

Impact des contrats d'approvisionnement sur la performance de la chaîne logistique

AICHA AMRANI-ZOUGGAR¹, JEAN-CHRISTOPHE DESCHAMPS², JEAN-PAUL BOURRIERES³,

^{1,2,3} LAPS/GRAI -Laboratoire IMS, UMR 5218 CNRS
Université Bordeaux I
351 cours de la libération, 33405 Talence Cedex , France
aicha.amrani@ims-bordeaux.fr
jean-christophe.deschamps@ims-bordeaux.fr
jean-paul.bourrieres@ims-bordeaux.fr

Résumé — Les entreprises modernes se structurent en réseaux pour faire face aux risques techniques et financiers qui découlent d'un marché instable et versatile. Ces entreprises s'organisent en chaînes logistiques au sein desquelles chaque partenaire cherche à maîtriser son activité et à se prémunir des risques par des contrats d'approvisionnement passés avec ses fournisseurs.

Nous nous intéressons à ces contrats en les étudiant sous l'angle des contraintes d'approvisionnement qu'ils comportent, et dont le rôle est de réguler les relations client - fournisseur, stabiliser les activités et favoriser une collaboration cadrée. Notre analyse porte plus particulièrement sur une classe de contrats comportant des engagements sur des quantités d'approvisionnement exprimées sur des intervalles de temps déterminés (horizon / période). Nous mettons ici en évidence l'impact des engagements négociés le long de la chaîne logistique sur les performances de cette dernière.

Mots clés — Chaîne logistique, risques, contrats d'approvisionnement, planification dynamique, simulation.

I. INTRODUCTION

Face à des clients exigeants et à une demande de plus en plus volatile, les entreprises se structurent en réseaux de partenaires et négocient les clauses de collaboration avec ses fournisseurs au travers de contrats cadre. Ces derniers représentent pour les industriels un moyen de stabiliser l'activité de production le long de la chaîne logistique, en fidélisant les fournisseurs et clients et en garantissant un bon niveau de réactivité aux aléas logistiques.

L'un des atouts majeurs de la contractualisation réside dans la maîtrise des risques inhérents à toute activité de production. Les acteurs de la chaîne subissent en effets des risques multiples à impact négatif sur les performances de la chaîne, tels que les ruptures ou, à l'inverse, accumulation des stocks, perte d'activité, insatisfaction des clients, commandes inopinées et bouleversements des plannings de productions.

Conscients des avantages de la mise en place de partenariat pour la réduction des risques [1], les entreprises admettent plus aisément la nécessité de collaborer, d'échanger et partager l'information [2], dans l'optique de coordonner leurs activités. Toutefois, les approches collaboratives mises en œuvre demeurent généralement à portée limitée, les entreprises craignant de s'engager dans un partenariat pouvant conduire à une perte de leur propre autonomie et de performance au niveau local.

Dans ce papier, nous analysons un contexte de collaboration sous contrat en formalisant les contraintes liées aux différents

engagements d'approvisionnements et en observant par des simulations leur impact sur la performance globale de la chaîne logistique.

Nous présentons dans un premier temps en section II les contrats sous l'angle des contraintes d'approvisionnement qu'ils imposent et justifions l'intérêt de la contractualisation. La section III décrit le modèle de planification dynamique élaboré en vue d'évaluer la performance sur un cas - type de chaîne logistique. Ce modèle dynamique permet l'obtention de plans de productions, d'ajustements de capacités et de plans d'approvisionnements pour chacun des acteurs de la chaîne (chaîne assimilée à un système de production distribué). Nous verrons alors comment les contraintes contractuelles viennent alimenter le modèle de planification dynamique impactant ainsi les résultats obtenus. En section IV, sont explicités l'environnement de simulation, les principaux éléments de programmation de l'application et la procédure de simulation adoptée. La section V rassemble les résultats issus de l'expérimentation menée pour un contrat de type *engagement sur quantité par période* et évoque les perspectives de nos investigations.

II. POURQUOI LES CONTRATS D'APPROVISIONNEMENT ?

La variabilité du marché conduit les entreprises à prendre des risques techniques et financiers importants pour rester concurrentielles. Le développement des chaînes logistiques est l'une des réponses à cet environnement incertain. Les complémentarités des compétences et le partage des risques entre ces acteurs permettent à chacun de conserver une bonne réactivité et de rester compétitif.

Grâce à la contractualisation, les activités des acteurs sont partiellement coordonnées sur le long terme et stabilisées. Les partenaires peuvent être soumis à des pénalités visant à les dissuader de ne pas respecter les clauses portées au contrat, telles que les engagements sur les délais de livraison ou sur les quantités commandées.

