



**HAL**  
open science

## Modélisation et Simulation des relations interentreprises dans un contexte Supply Chain

Soumaya Elkadiri, Yacine Ouzrout, Aicha Seklouli-Sekhari

► **To cite this version:**

Soumaya Elkadiri, Yacine Ouzrout, Aicha Seklouli-Sekhari. Modélisation et Simulation des relations interentreprises dans un contexte Supply Chain. 7ème Congrès International de Génie Industriel, GI'2007, Trois Rivières., Jun 2007, Québec, Canada. sur CD ROM - 13 p. hal-00196525

**HAL Id: hal-00196525**

**<https://hal.science/hal-00196525>**

Submitted on 13 Dec 2007

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

# Modélisation et Simulation des relations interentreprises dans un contexte Supply Chain

Soumaya El Kadiri<sup>1</sup>, Aicha Seklouli-Sekhri<sup>1</sup>, Yacine Ouzrout<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Université Lyon 2 - Laboratoire LIESP – Université Lyon 2

IUT Lumière 160, Bd de l'Université, 69676- BRON Cedex - France

E-mail: [soumaya.el-kadiri][aicha.seklouli][yacine.ouzrout]@univ-lyon2.fr

---

**RESUME :** Le travail présenté dans cet article s'intéresse à la modélisation et la simulation des relations interentreprises dans le cadre des chaînes logistiques, notamment les processus d'externalisation. Dans la littérature, il n'existe pas de modèle global d'aide à la décision pour la mise en œuvre d'une démarche d'externalisation ou de sous traitance réfléchi et réussie. Le modèle que nous développons illustre une démarche globale et inclut un ensemble d'indicateurs de performance permettant de juger de l'impact de cette externalisation sur la performance de l'entreprise. Pour prendre en compte l'aspect qualitatif de ces indicateurs, nous développons une grille de caractérisation mettant en évidence leurs corrélations avec les indicateurs quantitatifs. Enfin, nous proposons un modèle de simulation afin d'appréhender la dynamique de cette démarche, et de valider sur un cas d'étude la pertinence de ce modèle.

**MOTS-CLES :** Chaînes logistiques, Processus d'Externalisation, Modélisation, Indicateurs de performance, Simulation.

---

## 1. Introduction

La tendance actuelle des organisations à s'interroger sur leur cœur de métier les pousse à développer des relations de collaboration de plus en plus étroites. Cette orientation, motivée initialement par une recherche de minimisation des coûts, s'apparente souvent à un besoin d'acquies un savoir-faire indisponible en interne ou difficile à préserver. L'externalisation est l'une des démarches de collaboration de plus en plus répandue. En effet, on est passé en quelques années de l'externalisation de fonctions périphériques à des fonctions plus stratégiques identifiées comme faisant partie de la chaîne de valeur. L'externalisation induit de nombreuses modifications organisationnelles et structurelles durables pour l'entreprise.

Mener à bien une démarche d'externalisation est un projet complexe qui imbrique étroitement des métiers, des acteurs et des enjeux sociaux, économiques et stratégiques (Gosse *et al.*, 2000). Dans la littérature, deux théories complémentaires sont souvent discutées : la théorie des coûts de transaction (TCT) et la théorie de la ressource (RBV pour Resource Based View) (Barthélemy, 2001).

Pour la *théorie des coûts de transaction*, le choix du marché ou de la firme comme mode d'organisation repose sur la comparaison entre le coût d'utilisation du marché et le coût d'utilisation de la firme. Les coûts permettant de déterminer la structure de gouvernance optimale peuvent être divisés en deux catégories : les coûts de production et les coûts de transaction. La TCT présente un grand intérêt car elle permet de déterminer la structure de gouvernance optimale à partir d'un nombre réduit de critères. Ces critères dénommés « *attributs de transaction* », sont au nombre de quatre : la spécificité des actifs, l'incertitude, la fréquence, et la difficulté de mesurer la performance (Dumoulin *et al.*, 2000). Ainsi, la TCT aborde les deux enjeux centraux de l'externalisation : la décision (faut-il ou ne faut-il pas

externaliser ?) et la gestion (comment gérer une opération d'externalisation ?). Par ailleurs, toute la difficulté réside dans la mesure des coûts de transaction. Whitten (Whitten *et al.*, 2005) montre que les coûts de transaction incorporent différentes dimensions, notamment la perte des avantages tangibles et intangibles, les pertes en termes de temps et d'énergie employés pour l'élaboration et la gestion d'une relation avec le sous-traitant. En outre, ces travaux démontrent la nécessité de considérer l'interdépendance qui existe entre les différentes dimensions et variables qui interviennent pour le calcul des coûts de transaction, et qui présente un impact non négligeable sur l'évaluation de ces derniers et par la suite sur les décisions en relation avec l'externalisation.

La *théorie de ressource* détermine les facteurs qui sous-tendent l'avantage concurrentiel des entreprises. L'apport de cette théorie à l'analyse de la décision d'externalisation réside dans la prise en compte de la qualité des ressources et compétences internes par rapport à celles dont disposent les meilleurs prestataires du marché. Le principal problème des entreprises qui désirent se séparer de certaines activités et concentrer leurs ressources sur d'autres, est de définir correctement leur cœur de métier. Quatre critères déterminent si une ressource fait partie du cœur de métier, et si elle constitue un avantage concurrentiel pour l'entreprise : la valeur possédée par la ressource, la rareté de la ressource, l'inimitabilité de la ressource, et la non substituabilité de la ressource. Ainsi, la RBV traite deux thèmes importants que sont le cœur de métier et les facteurs déclencheurs de l'externalisation.

