management).

Résultats de l'ECR

- *un assortiment optimal des points de vente,
- *un réapprovisionnement optimal,
- *une action promotionnelle optimale,
- *une valorisation optimale des nouveaux produits

EDI : Electronic Data Interchange : système d'échange de données normalisées d'ordinateur à ordinateur entre entreprises.

EIS : Executive Information Systems. Systèmes d'Information et d'Analyse destinés à permettre aux managers de piloter et décider, traiter et exploiter des données à vocation décisionnelle ; à titre d'exemples :

- *indicateurs et mesure de performance sur des activités (délai, coûts, planification des ressources),
- *entrepôts de données orientées client (segmentations clients, part de marché, CA, volumes et fréquence des opérations clients, profil des commandes),
- *éléments de données servant à alimenter et exploiter les systèmes de gestion (calcul de rentabilité par client et commande, calcul des coûts d'acquisition et d'allocation de ressources).

E-Procurement : Achat réalisé via un support de commerce électronique

ERP : Enterprise Resource Planning : Systèmes d'Information intégré d'entreprise, adressant l'ensemble des traitements (transactions et exécution) des fonctions classiques d'une entreprise (Finances, Comptabilité, Commercial et Ventes, Production et Gestion des Matières, Administration des Ventes).

Les différents modules et fonctions sont intégrés, autour d'un référentiel de données et de processus unique.

L'organisation des traitements et des données de tels systèmes répond pour l'essentiel à des préoccupations de découpage analytique par fonction, de suivi des flux, des performances financières et d'exécution, de suivi des principales activités et tâches.

ETO : Engineering To Order : Conception et fabrication des produits à la commande

FCS : Finite Capacity Scheduling : Gestion des capacités (Capacity Control) : Processus qui consiste à mesurer la production réalisée et à la comparer aux besoins planifiés en capacité, à vérifier si les écarts dépassent des limites préétablies et à prendre des actions correctrices.

GPA : Gestion Partagée des Approvisionnements : Système de pilotage par lequel le distributeur délègue au producteur la gestion des réapprovisionnements au niveau d'un entrepôt, voire d'un linéaire de magasin.

Livraison Cyclique : livraison à fréquence fixe définie contractuellement. Les quantités peuvent être variables au cours d'un cycle et les appels de livraison se font généralement en juste à temps

Livraison Synchrone : Livraison déclenchée par la mise en fabrication du produit chez le donneur d'ordres (mise en ligne d'assemblage chez les constructeurs automobiles). L'ordre de livraison est en général fixé

MTO : Make To Order : méthode consistant à fabriquer à la commande en remontant aussi loin que possible dans le cycle de production et d'approvisionnement

MTS : Make To Stock : méthode de gestion consistant à fabriquer pour le stock (reconstitution systématique de stocks : gestion sur stock, Kanban, mais également fabrication sur prévision)

PIC : Planification Industrielle et Commerciale (SOP :Sales and Operations Planning) . A partir du Plan Stratégique de l'entreprise (profit, productivité, taux de service client, parts de marché), ce niveau de planification permet de définir et fixer les conditions globales de mise à disposition de l'offre produits/services, dans le cadre d'une enveloppe budgétaire et de ressources donnée

Post Colisage : déclaration du contenu des colis lors de la préparation de ceux-ci

Postponement : Intégration des éléments de personnalisation d'un produit aussi tardivement que possible dans la chaîne de transformation et de mise à disposition d'un produit

Pre-manufacturing : Intégration des composants élémentaires en sous-ensembles en amont des usines afin de réduire le nombre de références dans ces dernières.

Pré Colisage : répartition logique des marchandises entre les colis en tenant compte de données volumétriques avant colisage physique

Production Cyclique : fabrication selon une séquence fixée se répétant cycle après cycle. Les quantités produites peuvent varier d'un cycle à l'autre

Production synchrone : Production et livraison déclenchée par la mise en ligne chez le donneur d'ordres. Généralement la production se limite à des phases de terminaison ou d'assemblage final

RCC : Rough Cut Capacity (Planification Globale des Capacités) : Procédure qui consiste à traduire le Plan de Production et/ou le Programme Directeur de Production en besoins en capacités des ressources critiques : main d'œuvre, machines, surfaces d'exploitation, ressources financières, etc

Reverse Logistics : logistique des flux allant des marchés vers l'entreprise (emballages, produits recyclés...)

SCM : Supply Chain Management : optimisation de la chaîne logistique globale, du premier des fournisseur jusqu'au client final.

SCP : Supply Chain Planning : optimisation de la planification des besoins sur l'ensemble de la chaîne logistique.

SKU : Stock Keeping Unit : Unité de stock gérée dans un emplacement géographique donné

TOC : Theory of Constraints : Théorie de planification par les contraintes et goulots d'étranglement (nouveau nom donné à OPT : Optimized Production Technology)

VMI :Vendor Managed Inventory : Traduit en français par GPA

WCS :Warehouse Control System : Système de Pilotage des activités en entrepôt

Ensemble des transactions et données du système d'information qui supporte la supervision d'activités en entrepôt (sur la réalisation des opérations, la qualité de l'affectation et de l'utilisation des ressources, les consommations budgétaires).

WMS :Warehouse Management System : Système de Gestion d'Entrepôt

Système d'information de préparation, de suivi et d'exécution des activités en entrepôt de nature transactionnelle