A. Les Contrats d'approvisionnement

Les contrats d'approvisionnement sont des accords exprimant les termes et conditions d'approvisionnement, les engagements de chacun et les moyens de réduction des risques techniques et financiers. Les contrats d'approvisionnement contiennent le plus souvent des clauses opérationnelles portant sur la durée du contrat, les quantités sur lesquelles on s'engage, le prix, les exigences de qualité, les termes de livraison, et notamment la facturation, la confidentialité, la gestion des conflits, les compensations, les garanties et fin de contrat.

Les contrats sont en général négociés en début de collaboration et portent sur un horizon de temps bien défini. Leur objectif est d'augmenter la probabilité d'accomplir la réalisation conforme des commandes en anticipant l'apparition d'événements inattendus et en palliant les incertitudes commerciales et opérationnelles.

Les acteurs d'une chaîne logistique n'ont ainsi aucun avantage à s'engager dans un contrat, à moins qu'il leur fournisse quelques avantages communs. Nous avons dans [3] présenté une classification des motivations contractuelles en quatre catégories basées sur la nature et sur le niveau de partage des risques. Nous avons identifié ainsi quatre motivations contractuelles majeures : la *réduction d'incertitude* de la demande, la *maîtrise des dépenses*, la *diminution des conflits* et la *définition des responsabilités*.

B. Etat de l'art

La littérature scientifique fait état de travaux concernant l'étude des contrats d'approvisionnement. Ainsi, Das & Abdel-Malek [4] confortent l'idée que les contrats d'approvisionnement sont un moyen permettant d'améliorer fortement l'efficacité et/ou la coordination opérationnelles des chaînes logistiques. (Cachon & Larivière, 2003) [5] discutent dans le recueil de ses travaux sur les contrats, les différents types d'engagements dans la chaîne logistique (tels que le contrat avec rabais de prix, le contrat de partage de revenu...) et formalisent leurs impacts sur la performance.

D'autres auteurs proposent l'élaboration de politiques optimales d'approvisionnement sur critère économique: ainsi, Liston et al. [6] s'intéressent aux coûts de sous-traitance, Frascatore et al. [7] proposent et testent différentes politiques d'approvisionnement guidées par les compensations, Ningxiong [8] étudie par simulation l'efficacité de différents coûts de pénalité en cas d'annulation de la commande. Ces approches s'appuient sur des modèles continus et probabilistes, afin de prendre en compte l'incertitude sur la demande.

Schneeweiss et al. [9] fait partie des rares travaux s'appuyant sur des approches linéaires et déterministes, à l'instar de celles que nous développons. Ils étudient l'impact des contrats d'approvisionnement sur la performance opérationnelle de la chaîne en décomposant le processus décisionnel en niveau tactique et opérationnelle et en affectant un modèle d'optimisation spécifique au producteur et fournisseur pour en déduire différentes incidences. Cependant l'approche reste limitée à l'étude d'une chaîne dyadique (vision client-fournisseur).

Parmi les travaux qui associent le contrat aux risques, nous trouvons ceux de He et al. [10] qui étudient le risque de production à rendement aléatoire face une demande incertaine, dans une chaîne composée d'un fournisseur, d'un fabricant et d'un détaillant. Deux types de contrats y sont étudiés: contrat sans partage de risque et contrat de partage de risque où plusieurs scénarios sont suggérés pour en vérifier l'impact sur la performance.

Les recherches portant sur la globalité de la chaîne logistique restent cependant encore rares, et l'étude du point de vue client-fournisseur est largement dominante dans la littérature rencontrée. Pour notre part, nous avons souhaité nous baser sur une multiplicité des partenaires et de pluralité des engagements d'approvements, encore peu étudiés et à l'évidence facteur de complexité pour l'organisation de la production au sein de la chaîne logistique.

C. Classe de contrat analysé : Engagement sur des quantités

Nos investigations portent sur la politique d'approvisionnement définie dans le contrat. Considérant un horizon de planification constitué de plusieurs périodes élémentaires, nous distinguons des engagements de quantités d'approvements par période (fig. 1) et des engagements de quantités sur un horizon d'engagement donné H_e (fig. 2).

L'hypothèse d'un horizon gelé est adoptée dans nos travaux. Chaque partenaire de la chaîne logistique se dote d'un horizon gelé qui résulte d'un compromis entre les délais techniques d'organisations (durée nécessaire de mise en place de décisions) et le besoin de réactivité au marché (encours d'approvisionnement, de production) dans l'objectif de stabiliser ses activités internes et éviter une nervosité excessive de la production.