Dans la lignée des travaux sur les solutions à même d'appuyer les décisions d'externalisation dans un contexte supply chain, Tsai (Tsai *et al.*, 2006) traite le cas des entreprises industrielles qui produisent des « *Joint Products*<sup>1</sup> ». Lesquelles entreprises, confrontées à des situations où la demande du marché excède souvent la capacité de production, sont amenées par conséquent à évaluer les décisions possibles afin de satisfaire les demandes clients et de maximiser les profits. Le modèle « *ABC<sup>2</sup> joint Products Decision* » développé dans ces travaux permet d'appuyer la décision du passage d'une production en interne à une production en externe, ou d'une expansion de capacités internes. Le but consiste alors à déterminer l'alternative permettant de maximiser le profit total de production. Layek (Layek *et al.*, 2004) propose une approche visant à appuyer le choix de l'entreprise dans sa stratégie d'externalisation, selon qu'il s'agisse d'une relation à long ou à court terme avec le sous-traitant. Cette approche se base sur la mesure du « *stock de sécurité* » nécessaire pour l'entreprise, considéré comme indicateur de performance clé pour assurer la satisfaction client. Une estimation des coûts totaux basée sur le stock de sécurité ainsi mesuré, permet d'évaluer chacune des stratégies.

Force est de constater qu'un processus d'externalisation s'apparente à une multitude de critères et de facteurs qui sont des déterminants essentiels décrivant une stratégie d'externalisation et qui sont au cœur du processus décisionnel de ces stratégies. Le besoin se fait donc sentir de recourir à une représentation conceptuelle du contexte et des critères caractérisant un processus d'externalisation dans une logique globale.

Nous proposons donc, dans cet article, une démarche conceptuelle qui modélise dans un premier temps les processus d'externalisation pour comprendre le phénomène et les modalités de fonctionnement associées ; et dans un second temps, implémente des indicateurs de performances (KPI) qui mesurent l'efficacité et les risques associés.

---

<sup>1</sup> Produits traités par un premier processus de fabrication commun, suivi par une série de processus différents

<sup>2</sup> Activity-Based Costing

L'article s'organise autour de deux parties. Dans la première, nous proposons de présenter une démarche concernant les processus d'externalisation inspirée de différents travaux de recherche. La description de cette démarche nous conduit à concevoir un modèle d'externalisation basé sur le formalisme SADT. Ce modèle est alimenté par la suite par un certain nombre d'indicateurs de performance. La seconde partie est consacrée au développement d'un modèle de simulation caractérisant l'ensemble de la démarche d'externalisation. Nous proposons par la suite de traiter un cas d'étude afin de valider la pertinence de ce modèle de simulation. Nous concluons cet article par la présentation des points forts à retenir de ces travaux de recherche ainsi que les perspectives envisagées.

## 2. L'approche développée

### 2.1. Le modèle d'externalisation

Le modèle développé s'inspire des travaux de (Barthélemy 2001 ; Fimbel 2002 ; Jesper 2002 ; Rapport du MEDEF). Il est basé sur la méthode SADT/IDEF0 qui tient compte de l'approche descriptive dans la modélisation des processus. En outre, le caractère modulaire et hiérarchique qu'intègre notre modèle s'adapte au formalisme proposé par cette méthode. Nous avons identifié quatre phases principales, décrivant le cycle de vie d'un processus d'externalisation, et à partir desquelles nous avons construit et alimenté notre modèle.

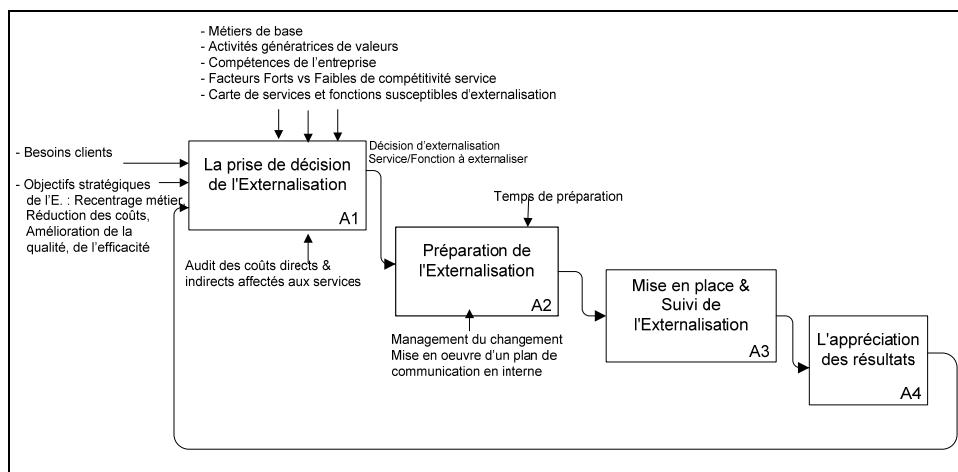


Figure 1. Structure globale du modèle d'externalisation développé

La première phase consiste en « **la prise de décision d'externalisation** ». Cette phase peut être définie comme un moment d'analyse de la stratégie de l'entreprise. L'externalisation s'appuie en règle générale sur une vraie réflexion en amont de l'équipe dirigeante sur l'entreprise, sa culture, et ses valeurs. Par ailleurs, à chaque entreprise de réaliser sa carte des services et fonctions susceptibles d'être externalisés. Il est essentiel de cerner avec précision les principales raisons qui conduisent l'entreprise à externaliser.

