

Approche contingente de la performance relative des différents modes de pilotage dans une chaîne logistique

Vincent Giard¹ & Gisèle Mendy²

MOTS-CLÉS: innovation organisationnelle, chaîne logistique, anticipation, pilotage des flux, point de pénétration de commande, kanban, production synchrone

RÉSUMÉ: Dans une chaîne logistique composée d'une ligne d'assemblage (client industriel), dédiée à une production de masse de produits diversifiés et d'une unité de production (fournisseur), approvisionnant un poste de cette ligne en composants alternatifs, se pose la question du choix de la meilleure technique de pilotage des processus du fournisseur. La performance relative de ces techniques dépend de leurs caractéristiques intrinsèques mais aussi de celles liées à la partie étudiée de cette chaîne logistique. C'est donc une prise en compte simultanée de ces différents facteurs de contingence qui déterminent le choix à opérer.

1 Problématique étudiée

On s'intéresse ici à la partie d'une chaîne logistique composée d'une ligne d'assemblage, dédiée à une production de masse de produits diversifiés (par exemple, véhicules) et d'une unité de production, approvisionnant un poste de cette ligne en composants alternatifs (par exemple, moteurs). Pour piloter sa production, le fournisseur peut mobiliser plusieurs politiques alternatives dont les performances dépendent à la fois de leurs caractéristiques intrinsèques et des caractéristiques de la partie étudiée de cette chaîne logistique. Notre objectif ici est de mettre en évidence les facteurs de contingence qui rendent plus efficiente et plus efficace, une politique de pilotage par rapport aux autres.

Il convient de préciser le périmètre d'analyse retenu. Tout d'abord, le processus productif du client, dernier maillon de la partie productive de la chaîne logistique, est une ligne d'assemblage permettant de produire à la commande une large gamme de produits diversifiés (véhicules automobiles, par exemple). Ce choix permet d'assembler un produit personnalisé, dans des conditions de coûts et de délais acceptables. La différenciation des produits finis respecte les choix du client final portant sur les composants optionnels (toit ouvrant, par exemple) ou alternatifs (moteurs, par exemple). Le client industriel dispose d'un carnet de commande ferme couvrant plusieurs jours de production; au-delà, il a une connaissance probabiliste de la structure de la demande pour les composants alternatifs du poste de la ligne auquel on s'intéresse. Ce portefeuille de commandes dépend en grande partie de la politique commerciale qui, dans un environnement concurrentiel, positionne l'entreprise notamment en termes de prix et de délais. La décision de lancer en production tout ou partie de ce portefeuille de commandes implique de déterminer périodiquement un ordonnancement lequel va conditionner le Point de Pénétration de Commande (PPC) et donc permettre de mieux cerner l'interdépendance entre processus du client et celui du fournisseur (Giard et Mendy, 2007a). La connaissance probabiliste de la demande, au-delà du PPC est une information exploitable par le fournisseur.

Ce périmètre d'analyse intègre aussi les caractéristiques du système productif du fournisseur qui vont conditionner sur plusieurs aspects les problèmes de production rencontrés. Ils sont liés à la diversité de la demande en composants alternatifs laquelle découle du choix de conception du produit final (modularité, standardisation, plateforme, commonalité) et qui joue sur les nomenclatures. Ils sont également liés au niveau de la demande à satisfaire et à la structure du système productif (ligne,

1. Renault et Lamsade, université Paris-Dauphine. Courriel: vincent.giard@dauphine.fr

2. Renault et Lamsade, université Paris-Dauphine. Courriel: giselemendy@numericable.fr

atelier...) qui jouent sur les gammes. Enfin, le niveau d'anticipation des demandes à satisfaire influence le choix des procédures de pilotage mobilisables.

Dans ce contexte plusieurs travaux ont tenté de faire une analyse critique réunissant les différentes approches dans le but de fournir une aide dans le choix d'une politique de pilotage (Babai, 2005 ; Bironneau, 2002 ; Karmarkar, 1989) mais laissant de côté certains déterminants clés découlant de décisions stratégiques opérés sur la chaîne logistique.