- Engagement de quantité / période

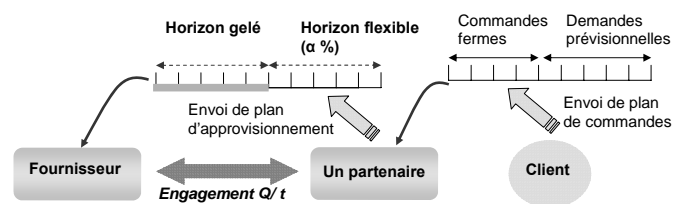


Fig1. Engagement de quantité/ période

Dans ce type d'engagement, il est prévu qu'un partenaire de la chaîne reçoive de son client des commandes fermes et des demandes prévisionnelles (susceptibles d'être mis à jour ultérieurement). Le partenaire est lié à son fournisseur par un engagement sur des produits commandés par période (Q/t). Sur un horizon gelé de production, les quantités définies par le plan d'approvisionnement ont valeur d'engagement auprès du fournisseur et ne pourront être modifiées à la prochaine planification. En revanche, une certaine flexibilité est négociée de la part du partenaire sur la modification des précédentes demandes afin d'adapter son plan d'approvisionnement aux variations de la demande de son propre client. Cette flexibilité à un instant de planification est définie à la hausse ou à la baisse à hauteur de $(\alpha \%)$ par rapport aux valeurs de la précédente planification. Ce type de contrat est étudié dans [11][12].

- Engagement de quantité/ Horizon (H_e)

Dans ce type de contrat, nous proposons d'observer l'effet d'un engagement sur un horizon donné appelé (H_e) tel que : $H_e \leq H$ (horizon de planification).

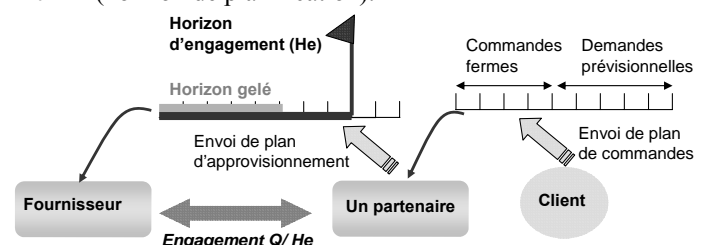


Fig2. Engagement de quantité/ Horizon

Un partenaire reçoit des commandes fermes et des demandes prévisionnelles. Ce partenaire de la chaîne est lié avec son fournisseur par un engagement (Q/H_e). Ce type de contrat contraint le partenaire à s'engager sur une quantité globale de

produits à commander au fournisseur sur un horizon négocié (He).

III. MODELISATION DU PROCESSUS DE PLANIFICATION

Dans cette section, nous présentons dans un premier temps le modèle de planification développé pour le besoin de notre étude, valable pour chacun des acteurs de la chaîne. La dynamique de décision s'appuie sur le concept d'horizon glissant. Ce modèle est dans un second temps complété par l'ensemble des contraintes relatives aux différents engagements d'approvisionnement stipulés dans les contrats, qui lient les partenaires deux à deux dans une relation client-fournisseur.

A. Cas type

Pour pouvoir tester différents contrats passés entre partenaires, sur un même cas d'étude, nous avons considéré un exemple de chaîne logistique dans la téléphonie mobile proposé dans les travaux de Catalan & Kotzab [13]. Nous faisons apparaître deux rangs de fournisseurs et donc deux contrats d'approvisionnement.

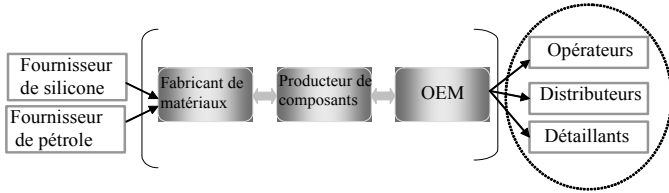


Fig3. Cas d'étude

La chaîne se compose d'une entreprise OEM (Original Equipment Manufacturer), qui fabrique des produits sur commandes pour le compte de grandes marques, liée au PRODUCTEUR à son tour lié au FABRICANT (fig. 3).

B. Modèle de planification

Le comportement décisionnel de chaque acteur de la chaîne en charge de planifier ses activités de production est représenté par le modèle générique qui permet le calcul des plans de production, d'approvisionnement, et livraison, tout en calculant les niveaux de stocks pour chacune des périodes.

Les décisions sont projetées sur un horizon de temps, décomposé en périodes de temps élémentaires définissant la finesse du calcul de planification.

La planification est dynamique basée sur le principe de l'horizon glissant : à chaque pas de planification les nouvelles données relatives à la demande, aux en-cours de production et aux décisions reportées de l'horizon gelée sont intégrées dans la planification. Les plans sont mis à jour régulièrement toutes les (PP) périodes (comme illustré dans la fig.4)

Le modèle proposé est linéaire composé d'un critère à maximiser et un ensemble de contraintes. La portée du modèle est définie par les hypothèses suivantes : nous traitons la planification, multi-produits, multi-périodes, chaque acteur agissant à capacité finie avec toutefois recours à des heures supplémentaires, la sous-traitance n'est pas envisagée.