La deuxième phase, consiste en « **la préparation de l'externalisation** ». Cette phase inclut trois étapes :

- *La rédaction du cahier des charges* : l'environnement de l'entreprise et le contexte de l'externalisation doivent être clairement exprimés dans le cahier des charges.
- *Le choix des prestataires* : la sélection des prestataires repose sur des critères génériques : esprit de l'externalisation, capacité d'investissement, etc. et des critères stratégiques : culture du prestataire, compréhension de la stratégie de l'entreprise, etc. Le contrat par

ailleurs est un élément essentiel de la réflexion en amont sur la stratégie d'externalisation, les moyens à engager et les résultats attendus.

- *La gestion de la dimension sociale* : la communication sur l'esprit, les modalités et les finalités réelles du projet doivent s'inscrire dans une stratégie globale de gestion des ressources humaines.

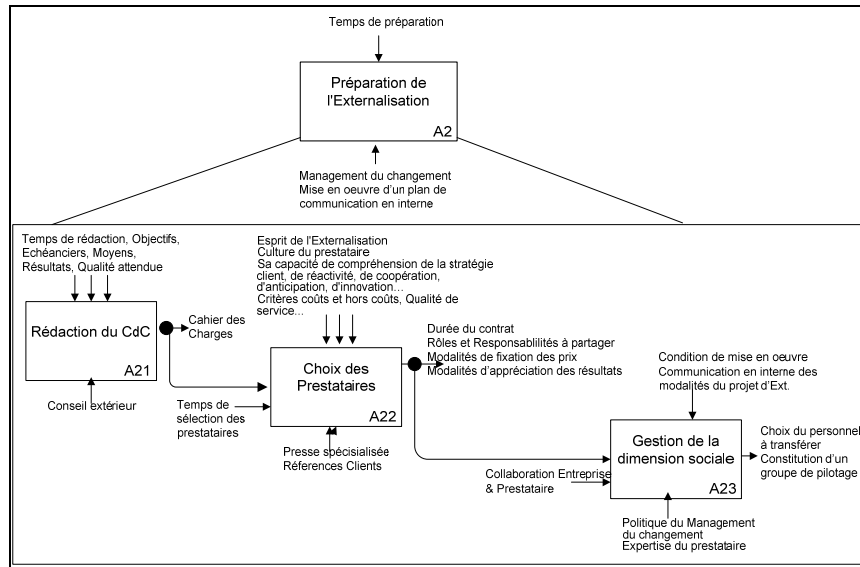


Figure 2. Modèle associé à la deuxième activité de notre modèle

La troisième phase concerne « *la mise en place et suivi de l'externalisation* ». Nous distinguons trois étapes :

- *La mise en œuvre du suivi* : le suivi d'un processus d'externalisation doit s'appuyer sur une organisation rigoureuse et clairement annoncée en interne, telle que la mise en place d'une structure externalisation transverse, destinée au pilotage de la totalité des opérations d'externalisation engagées.
- *Le co-pilotage du suivi* : il revient à mettre en commun deux approches, distinctes au départ, avec un même objectif pour l'entreprise et son prestataire.
- *Enrichissement continu du service* : la durée pluriannuelle des contrats d'externalisation induit inévitablement des changements des besoins des clients, et de l'environnement du prestataire et de l'entreprise. La capacité du prestataire à faire évoluer sa prestation dans le temps de l'externalisation est une donnée capitale.

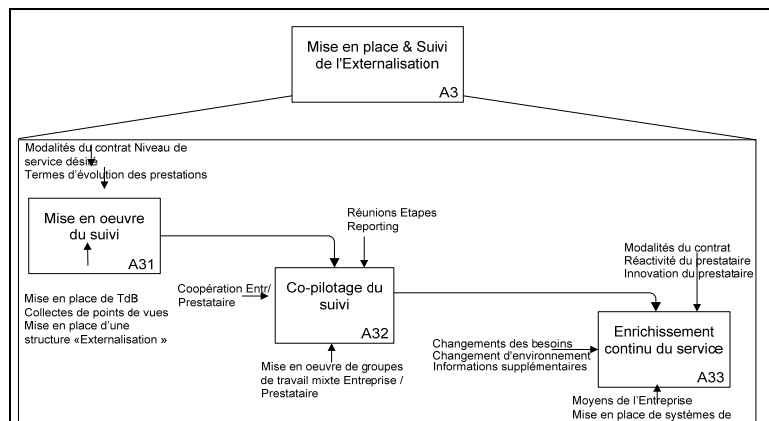
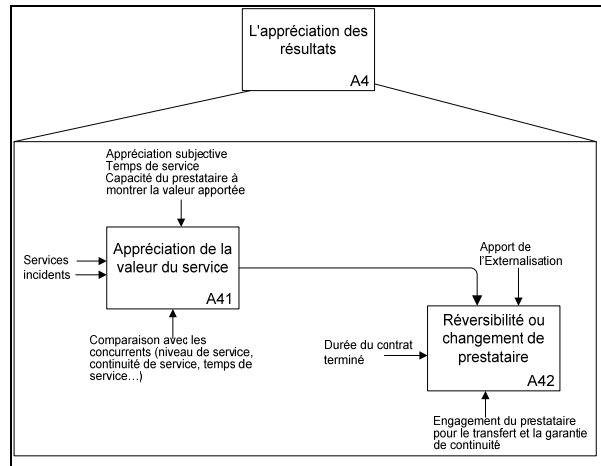


Figure 3. Modèle associé à la troisième activité du modèle

La quatrième phase représente « *l'appréciation des résultats* ». Cette phase se rattache à :

- *L'appréciation de la valeur du service* : la notion de service s'appuie sur des caractéristiques qui ont un impact fort sur le management et l'organisation des entreprises.
- *La réversibilité ou changement de prestataire* : la réversibilité, ou retour en interne, ou changement de prestataire, devra être contractualisée, ce qui signifie bien déterminer les modalités de changement éventuel dans la relation de service, pour éviter sa rupture, pouvant induire à un coût élevé.



