

CADRE DE MODELISATION POUR EVALUATION PAR SIMULATION DES MECANISMES DE NEGOCIATION DANS LES ENTREPRISES EN RESEAU

Smaïl Khouider, Thibaud Monteiro

LGIPM, Université Paul Verlaine de Metz,
Ile du Saulcy 57012 Metz cedex 01, France
Khouider@univ-metz.fr, thibaud.monteiro@loria.fr

Marie-Claude Portmann

LORIA-INPL, École des Mines de Nancy,
Parc de Saurupt, 54042 Nancy cedex, France
Marie-Claude.Portmann@loria.fr

RESUME : *L'environnement de plus en plus élargi des entreprises oblige une plus grande maîtrise des modes de prise de décision. Cette maîtrise est d'autant plus ardue que les entreprises évoluent dans un contexte de décisions largement distribuées et souvent antagonistes. Pour garantir la performance tant sur le plan local que sur le plan global, il est nécessaire de mettre en œuvre des méthodes et outils permettant d'analyser l'impact d'un comportement local et des modes de coordination sur l'ensemble de la chaîne logistique comme sur chaque entité la composant. Le but de cette communication est de proposer un cadre de modélisation de processus de codécision pour leur évaluation par simulation. Le modèle est basé sur une architecture multi agents. Le comportement du système est modélisé par des statecharts. Dans le contexte des entreprises en réseau, l'évaluation des performances a une vocation double. En premier lieu, elle permet d'appuyer une démarche de conception en aidant au dimensionnement du niveau de négociation entre entreprises. Le second objectif, consiste à mettre en lumière les problèmes de coordination existant dans une chaîne logistique déjà établie.*

MOTS-CLES : *évaluation des performances, système multi agents, réseau distribué, coopération*

1. INTRODUCTION

L'univers actuel de l'entreprise moderne se caractérise par la globalisation des échanges commerciaux et la diversification des acteurs qui le composent. Pour survivre dans un tel environnement, les entreprises s'organisent en structures appelées réseaux d'entreprises ou chaînes logistiques.

L'intérêt de plus en plus croissant pour la gestion de ces réseaux est dû notamment à l'émergence des nouvelles technologies de l'information et du développement des réseaux informatiques tel qu'Internet qui permet d'accélérer les processus informationnels et décisionnels. Cela induit une plus grande diversification du choix des partenaires (fournisseurs et/ou clients) réguliers d'une entreprise. La nécessité de s'appuyer sur des partenaires solides et compétitifs pour une entreprise est un enjeu stratégique pour en garantir son développement durable.

Dans ces réseaux d'entreprises, la performance globale, tient autant à la bonne coordination des activités des différents partenaires qu'à la performance de ceux-ci pris individuellement. Aussi, il est important de disposer de techniques ou méthodes permettant de modéliser les modes de prise de décisions et les mécanismes de coordination. La pertinence de ces comportements décisionnels doit être évaluée selon le contexte du réseau, soit par

l'analyse, soit par la simulation. *In fine*, il est également nécessaire de proposer des méthodes d'évaluation de l'impact des décisions sur la performance de l'ensemble des acteurs.

De nombreuses études se focalisent essentiellement sur les relations interentreprises qui régissent le fonctionnement de telles structures. Ces relations ont pour but d'accroître les performances financières et opérationnelles de ces entreprises en réduisant le coût global et les stocks (Türkay et *al.*, 2004).

La prise de décision dans ces organisations est par essence distribuée. Pour maintenir un niveau d'efficacité équivalent à des mécanismes décisionnels centralisés, les décisions distribuées doivent s'appuyer sur des processus complexes. En effet, chaque entreprise composant l'organisation n'a qu'une vision partielle de l'impact de ses décisions internes sur l'ensemble des partenaires. Ainsi, il s'avère nécessaire de proposer des procédures et des règles de coordination efficaces pour assurer la performance du management d'une telle structure. Il est important aussi, de maîtriser l'impact de ces processus sur l'alourdissement des flux d'information échangés.

Par essence, la gestion des chaînes logistiques nécessite d'avoir une vision globale sur la performance de sa mise en œuvre. De ce fait,

l'évaluation des performances doit être placée au centre de toute application de tels systèmes.

Dans (Teti *et al.*, 2006), les auteurs proposent un outil logiciel, à base de multi agents, qui permet le pilotage d'un réseau d'entreprises. Ils proposent aussi un outil flexible de stratégies de management. Une évaluation économique de l'utilisation de cet outil est proposée. (Ashutosh *et al.*, 2006) proposent une méthode d'évaluation des performances des fournisseurs au niveau d'une entreprise d'un réseau logistique. Cette évaluation vise à permettre une optimisation du choix des fournisseurs.

(Reiner, 2005) montre l'importance de l'orientation client ainsi que celle de l'évaluation des performances des processus dans une chaîne logistique. Il propose un système d'évaluation dynamique des performances basé sur une méthode de simulation.

(Schmitz *et al.*, 2004) présentent la mesure des performances d'une chaîne logistique physique. Les auteurs proposent une méthode d'identification du cadre conceptuel pour la mesure des performances dans différentes configurations de chaînes logistiques.

(Youngui *et al.*, 2004) présentent une approche d'évaluation des performances qui se concentre spécifiquement sur la collaboration des offres d'approvisionnement basés sur les inventaires. Cette collaboration est formalisée entre un fournisseur et un distributeur dans une chaîne d'approvisionnement à deux échelons.

Quant à (Zhejun, 2008) il propose un modèle d'évaluation des performances économiques dans un contexte de chaîne logistique flexible.

