

Cadre coopératif pour la gestion des réseaux manufacturiers

*Jean-Marc Frayret, Sophie D'Amours et Benoit Montreuil,
Centre de Recherche sur les Technologies de l'Organisation Réseau,
CENTOR, Université Laval, Québec*

1 Introduction

Cet article présente un cadre conceptuel ayant pour objet l'organisation et l'opération des réseaux manufacturiers. Les travaux présentés ici sont issus du projet NetMan. Tel que présenté par Montreuil, Frayret et D'Amours (à paraître), NetMan regroupe un ensemble de concepts proposant une nouvelle approche pour concevoir (ou revoir) la structure des organisations et leur manière d'opérer. Ainsi, NetMan propose une vision hétérarchique de la structure organisationnelle, telle que présentée par Duffie (1990), basée sur l'identification et l'implantation d'unités d'affaire responsables. Dans le but de créer un milieu favorable à la collaboration des unités, NetMan définit un ensemble de méthodologies d'affaire permettant la coordination des activités interdépendantes des unités, l'échange dynamique d'information, la gestion des contingences, la gestion du partage de ressources, ainsi que la mesure de performance. L'objet de cet article concerne plus particulièrement les aspects opérationnels de cette approche. Dans une première partie sont présentés les concepts génériques du projet NetMan, soit l'approche stratégique définissant la nature de la structure organisationnelle de type NetMan. L'approche collaborative décrivant les mécanismes coopératifs liant les unités organisationnelles est ensuite présentée dans une seconde partie. Enfin, la dernière partie de cet article présente un ensemble de mécanismes, basés sur l'étude de cas du partenaire manufacturier du projet, soit le fabricant d'autobus Prévost Car.

2 L'approche Stratégique NetMan

Jay Forrester (1965) introduit une nouvelle approche de conception des organisations principalement basée sur le remplacement des relations hiérarchiques autoritaires (supérieur-subordonné) par des relations plus «constitutionnelles» et «démocratiques», dans lesquelles chaque équipe (ou même individu) est considérée comme un centre de profit. L'auteur présente un type d'organisation sans monopole interne, où chaque individu possède la liberté

d'agir. Ainsi, il scinde la politique d'entreprise concernant les règles de décision, de la prise même de décision. Ce point important initie la décentralisation de la prise de décision dans les organisations. Dans la même direction, MacMillan et Farmer (1979) affirment qu'il est simpliste de penser que la coordination inter-organisation ne peut avoir lieu que dans le cadre de relations autoritaires, imposé par un système de gestion hiérarchique, et explique que d'autres modes de type coopératif plus complexes peuvent être utilisés.

Forrester souligne aussi l'intérêt que représentent l'avènement des nouvelles technologies de l'information, naissantes à l'époque, en termes d'efficacité et de flexibilité des organisations. Les concepts NetMan s'inspirent de l'approche de ces auteurs, en formalisant et proposant un ensemble de concepts stratégiques pour la conception et la gestion des organisations. L'approche NetMan s'inspire aussi des travaux sur les organisations et l'entreprise réseau (Thorelli, 1986; Miles et Snow, 1986 et 1995; Powell, 1990; Snow, Miles et Coleman, 1992; Poulin, Montreuil et Gauvin, 1994; Achrol, 1997), sur le paradigme des marchés internes (Ackoff 1993; Halal, 1994; Hauser, Simester et Wernerfelt, 1996), et enfin sur les travaux concernant les formes d'organisation cellulaire (Miles *et al.*, 1997).

Contrairement à la vision traditionnelle hiérarchique de l'organisation qui divise fonctionnellement cette dernière et impose des relations de subordination entre les différents niveaux de subdivisions, NetMan propose une approche organisationnelle d'un type plus holonique, selon la définition de Mathews (1996). NetMan conçoit l'organisation comme un tout ordonné, constitué d'un ensemble d'entités responsables (appelées centre NetMan), elles-mêmes identifiées comme des unités d'affaire cohérentes. Leurs responsabilités se rapportent à leur mission d'affaire, ainsi qu'aux engagements qu'elles peuvent avoir avec d'autres unités. Elles sont autonomes en termes de prise de décision, mais interdépendantes dans la mesure où elles sont inter-reliées par de fortes relations de collaboration. Dans un premier temps, cette partie décrit la nature et le comportement de ces unités d'affaire. Dans un second temps, les principales caractéristiques des réseaux NetMan sont présentées. Enfin, un modèle du cycle de vie des organisations NetMan est proposé dans une troisième partie.

2.1. Les centres NetMan

Chaque centre NetMan peut être une entité interne ou une entité d'affaire externe. De plus, un tel centre peut être soit une entité de décision, soit une entité d'opération. Quel que soit le type du centre, à chacun est attribué une responsabilité d'affaire particulière, telle que proposée

dans Montreuil et Lefrançois (1996). Chaque responsabilité est définie en termes de satisfaction d'un ensemble de besoins spécifiques des interacteurs du centre responsable. Dans le cadre de ses responsabilités, chaque centre est autogéré, et peut être amené à compter sur des centres partenaires pour remplir sa mission. Dans ce cadre de recherche, chaque entité d'affaire, ou centre NetMan, partage ensemble de caractéristiques, telles que décrites dans le Tableau 1, présenté par Montreuil, Frayret et D'Amours (à paraître).

Chaque centre NetMan:

Du point de vue de son identité

- a une mission (responsabilité) d'affaire précise dans le cadre du réseau;
 - est autogéré dans le cadre de sa mission et responsable de ses décisions et engagements;
 - interagit avec des fournisseurs ainsi que ses clients pour l'aider à accomplir sa mission;
 - peut avoir un réseau interne de ressources locales;
 - peut avoir le privilège (donné par ces propriétaires ou centres parents) de créer et de posséder d'autres centres NetMan;
 - est volontairement petit et facile à autogérer et autocontrôler;
 - est équipé pour exploiter de l'information précise, près de la réalité et en temps réel;
-

Du point de vue relationnel

- utilise les conventions NetMan dans le cadre de ses interactions avec d'autres centres;
 - honore ses accords et engagement d'affaire avec ses clients, fournisseurs et propriétaires;
 - donne à ses fournisseurs de l'information sur ses besoins attendus;
 - donne à ses clients de l'information à jour sur la réalisation des besoins tel que convenu;
 - s'assure que des plans de contingence sont mutuellement établis à priori dans le cadre d'accords d'affaires avec ses partenaires;
 - maintient sur une base régulière une évaluation de performance d'elle-même, de ses clients, de ses fournisseurs et de ses propriétaires;
 - informe tel que convenu ses clients, fournisseurs et propriétaires de ces évaluations de performance;
-

Du point de vue opérationnel

- établit des ententes avec un fournisseur pour chacun de ses besoins à satisfaire;
 - maintient à jour les statuts de toutes ses ressources, ses activités, ainsi que les commandes sous sa responsabilité;
 - fournit et met à jour dynamiquement un modèle de lui-même chez ses clients et fournisseurs;
 - maintient un modèle de chacun de ses clients et fournisseurs;
 - planifie des ententes réalisables en tirant avantage de toutes les informations fournies;
-

Tableau 1 : Caractéristiques des centres NetMan

À l'image des entités constitutives des organisations cellulaires (Miles *et al.*, 1997), chaque centre NetMan doit posséder un ensemble de compétences dans le but de remplir sa mission. Ainsi, ils possèdent : (1) des compétences techniques requises pour réaliser les activités dont il est directement responsable; (2) des compétences de collaboration pour gérer de manière appropriée ses relations avec ses centres partenaires; et enfin (3) des compétences de gestion tactique et stratégique pour la conduite de sa propre évolution. Ainsi, chaque centre NetMan est responsable de ses propres décisions opérationnelles, et peut avoir le privilège d'être responsable de ses décisions tactiques et stratégiques, en interaction avec ces centres parents et partenaires, dans le but de remplir sa mission et respecter ses engagements. Pour cela, chaque centre dispose d'un panel de stratégies génériques. La Figure 1 illustre ces stratégies.

