

## Sélection multicritère dynamique du fournisseur en vue d'une coordination dans une chaîne logistique

Fabien MANGIONE, Sonia ROUIBI et Van-Dat CUNG

Laboratoire G-SCOP  
INPGrenoble, UJF, CNRS  
46, avenue Félix Viallet - 38031 Grenoble Cedex  
Fabien.Mangione@inpg.fr, Sonia.Rouibi@g-scop.inpg.fr, Van-Dat.cung@inpg.fr

**RÉSUMÉ :** *Cette article traite d'un modèle de coordination entre un client et ses fournisseurs, dans le cadre d'une chaîne logistique. Ce travail a consisté à enrichir un modèle issu de la littérature en modifiant le modèle de coordination puis en introduisant une procédure d'aide à la décision multicritère lors de l'étape de sélection du fournisseur : la méthode AHP. Cette démarche s'inscrit dans le processus de réduction des coûts de la chaîne logistique visé par les entreprises pour demeurer compétitives. La méthode AHP a donc été intégrée au modèle de coordination et des simulations sur plusieurs périodes ont été effectuées en faisant varier les incertitudes sur la demande et la capacité du fournisseur. La comparaison des résultats entre les modèles avec et sans AHP montre que grâce à celle-ci, il est possible de disposer d'une plus grande flexibilité dans l'attribution des priorités entre les critères de sélection ce qui permet d'arriver à une meilleure gestion des approvisionnements.*

**MOTS-CLÉS :** *Sélection de fournisseurs, chaîne logistique, AHP, simulation*

### 1. INTRODUCTION

Les entreprises sont communément confrontées au changement de leur environnement économique dû à la globalisation des échanges au niveau mondial, à des concentrations, des fusions et des alliances ; au changement des attentes de leurs clients qui sont plus exigeants sur la définition, les prix, la qualité et les délais de réception des produits, sur la concordance de ces produits avec leurs besoins ainsi que sur les services qui les entourent ; comme elles sont aussi confrontées à l'arrivée des nouvelles technologies qui proposent, grâce notamment au développement d'Internet, de nouveaux modèles d'échanges de l'information, plus rapides.

Face à ces facteurs et pour rester compétitives, les entreprises doivent veiller à développer en permanence leurs chaînes logistiques, aussi bien en interne mais également celles étendues à l'extérieur des frontières de l'entreprise. Ce constat implique, pour les différents acteurs de la chaîne logistique, de mettre en place entre eux, à divers niveaux et selon les choix

stratégiques de leurs entreprises, des collaborations (Run 2003).

Cette gestion des chaînes logistique a pour objectifs : à court terme, d'augmenter la productivité et de réduire les stocks et le temps de cycle ; à long terme, d'élever la satisfaction client, la part de marché de l'entreprise et les profits de toutes les organisations de la chaîne logistique : les fournisseurs, les fabricants, les distributeurs et les clients (Lee, Ha & Kim 2001). Mais surtout, l'un des objectifs principaux des entreprises est de réduire leurs coûts.

Dans la plupart des industries les coûts des composants et des matières premières constituent la plus grande partie du coût du produit final ; dans certains cas ils peuvent atteindre 70% du coût total (Ghodsypour & O'Brien 1998). Ce qui veut dire que de faibles réductions de coûts obtenues à l'acquisition du matériel peuvent avoir un plus grand impact sur les profits si on les compare à l'effet obtenu pour les mêmes améliorations réalisées à d'autres niveaux de l'organisation (Haq & Kannan 2006). Il est clair que dans de telles circonstances les approvisionnements ont un rôle éminent dans la politique de réduction

des coûts.

En conséquence, les managers des approvisionnements contribuent grandement dans la capacité de la firme à offrir de meilleurs produits, de meilleurs délais et au moindre coût avec une plus grande flexibilité. L'une de leurs responsabilités est la sélection de fournisseurs qualifiés, l'évaluation de la performance de ces fournisseurs, la négociation des contrats, la comparaison des prix, de la qualité, du service et du temps d'approvisionnement, etc. Des recherches ont démontré que les fournisseurs ont une place critique dans la compétitivité et le succès des industries. Ainsi, les managers ont pris conscience de l'importance de travailler avec leurs fournisseurs (Davidsson, Johansson & Svahnberg 2005) ; et donc que le processus clef et sans doute le plus important dans la fonction des approvisionnements est la sélection efficace des fournisseurs (Handfield, Walton, Sroufe & Melnyk 2002). De ce fait, une étroite collaboration entre l'entreprise et ses fournisseurs est indispensable (Lee et al. 2001).