Comme le montre cette rapide revue de littérature, l'évaluation des performances dans les chaînes logistique prend une grande importance aussi bien dans la conception de la relation inter entreprises mais aussi pour le dimensionnement des paramètres de fonctionnement des entreprises. Cependant, l'évaluation des performances de la coordination coopérative dans une chaîne logistique est peu étudiée. Aussi, dans cette communication nous proposons une démarche par simulation pour l'évaluation d'un système de codécision par négociation d'une chaîne logistique distribuée

La première partie de cette communication est destinée à préciser les enjeux de la prise de décision distribuée dans le cadre d'un réseau d'entreprises. La deuxième partie décrit la démarche proposée. Nous y précisons l'architecture d'intégration des entités et nous proposons un modèle générique de comportement élémentaire. Après avoir précisé les flux interentreprises entrant en jeu dans le cadre d'un processus décisionnel, nous consacrons la troisième partie à la démarche de simulation. Elle propose plusieurs scénarios montrant l'impact de ceux-ci sur

les performances du problème logistique. Enfin nous terminons par quelques conclusions et perspectives.

2. LES ENJEUX DE LA NEGOCIATION

Dans une structure permettant un processus de décision distribué, chaque entité est considérée comme un centre de décision indépendant qui est capable de modifier l'état interne de son propre système (*i.e.* celui qui entre dans son domaine d'action). Ces modifications peuvent, par propagation, impacter les autres entités du système.

Aussi dans un contexte de décisions distribuées, il est impératif de formaliser des mécanismes de coordination aptes à en maîtriser l'impact. Cette coordination est effectuée par un ensemble de codécisions qui s'appuie sur une logique de coopération.

La coopération est définie comme une volonté d'agir collectivement vers un même but. Dans le cas du pilotage des flux interentreprises, la coopération peut être vue comme un moyen permettant la codécision en vue d'une coordination des activités des différentes entreprises constituant le réseau. Cette coordination vise à produire un bien en minimisant globalement les critères du triptyque coût / qualité / délai. La coordination permet de rendre les actions individuelles cohérentes et vise à les synchroniser.

La prise de décision est déclenchée lors de la modification de l'environnement. Cette modification peut être externe à l'environnement direct du décideur. C'est le cas à la réception d'une nouvelle demande provenant d'un donneur d'ordres ou lors de la répercussion d'un aléa survenu chez un fournisseur par exemple. Mais cette modification peut résulter aussi d'une évolution interne lorsqu'un imprévu survient au sein même de l'entreprise considérée.

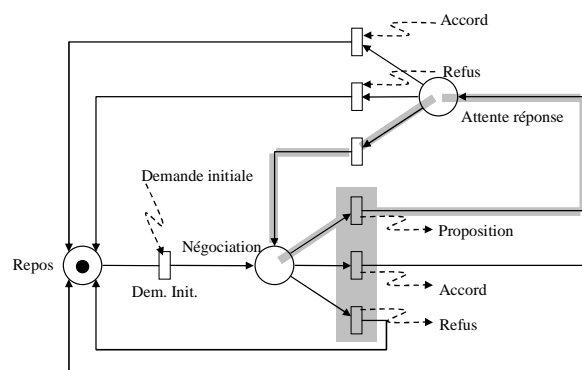


Figure 1. Évolution de la négociation (Monteiro et al., 2004)

Le réseau de Petri (Figure 1) illustre le mécanisme général de prise de décision. À la réception d'une demande initiale (ou lors de l'occurrence d'un aléa), le jeton de la place Repos, illustrant l'absence de négociation, est consommé. La phase de négociation

offre trois possibilités de tirs. En fonction de l'étude de faisabilité de cette demande, le décideur peut, soit poursuivre la négociation en retournant une proposition, soit la stopper par l'envoi d'un accord ou d'un refus. En réponse à l'envoi d'une proposition, c'est le partenaire qui déterminera le tir possible.

La qualité de la coordination est directement liée à celle de la négociation. Deux axes sont à étudier conjointement.

Le premier axe est celui du mode interne de prise de décision. Son efficacité est en relation avec ceux des mécanismes utilisés pour réaliser l'étude de faisabilité d'une requête. Une présentation de cette problématique est largement abordée dans (Pujo *et al.*, 2002).

Dans la *Figure 1*, cette étude de faisabilité correspond au choix du franchissement des trois transitions en conflits (zone grisé dans la *Figure 1*).

La performance de la décision interne dépend aussi de la maîtrise du cycle de la négociation (cycle grisé dans la *Figure 1*). Comme le montre la place Attente réponse du réseau, la maîtrise du cycle de négociation dépend aussi de l'efficacité interne des autres partenaires.

Ainsi, le second axe complémentaire qu'il faut étudier, est celui des interactions des codécisions interentreprises et de la structure du réseau. En effet, dans le cas où une décision interne ne peut être prise, une propagation liée à cette décision est effectuée. Ce phénomène est récursif, et un ensemble de boucles de codécisions apparaît.

La *Figure 2* illustre ce phénomène de propagation d'une codécision initiale (flèches en plein, codécision 1). Cette propagation est double. Elle peut être en profondeur lorsqu'elle suit la décomposition de la macro-nomenclature d'un produit (flèches en pointillé, codécision 2 et 3). Elle peut être aussi en largeur lorsqu'elle représente une stratégie à plusieurs fournisseurs ou lorsque la macro-nomenclature inclue des composants complémentaires (flèches en tirets, codécision 2').