**Figure 4.** Modèle associé à la quatrième activité de notre modèle

En vertu des éléments déterminants des quatre phases ainsi décrites, nous développons le modèle final (cf. Figure1) qui illustre les processus d'externalisation dans leur globalité. Ce modèle décrit une véritable démarche d'externalisation, et offre une certaine visibilité et une meilleure organisation des données, des informations échangées au niveau du processus d'externalisation.

## 2.2. Mise en place des indicateurs de performances

Afin d'étayer notre modèle, nous avons déterminé un certain nombre d'indicateurs de performance, qui permettent d'analyser et d'évaluer la démarche d'externalisation. L'identification de ces indicateurs s'est appuyée sur les travaux de (Sucky 2006 ; Teixeira 2006 ; Wendy 2003 ; Jesper 2002). Cet ensemble d'indicateurs est complété par les « *Performance Attributes* » prédéfinis dans le modèle SCOR (Supply Chain Council, 2001), et au niveau desquels l'externalisation intervient de manière explicite ou implicite.

Nous avons identifié vingt-et-un indicateurs de performance directement liés aux activités du modèle d'externalisation. Nous avons également distingué les indicateurs quantitatifs et qualitatifs, et classifié ces indicateurs selon quatre catégories : managérial, qualité, fiabilité et coût. Le Tableau1 synthétise l'ensemble des indicateurs identifiés.

Critères d'évaluation	Indicateurs	Type	Activités associées
Managerial	M1: Capacité du sous-traitant réservée à l'entreprise	Quantitatif	A41
	M2 : Ratio des diplômés universitaires	Quantitatif	A22
	M3 : Fiabilité	Qualitatif	A22-A42
	M4 : Flexibilité	Qualitatif	A22-A33-A41
	M5 : Rapidité des flux d'information	Qualitatif	A32-A33-A41

	M6 : Indicateur de dépassement de coûts	Quantitatif	A41
Qualité	Q1: Comparaison entre l'inspection en ligne et en fin de production chez le sous-traitant.	Quantitatif	A32-A33-A41
	Q2: Ratio des items non endommagés	Quantitatif	A32-A41
	Q3: Nombre des certificats qualité chez le sous-traitant	Quantitatif	A22
	Q4 : Taux de conformité par rapport à un standard de qualité	Qualitatif	A22-A41
	Q5 : Taux de satisfaction de l'Entreprise	Qualitatif	A41-A42
	Q6 : Taux de fidélisation de l'Entreprise	Qualitatif	A22-A41-A42
	Q7 : Taux de réclamation Entreprise	Quantitatif	A41-A42
Fiabilité	F1 : Taux de fiabilité des prévisions de vente	Quantitatif	A41-A42
	F2 : Taux de service du sous-traitant	Quantitatif	A32-A41-A42
	F3 : Temps de traitement (Lead Time)	Quantitatif	A32-A41
Coûts	C1 : La capacité financière du sous-traitant.	Qualitatif	A22
	C2 : Coûts logistiques de l'entreprise	Quantitatif	A1-A41
	C3 : Coût total du sous-traitant	Quantitatif	A22-A41
	C4 : Coûts de planification de demande & d'approvisionnement	Quantitatif	A22-A41
	C5 : Coût de passation de commandes	Quantitatif	A22-A41

**Tableau 1.** Indicateurs de performance liés aux processus d'Externalisation

Pour chacun des indicateurs nous proposons une définition afin d'en décrire la sémantique et la finalité, et les formules de calcul associées pour ceux qui sont de type quantitatif. A titre d'exemple, nous détaillons ci-dessous les indicateurs 'C2' et 'Q1' :

- *Coûts logistiques de l'Entreprise* : présentés par rapport au chiffre d'affaire net de l'entreprise, ils sont calculés comme suit :

Coûts logistiques globaux de l'Entreprise = [Coût de transport sur approvisionnement] + [Coût d'entreposage des matières premières] + [Coûts financiers du stock de matières premières] + [Frais logistiques internes à la production (pilotage, planification, administratif, manutention)] + [Coûts financiers des en-cours et des stocks de produits semi-finis] + [Coût de stockage des produits finis] + [Frais financiers du stock de produits finis liés à ce stockage]

- *Comparaison entre l'inspection en ligne et en fin de production chez le sous-traitant* : cet indicateur est mesuré quand l'entreprise emploie des spécialistes de contrôle qualité qui suivent la production chez le sous-traitant. Les résultats de l'inspection en ligne et en fin de production sont enregistrés. Il est mesuré comme suit :

$$Q1 = (\sum_{\text{commandes}} [C]) / \text{Nombre de commandes, avec :}$$

$C = [\text{Nombre des items endommagés apparus lors de l'inspection en ligne} - \text{Nombre des items endommagés apparus à la fin de l'inspection}] / [\text{Nombre des items endommagés apparus lors de l'inspection en ligne}]$

La difficulté réside alors dans la quantification des critères qualitatifs. Pour exploiter ce type d'indicateurs et en vue de constituer un élément d'appréciation, nous proposons dans cet article un outil matriciel (Tableau 2) visant à réaliser une évaluation d'un indicateur qualitatif basée sur les indicateurs de mesure de performance quantitatifs. Chaque ligne de la matrice représente un indicateur qualitatif et chaque colonne un indicateur quantitatif. Leur

intersection évalue la relation subjective en terme de corrélation entre ces deux types d'indicateurs : '1' pour une corrélation faible, '3' pour une corrélation normale, et '5' pour une corrélation forte.