Cet article consiste à étudier un modèle précis de coordination qui se situe à l'interface entre client et fournisseurs (Chan & Chan 2006). Ce modèle constitue un mécanisme d'offres entre un client et plusieurs fournisseurs. Il s'agit alors de gérer les dépendances qui existent entre ces acteurs afin de réussir une affectation de ressources qui diminue les coûts des deux côtés de la chaîne. Dans cet environnement, la demande du client et la capacité de production des fournisseurs sont considérés comme les facteurs d'incertitude et les variables de décision sont la quantité et la date de livraison des commandes.

Nous proposons, dans un premier temps, de reprendre ce modèle et de modifier le processus de coordination afin d'augmenter son efficacité. Nous proposons ensuite une méthode multi-critère dynamique basée sur la méthode AHP (Analytic Hierarchy Process) (Saaty 1980) pour la sélection du fournisseur.

## 2. LE MODÈLE DE COORDINATION

La coordination est la gestion des dépendances qui existent entre les différentes activités. S'il n'y a pas de dépendances, alors il n'y a rien à coordonner (Malone & Crowston 1993). La coordination consiste à trouver des méthodes qui puissent gérer efficacement la relation entre deux ou plusieurs parties qui sont amenées à coopérer entre elles. Avec la coordination on arrive à gérer les dépendances d'une relation, de façon optimale et donc de trouver une bonne réponse à une situation donnée. Cependant l'objectif essentiel de la coordination n'est pas tant de savoir quelle est la so-

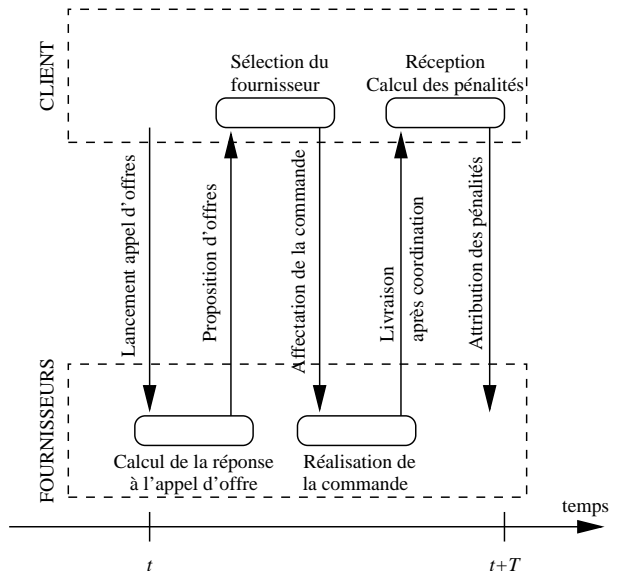


Figure 1: Mécanisme d'offres

lution optimale finale, que de savoir quel est le bon mécanisme qui permet de trouver cette solution. La coordination consiste donc à trouver quelles sont les règles de résolution d'un problème de dépendances.

### 2.1. Présentation du modèle

Le modèle étudié (Chan & Chan 2006) développe le mécanisme d'offres présenté sur la figure 1 pour une période. La période  $T$  est calculée suivant le modèle de Wilson pour une demande suivant une loi normale de moyenne  $\lambda$  et d'écart-type  $\sigma_\lambda$  :

$$T = \sqrt{\frac{2.C_c}{C_s.\lambda}}$$

$C_c$  étant le coût de commande et  $C_s$  le coût de stockage.

#### 2.1.1. Appel d'offre

Le client annonce la commande d'une quantité  $Q = \mu.(T + L)$  appartenant à l'intervalle de  $[Q_{low}, Q_{high}]$ .  $Q_{low}$  et  $Q_{high}$  sont calculées à partir de la quantité fixe de commande du client  $Q$  et modérées par le stock de sécurité ( $S_s = \sigma_\lambda.\sqrt{T + L}$ ) :

- $Q_{low} = Q - S_s$
- $Q_{high} = Q + S_s$

$L$  est le délai de livraison et  $\mu$  le taux de service.

### 2.1.2. Calcul de la réponse

Chaque fournisseur propose une date de livraison (*Expected Delivery Due Date*)  $EDDD_i = D_{it} + \frac{Q}{C_i}$  où  $D_{it}$  est la date à laquelle il pourra commencer la réalisation de la commande et  $C_i$  la capacité de production réservé à la réalisation de la commande chez le fournisseur si le fournisseur est sélectionné.