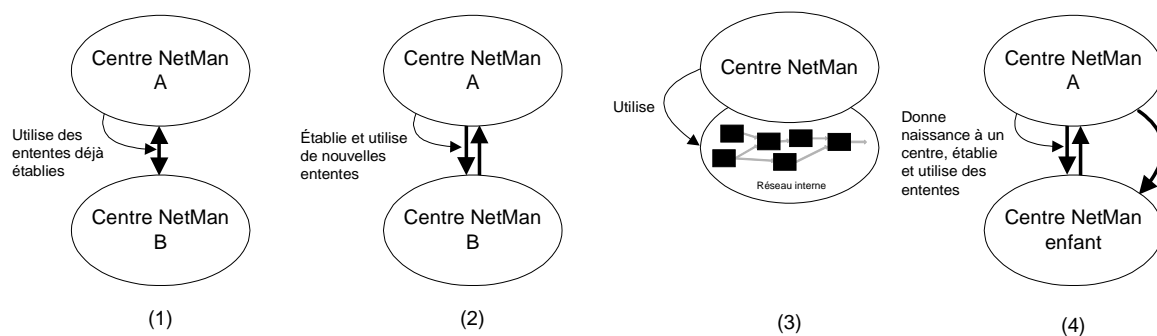


Figure 1: Stratégies génériques pour honorer la mission d'un centre NetMan

- (1) Il peut utiliser les services de centres partenaires avec qui il a déjà des ententes (ces centres peuvent être internes ou externes);
- (2) Il peut passer de nouvelles ententes avec des centres NetMan (internes ou externes);
- (3) Il peut utiliser son propre réseau de ressources internes;
- (4) Il peut avoir le privilège de créer de nouveaux centres NetMan avec qui il passe des ententes pour lui permettre de remplir sa propre mission.

Ainsi définis, les centres NetMan sont les composantes fondamentales des réseaux de responsabilité, contribuant à la mission globale du réseau. Dans cette perspective, chaque centre est intentionnellement conçu pour répondre à une problématique précise et de petite taille. Restreindre la taille des centres NetMan a plusieurs objectifs, dont permettre : (1) l'utilisation d'agents logiciel spécialisés, exploitant de l'information riche et proche de la réalité, contrairement aux outils très génériques; (2) une collecte plus facile de l'information pertinente à la bonne gestion du centre en responsabilisant les centres quant à leur propre prise

de décision; (3) la détection et le traitement rapide des contingences, et ce à la source même du problème, tel que préconisé par Buzacott (1995). Cette caractéristique majeure permet ainsi la codification (identification et établissement d'ententes de gestion en collaboration) des contingences et des actions à prendre pour un traitement automatique de ces dernières.

2.2. Les réseaux NetMan

Au fil des décennies, la structure des organisations a évolué en réponse aux exigences des marchés desservis. Halal (1994) et Miles *et al.* (1997) dressent deux présentations de cette évolution. Dans ces deux présentations le dénominateur commun concerne la turbulence et la complexité de l'environnement dans lequel les organisations doivent agir et réagir. Halal oppose ainsi les organisations de type mécanique, particulièrement adaptées à un environnement économique stable et mettant en valeur la précision du contrôle hiérarchique, et les structures d'organisation de type plus organique, adaptées à un environnement économique favorisant l'innovation, la créativité, la personnalisation des produits et services. Ces auteurs opposent ainsi les structures de gestion et de contrôle centralisées de la première moitié du 20^{ième} siècle, et les structures décentralisée du siècle à venir, notamment les formes réseaux, favorisant l'agilité dans leurs réponses aux changements de l'environnement.

L'approche réseau à la NetMan est en droite ligne avec ces principes. Elle propose ainsi une structure hétérarchique (Duffie, 1990), dynamique, ayant la capacité d'évoluer, et autorisant tous les types de contrôle et de gestion des opérations. En effet, lors de la conception d'un réseau, la responsabilité de coordination de divers centre peut être attribuée à un centre de décision, tel que décrit dans la Figure 2(a). La Figure 2(b) présente une version décentralisée de la même problématique. Dans ces deux alternatives, la méthodologie générique de collaboration est la même, seuls les mécanismes impliqués sont différents.

L'approche distribuée présentée ici induit de fortes interdépendances entre les centres. Grandori (1997) présente quatre types génériques d'interdépendance entre firmes, et les relie à des ensembles de mécanismes génériques de coordination. L'auteur présente ainsi : (1) les interdépendances de mise en commun de ressources, (2) les interdépendances de type intensive (haute complexité des relations entre les activités des firmes), (3) les interdépendances de type séquentielle (les activités s'alimentent mutuellement), et finalement (4) les interdépendances réciproques (une firme A réalise un ensemble d'activités spécifiques

pour la firme B, qui doit pour que A puisse les réaliser, lui spécifier les caractéristiques du produit ou service attendu).

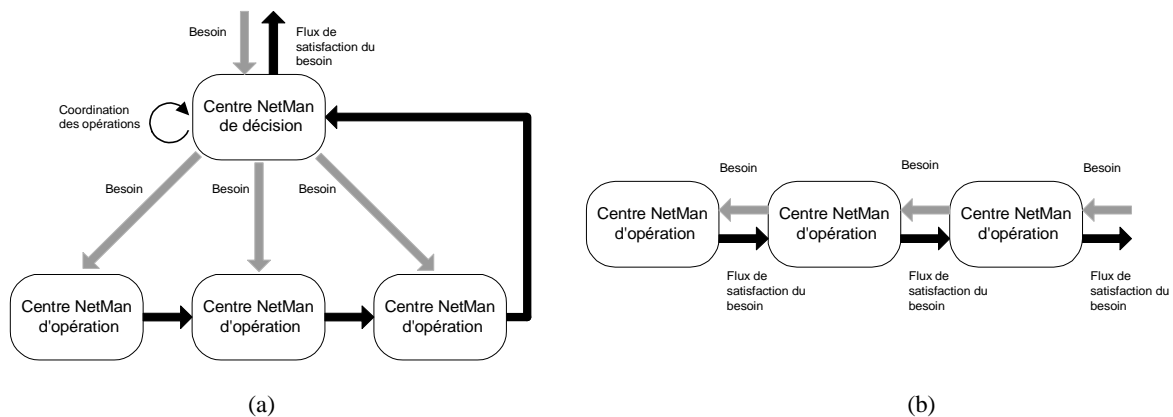


Figure 2 : Formes centralisée et décentralisée de gestion des opérations

Ces types d'interdépendances peuvent être généralisés au concept de réseau interne des entreprises. Dans NetMan, ces interdépendances sont étudiées selon trois dimensions : (1) l'échange d'information, (2) la gestion et la planification des opérations en collaboration, et finalement (3) l'implantation de «règles du jeu» d'affaire entre les centres. Les structures d'organisation que permet l'approche NetMan font face à ces interdépendances.