A chaque indicateur qualitatif est affecté un *ordre d'importance* (ou score) entre 1 et 5, accordé par l'entreprise, et qui exprime un certain objectif de l'entreprise par rapport à sa relation avec le sous-traitant. Si l'entreprise, par exemple, vise à obtenir une meilleure fiabilité du sous-traitant, l'indicateur qualitatif M3 « Fiabilité du sous-traitant » se verra attribuer une importance de '5'. Une meilleure fiabilité exprime une meilleure flexibilité du sous-traitant, et une meilleure satisfaction de l'entreprise, ainsi nous donnons le score '4' aux indicateurs M4 « Flexibilité du sous-traitant » et Q5 « Taux de satisfaction de l'entreprise ».

L'importance de l'indicateur quantitatif est alors obtenue par l'agrégation de toutes les importances des indicateurs qualitatifs qui lui sont corrélés. Cette importance est calculée par la moyenne pondérée comme l'exprime l'équation 1 :

$$(importance\ Ind\_quantitatif)_j = \sum_{i=1}^n (importance\ ind\_qualitatif)_i \times corrélation(ind\_quantitatif_j / ind\_qualitatif_i) \quad (Equation1)$$

Cette méthode de calcul, appelée également méthode WSM (pour Weighted Sum Model), est probablement la plus connue et la plus utilisée des méthodes de prise de décision. L'importance optimale de l'indicateur quantitatif satisfait alors l'équation 2 :

$$importance_{opt}\ ind\_quantitatif = \max_j \sum_{i=1}^n (importance\ ind\_qualitatif)_i \times corrélation(ind\_quantitatif_j / ind\_qualitatif_i) \quad (Equation2)$$

Le tableau 2 affiche un exemple de la matrice ainsi développée, nommée « Grille de caractérisation de la relation Entreprise/Sous-traitant ». Cette démarche nous permet alors de classer l'ensemble des indicateurs quantitatifs par ordre, et de déterminer quelles actions d'amélioration pouvant être conduites pour répondre à certains objectifs fixés par l'entreprise. Pour l'exemple de la grille ci-dessous, l'entreprise pourrait insister sur l'amélioration des prévisions des ventes, ainsi que sur les temps de traitements du sous-traitant.

Quantitatifs	Scores	M1	M2	M6	Q1	Q2	Q3	Q7	F1	F2	F3	C2	C3	C4	C5
M3	5	5	3	5	5	3	3	5	5	5	5	1	3		
M4	4	3	3	5	5	5	5	5	5	5	5	3	3		
M5	3			3		1	5	5	5	5	5	1	3	1	3
Q4	2				3	3	5	3	3	3	3		3		
Q5	4	3	3	5	3	5	5	5	5	5	5				
Q6	4	5		1	3	1	1	3	3	3	3				
C1	3	3	3	1	3	1	3	3	3	3	3	3	3		
Somme pondérée	$\sum Si*Pj$	78	48	52	84	71	93	107	107	107	107	29	9	3	9

Tableau 2. Exemple de Grille de caractérisation de la relation Entreprise / Sous-traitant



### 3. Simulation des processus d'externalisation

#### 3.1. Modèle de simulation

Nous nous sommes servis de la plateforme ARENA pour construire un modèle de simulation des processus d'externalisation qui se rapporte au modèle d'externalisation développé précédemment. Chaque activité est alors représentée par un « Process Module » qui incorpore des éléments traduisant l'environnement décisionnel, et qui ne devront être intégrés au niveau du modèle que lorsqu'ils sont déterminés. A chaque indicateur de performance quantitatif est associé une variable (formule de calcul sous ARENA) pour évaluer le résultat de la simulation. La figure 5 représente le modèle de simulation ainsi proposé.