### 2.1.3. Sélection du Fournisseur

Le client sélectionne le fournisseur qui propose la plus petite date de livraison  $EDDD = \min(EDDD_i)$ . Le client pourra alors demander la livraison de ses produits entre les dates  $D_{low}$  et  $D_{high}$  :  $D_{low} = EDDD - \frac{S_s}{\lambda}$  et  $D_{high} = EDDD + \frac{S_s}{\lambda}$

### 2.1.4. Coordination

Lorsque la période  $[D_{low}, D_{high}]$  est arrivée et que le client a besoin de ces produits il peut en faire la demande à son fournisseur. Deux possibilités sont alors à envisager à chaque unité de temps :

- Le fournisseur dispose de la quantité minimum ( $Q_{low}$ ) : le client récupère sa livraison en prenant le minimum entre le stock du fournisseur et la quantité maximum demandée ( $Q_{high}$ ). La coordination s'achève alors.
- Le fournisseur ne dispose pas de la quantité minimum ( $Q_{low}$ ) : le client récupère ce qui est disponible chez le fournisseur en pénalisant ce dernier. Le reste de la commande sera alors récupéré soit lorsque le client en aura besoin, soit lorsque la date  $D_{high}$  est atteinte.

Lorsque la date de fin  $D_{high}$  est arrivé le client doit récupérer sa commande même si son stock n'est pas vide. La quantité à récupérer est alors le minimum entre le niveau de stock du fournisseur et la quantité maximum demandée ( $Q_{high}$ ). La coordination se termine.

### 2.1.5. Calcul des pénalités

Les pénalités sont calculées comme un coût proportionnel au nombre de pièce en rupture et au temps de rupture.

## 2.2. Performance du modèle

Les indicateurs utilisés pour évaluer le système sont le taux de satisfaction de la demande, les coûts de stockage chez le fournisseur et chez le client, ainsi que le coût total du fournisseur et du client. Les simulations menées par les auteurs ont montré que le système de coordination permet de réagir plus dynamiquement et ainsi de faire diminuer les coûts de stockage à la fois chez le client et chez le fournisseur. Ces simulations ont permis aussi de montrer une augmentation de 5% du taux de satisfaction chez le client et donc une meilleure sécurisation du stock client.

## 3. AMÉLIORATION DU MODÈLE DE COORDINATION

Ce modèle de coordination bien que performant peut être encore amélioré en effet :

- Pendant le calcul des quantités flexibles  $Q_{low}$  et  $Q_{high}$ , le modèle ne tient pas compte de la position de l'inventaire ce qui amène le client à exiger des quantités loin de ses besoins réels.
- Les fournisseurs calculent la date de livraison selon la quantité économique qui est souvent loin des quantités  $Q_{low}$  et  $Q_{high}$ , ce qui amène à avoir d'importantes pénalités au niveau des fournisseurs.
- L'absence du critère de sélection des fournisseurs par le prix, constitue un point faible du modèle. En réalité, les donneurs d'ordre choisissent leurs fournisseurs d'après trois critères de performance principaux : la qualité, le prix, et le temps d'exécution qui constituent une trilogie quasi incontournable, et à laquelle s'ajoute la contrainte de proximité (Poulin 1994). Cependant la qualité étant un paramètre souvent de facto (si un fournisseur ne remplit pas le niveau de qualité demandée, il n'est pas invité à faire une offre), les deux critères primordiaux restent le prix et la date de livraison.

Afin d'améliorer les deux premiers points il est possible de tenir compte des niveaux de stocks du client pour optimiser l'appel d'offre. Ainsi on peut calculer la quantité à chaque période en incluant les niveaux de stock :  $Q = \lambda \cdot (T + L) - u - IP_t$  où  $IP_t$  est le niveau de stock du client au lancement de l'appel d'offre. Les quantités flexibles  $Q_{low}$  et  $Q_{high}$  sont calculées de la même manière que précédemment :  $Q_{low} = Q - S_s$ ,  $Q_{high} = Q + S_s$ .

De cette façon les fournisseurs ont une information plus en accord avec les besoins réels du client et ne calculent pas la date de livraison à partir de la seule quantité économique qui peut être loin de l'intervalle  $[Q_{low}, Q_{high}]$ . Les pénalités sont ainsi éliminées grâce à une coordination améliorée entre les besoins du client et la réponse des fournisseurs.

Une simulation réalisée sous VBA conforte cette idée puisque ce nouveau calcul permet de passer d'un taux de satisfaction de 65% à un taux de satisfaction de près de 90%. Ce qui permet de diminuer le coût total de la chaîne de 6% en moyenne.