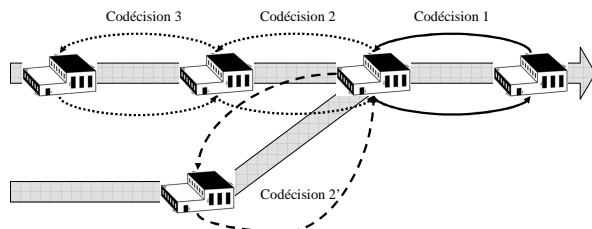


Figure 2. Propagation des boucles de codécision

Ce phénomène de propagation peut se contrôler grâce à des mécanismes de coordination et/ou de collaboration entre les entreprises. Dans ce cadre (Despotin-Monsarrat, 2004) propose un modèle de

négociation entre deux entreprises qui s'appuie sur une méthode de propagation de contraintes destinée à harmoniser les décisions entre deux partenaires de la chaîne logistique.

Ces deux axes doivent être conjointement étudiés pour l'évaluation de la performance des négociations. Aussi, il est important que les indicateurs et les leviers d'analyse soient à la fois sur le système interne de prise de décision et sur l'architecture du réseau dans lequel évolues les entreprises. L'originalité de notre approche réside dans la prise en compte conjointe des deux axes ; afin de mesurer autant les performances locales que la performance globale de la chaîne logistique. Cette approche, peu abordée dans la littérature, permet à une entreprise d'avoir une plus large vision de l'impacte de ses décisions locales sur l'ensemble d'un réseau logistique.

3. APPROCHE PROPOSEE

3.1. Architecture proposée

Le réseau d'entreprises que nous considérons dans ce travail se compose de plusieurs entreprises autonomes dans leurs prises de décision. Dans ce modèle, les entreprises sont structurées par rangs en fonction de la propagation des demandes. Ainsi, un fournisseur se trouve dans un rang supérieur par rapport à son client. Le rang supérieur de la chaîne logistique est constitué par les transporteurs qui opèrent dans la chaîne logistique (*Figure 3*).

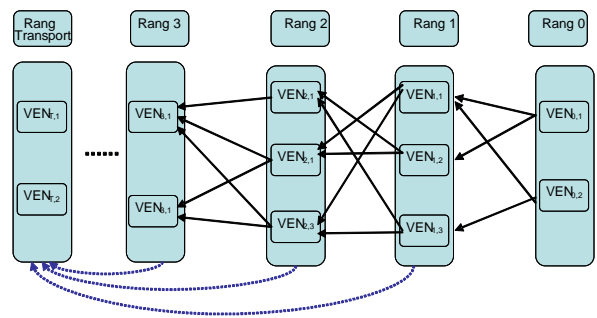


Figure 3. Modèle d'un réseau d'entreprise distribué

Nous prenons l'hypothèse qu'une entreprise figure une seule fois dans la chaîne logistique et qu'il n'existe pas de cycle de sollicitation dans la chaîne logistique. Nous pouvons alors représenter la chaîne logistique par un graphe orienté sans circuit.

Les entreprises modélisées peuvent être de natures différentes. Ainsi le modèle permet d'intégrer à la fois des entreprises de type « production », de type « entreposage » ou de type « transport ». Chaque entreprise possède ses propres centres de décision. Elle effectue ses choix sans l'intervention ou l'influence coercitive de ses partenaires. Ainsi, se constitue le réseau distribué d'entreprises.

Nous considérons ici le transport comme un service qui peut être requis de manière analogue pour déplacer les produits entre n'importe quels couples de partenaires de la chaîne logistique, sauf si le transport de produits très volumineux requière des moyens de transport particulier. Nous plaçons le transport au niveau le plus élevé car il peut être sollicité par toutes les autres entités du réseau.

Pour permettre la coordination de ces centres de décision, des mécanismes de négociations et d'échange d'informations sont intégrés dans l'architecture. La relation qui régie deux partenaires directs de la chaîne logistique est basé sur la collaboration de type gagnant - gagnant (Ouzizi *et al.* 2003). Chacune d'entre-elles a pour but de maximiser ses profits dans le cadre d'un compromis global.

3.2. Approche multi agent

Chaque entreprise qui compose le réseau est modélisée par un Nœud d'Entreprise Virtuelle (VEN) (*Figure 4*). Il existe plusieurs types d'Entreprises Virtuelles (EV) selon que le regroupement est pérenne ou seulement lié à la réalisation d'un projet. Dans cette étude, nous nous intéressons aux EV pérennes qui ont été développées pour élargir le concept des entreprises étendues (Perrin *et al.* 2004, Wu *et al.* 2005).

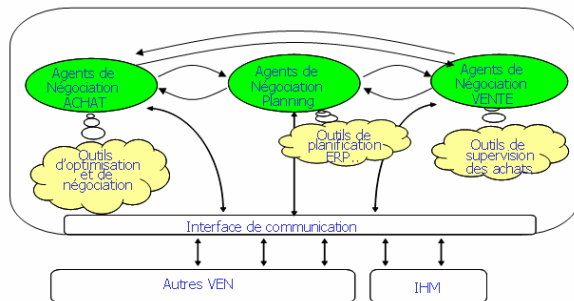


Figure 4. Structure interne du méta agent VEN

Pour (Aerts *et al.* 2002), l'EV est une organisation *ad hoc* qui regroupe les compétences et les ressources des entreprises qui la composent, aptes à faire face à d'éventuelles opportunités extérieures. Contrairement aux entreprises étendues, le concept d'EV se caractérise par l'indépendance dans la prise de décision des entreprises qui la composent.

Nous décomposons un VEN par trois sous-structures de décision, la sous-structure de négociation des ventes, la sous-structure de négociation des plannings de production ainsi que la sous-structure dédiée à la négociation de l'achat/approvisionnement.