Nos notations sont les suivantes :

H : Horizon de planification (exprimée en nombre de périodes)

HG : Horizon gelé (exprimée en nombre de périodes)

HFL : Horizon flexible (exprimée en nombre de périodes)

PP : Périodicité de planification (exprimée en nombre de périodes)

i : Incrémentation (i ème pas de planification)

φ : Période de la prochaine planification, $\varphi = inc. PP$.

$t = \varphi, \dots, \varphi + H - 1$ Période de planification

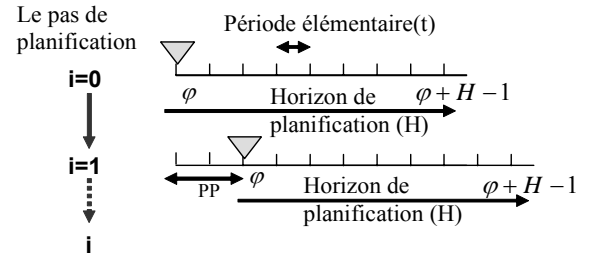


Fig4. Planification à horizon glissant

- Notations liées au problème de planification de production :

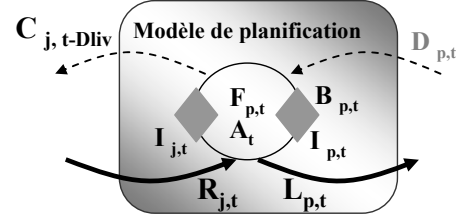


Fig5. Modèle de planification par acteur

p : indice du produit, $p = 1, \dots, n$

j : indice du composant, $j = 1, \dots, m$

$D_{p,t}$: Demande en produit fini (p) en période (t)

PV_p : Prix de vente du produit (p)

$\hat{f}_p, \hat{i}_p, \hat{b}_p, \hat{l}_p, \hat{h}, \hat{a}_j, \hat{i}_j$: Coût unitaire de fabrication, stockage, rupture et livraison du produit (p), heure supplémentaire, achat du composant (j), stockage du composant (j), respectivement.

$\gamma_{p,j}$: Coefficient de lien de nomenclature (quantité du composant j dans le produit p)

α_p : Nombre d'heures consommé par le produit (p) dans la fabrication

CAPN, CAPA : Limite de capacité de production nominale et capacité additionnelle liée à l'emploi des heures supplémentaires

$\theta\%$: Pourcentage d'augmentation de capacité autorisée pour les heures supplémentaires

D_{liv} : Délai de livraison du fournisseur (exprimé en nombre de périodes)

Variables de décisions (figure 5):

$F_{p,t}$: Quantité du produit (p) à fabriquer en interne sur la période (t)

$I_{p,t}$: Quantité du produit fini (p) en stock en fin de période (t)

$I_{j,t}$: Quantité du composant (j) en stock en fin de période (t)

A_t : Nombre d'heures supplémentaires à faire en période (t)

$B_{p,t}$: Quantité de produit (p) en rupture constatée en fin de période (t)

$R_{j,t}$: Quantité du composant (j) à recevoir du fournisseur (u) sur la période (t)

$C_{j,t}$: Quantité du composant (j) à commander chez le fournisseur sur la période (t)

$L_{p,t}$: Quantité de produit fini (p) à livrer en période (t)

$$\max \sum_{t=\varphi}^{\varphi+H-1} \left(\sum_{p=1}^n PV_p \cdot L_{p,t} - (\hat{f}_p \cdot F_{p,t} + \hat{i}_p \cdot I_{p,t} + \hat{b}_p \cdot B_{p,t} + \hat{l}_p \cdot L_{p,t}) - \hat{h} \cdot A_t - \left(\sum_{j=1}^m (\hat{i}_j \cdot I_{j,t} + \hat{a}_j \cdot R_{j,t}) \right) \right) \quad (1)$$

Sous les contraintes

$$\begin{cases} I_{p,t} = I_{p,t-1} + F_{p,t} - L_{p,t} & \forall p = 1, \dots, n \quad (2) \\ B_{p,t} = B_{p,t-1} + D_{p,t} - L_{p,t} & \forall p = 1, \dots, n \quad (3) \\ I_{j,t} = I_{j,t-1} + R_{j,t} - \sum_{p=1}^n \gamma_{p,j} F_{p,t} & \forall p = 1, \dots, n, \forall j = 1, \dots, m \quad (4) \\ \sum_{p=1}^n \alpha_p F_{p,t} \leq CAPN_t + A_t & \forall p = 1, \dots, n \quad (5) \\ A_t \leq CAPA \mid CAPA = \theta\% \cdot CAPN & \forall p = 1, \dots, n \quad (6) \end{cases}$$