## 4. LE MODE DE SÉLECTION DU FOURNISSEUR

Une limite supplémentaire vient du mode de sélection du fournisseur comme nous l'avons vu dans la section 2.1.3. et le 3<sup>me</sup> point de la section 3. où seul le délai de livraison est pris en compte.

### 4.1. Le problème de sélection du fournisseur

#### 4.1.1. Caractéristiques du problème de sélection des fournisseurs

- Un choix stratégique :  
La sélection du fournisseur est l'une des activités cruciales des entreprises car elle revêt une importance stratégique. L'un des objectifs de la bonne sélection du fournisseur, est de réduire les risques et d'optimiser la valeur de la chaîne logistique (Jokar 2001).
- Multi-acteurs :  
Le choix des fournisseurs est un choix qui nécessite une collaboration entre les différents services de l'entreprise. Il est nécessaire qu'un groupe de travail composé de plusieurs responsables, issus des différents départements de l'entreprise et qui ont une expérience et une vision différente, collaborent entre eux afin de déterminer les critères importants pour la sélection du fournisseur.
- Multi-critère :  
Plusieurs facteurs (prix, délais, quantités, . . . ) affectent la performance du fournisseur. Le problème de sélection du fournisseur est un problème multicritère où il s'avère nécessaire de faire des compromis entre les différents critères de choix (Ghodsypour & O'Brien 1998).
- Critères subjectifs et objectifs :  
Les critères de sélection du fournisseur sont de

type quantitatif (objectif), exemple : les coûts, les délais et de type qualitatif (subjectif), exemple : la qualité, le service . . .

#### 4.1.2. Multi/mono fournisseur(s)

Le problème de sélection est différent suivant que l'entreprise choisisse de collaborer avec un seul fournisseur (problème mono fournisseur, notre cas d'étude) ou plusieurs (problème multi fournisseurs).

Dans le cas du problème multi fournisseur, le premier aspect à considérer avant d'entreprendre la démarche de sélection du fournisseur est la détermination du nombre de fournisseurs. Considérant les caractéristiques de l'entreprise, du produit et du marché, le plan stratégique de l'entreprise, cette dernière peut encourager ou non un nombre élevé de fournisseurs. Aujourd'hui nous sommes dans la période de « logistique coopérative » ; l'entreprise recherche une coopération forte avec ses fournisseurs principaux. Cette coopération nécessite un faible nombre de fournisseurs, car une coopération forte avec de nombreux fournisseurs est très difficile à gérer. Le deuxième aspect est la sélection des meilleurs fournisseurs parmi les alternatives existantes (Jokar 2001).

### 4.2. Méthodes utilisées pour la sélection du fournisseur relatives au cas mono fournisseur

Dans l'article (Ghodsypour & O'Brien 1998), les auteurs font la distinction entre les méthodes utilisées dans le cas du problème mono-fournisseur (mono-source) et multi-fournisseurs (multi-sources). Dans notre étude nous supposons qu'un seul fournisseur obtiendra l'appel d'offre. En effet une même commande ne peut pas être réalisée par plusieurs fournisseurs. Nous ne présenterons donc que ce qui concerne ce cas d'étude.

#### Les modèles de pondération

Les auteurs citent comme méthode utilisée : "The Linear Weighted Point" : Categorical method. Son principe consiste à affecter à chaque fournisseur un note : Bien (+), Nul (0) ou Insatisfaisant (-) pour chaque critère ; à partir de cette grille de critère une note globale est calculée pour chaque fournisseur. L'inconvénient majeur de cette méthode est que les poids des critères sont identiques (Ghodsypour & O'Brien 1998).

Nous citons maintenant un modèle de pondération, où on attribue des notations numériques aux critères,

	Catégorie	Méthode
1	Programmation linéaire avec pondération	AHP Analyse conjointe Méthode à pondération linéaire Outranking method
2	Programmation mathématique et linéaire	Méthode à contraintes DEA Programation multiobjective
3	Méthodes statistiques / probabilistes	Méthode catégorique Analyse de regroupement Analyse de l'incertain
4	Méthodes intelligentes	Raisonnement par cas Systèmes Expert Algorithmes génétiques Réseaux de neurones
5	Autres	ABC (Activity Based Costing) Interpretive structure modeling

**Tableau 1:** Catégorie des méthodes de sélection du fournisseur.

“The Linear Scoring Model”. Dans ce modèle les notes sont affectées arbitrairement, et une hypothèse incorrecte est implicitement établie. Par exemple si la note “1” est attribuée pour un critère “insatisfaisant” et “5” pour “remarquable” ; cela implique l’hypothèse implicite et incorrecte que “remarquable” est cinq fois meilleur que “insatisfaisant” (Lee et al. 2001).