Nous modélisons chaque sous-structure par un agent (Luke *et al.* 2004) de type simple réflexe, car bien que les agents que nous proposons s'appuient sur des

outils d'aide à la décision si cela est nécessaire, les actions entreprises restent prédéfinies.

L'activation de chaque agent se fait en réaction d'un changement de l'environnement qu'il perçoit. Lorsque plusieurs demandes arrivent en même temps le VEN créera, par exemple, autant d'agents de négociation des ventes nécessaires à la prise en charge de ces demandes. L'ensemble de ces instances traite ainsi conjointement plusieurs demandes. Nous parlons alors de traitement parallèle des demandes.

L'ensemble connecté forme notre architecture multi agents. Chaque agent est muni de capacités de communication avec son environnement. L'ensemble du VEN communique avec une partie du reste de la chaîne logistique à travers une interface de communication.

3.2.1. L'agent de négociation des ventes (NSA)

Le rôle principal de ce type d'agent est la prise en charge des procédures de ventes du VEN. Lorsqu'une demande d'un client arrive, un agent de négociation des ventes est activé. Il peut alors soit répondre par lui-même à cette demande soit s'appuyer sur les deux autres agents de la structure pour lui apporter les éléments nécessaires à la prise de décision.

La *Figure 5* illustre à l'aide d'un *statechart* le comportement interne de l'agent de négociation des ventes (NSA). Bien que nous présentions ce *statechart* pour modéliser le comportement interne du NSA, celui-ci se veut volontairement générique pour les trois types d'agent. Les flux d'informations représentés par des lettres sont explicités dans l'annexe *Figure 10*. En effet, même si les rôles et les fonctions des trois types d'agent sont distincts, leur comportement interne est analogue.

Le NSA est activé par un flux de donnée qui provient aussi bien de l'extérieur que de l'intérieur de la structure NEV. Les flux d'activation, notés a dans le *statechart* de la *Figure 5* sont :

- une demande d'un client pour un produit.
- une modification d'une demande préalable d'un client.
- une demande de mise sur le marché d'un nouveau produit.
- une modification d'une demande préalablement acceptée pour un client.

Une fois activé, le NSA prend en charge la mise en œuvre d'actions spécifiques prédéterminées pour satisfaire les demandes. Il peut aussi utiliser des outils d'aide à la vente disponible préalablement dans l'entreprise.

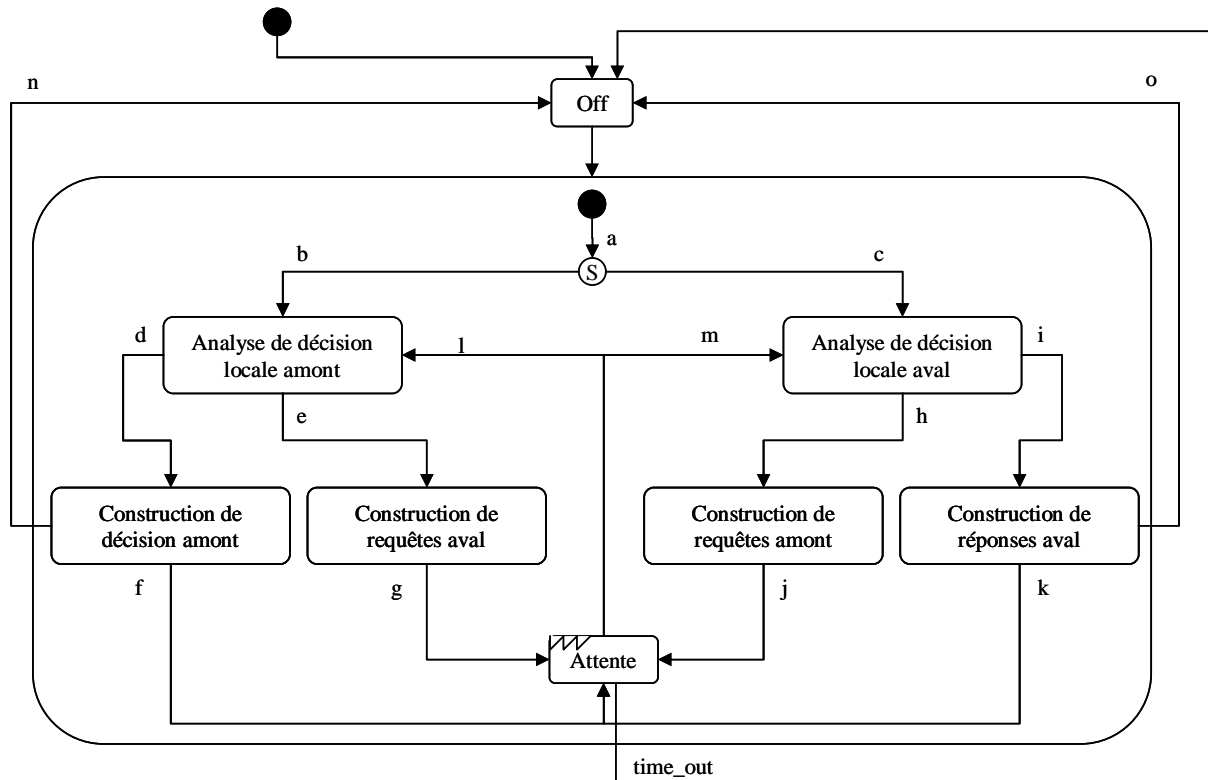


Figure 5. Modélisation générique du comportement d'un agent

3.2.2. L'agent de négociation des plannings (NPA)

Le but de ce type d'agent est la gestion et la négociation des plannings de production du NEV. Il est en contact avec les autres agents de la structure (agent de négociation des ventes et des achats). L'activation de cet agent est réalisée par des flux d'informations des deux autres agents ainsi que par l'intervention d'un décideur humain :

- une demande de production émise par l'NSA pour satisfaire une demande client.
- une demande de modification du planning de production correspondante à une modification d'une demande client préalablement acceptée.
- un flux relatif à une modification des approvisionnements qui peut influencer sur la production prévisionnelle.
- une intervention d'un décideur humain pour la modification d'un planning à cause d'aléas survenus dans l'entreprise et pour lesquels les réactions ne sont pas préalablement établies.