Quelles que soient les interdépendances qui relient les centres NetMan, ces derniers opèrent toujours suivant la même philosophie, qu'il soit interne ou externe. Les relations hiérarchiques sont abolies. Les centres opèrent dans le cadre de relations gagnant-gagnant, où chaque centre a son propre ensemble de responsabilité et pouvoir de décision. Chaque relation d'affaire NetMan est spécialement conçue, à l'image des systèmes kanban, dans le but de contribuer à l'objectif global du réseau. Afin de connaître dynamiquement la performance globale du réseau, l'approche NetMan force l'identification et l'utilisation de mesures locales de performance, permettant la reconfiguration de l'organisation, que se soit au niveau des relations entre centres, ou à un niveau plus global de la structure même de l'organisation.

Forrester (1961) et plus récemment Lee, Padmanabhan et Whang (1997a et 1997b) ont étudié la dynamique des systèmes de production et de distribution. Les auteurs soulignent l'effet des contrôles indépendants dans les réseaux d'approvisionnement, qui crée artificiellement des aberrations au niveau des paramètres de gestion (niveau de stock très haut), et amplifie les petites perturbations. NetMan aborde cet aspect en proposant l'implantation de mécanismes de

planification en collaboration et en permettant une planification et un contrôle en continue, basés sur l'échange intensif d'information. D'Amours *et al.* (1999) présentent les aspects positifs de l'échange d'information dans la production en réseau.

Finalement, tel que décrit dans Cloutier *et al.* (1999), les transactions entre les centres sont basées sur des engagements mutuels, reliant ces derniers. Cette approche spécifie que des ententes (ou accords) sont «signés» entre les centres dans le but de décrire la manière qu'ils doivent utiliser pour interagir et se comporter (règles du jeu). Ces ententes sont utilisées par les centres pour initier et conduire des transactions, et aboutir à des engagements mutuels. Ces engagements forcent les centres à réaliser l'ensemble de tâches, rendre le service, fournir la ressources pour lesquels ils se sont engagés. Une fois ces engagements passés, les centres ont la responsabilité d'activer un ensemble de ressources (internes ou externes) qui leurs permettra de les honorer. De plus, chaque centre est responsable de fournir à leurs clients partenaires l'état d'avancement de la satisfaction de leurs besoins, ainsi que les moindres contingences pouvant affecter cette satisfaction.

2.3. Le cycle de vie des réseaux NetMan

Jusqu'à présent, cet article décrit la structure organisationnelle NetMan, à travers leurs composantes, leur nature et leurs méthodes génériques d'opération. Cette partie présente un modèle du cycle de vie de ces organisations.

Strader, Lin et Shaw (1998) présentent un modèle du cycle de vie des organisations, qui comporte la phase d'identification des acteurs potentiels, la phase de formation des partenariats, la phase d'opération et finalement la phase de terminaison. Dans le cadre des organisations NetMan, un cycle de vie en trois étapes génériques et une phase transitoire pouvant se répéter est proposé. La Figure 3 présente ces étapes.

Ce modèle du cycle de vie des organisations NetMan commence avec l'identification et la mise en place des composantes d'affaires (centres NetMan) et de leurs interrelations. Ces relations concernent directement la mise en place des mécanismes de collaboration. Cette phase de conception initiale correspond aux quatre premières phases du cycle de vie des systèmes manufacturiers intégrés par ordinateur proposé dans l'approche CIMOSA et présentées par Vernadat (1996 p.47). Ces phases correspondent à la définition du plan maître d'affaire, la définition des besoins en processus d'affaire, la définition et description conceptuelle du système, et l'ensemble des activités menant à la mise en place du système.

Une fois cette phase générique accomplie, l'organisation entre dans une phase d'opération, où une mesure des performances locales et globales du réseau est réalisée en permanence. L'opération du réseau mène à de nombreuses interactions entre les centres d'affaires. Johanson et Mattson (1987) distinguent deux grands types de processus d'interactions au sein des réseaux industriels : les processus d'échange et les processus d'adaptation. Concernant ces derniers, les auteurs expliquent que les firmes d'un réseau peuvent s'adapter sur un plan technique, logistique, administratif, financier, ainsi qu'au niveau des connaissances mutuelles qu'elles ont de chacune en travaillant ensemble au développement technique de divers projets. Cette phase d'adaptation est selon les auteurs une période importante qui permet d'augmenter l'efficacité des centres à travail ensemble, tout en augmentant leur dépendance mutuelle (ou unilatérale dans certains cas).

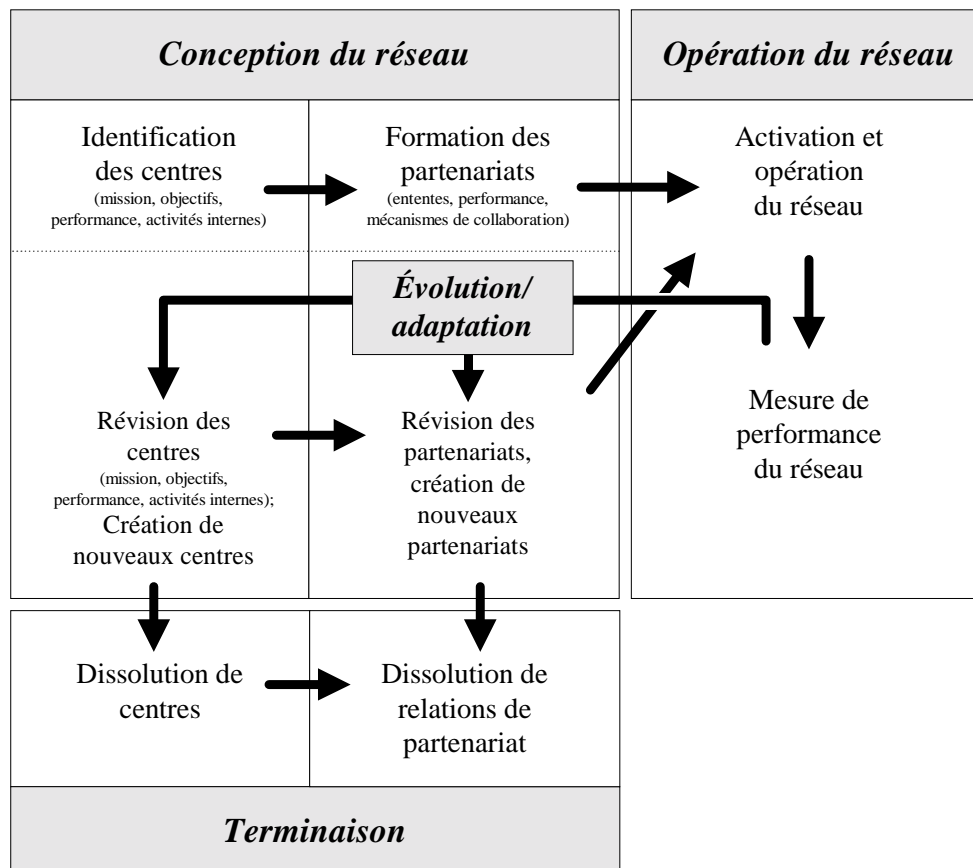


Figure 3 : Modèle du cycle de vie des organisations NetMan

Ce processus d'adaptation est une caractéristique très importante dans le cadre des réseaux NetMan, dans la mesure où il assure la dynamique et l'agilité organisationnelle du réseau.