Une autre façon de procéder est la méthode du “Cost Ratio”, où le coût de chaque critère est calculé comme étant un pourcentage du coût total des commandes, et un coût net ajusté à chaque fournisseur est déterminé. Toutefois, c’est une méthode complexe qui nécessite beaucoup de données financières (Ghodsypour & O’Brien 1998).

D’une façon générale, en utilisant des modèles de pondération, on apprécie chacun des critères par un poids. Ce poids montre l’importance relative du critère. Ensuite on cherche le fournisseur qui a la meilleure note par rapport à l’ensemble des critères pondérés (Jokar 2001).

Dans l’article (Shyura & Shihb 2006), les méthodes d’aide à la décision multicritère pour le choix du fournisseur sont divisées en cinq catégories résumées par le tableau 1.

### 4.3. La méthode AHP

#### 4.3.1. Choix de la méthode AHP

Plusieurs des méthodes utilisées pour la sélection du fournisseur ne considèrent que les critères quantitatifs. Or, le problème de sélection du fournisseur est un problème multi-critères, avec des facteurs aussi bien quantitatifs que qualitatifs. Les méthodes de pondération en générale, et la méthode AHP (Saaty 1980) plus particulièrement, sont capables de résoudre ce genre de problèmes multicritères (Davidsson et al. 2005). De plus, d’après (Ghodsypour & O’Brien 1998), l’AHP est une méthode plus précise que les autres méthodes de pondération utilisées dans le problème de sélection des fournisseurs et c’est la raison pour laquelle nous l’avons sélectionnée. C’est en 1983 que Narasimhan a, pour la première fois, proposé la méthode AHP pour la décision du choix des fournisseurs (Jokar 2001).

Une revue de la littérature complète de l’application de la méthode AHP dans tous les domaines de l’aide à la décision est présentée dans l’article de (Vaidya & Kumar 2004). Il y fait référence, entre autres, aux travaux de (Tam & Tummala 2001) qui ont utilisé l’AHP dans un problème de sélection du fournisseur dans le domaine des télécommunications.

#### 4.3.2. Les avantages de la méthode AHP

L’un de ses avantages majeur de l’AHP se trouve dans la construction d’un diagramme hiérarchique qui force les preneurs de décisions à structurer leur problème. Définir les objectifs, les critères à retenir et leur assigner des valeurs numériques impose des compromis. En d’autres termes, le modèle AHP présente un intérêt intrinsèque indépendamment du résultat final obtenu (Handfield et al. 2002).

De part sa méthodologie, l’AHP organise les pensées des managers et les rend plus utilisables pour les autres (Handfield et al. 2002).

L’AHP permet de pondérer les différents scénarii en continue (Davidsson et al. 2005).

L’AHP permet d’ajouter facilement une nouvelle hiérarchie à évaluer (Davidsson et al. 2005).

L’AHP dispose de niveaux assez souples car l’addition de critères à une structure bien hiérarchisée ne perturbe pas sa performance globale (Ounnar 1999).

La méthode AHP est jugée flexible du fait aussi que certains auteurs ont converti l’échelle de 1-9 de Saaty

en une échelle de 5 ou 100 niveaux (Vaidya & Kumar 2004).

L'une des spécificités de l'AHP est sa flexibilité à être intégrée à d'autres techniques tel que la programmation linéaire ou la logique floue (Vaidya & Kumar 2004).

Elle permet l'obtention facile de résultats et de données (Handfield et al. 2002).

Grâce à l'AHP il est possible de considérer les critères qui influencent la prise de décision de manière exhaustive (Handfield et al. 2002).

#### 4.3.3. Les limites de la méthode AHP

En théorie, la méthodologie AHP est valable quand le problème de décision peut être hiérarchisé. Cependant, comme le souligne (Carney & Wallnau 1998), les critères d'évaluation des alternatives ne sont pas toujours indépendants les uns par rapport aux autres. Dans ce genre de cas, les résultats de l'AHP peuvent être invalides (Shyura & Shihb 2006).

Cette méthode ne peut pas être utilisée quand le nombre d'alternatives et de critères est élevé, à cause du nombre de tests à effectuer que cela implique (Shyura & Shihb 2006).

L'AHP formule comme hypothèse l'indépendance linéaire des critères et des alternatives. S'il y a dépendance parmi les critères, la méthode ANP (Analytical Network Process) est plus adaptée (Davidsson et al. 2005).