Une fois activée, le NPA peut traiter ces informations et mettre en œuvre des actions spécifiques à chaque type de flux. Ces actions sont prédéterminées et ils sont de nature à modifier les plannings de production afin de répondre au flux qui l'active.

3.2.3. L'agent de négociation des achats (NBA)

Les NBA prennent en charge, quant à eux, la négociation des achats et des approvisionnements de l'entreprise aussi bien en composants qu'en matière de prestation de services telle que la sous-traitance ou le transport. Ils sont en contact avec le NPA et le NSA ainsi qu'avec l'ensemble des fournisseurs de l'entreprise (les NSA du niveau aval). L'activation ce type d'agent se produit lorsqu'un flux d'information lui est adressé. Ces flux sont :

- une demande de fourniture de ressources (composants, prestation de service « capacité de production supplémentaire ») par le NPA.
- une demande de prestation de service pour les transports.
- une proposition de fourniture d'un nouveau produit par un fournisseur.
- une modification d'un approvisionnement.

Une fois activée, le NBA prend en charge le flux d'information pour lequel il entreprend des actions prédéterminées.

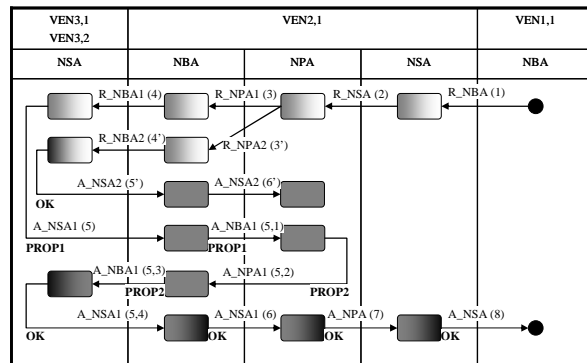
3.2.4. Flux inter agent

Dans la Figure 5, différents messages utilisés par les agents sont mis en situation. Cela correspond aux différents états de la négociation des trois types d'agent du VEN avec les agents amont et les agents

aval. Le tableau (l'annexe Figure 10) montre ces flux qui modifient l'état des agents. L'indentification des messages permettent une interprétation de la **Figure 5**.

Un exemple de traitement d'une nouvelle commande est présenté par un *swimlane* (**Figure 6**).

Dans cette figure, le VEN 2.1 est l'entreprise étudiée, le VEN 1.1 est le client et les VEN 3.1 et 3.2 ses fournisseurs directs (voir **Figure 3**). Nous décrivons les phases dans l'ordre des numéros qui figure entre parenthèses sur la **Figure 6**, en faisant des hypothèses sur la situation de l'environnement à chaque étape.







-  L'agent est instancié et mis en attente.
-  L'agent est instancié et détruit.
-  L'agent est maintenu en éveil.
-  L'agent en éveil est détruit.

Figure 6. Swimlane illustrant une vue globale de codécisions coopératives entre agents

1 – Message R_NBA. L'agent de négociation des achats (NBA) du VEN 1.1 envoie une demande de produits au VEN 2.1. Ce message instancie et éveille un agent de négociation des ventes (NSA) du VEN 2.1. Le NBA du VEN 1.1 reste en état d'attente car la négociation ne fait que commencer. La demande concerne un ou plusieurs produits avec des indications de quantités, de date de livraison, de prix, etc.

2 – Message R_NSA. Le NSA ne peut pas seul construire une solution. Il a, soit un manque pas rapport à la demande initiale, soit un manque d'information. Pour résoudre le problème de l'impossibilité d'une décision locale, il propage la requête vers son agent de négociation des plannings (NPA). Ce nouveau message éveille le NPA et le NSA entre en phase d'attente.

3 et 3' – Messages R_NPA 1 et 2. De la même façon, le NPA n'est pas en mesure de construire une réponse locale. Il a besoin d'informations

complémentaires sur des ressources amont. Dans cet exemple, deux types de matières premières sont manquantes. Le NPA a besoin de savoir si ces composants seront disponibles pour pouvoir prendre sa décision. À cette fin, deux messages sont expédiés. Cela active deux agents de négociation des achats (NBA) et le NPA entre en phase d'attente.

4 et 4' – Messages R_NBA 1 et 2. Les deux agents NBA instanciés ne peuvent construire seuls une solution et contactent les fournisseurs correspondant pour leur demander les composants requis par le NPA. Deux nouvelles négociations externes sont ainsi initiées avec les fournisseurs. Dans cet exemple, nous nous sommes placés dans une stratégie d'approvisionnement de type mono-fournisseur. Dans le cas d'une stratégie d'approvisionnement à fournisseurs multiples, la propagation en largeur serait plus importante.

5' – Message A_NSA2. Le VEN 3.2 peut répondre positivement à la requête du NBA2. Il répond par l'envoi d'un accord qui met fin à cette négociation. Ceci fait, ce NSA peut être détruit.