Bien que transitoire entre deux phases d'opération plus stables, cette phase d'évolution introduite dans le modèle proposé ici, crée une boucle d'adaptation de la structure et des méthodes d'opération du réseau, initiée et guidée par des mesures de performances locales et globales. Cette adaptation de l'organisation peut conduire à la création aussi bien qu'à la dissolution de centres d'affaire ou de relations de partenariats.

Ce modèle ne présume en rien de l'origine du pouvoir exercé pour forcer l'adaptation et l'évolution des centres et de leurs relations de partenariat. L'évolution tactique et stratégique du réseau peut être réalisée de manière concertée par les centres ayant ce privilège, réalisée par un centre ayant les responsabilités et les moyens de guider cette évolution, ou encore imposée par les actionnaires propriétaires des centres.

3 L'approche de collaboration NetMan

Dans le cadre du modèle précédemment proposé, lorsque la structure du réseau est définie et que la mission de chaque centre est arrêtée, la définition des relations de collaboration entre les centres est une étape primordiale pour assurer une bonne performance globale du réseau. Cette partie se présente en trois étapes. La première concerne les aspects génériques de la collaboration. La seconde aborde plus en détail les principes fondamentaux de la collaboration dans NetMan. Enfin la troisième partie concerne la problématique d'échange d'information dans les réseaux.

3.1. Aspects génériques de la collaboration

La collaboration est depuis un certain temps déjà une préoccupation grandissante des dirigeants d'entreprise (Harrington (1998)). Ces derniers perçoivent avant tout la collaboration au niveau des opérations comme un outil servant à guider leur compagnie vers le succès, en permettant notamment la réalisation de prévisions précises de la demande, en améliorant l'efficacité des approvisionnements en matière première, en gérant plus efficacement l'ensemble des flux interentreprises, en améliorant le service au client, etc. MacMillan et Farmer faisaient état dès 1979 des tendances croissantes de la collaboration au sein des entreprises, et l'ont présenté entre autre comme un outil efficace pour contrer les effets des incertitudes inhérentes aux systèmes de production et à la demande.

Dans une autre perspective, de nombreux auteurs étudient la manière dont les organisations gèrent leurs relations avec d'autres firmes, notamment leurs fournisseurs et leurs clients au

travers des relations vendeur/acheteur (Ellram, 1991; Hines, 1996; Cox et Lamming, 1997; Maloni et Benton, 1997; Hines et Rich, 1998). NetMan s'intéresse à ces approches dans la mesure où chaque centre entretient avec ses centres partenaires des relations de types client/fournisseur, mais les étend dans la mesure où ces relations sont pensées au sein d'une collaboration globale, dépassant le cadre dyadique.

Dans le cadre de ce projet de recherche, certains aspects génériques de l'efficacité des relations de collaboration ont été mis en évidence. Ces aspects sont présentés dans le Tableau 2, sous trois facettes différentes : (1) les relations entre les partenaires; (2) les opérations entre les partenaires; et enfin, (3) la communication entre les partenaires.

Relations entre les partenaires :

- Connaissance mutuelle (opérationnelle, tactique et stratégique);
- Confiance mutuelle;
- Engagement mutuel;
- Relations gagnant-gagnant;
- Réactions pro-actives;
- Éviter les comportements d'opportunisme;
- Faire passer le profit du partenariat avant le profit individuel;
- Exploiter les opportunités de la collaboration pour améliorer le partenariat;
- Chaque partenaire doit pouvoir mesurer sa contribution à la collaboration, aussi bien que celle de leurs partenaires;
- Alignement stratégique des buts à atteindre (éviter les conflits négatifs);

Opérations entre les partenaires :

- Capacité à coordonner les activités interdépendantes;
- Partage des responsabilités et auto-administration;
- Mécanismes de récompense et d'incitation;
- Capacité à travailler ensemble (méthodes d'affaire explicites);
- Partage des profits, des ressources, des problèmes;
- Élimination de la duplication du travail;
- Identification des contingences et des plans de contingences;

Communication entre les partenaires:

- Canaux de communication rapides et efficaces, permettant des échanges explicites (système d'information, même ontologie et sémantique, élimination des communications redondantes);
-

Tableau 2 : Aspects génériques de la collaboration

3.2. La vision NetMan de la collaboration

Les concepts NetMan qui sont présentés dans cet article abordent certains des aspects génériques de la collaboration mentionnés ci-dessus sous la forme d'un ensemble de prémisses et de mécanismes de collaboration.

Prémises :

- (1) **Structure et organisation** : par nature, chaque centre NetMan est responsable et gère ses propres activités dans un cadre coopératif donné, satisfaisant les besoins de ses clients, et honorant ses engagements d'affaire avec les autres centres.
- (2) **Communication** : Chaque centre NetMan doit utiliser des moyens de communication (concernant aussi bien le transport des messages que leur nature) permettant aux transactions d'affaire et aux échanges d'information d'être rapides, compréhensibles, et efficaces.
- (3) **Coordination** : Les centres NetMan possèdent les habilités et les outils nécessaires à la coordination de leurs activités interdépendantes, à travers l'utilisation de méthodes de planification et de contrôle en collaboration.

Mécanismes de collaboration :

- (1) **Infrastructure de système d'information** : Les partenaires NetMan comptent sur une utilisation intensive des nouvelles technologies de l'information pour supporter leurs méthodes explicites d'affaire, et leurs échanges d'informations.
- (2) **Échange d'information** : Les partenaires NetMan échangent dynamiquement leur modèle d'affaire dans le but de mieux se coordonner mutuellement, planifier ses besoins et ses opérations en fonction de la capacité de ses partenaires, anticiper des actions à réaliser, et supporter le processus de génération d'offres en réponse aux besoins de clients. Un modèle d'affaire peut être un plan détaillé des opérations d'un client ou d'un fournisseur, dans le but de permettre la livraison juste-à-temps de biens et des services. Un modèle d'affaire peut aussi être le niveau d'inventaire d'un client pour que le fournisseur responsable des inventaires de son client puisse réaliser ce qui est traditionnellement appelé VMI (Vendor Managed Inventory). Il peut aussi être constitué d'un ensemble de données sur la capacité de production d'un sous-contractant pour permettre au client d'organiser sa propre utilisation de ses ressources. Dans une autre perspective, un modèle d'affaire peut être constitué de données de prévision de demande

fournisseur et cliente pour permettre la correction et le réalignement en collaboration des prévisions.