Ces contraintes sont valables pour $\forall t = \varphi, \dots, \varphi + H - 1$

Le critère (1) tend à maximiser le gain issu de la différence entre les ventes et les différents coûts. L'équation (2) est une équation de conservation de matière, liant les stocks à la quantité produite et aux livraisons, l'équation (3) est une contrainte liant les ruptures à la demande en produit fini et aux livraisons engagées. L'équation (4) actualise le niveau de stocks des composants en fonction des réceptions et de la production. L'équation (5) donne les limites de capacités de production en fonction de la capacité nominale et de la capacité additionnelle (recours aux heures supplémentaires). L'équation (6) garantit le non dépassement des heures supplémentaires.

C. Contraintes contractuelles

Nous modélisons ici les clauses d'approvisionnements en tant que contraintes additionnelles dans le modèle générique de planification.

- **Contraintes associées à l'engagement (Q/t)**

Ce type de contrat induit un engagement sur des quantités par période élémentaire (t). Comme la demande n'est pas stable, il est inconcevable de s'engager sur les quantités commandées ($C_{j,t}$) sur la totalité de l'horizon de planification.

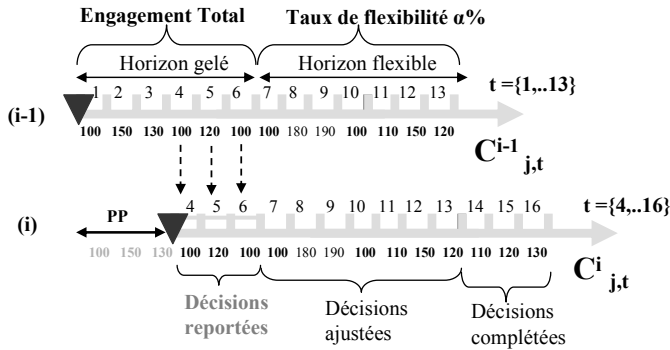


Fig6. Engagement Q/t

Sur les périodes de l'horizon gelé (HG), les quantités de composants commandées valent engagement. Au-delà de l'horizon gelé apparaît l'horizon flexible qui, par définition, n'est là que pour estimer le volume d'activité prévisionnelle et les ressources nécessaire à sa réalisation (fig. 6).

Sur cet horizon flexible, chaque acteur industriel peut faire varier sa demande, sous réserve que celle-ci n'évolue pas au-dessus ou au-dessous d'un certain pourcentage.

Il faut veiller à ce que les valeurs transmises en commandes appartiennent aux intervalles autorisés par l'engagement ($\alpha\%$). Pour exprimer l'interaction entre deux pas de planification, nous utilisons cette notation : $X_{j,t}^i$: Variable de décision $X_{j,t}$ à l'incrémation (i).

Les contraintes du contrat (Q/t) s'écrivent comme suit :

$$R_{j,t}^i = C_{j,t}^{i-1} \quad \forall t = \varphi, \dots, \varphi + H - 1 \quad (7)$$

$$F_{p,t}^i = F_{p,t}^{i-1} \quad \forall t = \varphi, \dots, \varphi + (HG - PP - 1) \quad (8)$$

$$A_t^i = A_t^{i-1} \quad \forall t = \varphi, \dots, \varphi + (HG - PP - 1) \quad (9)$$

$$C_{j,t}^i = C_{j,t}^{i-1} \quad \forall t = \varphi, \dots, \varphi + (HG - PP - 1) \quad (10)$$

$$C_{j,t}^i \geq C_{j,t}^{i-1} \cdot (1 - \alpha\%) \quad t = \varphi + HG - 1, \dots, \varphi + HFL - 1 \quad (11)$$

$$C_{j,t}^i \leq C_{j,t}^{i-1} \cdot (1 + \alpha\%) \quad t = \varphi + HG - 1, \dots, \varphi + HFL - 1 \quad (12)$$

Pour assurer l'arrivée des approvisionnements ($R_{j,t}$), il faut transmettre les commandes ($C_{j,t}$) au fournisseur en tenant compte du délai d'obtention (équation (7))

Les équations (8), (9),(10) expriment les reports des décisions de l'horizon gelé de l'incrémation précédente (i-1) vers l'incrémation(i).

Par exemple, pour $t = \varphi, \dots, \varphi + (HG - PP - 1)$ la quantité produite $F_{p,t}^i$ à l'incrémation (i) se verra affectée la valeur de $F_{p,t}^{i-1}$ de la planification précédent (i-1). Et ce pour A_t et $C_{j,t}$.

Les inéquations (11), (12) expriment la flexibilité autorisée. Pour $t = \varphi + HG - 1, \dots, \varphi + HFL - 1$, $C_{j,t}^i$ doit varier entre deux bornes plus ou moins $\alpha\%$ de la commande précédente à $C_{j,t}^{i-1}$.