6' – Message A_NBA2. Le NPA reçoit la réponse du NBA2. Il reste en attente car il ne peut conclure avant d'avoir reçu la réponse du second NBA activé.

5 – Message A_NSA1. Le NSA du VEN 3.1 répond au NBA1 en lui indiquant qu'il ne peut fournir les composants en respectant les spécifications initiales. Aussi il réalise une proposition (prop1). À la réception de ce message, NBA1 quitte son état d'attente pour analyser cette proposition.

5,1 – Message A_NBA1. Le NBA1 ne peut conclure sur la proposition et propage prop1 vers le NPA. Celui-ci quitte son état d'attente pour analyser la proposition.

5,2 – Message A_NPA1. Le NPA ne peut accepter la proposition prop1 et construit un nouveau scénario (prop2) qu'il transmet au NBA concerné.

5,3 – Message A_NBA1. NBA1 envoie la nouvelle proposition au NSA du VEN 3.1 et retourne à l'état d'attente.

5,4 – Message A_NSA1. Le VEN 3.1 accepte cette proposition (prop2) and répond par un accord (OK). Ceci fait, ce NBA peut être détruit.

6 – Message A_NBA1. NBA1 reçoit l'accord du VEN 3.2. Il l'a propage au NPA et s'inactive.

7 – Message A_NPA. Le NPA est maintenant en mesure de prendre localement une décision. Il agrège les réponses des deux NBA1 et NBA2. Il transfère son accord au NSA. Après avoir planifié et réservé les ressources mises en jeu, il est détruit.

8 – Message A_NSA. Le NSA envoie au VEN 1.1 son accord pour la demande initiale et est détruit. La

négociation entre le NSA du VEN 2.1 et le NBA du VEN 1.1 prend fin.

Comme nous le voyons à travers cet exemple, les négociations sont interdépendantes et la propagation augmente considérablement les flux inter-agent. Pour une seule négociation initiale, ici ce sont six codécisions qui ont dû être initiées.

4. ILLUSTRATION

Le but de ce cadre de modélisation est de permettre une évaluation des performances des processus de co-décisions dans un réseau d'entreprises. Cette évaluation est réalisée par une simulation du système multi agent qui fournit des mesures de performance des comportements internes des entités du réseau et des échanges informationnels mise en jeu dans une négociation.

Nous présentons ici deux illustrations d'utilisation de la démarche. La première montre l'impact global d'un paramètre interne du processus de décision. Il s'agit de celui de la parallélisation des traitements. La seconde illustration montre l'impact que peut avoir l'architecture du réseau d'entreprise sur les performances de celui-ci.

4.1. Analyse de la parallélisation

À travers cet exemple, nous nous intéressons à l'impact en termes de temps de réponse dans le cas où une multitude de demandes sont traitées en parallèle par les entreprises qui composent la chaîne logistique.

Prenons le cas d'une entreprise qui reçoit plusieurs demandes en même temps. La première stratégie qui s'offre à elle réside dans le fait de traiter chaque demande de manière séquentielle et disjointe. Ce séquençement permet d'éviter les conflits de réservation des ressources. Ainsi cette stratégie de traitement des demandes garantit la validité de l'analyse effectuée. En effet, en cas de refus dû à une impossibilité de placement dans le planning de production, de commande des matières premières ou de composants, on est certain du bien fondé de cette analyse. Mais, du fait que la prise en charge de ces demandes soit séquentielle, il se peut que certaines d'entre elles soient perdues pour cause de dépassement de délais des réponses.

La seconde stratégie, réside dans le fait de traiter un ensemble de demandes de manière parallèle. Cela permet de prendre en charge un nombre N de demandes. Dès qu'une demande est traitée, c'est-à-dire lorsque la négociation s'est terminée par l'envoi d'une acceptation ou d'un refus, une autre demande non traitée est intégrée. Cette stratégie permet de traiter un plus grand nombre de demandes en même temps et de réduire les plus grands retards de

traitement. Ici se pose la question de la relation existant entre le nombre N de demandes traitées en même temps, les durées de réponse à ces demandes et leurs qualités. En effet, le risque dans ce cas réside dans le fait de refuser une demande alors qu'elle aurait pu être intégrée aux différents plannings et ainsi acceptée. Cependant, cette stratégie peut engendrer une explosion du nombre de requêtes cohabitantes dans le réseau. Cette explosion est aussi un frein à la parallélisation des analyses. Il est nécessaire d'en mesurer l'impact.

4.1.1. Paramètres de la simulation

Soit l'entreprise NEV2,2 de la chaîne logistique présentée à la **Figure 9**. Dans cet exemple, chaque entité de la chaîne logistique fabrique pour celle-ci qu'un seul produit (mono produit), les capacités de production sont limitées, chaque entreprise est autonome dans ses prises de décision. L'horizon de la simulation est de un mois. Les 1000 demandes à analyser sont les mêmes dans chaque simulation. Seul le paramètre N correspondant au nombre de demandes traitées en même temps est variable.

4.1.2. Résultat de la simulation

La **Figure 7** montre l'impact de la parallélisation sur les performances de décisions locales.

La première courbe (Temps de réponse dépassé), qui décrit l'évolution du nombre de demande perdue à cause des temps de traitement par rapport au nombre de négociations parallèles autorisées, montre un impact positif de la parallélisation sur le temps de réponse relatif à une demande. La parallélisation permet de réduire ce temps et donc permet de réduire les demandes perdues faute d'avoir répondu dans les temps.