- (3) **Règles du jeu explicites** : Les centres NetMan s'accordent sur des règles du jeu gagnant-gagnant, leur permettant de collaborer aussi bien au niveau de la planification, qu'au niveau des opérations. Ces règles du jeu peuvent aussi décrire certains comportements à adopter pour assurer la convergence de certains protocoles de négociation et de résolution de conflits. Ces comportements décrivent d'une manière générique les aspects délibératifs locaux impliqués à chaque étape de la négociation. Ces règles du jeu peuvent être aussi simple que confirmer la réception d'un besoin dans l'heure qui suit son émission, et confirmer la capacité à satisfaire ce besoin dans les 3 heures qui suivent. Lee et Whang (1999) présentent un ensemble de règles du jeu type utilisées dans le cadre d'un contrôle décentralisé d'une chaîne d'approvisionnement à deux échelons. Ces règles concernent notamment la répartition et le calcul des coûts de transfère, d'inventaire, de pénalité pour retard, et de pénurie. Ils sont présentés comme des mécanismes de gestion incitatifs conduisant à une utilisation optimale de la chaîne d'approvisionnement.
- (4) **Partage de ressources** : Les partenaires NetMan peuvent partager des ressources. Pour réaliser un partage efficace de ces ressources, ils gardent et mettent à jour un modèle des ressources partagées. Ce modèle contient aussi bien l'utilisation réelle et donc les disponibilités des ressources, que les règles décrivant les consensus concernant des mécanismes collaboratifs de partage, ainsi que les méthodes de résolution des conflits potentiels.
- (5) **Gestions des contingences** : Dans le cadre de chaque partenariat NetMan, les centres impliqués identifient des contingences, et s'accordent sur des plans de contingences à adopter en cas de problème. Cela permet d'agir le plus vite possible, pour prévenir d'éventuelle répercussion du problème à l'ensemble du réseau.
- (6) **Mesures de la performance** : Dans le cadre de chaque partenariat NetMan, les centres identifient des mesures de performance, pour connaître en tout temps les performances de leurs partenaires et d'eux même. Cela permet à chaque centre de connaître sa propre contribution à l'ensemble du réseau collaborant, et d'améliorer ses relations et ses méthodes de collaboration.

Cette vision de la collaboration est ouverte et générique dans la mesure où elle n'impose pas de cadre formel quant aux structures d'informations échangées et aux mécanismes de

collaboration utilisés. Les concepts NetMan se proposent d'illustrer l'utilisation de tels mécanismes de collaboration et d'échanges d'information par des exemples pragmatiques, issus de l'étude du cas industriel particulier du manufacturier Prévost Car. Certains de ces mécanismes sont présentés dans la partie quatre de cet article.

Dans une telle approche, la pertinence des règles de collaboration et des informations échangées, ainsi que les habilités cognitives des centres impliqués sont des caractéristiques importantes, influençant la performance globale du réseau.

3.3. L'échange d'information dans les réseaux collaboratifs

Un aspect important de la collaboration concerne l'échange d'information entre les partenaires d'affaire. Certains auteurs expliquent que le partage intensif et rapide de l'information est une nécessité pour assurer l'efficacité opérationnelle des organisations réseaux (Snow, Miles et Coleman (1992)). Dans le domaine des entreprises à structure flexible et virtuelle, l'échange d'information est nécessaire à l'intégration opérationnelle des membres collaborateurs de l'organisation (Song et Nagi (1997)). L'échange d'information est aussi considéré comme outil efficace pour endiguer la variabilité inhérente des environnements économiques volatiles, en améliorant son adaptabilité face aux événements et contingences.

D'un autre côté, Dyer (1997) explique que les firmes japonaises échangent énormément d'information avec leurs fournisseurs, sur entre autre leurs coûts, leurs méthodes de production et leurs technologies, résultant en une diminution de l'asymétrie informationnelle, des comportements opportunistes, et ainsi des coûts de transactions (coût de mise en place). D'Amours *et al.* (1999) présentent une approche comparative impliquant la richesse de l'information échangée lors de la constitution et de la sélection d'un ensemble de sous-contracteurs pour la réalisation d'une commande. Les auteurs démontrent que la richesse de l'information échangée est une donnée influençant fortement la qualité de la prise de décision.

Jacob, Julien et Raymond (1996) présentent a un niveau plus conceptuel l'importance de la circulation de l'information au sein des entreprises organisées en réseaux lors de la création de connaissances et de savoir-faires collectifs. La création d'une intelligence collective est ainsi présentée comme une source d'avantage compétitif émergent de la circulation d'information.

Dans le cadre du projet NetMan, l'échange d'information est capital à la réalisation des mécanismes de planification en collaboration et à la réalisation des opérations. L'échange d'information est aussi important au maintien de la cohésion du réseau du point de vue de sa

performance globale. Comme il a été mentionné plus haut, l'indépendance des contrôles conduit à la prise de décision aveugle, favorisant la performance locale à la performance globale. Les concepts NetMan incluent un ensemble de mécanismes de partage de l'information, à travers l'échange des modèles fournisseurs.