- **Contraintes associées à l'engagement (Q/He)**

Ce type d'engagement peut être perçu comme une variante du contrat engagement par période sauf que dans ce cas l'engagement porte sur un multiple de période élémentaire. Il induit un engagement de quantités commandées (Q) non plus par période mais sur un horizon donné d'engagement (He). Les quantités livrées d'une période sur l'autre sont variables.

Ce type d'engagement procure au client une certaine flexibilité du moment qu'il n'est plus contraint d'acheter une quantité fixée par période mais répartie sur un ensemble de périodes. L'intervalle He peut être inférieur ou égale à l'horizon de planification. En revanche, l'horizon gelé est compris dans l'horizon d'engagement ($HG < He$), comme le montre la fig. 7.

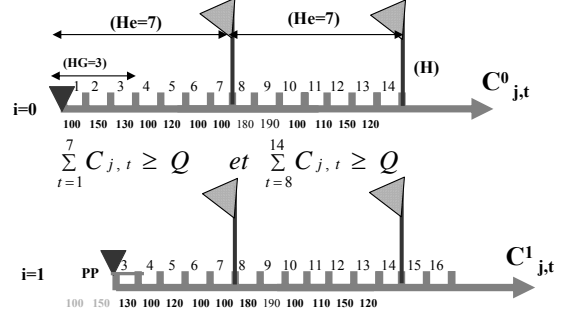


Fig7. Intervalles d'engagements dans (Q/He)

Au pas de planification ($i=0$), les contraintes d'engagement s'écrivent : $\sum_{t=1}^7 C_{j,t} \geq Q$ et $\sum_{t=8}^{14} C_{j,t} \geq Q$

Au pas de planification suivant ($i=1$), les contraintes d'engagement s'écrivent :

$$\sum_{t=6}^7 C_{j,t} \geq Q - \sum_{t=1}^2 L_{j,t}^0 - \sum_{t=3}^3 C_{j,t}^0 \quad \text{et} \quad \sum_{t=8}^{14} C_{j,t} \geq Q$$

A chaque nouvelle planification, les quantités à commander respectant l'engagement sur (He) s'obtiennent après soustraction des quantités livrées à ($i=0$) sur les périodes

passées PP et des quantités des commandes figées (sur l'horizon gelé) à (i=0).

Soit R: Nombre d'intervalles d'engagement, R = H/He
 Soit r : indice d'intervalle, r = 1, ..., R

On remarque alors que le premier intervalle d'engagement (r = 1) est dynamique, il est en fonction de l'incrément (i) (voir inéquation (13)). La quantité d'engagement est supérieure à Q diminuée des η (Quantités livrées à la précédente incrément et les commandes figées). Les autres intervalles (r = 2, ..., R) respectent la contrainte (14).

$$E\left(\frac{(i-1).PP+HG}{He} + 1\right).He \sum_{t=1+(i-1).PP+HG}^{He} C^i_{j,t} \geq (Q - \eta) \quad (13)$$

$$Avec \quad \eta = \sum_{t=1+(i-1).PP}^{i.PP} L^{i-1}_{j,t} + \sum_{t=(i.PP)+1}^{(i-1).PP+HG} C^{i-1}_{j,t}$$

$$\sum_{t=(r-1).He+1}^{r.He} C^i_{j,t} \geq Q \quad \forall r = 2, \dots, R \quad (14)$$

$$E\left(\frac{(i-1).PP+HG}{He} + 1\right) \text{ Symbolise la Partie entière de } \frac{(i-1).PP+HG}{He} + 1$$

IV. SIMULATION

Le modèle de planification présenté en section III a été intégré à la plateforme de simulation que nous avons développée. Cette plateforme est basée sur un solveur de programmation linéaire (XPRESS-MP). La programmation des contraintes contractuelles est réalisée sous Mosel (langage de programmation de Xpress-Mp). La dynamique du processus décisionnel (mise à jour des en-cours entre deux incréments de planification) ainsi que les interactions entre acteurs de la chaîne logistique (Transmission des plans d'approvisionnement, propagation d'aléa sur le flux physique) sont codées en Visual Basic.

En raison de la multiplicité des acteurs au sein de la chaîne logistique, apparaissent des problèmes de désynchronisation liés à la différence des valeurs de PP (périodicité de planification) utilisés par les divers partenaires. Par des travaux antérieurs [14] nous avons montré par des simulations que l'asynchronisme décisionnel des différents acteurs d'une chaîne logistique crée des effets de latence dans la prise en compte d'événements perturbateurs (tels qu'une variation de la demande), diminuant la réactivité globale de la chaîne. La désynchronisation est donc perçue comme un facteur gênant les performances de la chaîne.