### 4.4. Utilisation de la méthode AHP dans le mécanisme de coordination

#### 4.4.1. Hiérarchie du modèle de sélection du fournisseur

Notre modélisation de la méthode AHP a pour finalité de sélectionner un fournisseur parmi plusieurs fournisseurs potentiels, selon plusieurs critères aussi bien quantitatifs que qualitatifs. L'évaluation du niveau 1 : Sélection du fournisseur, se base sur trois critères : Le Coût, Le Délai et La Qualité. Chacun de ces critères contient trois indicateurs (ou sous critères) comme le montre le tableau 2.

Critères de niveau 1	Critères de niveau 2
Coût	Coût de réalisation de la commande Terme de paiement Remise
Qualité	Capacité de production Taux de rebut Qualité de service
Délai	Date de livraison Pénalités Réactivité

**Tableau 2:** Catégorie des méthodes de sélection du fournisseur.

La hiérarchie du processus de décision de sélection du fournisseur est définie par un quadruplé  $\langle N1, N2, N3, N4 \rangle$  où :

- $N0$  (Niveau 0) = niveau de l'objectif global ( $Og$ ) : choisir le meilleur fournisseur ;
- $N1$  (Niveau 1) = niveau des critères (sous-objectifs) de  $N0$  ;  $N1 = \text{Coût, Délai, Qualité} = C, D, Q$ .
- $N2$  (Niveau 2) = niveau des indicateurs de chaque critère de  $N1$  ;  $N2 = [C, CRC, TP, R]$  ;  $[D, EDDD, P, F]$  ;  $[Q, CP, \%D, QS]$  ; Avec :
  - $CRC$  : Coût de Réalisation de la Commande,
  - $TP$  : Terme de Paiement,
  - $R$  : Remise,
  - $EDDD$  : Expected Delivery Due Date,
  - $P$  : Pénalités,
  - $F$  : Flexibilité,
  - $CP$  : Capacité de Production,
  - $\%D$  : Pourcentage de Défauts,
  - $QS$  : Qualité de Service.
- $N3$  = niveau des alternatives (Les fournisseurs).

Nous considérons les notations suivantes :

- $Cr$  = ensemble des critères ;  $nc$  = nombre de critères = 3 ;  $Cr = \{C, D, Q\}$ .
- $Ik$  = ensemble des indicateurs du critère  $Crk$  ;  $nk$  = nombre d'indicateurs correspondant.
- $I1 = \{CRC, TP, R\}$  ensemble des indicateurs du critère  $Cr1$  ;  $n1 = 3$  ;

- $I2 = \{EDDD, P, F\}$  ensemble des indicateurs du critère  $Cr2$  ;  $n2 = 3$  ;
- $I3 = \{CP, \%D, QS\}$  ensemble des indicateurs du critère  $Cr3$  ;  $n3 = 3$ .

Dans ce travail, Nous exploitons la méthode AHP de la manière suivante :

- dans le cas de données qualitatives, nous exploitons l'échelle 1 (également important)-9 (absolument plus important) : Terme de paiement, remise, flexibilité, pourcentage de défauts et qualité de service.
- dans le cas de données quantitatives, nous exploitons les valeurs réelles : Coût de réalisation de la commande, EDDD, pénalités et capacités de production.

#### 4.4.2. Méthode de calcul des critères

Notre modèle de l'AHP possède donc 3 critères et 9 sous critères de sélection, cependant nous considérons que, mis à part les critères cités ci-dessous, les autres possèdent le même poids 1 et sont donc également importants les uns par rapport aux autres.

#### Ajout du critère de sélection des fournisseurs par le prix :

L'inconvénient principal du modèle de coordination étudié se situe dans l'absence du critère prix dans la sélection des fournisseurs. Alors qu'en réalité les donneurs d'ordre choisissent leurs fournisseurs d'après trois critères principaux qui sont la qualité, le prix et le temps d'exécution. Nous avons remédié à ce problème en les intégrant tous dans le modèle AHP de sélection multicritère.

#### Ajout d'un critère de sélection basé sur la capacité de production :

Nous avons considéré que le client avait connaissance des capacités de production des différents fournisseurs et que c'était un indicateur qui influence la sélection.

#### Ajout d'un critère de sélection basé sur les pénalités :

Les pénalités subies par les fournisseurs pendant des périodes antérieures deviennent un critère de sélection des fournisseurs. De cette manière le fournisseur qui n'aurait pas su être à la hauteur de la demande du client serait plus difficilement choisi au cours des sélections suivantes.