Dans un premier temps, on cherchera à mettre en évidence des facteurs de contingence qui découlent de décisions stratégiques de conception du produit par le client industriel, décisions qui influent fortement la conception des systèmes productifs du client industriel et de son fournisseur (§ 2). On examinera ensuite les facteurs de contingence associés aux différentes techniques de pilotage de la production (§ 3).

2 Facteurs de contingence liés aux décisions stratégiques du client industriel

Les décisions prises lors de la conception des produits dans la grande industrie ont des implications fortes sur la conception du système productif du client industriel mais aussi de celui du fournisseur s'il appartient à la même entité juridique ou s'il y a co-conception du produit acheté au fournisseur.

2-1 Facteurs de contingence découlant des caractéristiques de conception du produit

L'entreprise possédant la ligne d'assemblage prend des décisions stratégiques conduisant à une définition cohérente du portefeuille de produits et de services que l'entreprise veut vendre sur le marché à moyen et long terme et du portefeuille de ressources qu'elle doit mobiliser pour y parvenir. Cette définition évolue lentement dans le temps en fonction de l'évolution de l'environnement économique et technologique, créatrice d'opportunités et de menaces. Ces décisions stratégiques peuvent modifier les contraintes portant sur les techniques de pilotage possibles.

À l'origine du renouvellement ou de la création d'une gamme de produits, se trouvent des études de concepts de produits nouveaux, caractérisés par un ensemble de valeurs d'usage (liées à des attributs perceptibles du produit) et de prix. Les choix effectués se traduisent par un cahier des charges fonctionnelles et des coûts objectifs qui vont intervenir sur le positionnement concurrentiel de la gamme de produit et de sa variété et donc sur le volume de ventes escomptées. Le cahier des charges techniques, qui préside à la conception des produits de la gamme est à la fois contraint par les ressources disponibles et se trouve à l'origine de leurs transformations. Les ressources mobilisées sont de quatre types : les équipements (bâtiments, machines, outillage, etc.), le personnel (qualification...), les matières et les informations, parmi lesquelles il convient de distinguer les informations techniques (nomenclatures et gammes), les informations procédurales (utilisées pour le pilotage de la production et l'utilisation des ressources) et les informations relatives à l'état du système (utilisation des ressources, avancement des commandes...).

Les informations techniques d'aujourd'hui sont la conséquence de la stratégie industrielle passée. La nomenclature reflète les décisions passées relatives à la standardisation (Ulrich, 1995; Giard, 2001), la commonalité (Fouque, 1999 ; Tarondeau, 1998) et l'approche modulaire (composants alternatifs / optionnels) (Oden *et al*, 1993) s'appuyant sur une logique de plateforme (Fernex-Walch & Triomphe, 2004) , décisions conditionnant la pérennité des composants. Ces décisions conduisent à définir des produits caractérisés par une certaine variété externe, visible par le client, et une variété interne qui ne l'est pas (Anderson, 1997). Les gammes sont liées aux technologies maîtrisées, aux équipements et aux compétences humaines disponibles. La combinaison «nomenclature-gamme» concrétise des choix stratégiques relatifs à la variété offerte, au temps de réponse à la demande

(assemblage à la commande, différenciation retardée...), au degré de mutualisation du système productif lui permettant de s'adapter aux changements de niveau et de structure de la demande (possibilité d'assembler des gammes différentes sur une même ligne) et à l'organisation industrielle (localisation de la différenciation sur composants alternatifs approvisionnés ou par le biais d'opérations sur la ligne).