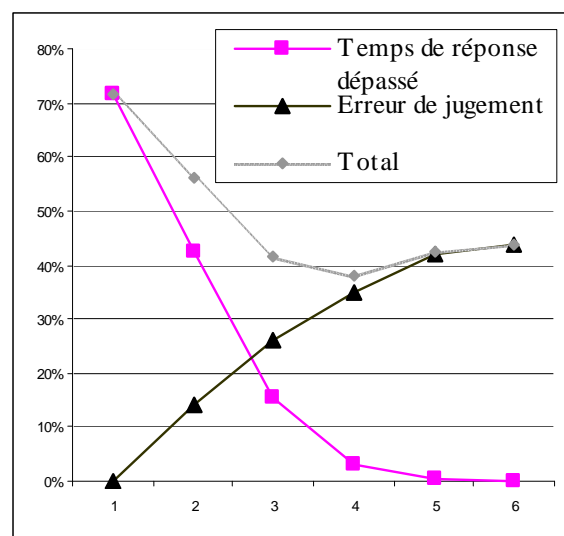


Figure 7. Impact de la parallélisation sur la performance décisionnelle

Production	Nombre de niveaux	Stratégie d'approvisionnement	Nombre de scénarios	Temps de réponses moyen
Mono produit	2	C/F/F2	1	3.66
	3	C/F/F2	2	3.33
	4	C/F/F2/F3	3	2
	4	C/F/F2/F3/F4	4	1.33
Multi produit	2	C/F/2 F2	2	2.83
	3	C/F/3 F2/F3	3	2.66
	4	C/F/3 F2/2 F3/F4	4	1.5

Figure 8. Impact de l'architecture

Cependant, la seconde courbe (Erreur de jugement) montre une tendance inverse. Plus la parallélisation est importante, plus le risque de faire une mauvaise analyse et de refuser une demande alors qu'elle aurait dû être acceptée est non négligeable.

Aussi, la somme de ces deux phénomènes conjoints (courbe : Total) montre la présence d'un nombre optimal de demandes traitée simultanément, ici quatre, pour assurer de ce point de vue la meilleure performance décisionnelle.

4.2. Impact de l'architecture

Pour une entreprise il existe plusieurs stratégies d'approvisionnement. Dans cette étude, nous nous intéressons au nombre de fournisseurs potentiels utilisés pour l'approvisionnement. Dans cette partie, la simulation consiste à évaluer l'impact du nombre de fournisseurs potentiels sur les performances des prises de décision. Pour cela, une série de test est réalisée. Ils illustrent différentes configurations de chaînes logistiques.

4.2.1. Paramètres de la simulation

Les spécifications, prises en compte, des entités qui composent les chaînes logistiques étudiées sont relatives à une fabrication mono ou multi produits et à une stratégie d'approvisionnement mono ou multi fournisseurs.

De plus, il existe plusieurs manières d'insérer une demande dans le planning initial. À l'aide de la simulation nous cherchons à déterminer le nombre adéquat de scénarios d'insertion et donc de scénarios d'approvisionnement nécessaires à l'aboutissement d'une négociation au regard des performances

attendues de la coordination. Ici, la simulation consiste à évaluer l'impact du nombre de scénarios sur les performances des prises de décision. Pour cela, une série de tests est réalisée. Ils illustrent différentes configurations de chaînes logistiques.

À terme, l'objectif de ces simulations est de définir le nombre de scénarios adéquats à utiliser lors des négociations pour chacune des configurations identifiées.

4.2.2. Résultat de la simulation

Les résultats sont présentés dans la **Figure 8**. Les stratégies d'approvisionnements sont établies par la nomenclature suivante : C/F/2 F2 désigne un réseau d'entreprises constitué d'un donneur d'ordres dans le rang 0, d'un fournisseur de rang 1 et de deux fournisseurs de rang 2.

La **Figure 9** illustre une stratégie d'approvisionnement codée C/F/3 F2/2 F3. Les résultats obtenus par ces simulations démontrent l'impact du nombre de scénarios sur les temps moyen des réponses à une demande. Ce temps est calculé à partir du volume des négociations engendré dans une entreprise cible par cette demande. On voit dans la **Figure 8** que le temps moyen décroît lorsque le nombre des scénarios augmente. Cela peu s'expliquer par le fait qu'une entreprise qui reçoit plusieurs scénarios a une plus grande marge de manœuvre pour y répondre favorablement quelque soit la configuration de la chaîne logistique ainsi que le type de fabrication (mono ou multi produit) d'une entreprise.

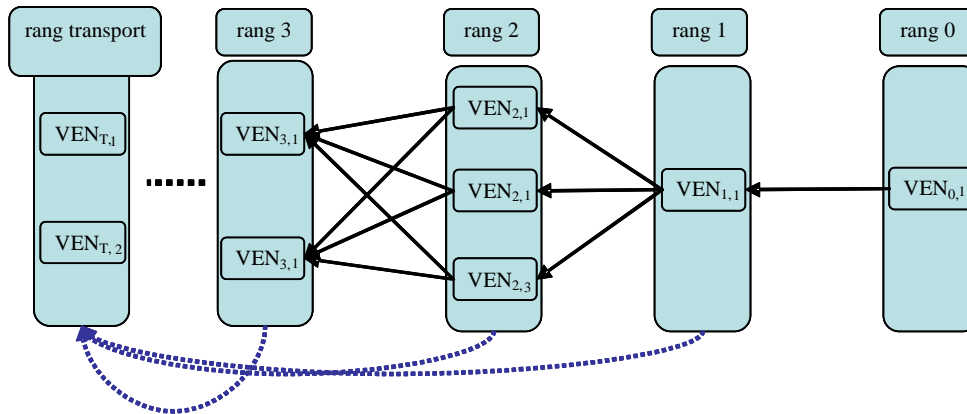


Figure 9. Chaîne logistique caractérisée par C/F/3 F2/2 F3

5. CONCLUSION ET PERSPECTIVES

L'évaluation des performances des négociations dans une chaîne logistique prend une importance de plus en plus croissante. Les leviers d'action que nous illustrons ici pour réaliser l'évaluation des performances résident, d'une part, dans les temps de réalisation des négociations et, d'autre part, dans le nombre de scénarios adéquats pour assurer la convergence des négociations.