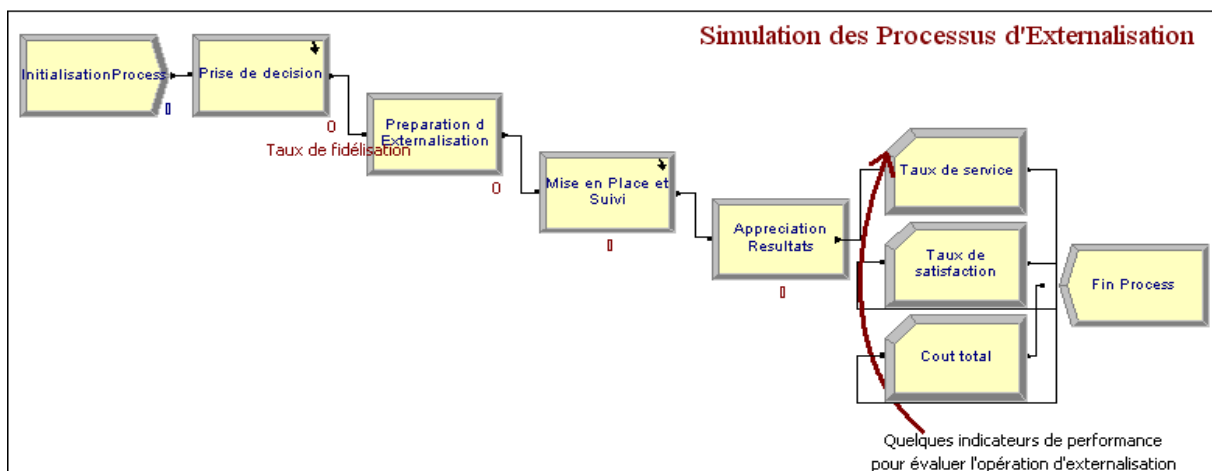


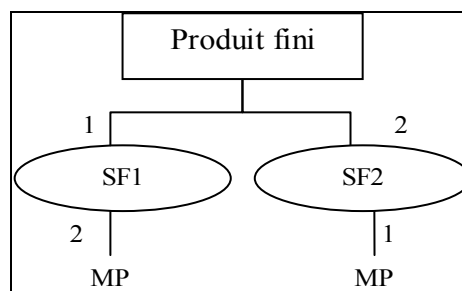
Figure 5. Modèle de simulation

#### 3.2. Le cas d'étude traité

Le cas d'étude traité est tiré des travaux de recherche de (Tsai *et al.*, 2006). Le but est de vérifier la validité du modèle de simulation proposé ; et de traiter les processus d'externalisation de manière concrète et simplifiée. Ce cas d'étude est déployé en deux temps :

1. Observer et comprendre les comportements de l'entreprise dans sa démarche actuelle ;
2. S'appropriier le modèle de simulation en vue d'analyser quelques scénarios décrivant des solutions à des comportements pouvant survenir.

L'entreprise suit une démarche de « Production sur commande ». Elle sous-traite une partie de sa production suite à une insuffisance de ressources. Elle reçoit des commandes hebdomadaires, et réalise des produits configurés selon la nomenclature suivante :



**Figure 6.** La nomenclature produit

Nous disposons des données suivantes :

- *Prix de vente* :  $P = 100 \text{ €}$
- *La demande* : demande hebdomadaire moyenne = 50 unités, avec un écart type = 10
- *Coût Matière première* :  $C_{mp} = 20 \text{ €}$
- *Machine* :
  - o Capacité machine hebdo = 500 heures
  - o Durée opératoire du SF1 =  $D1 = 2 \text{ h/unité}$
  - o Durée opératoire du SF2 =  $D2 = 3 \text{ h/unité}$
  - o Coût d'ouverture hebdomadaire moyen (Frais d'électricité, maintenance préventive, entretien...) :  $C = (100 + \Delta) \text{ €}$ , où  $\Delta$  représente un coût variable
  - o Temps d'arrêt machine (panne, maintenance...) =  $\alpha \%$  du temps d'ouverture hebdomadaire
- *Main d'œuvre* :
  - o Coût de la main d'œuvre directe :  $C_{mo} = 2 \text{ € /h}$
  - o Capacité hebdomadaire = 300 heures
  - o Intervention pour la fabrication :  $\frac{1}{2}$  temps opératoire pour chaque type de produit
  - o Intervention pour l'assemblage :  $C_{ass} = 1$  heure par unité de produit fini

Pour des raisons de complexités nous nous limitons aux éléments suivants pour le calcul des coûts ( $Q$  représente la quantité de produits finis demandée).

- *Coût de la main d'œuvre hebdomadaire pour la fabrication*  

$$= 2 * Q * \frac{1}{2} D1 * C_{mo} + 2 * Q * \frac{1}{2} D2 * C_{mo} = Q * C_{mo} (D1 + D2)$$
- *Coût de la main d'œuvre hebdomadaire pour l'assemblage*  

$$= Q * C_{ass} * C_{mo}$$
- *Coût de revient hebdomadaire des produits finis :  $C_R$*   

$$= \text{Coût de la matière première } (2 * Q * C_{mp} + 2 * Q * C_{mp})$$

$$+ \text{Coût de la main d'œuvre hebdomadaire}$$

$$+ \text{Coût d'ouverture hebdomadaire}$$

$$= 4 * Q * C_{mp} + Q * C_{mo} (D1 + D2) + Q * C_{ass} * C_{mo} + C$$
- *Revenu =  $P * Q$*

Pour respecter les limites de capacité (main d'œuvre et machine), nous écrivons le système de contraintes suivant :

$\begin{cases} 2 * Q * \frac{1}{2} D1 + 2Q * \frac{1}{2} D2 + Q * C_{ass} \leq \text{Capacité hebdo de la main d'oeuvre} \\ 2 * Q * D1 + 2Q * D2 \leq (\text{Capacité hebdo machine} - \text{Temps d'arrêt}) \end{cases}$
---

Ainsi nous obtenons le système d'équation suivant :

$$\max(\text{profil}) = (P * Q) - C_R$$

avec :

$$\begin{cases} 2 * Q * \frac{1}{2} D1 + 2 * Q * \frac{1}{2} D2 + Q * C_{ass} \leq \text{Capacité hebdo de la main d'oeuvre} \\ 2 * Q * D1 + 2 * Q * D2 \leq (\text{Capacité hebdo machine} - \text{Temps d'arrêt}) \end{cases}$$

Pour simuler le comportement de l'entreprise face à cette surcharge, nous introduisons un ensemble de variables pour calculer les quantités de produits traitées en internes et celles sous-traitées selon la variation de la demande ainsi que les coûts associés. La durée de simulation est de six mois (26 commandes). Les contraintes exprimées ci-dessus sont formulées, reliant ainsi l'ensemble des variables du modèle. En outre des indicateurs de coûts, nous mettons en place des indicateurs (tels que le nombre de commandes livrées à temps, et le nombre de commandes avec produits non endommagés), générés en incluant des aléas, afin d'évaluer les coûts par rapport à d'autres critères. La figure 7 illustre les résultats générés pour une réplcation donnée.