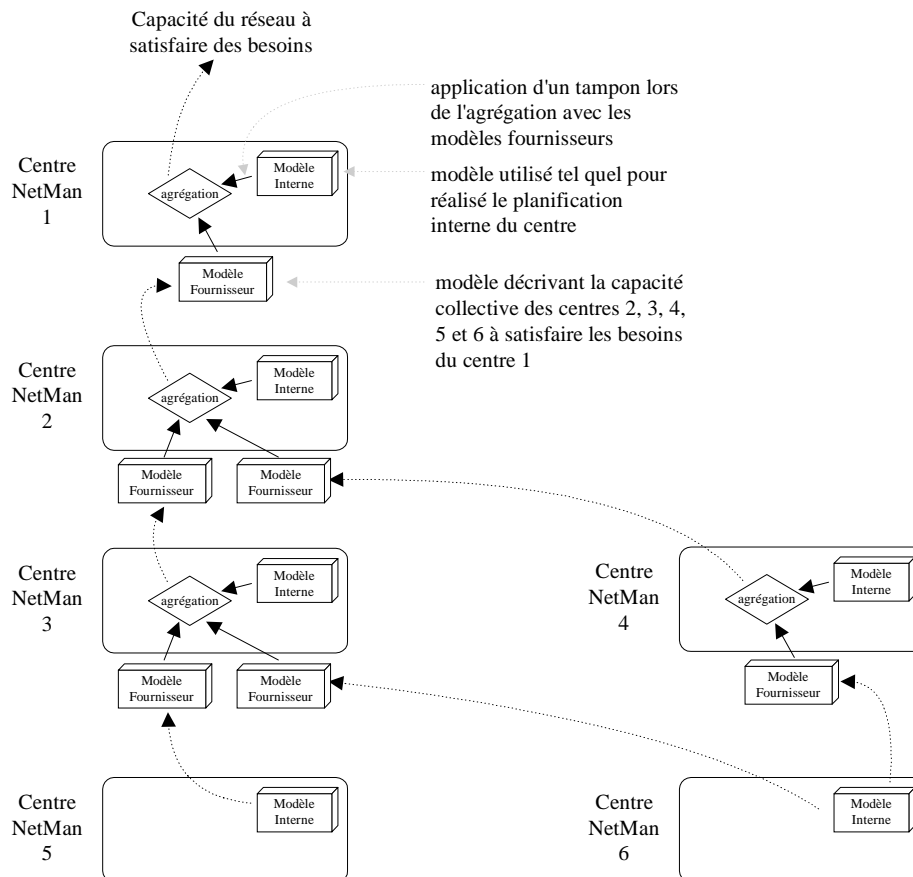


Figure 4 : La propagation de l'information dans les réseaux NetMan

Comme le montre la Figure 4, chaque centre possède un ensemble d'information sur sa propre capacité à satisfaire les besoins de ces centres clients. Ces connaissances sur lui-même sont regroupées sous le concept de Modèle Interne. Pour chaque besoin (directs ou induits) que le centre n'est pas capable de satisfaire lui-même, ce dernier utilise ou crée un partenariat avec un autre centre. Dans le cadre de ce partenariat, le centre fournisseur doit régulièrement mettre à jour la connaissance que son centre client a de lui. Ces connaissances sont regroupées sous le concept de Modèle Fournisseur. Ainsi, la capacité interne propre du centre plus celle de ces fournisseurs représente la capacité réelle du centre à tenir grâce à la collaboration. Cette capacité est donc une agrégation de toutes les capacités en amont conjointes.

Cette agrégation complexe, effectuée à travers tout le réseau, est réalisée en termes de satisfaction de besoins, en nom en termes de produits ou de processus. Ainsi par exemple, supposons que le centre 2 est responsable de fournir au centre 1 un produit assemblé à partir de deux composantes fournies par les centres 3 et 4. La capacité du centre 2 à fournir le produit dépendant à la fois de sa capacité à réaliser un processus d'assemblage (Modèle Interne), mais aussi de la capacité des centres 3 et 4 à fournir les composantes (Modèles Externes), et ainsi de suite à travers le réseau. Le modèle que le centre 1 possède du centre 2 doit donc représenter la capacité de tout le réseau en amont, susceptible de satisfaire ses besoins. Parfois le besoin s'exprime en terme de capacité à réaliser des processus, parfois en termes de livraison de composantes, parfois en termes de capacité à fournir des ressources.

Cette agrégation est donc une caractéristique complexe et important dans le cadre de collaboration NetMan. Elle contribue ainsi à maintenir les cohérences d'affaire et informationnelle du réseau. Cette agrégation de l'information est donc réalisée de manière décentralisée, et un niveau à la fois. Elle ouvre de plus la discussion sur la répartition des fonctions de planification décentralisées : Quelles fonctions de planification doit posséder un centre dans le cadre de réseau de planification ? Quel niveau information doit-il posséder pour réaliser sa tâche de planification ? De quelles contraintes doit-il tenir compte pour trouver une solution pertinente à son problème de planification ?

4 Système d'opération NetMan

Les systèmes d'opération NetMan utilisent un ensemble de mécanismes génériques décrivant la dynamique des réseaux NetMan. Ces mécanismes, décrits par Montreuil, Frayret et D'Amours (à paraître), sont utilisés pour l'implantation d'un système d'information prototype. Les auteurs décrivent de plus la correspondance qu'il y a entre la structure organisationnelle du réseau manufacturier et la structure du système d'information.

Les choix technologiques utilisés pour la réalisation du prototype sont basés sur les concepts des systèmes multi-agents décrits entre autre par Wooldrige et Jennings (1995), Parunak (1996) et Sikora et Shaw (1997 et 1998). Dans le but d'implanter un système multi-agents collant à une certaine réalité manufacturière, une problématique simplifiée pour fin de discussion a été identifiée à partir de l'étude du cas industriel Prévost Car. Cloutier *et al.* (1999) décrivent le cadre multi-agents d'implantation des mécanismes de collaboration et de coordination des agents représentant chaque centre NetMan.

4.1. Prototype multi-agents NetMan

Cette partie présente dans un premier temps le contexte manufacturier du cas d'étude. Dans un second temps sont présentés les principes génériques du prototype, en décrivant les hypothèses simplificatrices de la problématique.

Contexte manufacturier

La compagnie Prévost Car conçoit et produit des autocars ainsi que des structures de bus, converties par d'autres firmes en maisons motorisées très personnalisées. Peu de produits sont réalisés, mais un grand nombre d'options fait que tous les bus produits sont différents les uns des autres. Deux produits génériques (autobus H et XL) sont assemblés sur deux lignes distinctes. Ainsi, chaque bus est assemblé sur une ligne d'assemblage comportant environ 20 stations de travail, et alimentées par des lignes secondaires. Chaque ligne (principale et secondaire) est synchronisée par un temps de cycle. Ainsi chaque bus passe par un ensemble prédéterminé de stations, cadencées par un rythme définissant la capacité de chaque ligne à produire des autobus. De plus, l'ordre de fabrication des bus sur la ligne est une contrainte dans la mesure où certaines séquences de bus est interdite, pour préserver un certain équilibre de la charge de travail sur la ligne.

Cadre d'étude du prototype

Dans le cadre du prototype développé, une seule ligne est retenue. Cette ligne est constituée de trois stations de travail, capables chacune de réaliser un ensemble donné de processus. Tous ces processus sont réalisables par au moins une de ces stations de travail. Certains d'entre eux peuvent cependant être réalisés dans deux stations de travail, voire plus. De plus, il existe des contraintes matérielles forçant certains processus à être réalisés dans une station en particulier. La Figure 5 présente la structure globale organisationnelle du système d'information multi-agents, développée dans le cadre du prototype NetMan. Cette structure est directement issue de la structure de l'organisation du cas étudié. Dans cette organisation, un centre de vente de bus reçoit des besoins provenant de différents clients. Ce centre a pour mission de gérer cette demande en assignant chaque besoin (un bus en particulier) à une période d'utilisation de la ligne (TSL : Time Slot line) cadencée par un temps de cycle. Dans le cadre de ce prototype a été développé un agent logiciel réalisant cette tâche. Le travail de cet agent consiste à résoudre un programme linéaire, optimisant la satisfaction individuelle des clients, en tenant compte des contraintes de capacité de production de la ligne pour chaque période de temps (TSL), ainsi que de la séquence des bus à produire.