#### Introduction des coûts de pénalités variables :

Un autre changement qui a été effectué sur le modèle de coordination intervient sur les coûts des pénalités attribuées aux fournisseurs chaque fois qu'ils livrent une quantité inférieure à la quantité minimum  $Q_{low}$ . Dans le modèle de base, ces coûts sont les mêmes pour tous les fournisseurs et dans toutes les situations. Ces coûts de pénalités varient selon la marge de différence entre la quantité  $Q_{low}$  demandée par le client et la quantité qui a été finalement livrée :

$P(F_i) = c_p[Q_{commande} - Q_{livree}]$  où  $P(F_i)$  est la pénalité du fournisseur  $i$ .

La comparaison entre le fournisseur  $i$  et le fournisseur  $j$  peut donc se faire de la manière suivante :

$$\frac{P(F_i) - P(F_j)}{\sum_k P(F_k)}$$

#### 4.5. Résultats de simulation

Le modèle présenté ci-dessus a été implémenté en VBA et comparé avec les mêmes instances aux modèles précédents : modèle de base (MB) et modèle avec modification de la coordination (MMC). Les premiers tests ne montrent pas une amélioration au niveau de la chaîne par rapport au modèle présenté en section 3.. Néanmoins il reste toujours meilleur que le problème d'origine (MB) par rapport aux indicateurs proposés : taux de satisfaction de la demande, coûts de stockage chez le fournisseur et chez le client, coût total du fournisseur et du client.

## 5. CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

### 5.1. Conclusions

La compétitivité des entreprises passe par une chaîne logistique optimisée et les démarches collaboratives sont un moyen d'y parvenir. Mais aujourd'hui, les partenariats avec les fournisseurs sont minoritaires et l'approche par les prix reste fortement ancrée dans les pratiques habituelles et cela malgré les gisements de gains entrevus par la mise en place de collaborations. En effet, toutes les entreprises ne sont pas prêtes à s'inscrire dans ce fonctionnement, principalement par manque de maturité (Run 2003). Dans cet article, nous tentons d'encourager les entreprises vers cette démarche de collaboration en leur proposant une méthode d'aide à la décision par la simulation. En effet, nous avons essayé d'enrichir une méthode de coordination entre un client et

ses fournisseurs, à travers une sélection réfléchie, judicieuse et appropriée des fournisseurs.

Une des caractéristiques primordiales du problème stratégique de sélection du fournisseur est son aspect multicritère et l'intervention d'indicateurs aussi bien quantitatifs que qualitatifs. La méthode AHP, qui possède un degré de précision élevé, est largement utilisée aussi bien dans le monde de la recherche que dans le monde industriel. Nous avons donc construit notre modèle AHP qui est constitué de 4 niveaux et comportait 3 critères et 9 sous critères, puis nous l'avons intégré à un mécanisme de coordination distribuée représentant un mécanisme d'offres entre un client et plusieurs fournisseurs. Ce modèle permet l'ajout de plusieurs critères de sélection des fournisseurs. Nous citerons : le prix, la capacité de production et l'historique des pénalités, ainsi que l'introduction du concept de pénalités variables. . .

La comparaison des résultats entre les modèles ne permet pas de conclure sur une supériorité de l'un ou de l'autre sous les mêmes conditions d'exécution ; toutefois, le modèle proposé permet de disposer d'une grande flexibilité dans l'attribution des priorités entre les critères. En effet, lors du processus de sélection du fournisseur, suivant que l'on donne de l'importance aux taux de satisfaction ou aux coûts totaux, les poids à affecter aux critères sont différents. Reste aux managers à décider des poids à affecter aux critères et sous critères afin de réaliser les meilleurs compromis. Sans des supports tel que l'AHP, les managers baseraient leurs décisions uniquement sur un sous ensemble de critères importants sans véritable connaissance de leurs priorités.

Enfin, nous pouvons dire que les préliminaires au succès d'une entreprise sont une intégration interne des fonctions et une sensibilisation au processus global de la chaîne logistique. Pour cela, une vision transversale est nécessaire. Une fois que les fournisseurs et les clients sont convaincus de l'importance d'une coordination voire intégration et qu'ils ont déterminé leurs priorités et les objectifs communs qui motivent leur collaboration, ils doivent définir leurs responsabilités mutuelles et les moyens de concrétiser leur entente. Néanmoins, cela nécessite qu'ils surmontent leurs réticences à dévoiler des informations relatives à leur gestion interne et qu'ils démontrent une réelle volonté de faire perdurer leur relation (Run 2003).