Processus Externalisation	
Replication 1	
Start Time:	0,00
<b>Counter</b>	
Count	Value
Cout de traitement Externe	4,730.00
Couts de traitement Interne	63,599.00
Nbre Commandes avec Produits non endommages	5.0000
Nbre Commandes livres a temps par commande traitee en Externe	11.0000
Nbre Commandes traitees en Externe	12.0000
Nbre Demandes sur la Periode	26.0000
Nbre Demnades Traitees en Interne	14.0000
Quantites a traiter en externe	94.0000
Quantites a traiter en Interne	601.00

**Figure 7.** Résultats d'une réplcation de la simulation de la démarche de l'entreprise

Par ailleurs, la demande peut connaître ultérieurement une augmentation importante, que l'entreprise ne peut satisfaire. Nous proposons d'étudier deux scénarios,

1. Fabriquer les SF1 en interne et externaliser la production des SF2 ;
2. Fabriquer les SF2 en interne et externaliser la production des SF1.

La figure 8 illustre le *Process module* « Phase de prise de décision » du modèle de simulation paramétré dans notre cas d'étude. Ce paramétrage s'effectue par la traduction des deux scénarii selon un ensemble de variables (tels le coût de la production des SF1 en interne, le coût de la production des SF2 en externe, et le coût total de la solution) et règles (telles les contraintes de capacités) au niveau du modèle de simulation.

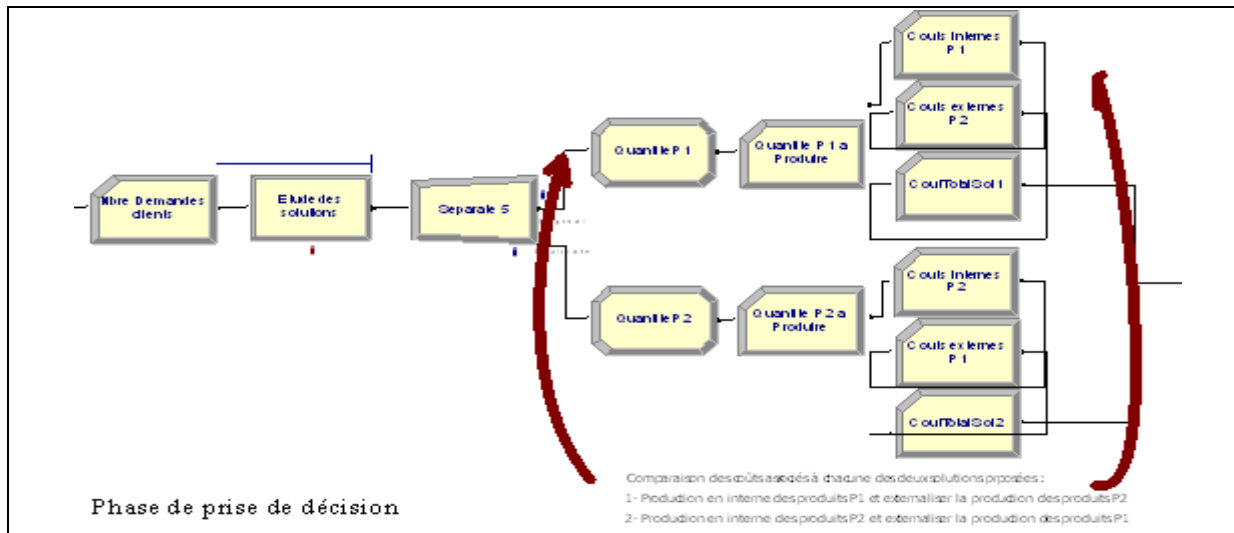


Figure 8. Paramétrage du modèle de simulation au cas d'étude

Nous procédons par la suite à la comparaison de chacune des deux solutions, à l'aide de quelques indicateurs mis en place. La figure 9 illustre le rapport généré pour une réplique donnée, ainsi que l'histogramme de comparaison des deux scénarii par rapport à la moyenne associée aux données résultantes de dix répliques du modèle de simulation. Nous constatons que la deuxième solution est celle qui permet de maximiser le profit (coût de revient total associé inférieur à celui de la première). En outre, le taux de service associé est meilleur. Ce constat est associé à un intervalle de confiance de niveau 0,7.