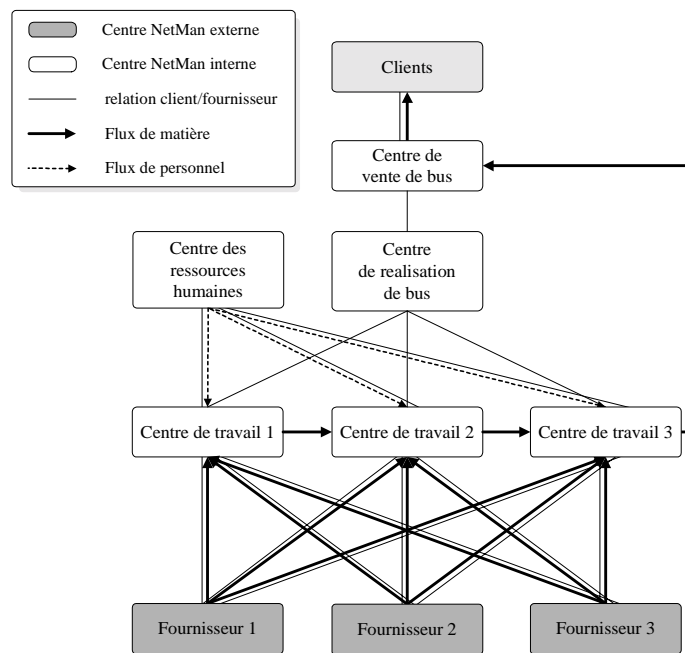


Figure 5 : Structure organisationnelle du prototype NetMan

Ce centre possède un modèle agrégé de la ligne contenant pour chaque TSL une capacité verte (disponible sans avoir à être confirmée), et une capacité supplémentaire potentielle dite jaune (éventuellement disponible avec confirmation). Ainsi, si la capacité de la TSL trouvée par cet agent pour un bus donné requière, étant donné le type de bus demandé, l'utilisation de la capacité verte plus une partie de la capacité jaune, alors le centre de vente doit exprimer un besoin au centre de réalisation des bus, qui possède des données moins agrégées sur la capacité de la ligne. Ce dernier valide ou non la disponibilité de la capacité supplémentaire demandée auprès du centre de vente qui assigne ou non le bus à la TSL concernée.

Une fois un bus assigné à une TSL et que le client a confirmé qu'il acceptait la date de livraison, le centre de vente exprime un besoin au centre de réalisation des bus. Comme nous l'avons vu plus haut, les centres de vente et de réalisation de bus sont des centres de décision, en ce sens qu'ils n'ont pas de réseaux de ressources internes. Ainsi, la mission du centre de réalisation des bus est de coordonner l'utilisation de la ligne d'assemblage en équilibrant les processus requis pour chaque bus. Comme pour le centre précédent, un agent logiciel a été spécialement développé pour accomplir cette tâche.

Pour cela, l'agent d'équilibrage de ligne réalise un ensemble de tâches. Premièrement il décompose le besoin reçu en termes de spécifications techniques, c'est-à-dire en un ensemble

de processus que le centre de réalisation des bus va devoir sous-traiter aux diverses stations de travail de la ligne d'assemblage. Ensuite, l'agent utilise une heuristique pour équilibrer la charge de travail de la ligne, et ce, pour chaque besoin de façon individuelle. Cet équilibrage doit être réalisable, c'est-à-dire qu'il doit respecter : (1) les contraintes de capacité dynamique des stations de travail (issue d'une connaissance dynamique de chacune des stations de travail), (2) les contraintes de précédences entre les processus à réaliser, et enfin, (3) les contraintes matérielles définies par le fait que certains processus ne peuvent être réalisés que par certaines machines dans certaines stations de travail. La problématique est donc de définir les charges de travail, c'est-à-dire l'ensemble des processus, qui vont être demandées à chacune des stations de travail.

Pour l'aider dans cette tâche, ce centre possède une certaine connaissance de chacune des stations de travail, par le biais des modèles fournisseur. Le modèle d'une station se décompose comme on peut le voir dans le Tableau 3. Pour chaque station, pour chaque période de temps (TSL), ces modèles décrivent une capacité verte, c'est-à-dire un nombre de ressources humaines disponibles sans avoir à demander une confirmation, et une capacité jaune indiquant une quantité de travail (minutexhomme) qui pourrait être réalisée par la station, mais sous réserve de confirmation par la station concernée.

<u>Modèle de la Station de travail :</u>	
<u>Modèle de la Station de travail :</u>	
<u>Modèle de la Station de travail :</u>	
WS-6440	Nombre (entier) de ressource
<u>Time SlotLine N° :</u>	Nombre (entier) de ressource
2145-1999	
Vert (capacité garantie)	Nombre (entier) de ressource normalement offertes par la station
Jaune (capacité à confirmer part la station de travail)	Nombre d'heure.ressource (heure.homme entier) offertes en Jaune par la station

Tableau 3 : Modèles fournisseur du centre de réalisation des bus

Ainsi, grâce à une heuristique, l'agent répartit ces processus entre les stations en cherchant à n'utiliser dans un premier temps que les ressources vertes. Si dans l'éventualité où certains

processus n'ont pas pu être affectés en n'utilisant que les ressources vertes, l'agent d'équilibrage réalise un chargement des capacités jaunes données par les modèles des stations.

Pour chaque station dont il planifie d'utiliser la capacité jaune, le centre de réalisation des bus exprime un besoin correspondant aux processus à réaliser. Comme précédemment, les stations concernées confirment ou non la disponibilité de la capacité. Dans certains cas, les stations sont-elles mêmes amenées à exprimer un besoin au centre des ressources humaines pour obtenir des ressources supplémentaires pour qu'elles puissent satisfaire les besoins en processus d'assemblage du centre de réalisation des bus.

Une fois tous les processus assignés à une station, les stations de travail génèrent les besoins matière correspondant aux processus d'assemblage à réaliser. Dans cette structure organisationnelle, chaque station de travail gère elle-même ces relations avec ses fournisseurs. Dans l'approche retenue pour ce prototype, la planification des besoins en composants se fait en continu, au fur et à mesure que les besoins en autobus sont exprimés.

Lors de la réalisation des opérations, un protocole d'échange de tâche a été implanté pour permettre aux stations de négocier entre elles afin de trouver des solutions aux contingences telles que le manque d'une ressource, un processus plus long que prévu, etc.

4.2. Améliorations et travaux futurs

Dans l'approche prototype présentée ci-dessus, de nombreuses problématiques n'ont volontairement pas été abordées, étant donnée la complexité du système. Outre certains raffinements technologiques concernant la performance du système multi-agents (rapidité de calcul des heuristiques, programme linéaire et communication), les objectifs d'amélioration du prototype concernent tous d'abord la gestion des stocks de matière dans le système. Trois approches sont d'ores et déjà pensées, et sur le point d'être implantées, telle que l'approche traditionnelle de livraison après avoir passé une commande, l'approche kanban avec l'implantation de kanban électronique, et enfin l'approche VMI (discuté plus haut), où le fournisseur est responsable de la gestion du stock de son client.

La gestion des ressources humaines, avec notamment le développement d'un agent réalisant une gestion détaillée des ressources humaines à travers la ligne est aussi une problématique abordée, tout comme la gestion de la logistique externe et interne. De nombreux problèmes de logistique apparaissent clairement dans une telle structure, notamment entre les stations, et

entre les fournisseurs et les stations. La gestion d'une ressource partagée est aussi à l'étude concernant le partage d'une aire de stockage entre stations de travail. Enfin, un point très important concerne la mesure de performance avec notamment l'implantation de mesures de performance locales et globales.

5 Conclusion

Cet article fait état du projet NetMan, présentant les derniers travaux conceptuels et pratiques à ce jour. Comme il est démontré dans la partie précédente, de nombreux points sont encore à aborder au niveau des fonctionnalités du prototype. Au fur et à mesure de son évolution, le prototype gère des problématiques de plus en plus réalistes, inspirées directement par le cas Prévost Car. D'un point de vue plus conceptuel, de nombreux travaux de formalisation restent à réaliser.

Bibliographie

Achrol, R.S. (1997), «Changes in the Theory of Interorganizational Relations in Marketing: Toward a Network Paradigm», *Journal of the Academy of Marketing Science*, vol. 25, n° 1, p.56-71.