Dans notre cas, nous admettons que les trois acteurs planifient de manière synchrone. Cette hypothèse est pertinente permet d'écarter toute cause implicite de rupture et d'orienter plus finement notre analyse sur l'impact des engagements d'approvisionnements.

V. EXPERIMENTATIONS

Une série de simulations sera menée afin d'évaluer la performance globale de la chaîne logistique en fonction de la nature des contrats d'approvisionnement adoptés en amont et en aval d'un acteur de la chaîne logistique.

Dans le cadre de cette expérimentation nous étudions l'engagement Q/t ; l'engagement (Q/He) est en cours de codage.

Dans les différents scénarios, OEM est lié à PRODU avec 15% de flexibilité et nous faisons varier le taux de flexibilité accordée dans le contrat d'approvisionnement entre PRODU et FAB. Nous soumettons ces scénarios au même profil de perturbation de la demande et observons les différents impacts des configurations choisies sur la performance globale de la chaîne logistique (table 1).

Engagement Q/t (Avec flexibilité variable)	Perturbation de la demande (similaire dans tous les scénarios)			
	Performance globale (Unité monétaire)	Performance locale		
		OEM	PRODU	FAB
Scénario1: 15%-40%	1.774.544	634132	458183	682229
Scénario2: 15%-20%	1.948.678	799132	451611	697936
Scénario3: 15-15%	1.958.363	799132	4482015	711030

Table1. Impact du taux de flexibilité sur la performance

Nous constatons que la chaîne se comporte différemment suivant la flexibilité accordée. Les performances locales sont relatives à chaque acteur de la chaîne.

Nous constatons que le maillon le plus en amont de la chaîne (FAB) tire profit de la réduction de flexibilité vis-à-vis du maillon (PRODU). En ce sens, quand le dernier maillon de la chaîne n'autorise pas une grande variation des commandes il se prémunit de la sorte des ruptures qu'il risque d'endosser en évitant les coûts de pénalités du contrat. Il améliore ainsi sa performance locale au détriment de la performance globale. PRODU s'en trouve affectée également du fait qu'il ne reçoit pas les quantités nécessaires de FAB et se trouve dans l'incapacité de fournir à temps l'OEM et donc paye des pénalités, réduisant ainsi sa performance locale.

Les scénarios 2 (15%-20%) et 3 (15%-15%) sont analysés (Fig. 8 et Fig.9) en termes d'heures supplémentaires engagées par les différents partenaires pour en tirer des observations sur la réactivité face aux perturbations de la demande.

L'acteur OEM parvient à répondre à la perturbation sans recourir aux heures supplémentaires. PRODU et FAB, pour répondre à la perturbation, doivent faire un lissage et répartir les pics de la demande subis sur les différentes périodes, d'où le recours aux heures supplémentaires.

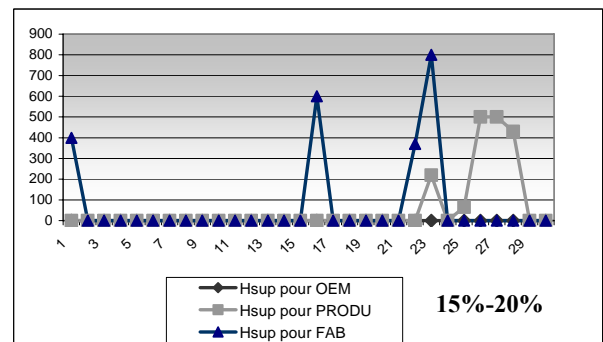


Fig.8 : Recours à la capacité supplémentaire (Scénario2)

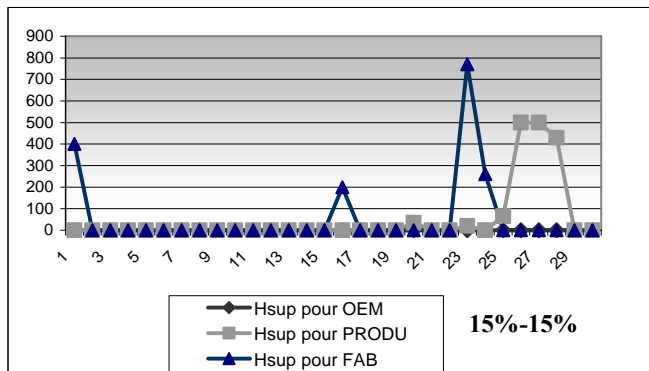


Fig.9 : Recours à la capacité additionnelle (Scénario3)

Dans le scénario 3, la flexibilité accordée par FAB baisse de 5% (de 20% à 15%) par rapport au scénario 2. Dans ce cas là, on constate une réduction de nervosité dans les ateliers FAB (moins d'heures supplémentaires à faire).