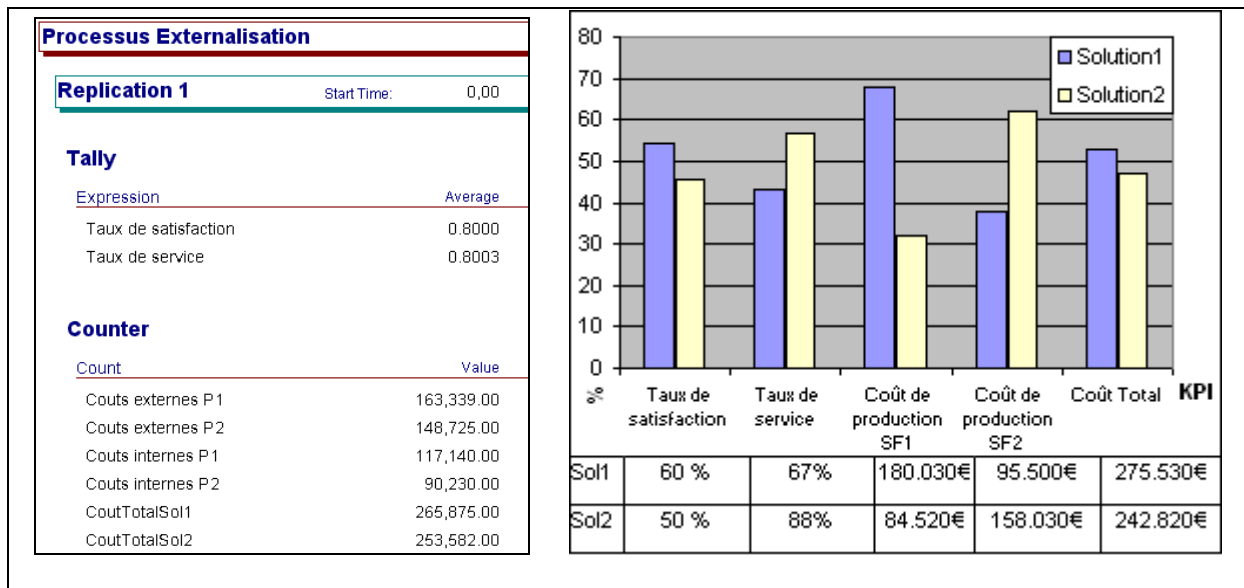


Figure 9. Résultats du modèle de simulation du cas d'étude. Comparaison des deux scénarii.

## 4. Conclusion

Nous nous sommes intéressés dans ce papier aux relations interentreprises et plus particulièrement aux stratégies d'externalisation, qui représentent aujourd'hui une composante majeure des politiques de réorganisation partout dans le monde. L'objectif était de modéliser les processus d'externalisation, et de simuler leur comportement dans un contexte de Supply Chain via un cas d'étude. Le modèle proposé intègre quatre activités, allant de la prise de décision jusqu'à l'appréciation des résultats d'une démarche

d'externalisation. Ce modèle est consolidé par un ensemble de mécanismes de contrôle et de support. A chaque activité nous avons associé un ensemble de métriques et d'indicateurs de performance. La difficulté de mesure liée à la présence d'indicateurs qualitatifs, nous a conduit à proposer une démarche de mesure simple permettant la quantification de ces indicateurs et ceci afin d'intégrer l'ensemble des indicateurs dans l'évaluation de la relation entre l'entreprise et son sous-traitant. Cette démarche n'a pas la prétention d'être exhaustive, elle peut être éventuellement étendue par l'utilisation de la logique floue en vue de traiter de manière assez avancée ce type d'indicateurs.

Nous avons choisi de traiter un cas d'étude pour lequel nous simulons, dans un premier temps, la démarche de l'entreprise afin de comprendre son comportement. Dans un second temps, nous nous approprions ce modèle de simulation en vue d'étudier différents scénarios analysant des solutions potentielles aux phénomènes et comportements observés. Une suite de l'analyse des résultats des différentes répliques générées serait de prendre en compte le caractère stochastique de certaines variables du modèle pour analyser les limites de l'application et du modèle de simulation proposé.

## 5. Références bibliographiques

- Barthélemy, (2001) « Stratégies d'Externalisation. Préparer, décider et mettre en œuvre l'externalisation d'activités stratégiques », Dunod.
- Beamon B.M, (1998) « Supply chain design and analysis : models and methods », International journal of production economics.
- Daihani D.U, (1994) « Définition de propositions méthodologiques pour l'intégration des principales fonctions de décision dans un système de production », Thèse d'état, Université d'Aix-Marseille III.
- Dumoulin R., Martin A., (2000) « Une approche exploratoire de l'externalisation de la R&D : vers une modélisation des paramètres nécessaires », Les Cahiers de la Recherche CLAREE Centre Lillois d'Analyse et de Recherche sur l'Evolution des Entreprises, UPRESA CNRS 8020.
- Fimbel E., (2002) « Externalisation : Discriminants et Facteurs de succès », Revue trimestrielle :L'Expansion Management Review, mars, n° 104, pages 60-69.
- Gosse B., Sargis C., et Sprimont P.A., (2000) « Les stratégies d'Externalisation : Opérationnalisation et changements organisationnels », Les Cahiers de la Recherche, CLAREE, UPRES-A CNRS 8020.
- Jesper M., (2002) « Framework for outsourcing manufacturing : strategic and operational implications », Computers in Industry 49 (2002) 59-75, Elsevier.
- Layek A., Kullpattaranirun T., Suebsak N., (2004) « A framework for comparing outsourcing strategies in multi-layered supply chains », Int. J. Production Economics 97 (2005) 318-328, Elsevier.
- Pierreval H., (1990) « Les méthodes d'analyse et de conception des systèmes de production », HERMES.
- Rapport du MEDEF « Management de l'externalisation ». Guide européen réalisé par le Comité de Liaison des Services du MEDEF et l'Institut Esprit Service avec le soutien de la Commission Européenne.
- Supply Chain Council, (2001) « Supply Chain Operations Reference-Model », SCOR Version 5.0.
- Sucky E., (2006) « A model for dynamic strategic vendor selection », Department of Supply Chain Management, Goethe-University, Mertonstr. 17, 60054 Frankfurt, Germany, Computers & Operations Research, Elsevier.
- Teixeira A. , (2006) « Multicriteria decision model for outsourcing contracts selection based on utility function and ELECTRE method », Computers & Operations Research, Elsevier.
- Trienekens J.H., Hvolby H.H., (1999) « Evaluation of three different methods for supply chain modelling », Proceedings of Global Production Management, IFIP 5.7.
- Tsai W., Lai C., (2006) « Outsourcing or capacity expansions: Application of activity-based costing model on joint products decisions », Computers & Operations Research, Elsevier.

Wendy L., (2003) « A Knowledge-based risk assessment framework for evaluating web-enabled application outsourcing projects », *International Journal of Project Management* 21 (2003) 207-217, Pergamon.

Whitten D., Wakefield R., (2005) « Measuring switching costs in IT outsourcing services », *Journal of Strategic Information Systems* (2006), Elsevier.