Ackoff, R.L. (1993), «Corporate Perestroika The Internal Market Economy», dans: *Internal Markets*, Eds W.E. Halal, A. Geranmayeh, et J. Pourdehnad, New York: John Wiley, p.15-26.

Buzacott, J. A. (1995), «A perspective on new paradigms in manufacturing», *Journal of Manufacturing Systems*, vol. 14, n° 2, p.118.

Cloutier, L., J.M. Frayret, S. D'Amours, B. Espinasse, et B. Montreuil (1999). «A Commitment-Oriented approach to Networked Manufacturing». dans actes de conférence de IEPM'99, FUCAM, Glasgow.

Cox A. et R. Lamming (1997), «Managing supply in the firm of the future», *European Journal of Purchasing & Supply Management*, vol. 3, n° 2, p.53-62.

D'Amours, S., B., Montreuil, P. Lefrançois et F. Soumis (1999), «Networked manufacturing: The impact of information sharing», *International Journal of Production Economics*, vol. 58, p.63-79.

Duffie, N. (1990), «Synthesis of heterarchical manufacturing systems», *Computers in industry*, vol. 14, n° 1-3, p.167-174

Dyer, J. H. (1997), «Effective interfirm collaboration: How firms minimize transaction costs and maximize transaction value», *Strategic Management Journal*, vol. 18, n° 7, p.535-556.

Ellram L.M. (1991), «A Managerial Guideline for the Development and Implementation of Purchasing Partnerships», *International Journal of Purchasing and Materials Management*, vol. 27, n° 3, p.2-8.

Forrester J. (1961), *Industrial Dynamics*, MIT press, et John Wiley and Sons, New York.

Forrester, J. (1965), «A New Corporate Design», *Industrial Management Review*, vol. 7, n° 1, p.5-17.

Grandori, A. (1997). «An organizational assessment of interfirm coordination modes», *Organization Studies*, vol. 18, n° 6, p.897-925.

Halal W.E. (1994), «From hierarchy to enterprise: Internal markets are the new foundation of management», *The Academy of Management Executive*, vol. 8, n° 4, p.69-82.

Harrington, L.H. (1998), «Software tools to revamp your supply chain», *Transportation & Distribution*, vol. 39, n° 11, p.59-70.

Hauser J.R., D.I. Simester, B. Wernerfelt (1996), «Internal customers and internal suppliers», *Journal of Marketing Research*, vol. 33, n° 3, p.268-80.

Hines P. et N. Rich (1998), «Outsourcing competitive advantage: the use of supplier associations», *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, vol. 28, n° 7, p.524-46.

Hines P. (1996), «Network sourcing A discussion of causality within the buyer-supplier relationship», *European Journal of Purchasing & Supply Management*, vol. 2, n° 1, p.7-20.

Jacob, R., P.A. Julien, et L. Raymond, (1996), «L'organisation apprenante ou apprendre à apprendre en réseau», dans actes de conférence du 9ième Congrès de l'Association Internationale de Psychologie de travail de langue Française, Sherbrooke.

Johanson, J., et L.G. Mattsson (1987), «Interorganizational Relations in Industrial Systems: A Network Approach Compared with the Transaction-Cost Approach», *International Studies of Management & Organization*, vol. 17, n° 1, p.34-48.

Lee H.L., V. Padmanabhan, et S. Whang (1997), «Information Distortion in a Supply Chain: The Bullwhip Effect», *Management Science*, vol. 43, n° 4, p.546-558.

Lee H.L., V. Padmanabhan, et S. Whang (1997), «The bullwhip effect in supply chains», *Sloan Management Review*, vol. 38, n° 3, p.93-102.

Lee, H. L., et S. Whang (1999), «Decentralized Multi-Echelon Supply Chains: Incentives and Information», *Management Science*, vol. 45, n° 5, p.633-640.

MacMillan, K., et D. Farmer (1979), «Redefining the Boundaries of the Firm», *Journal of Industrial Economics*, vol. 27, n° 3, p.277-85.

- Maloni M.J. et W.C. Benton (1997), «Supply chain partnerships: Opportunities for operations research», *European Journal of Operational Research*, vol. 101, n° 3, p.419-29.
- Mathews, J. (1996), «Holonc organisational architectures», *Human Systems Management*, vol. 15, n° 1, p.27-54
- Miles R.E. et C.C. Snow (1986), «Organizations: New Concepts for New Forms», *California Management Review*, vol. 28, n° 3, p.62-73.
- Miles, R.E., et C.C. Snow (1995), «The New Network Firm: A Spherical Structure Built on a Human Investment Philosophy», *Organizational Dynamics*, vol. 24, n° 4, p.5-18.
- Miles, R.E., C.C. Snow, J.A. Mathews, G. Miles, et H.J.Jr. Coleman, (1997). «Organizing in the knowledge age: Anticipating the cellular form», *The Academy of Management Executive*, vol. 11, n° 4, p.7-20.
- Montreuil, B., J.-M. Frayret et S. D'Amours (à paraître), «A Strategic Framework for Networked Manufacturing», *Computers in industry*.
- Montreuil, B. et P. Lefrançois, (1996), «Organizing Factories as Responsibility Networks». dans: *Progress in Material Handling*, Eds R.J. Graves *et al.*, p.375-411, Braum-Brumfield Inc., Michigan, USA.
- Parunak, H. V. D. (1994), «Applications of Distributed Artificial Intelligence in Industry», dans: O'Hare and Jennings, eds, *Foundations of Distributed Artificial Intelligence*, p.139-164, (Wiley Inter-Science).
- Poulin, D., B. Montreuil et S. Gauvin (1994), *L'entreprise réseau*. Publi-Relais, Montreal.
- Powell, W.W. (1990), «Neither Market Nor Hierarchy: Network Forms of Organization», *Research in Organizational Behavior*, vol. 12, p.295-336.
- Sikora R. et M.J. Shaw (1997), «Coordination mechanisms for multi-agent manufacturing systems: application to integrated manufacturing scheduling», *IEEE Transactions on Engineering Management*, vol. 44, n° 2, p.175-187.
- Sikora R. et M.J. Shaw (1998), «A multi-agent framework for the coordination and integration of information systems», *Management Science*, vol. 44, n° 11, part. 2, p.S65-S78.
- Snow, C.C., R.E. Miles, et H.J.Jr. Coleman (1992), «Managing 21st Century Network Organizations». *Organizational Dynamics*, vol. 20, n° 3, p.5-20.
- Song, L., et R. Nagi (1997), «Design and implementation of a virtual information system for agile manufacturing», *IIE Transactions*, vol. 29, p.839-857.
- Strader T.J., F.R. Lin, et M.J. Shaw (1998), «Information infrastructure for electronic virtual organization management», *Decision Support Systems*, vol. 23, p.75-94.

Thorelli, H.B. (1986), «Networks: Between Markets and Hierarchies», *Strategic Management Journal*, vol. 7, n° 1, p.37-51.

Vernadat, F.B. (1996), *Enterprise Modeling and Integration: principles and applications*, London: Chapman & Hall.

Wooldridge, M. et N.R. Jennings (1995), «Intelligent Agents: Theory and Practice», *Knowledge Engineering Review*, vol. 10, n° 2, p.115-152.