Le but de cette évaluation des performances est d'assurer un diagnostic, d'analyser et d'aider les entreprises à mieux collaborer en fournissant un canevas des négociations interentreprises. Les résultats obtenus démontrent clairement l'impact de l'utilisation des scénarios dans la convergence et les temps des négociations. Cela permet de dimensionner le volume des négociations dans une configuration de chaîne logistique distribuée donnée.

Dans la suite de nos travaux, l'objectif de cette démarche est de réaliser un outil d'aide à la décision sur la poursuite ou non d'une négociation par une entreprise cible qui est dans une configuration de chaîne logistique donnée.

RÉFÉRENCES

- Aerts A.T.M., Szirbik N.B., and Goossenaerts J.B.M., 2002. "A flexible, agent-based ICT architecture for virtual enterprises" *Computers in Industry*, 49, 311–327.
- Ashutosh Sarkara and Pratap K.J. Mohapatra ,2006. "Evaluation of supplier capability and performance: A method for supply base reduction", *Journal of Purchasing & Supply Management* 12 (2006) 148–163.
- Despotin-Monsarrat, 2004. "Aide à la décision pour une coopération inter-entreprise dans le cadre de la production à la commande". Thèse de doctorat, Laboratoire d'Analyse et d'Architecture des Systèmes du CNRS, 2004.
- Luck M., McBurney P. and Preist C., 2004. "A Manifesto for Agent Technology: Towards Next Generation Computing, Autonomous Agents and Multi-Agent Systems", 9, 203–252.
- Monteiro Thibaud, Ladet Pierre et Bouchriha Hanen, 2004. Multi-criteria negotiation for a distributed control of a client/provider relationship, *Journal of Decision System*, n°1/2004, volume 13, p. 63–89, 2004.
- Ouzizi L., Anciaux D., Portmann M.C. and Vernadat F., 2003. "A model for co-operative planning using a virtual enterprise". *Proceedings of the 6th international conference on Industrial Engineering and Production Management*, Porto, Portugal.
- Perrin O. and Godart C., 2004. "A model to support collaborative work in virtual enterprises", *Data & Knowledge Engineering*, 50, 63–86.
- Pujo P., Keiffer J.P., 2002. "Méthodes du pilotage des systèmes de production", Editions Hermès Lavoisier.
- Reiner G., 2005, "Customer-oriented improvement and evaluation of supply chain processes supported by simulation models", *Int. J. Production Economics*, 96 (2005) 381–395.

- Schmitz J. and Platts K.W., 2004. "Supplier logistics performance measurement: Indications from a study in the automotive industry", *Int. J. Production Economics* 89 (2004) 231–243.
- Teti R. and D'Addona D., 2006. "Emergent synthesis in supply network tool management", *Advanced Engineering Informatics* 20 (2006) 233–246.
- Türkay M., Oruç C., Fujita K. and Asakura T., 2004. "Multi-company collaborative supply chain management with economical and environmental considerations", *Computers and Chemical Engineering*, 28, 985-992.
- Wu N., Su P., 2005. "Selection of partners in virtual enterprise paradigm", *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 21, 119–131.
- Yonghui Fu and Rajesh Piplani, 2004, "Supply-side collaboration and its value in supply chains", *European Journal of Operational Research*, 152 (2004) 281–288.
- Zhejun Gong, 2008. "An economic evaluation model of supply chain flexibility", *European Journal of Operational Research*, 184 (2), p.745-758, Jan 2008.

ANNEXE

Message	NBA	NPA	NSA	Commentaires
a – ←	R_NPA R_NSA	R_NSA R_NBA	R_NBA R_NPA	Requête qui instancie et éveille l'agent
b	R_NPA	R_NSA	R_NBA	Requête issue d'un agent amont
c	R_NSA	R_NBA	R_NPA	Requête issue d'un agent aval
d	Décision locale possible			
e	Décision locale impossible			
f – →	A_NBA	A_NPA	A_NSA	Envoi d'une proposition vers l'amont Initiation ou poursuite d'une négociation avec un agent amont
g – →	R_NBA	R_NPA	R_NSA	Propagation d'une requête vers l'aval. Initiation ou poursuite d'une négociation avec un agent aval
h	Décision locale impossible			
i	Décision locale possible			
j – →	R_NBA	R_NPA	R_NSA	Propagation d'une requête vers l'amont. Initiation ou poursuite d'une négociation avec un agent amont
k – →	A_NBA	A_NPA	A_NSA	Envoi d'une proposition vers l'aval Initiation ou poursuite d'une négociation avec un agent aval
l – ←	A_NSA	A_NBA	A_NPA	Réponse issue d'un agent amont
m – ←	A_NPA	A_NSA	A_NBA	Réponse issue d'un agent aval
n – →	A_NBA	A_NPA	A_NSA	Envoi d'une réponse de type accord ou refus (OK, /OK) vers l'amont Fin de la négociation et destruction de l'agent
o – →	A_NBA	A_NPA	A_NSA	Envoi d'une réponse de type accord ou refus (OK, /OK) vers l'aval Fin de la négociation et destruction de l'agent

Figure 10. Flux de données inter-agent