Plus le pourcentage de variation de la demande est grand, plus le fournisseur peine à honorer la demande (faute de capacité), d'où un recours intensif aux heures supplémentaires (Scénario2). Nous pensons également que l'écart entre les deux niveaux de flexibilité (OEM-PRODU) et (PRODU-FAB) conditionne fortement la performance, plus cet écart est grand, moins la chaîne est réactive (15%-40%), l'idéal étant de rapprocher les réactivités de PRODU et FAB. D'où la plus haute performance enregistrée dans le scénario (15%-15%) et (15%-20%).

VI. CONCLUSION & PERSPECTIVES

L'incertitude sur la demande à laquelle sont confrontés les acteurs d'une chaîne logistique les pousse à protéger leurs intérêts au travers de contrats d'approvisionnements. Quand deux partenaires s'engagent dans une relation client fournisseur, ils collaborent, négocient les termes de l'échange, et le traitement des commandes est alors fortement lié aux contraintes spécifiées dans ces contrats.

Dans ce papier nous avons proposé un modèle de planification dynamique auquel nous rajoutons les contraintes contractuelles formalisées. Nous nous sommes penché sur l'engagement de type (Q/t) avec flexibilités variables. Plus on s'éloigne dans la chaîne plus le contexte devient risqué, les acteurs les plus amont ont davantage intérêt à se protéger en délimitant les conditions d'approvisionnements. Différents engagements entre partenaires seront testés via l'outil de simulation en cours de développement. L'engagement (Q/He) est en cours de codage, les expérimentations futures viseront à tester au sein d'une même chaîne, différentes configurations d'engagements de type (Q/t) et (Q/He).

VII. BIBLIOGRAPHIE

- [1] Mentzer, J.T., Foggin, J.H. and Golicic, S.G., (2000), "Supply chain collaboration: enablers, impediments, and benefits", *Supply Chain Management Review*, Vol. 4 No. 4, pp. 52-8.
- [2] Li, J., Sikora, R., Shaw, M.J., Tan, G.W., (2006), "A strategic analysis of inter organizational information sharing", *Decision Support Systems*, vol. 42, pp. 251- 266.
- [3] Amrani-Zouggar A., Deschamps J.C., Bourrières J.P., (2008), "Supply chain contracts according to industrial risks",

ESPOO 14-17.09.2008, FINLAND, IFIP conference : APMS- Proceedings, pp.22-33

[4] Das, S.K. & Abdel-Malek, L., (2003), "Modeling the flexibility of order quantities and lead-times in supply chains", *Int. J. Production Economics*, vol. 85, pp.171-181.

[5] Cachon, G. (2003), "Supply chain coordination with contracts", *Handbooks in Operations Research and Management Science: Supply Chain Management*. Edited by Steve Graves and Ton de Kok. North Holland.

[6] Liston, P., Byrne P.J., Heavey, C., (2007), "Contract costing in outsourcing enterprises: exploring the benefits of discrete-event simulation", *Int. J. Production Economics*, vol.110, pp. 97-114.

[7] Frascatore Mark R. , Mahmoodi Farzad (2008), "Long-term and penalty contracts in a two-stage supply chain with stochastic demand", *European Journal of Operational Research* 184 , pp. 147-156

[8] Ningxiong, X. (2005), "Multi-period dynamic supply contracts with cancellation", *Computers & Operations Research*, vol. 32 , pp.3129-3142

[9] Schneeweiss, C., Zimmer, K., Zimmermann,M., (2003), "The design of contracts to coordinate operational interdependencies within the supply chain", *Int. J. Production Economics*, vol. 92, pp.43-59.

[10] He, Y., Zhang, J., (2007), "Random yield risk sharing in a two-level supply chain", *Int. J. Production Economics*. *Int. J. Production Economics* 112 (2008) 769-781

[11] Yazlali.O, Erhun.F., (2007), "Relating the multiple supply problem to quantity flexibility contracts", *Operations Research Letters*, 35 (2007) 767 - 772

[12] Liston, P., Byrne P.J., Heavey, C., (2007), "Contract costing in outsourcing enterprises: Exploring the benefits of discrete-event simulation", *Int. J. Production Economics*, vol.110, pp. 97-114.

[13] Catalan, M., Kotzab, H., (2003), "Assessing the responsiveness in the Danish mobile phone supply chain", *Int. J. of Physical Distribution & Logistics Management*, Vol. 33 No. 8, pp. 668-685

[14] Amrani-Zouggar, A., François, J., Deschamps, J.C., Bourrières, J.P., (2007), "Multi-echelon production planning process with no time coordination", 4th IFAC-MCPL conference, Sibiu, Romania, *MCPL-Proceedings*, vol.2, pp. 371-376