## 5.2. Domaines de recherche à explorer

Nous proposons de réaliser une analyse de sensibilité plus poussée ; c'est-à-dire, d'étudier le comportement du modèle en faisant varier un nombre plus élevé de critères et de sous critères suivant des pondérations différentes. Ainsi qu'une série de tests utilisant des outils de type plans d'expériences permettrait de mieux comprendre les phénomènes que nous avons commencé à observer.

Il serait également intéressant d'étudier le comportement du modèle, dans le cas où d'autres critères de sélection du fournisseur sont pris en compte dont les suivants : minimiser le coût de stockage, de changement de fournisseurs, de transport. . . Un changement de paramétrage de notre modèle permettra ces tests.

Notre modèle considère qu'une commande est attribuée à un seul fournisseur or il est courant qu'une même commande soit affectée à plusieurs fournisseurs. Pour cela il est nécessaire de déterminer, en plus des fournisseurs à sélectionner, les quantités optimales à commander chez chacun d'eux. Une possibilité serait d'intégrer de la programmation linéaire au modèle (Ghodsypour & O'Brien 1998) ou une autre méthode issue de la recherche opérationnelle.

Comme nous l'avons cité dans les limites de l'AHP, cette méthode ne permet pas une modélisation réaliste dans le cas où il y a dépendance entre les critères d'un même niveau. Comme souvent, le coût par exemple dépend généralement de la qualité, nous proposons de procéder à une extension de l'AHP vers l'ANP.

Enfin ce modèle pourrait être utilisé en modélisant des comportements d'acteurs particuliers (fiabilité de l'information envoyée par le fournisseur, . . .) afin de regarder le comportement du modèle et les impacts sur la performance de la chaîne logistique. Avec cette extension cela permettra aussi de vérifier aussi la valeur de l'information afin de savoir de quelles informations a-t-on vraiment besoin et comment les utiliser au mieux. On pourra aussi utiliser ce modèle afin de connaître les gains obtenus en mettant en place un système de coordination et ainsi proposer des modèles d'incitation afin d'obtenir les informations utiles avec la meilleure qualité.

## REFERENCES

## References

- Carney, D. J. & Wallnau, K. C. (1998). A basis for evaluation of commercial software, *Information and Software Technology* **40**: 851–860.
- Chan, F. T. S. & Chan, H. K. (2006). A simulation study with quantity flexibility in a supply chain subjected to uncertainties, *International Journal of Computer Integrated Manufacturing* **19**.
- Davidsson, P., Johansson, S. & Svahnberg, M. (2005). Using the analytic hierarchy process for evaluating multi-agent system architecture candidates.
- Ghodsypour, H. & O'Brien, C. (1998). A decision support system for supplier selection using an integrated analytic hierarchy process and linear programming, *International Journal of Production Economics* **56-57**: 199–212.
- Handfield, R., Walton, S. V., Sroufe, R. & Melnyk, S. A. (2002). Applying environmental criteria to supplier assessment: A study in the application of the analytical hierarchy process, *European Journal of Operational Research* **141**: 70–87.
- Haq, A. N. & Kannan, G. (2006). Fuzzy analytical hierarchy process for evaluating and selecting a vendor in a supply chain model, *International Journal of Advanced Manufacturing Technology* **29**: 826–835.
- Jokar, M. A. (2001). *Sur la conception d'une chaîne logistique (Une approche globale d'aide à la décision)*, doctorat, INPG.
- Lee, E. K., Ha, S. & Kim, S. K. (2001). Supplier selection and management system considering relationships in supply chain management, *IEEE transactions on engineering management* **48**.
- Malone, T. W. & Crowston, K. (1993). The interdisciplinary study of coordination.
- Ounnar, F. (1999). *Prise en compte des aspects décision dans la modélisation par réseaux de pétri des systèmes flexibles de production*, doctorat, INPG.
- Run, P. L. (2003). Mise en place de démarches collaboratives : généralités, *Techniques de l'Ingénieur* .
- Saaty, T. L. (1980). *The Analytic Hierarchy Process*, new york: mcgrawhill edn.
- Shyura, H. J. & Shihb, H. S. (2006). A hybrid mcdm model for strategic vendor selection, *Mathematical and Computer Modelling* **44**: 749–761.
- Tam, M. C. Y. & Tummala, V. M. R. (2001). An application of the ahp in vendor selection of a telecommunications system, *Omega* **29**: 171–182.
- Vaidya, O. S. & Kumar, S. (2004). Analytic hierarchy process: An overview of applications, *European Journal of Operational Research* **169**: 1–29.