La dynamique de l'évolution du système productif est résumée par la figure 1

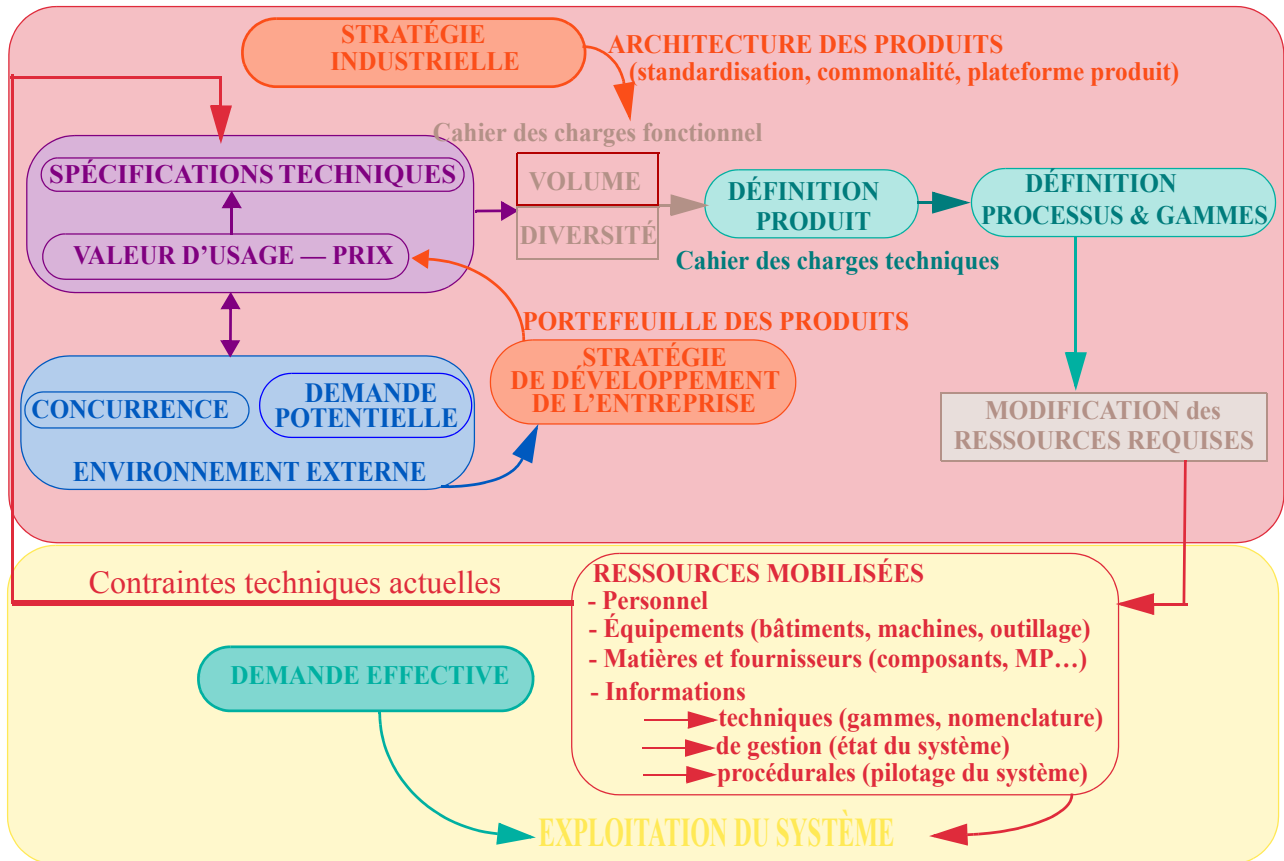


FIGURE 1
Impact des décisions stratégiques sur les ressources mobilisées

2-2 Facteurs de contingence découlant des systèmes productifs du client industriel et de son fournisseur

Le délai commercial de satisfaction d'une commande et les mécanismes de transmission et d'exploitation de cette information (système d'informations de gestion et système d'informations procédurales) déterminent le PPC qui délimite la frontière entre ce qui peut être fait à la commande de ce qui doit être produit pour stock. Le pilotage de la production à la commande sur une ligne d'assemblage de produits fortement diversifiés implique nécessairement l'usage d'un ordonnancement périodique. Avec un assemblage à la commande, le délai commercial ne peut être inférieur à l'intervalle de temps séparant deux ordonnancements successifs, augmenté de l'intervalle de temps séparant le passage du produit sur le premier des postes de la ligne contribuant à la personnalisation du produit requis par le client, de l'arrivée du produit chez le vendeur.

Les informations de l'ordonnancement périodique peuvent être répercutées immédiatement vers le fournisseur qui approvisionne un poste de cette ligne en composants alternatifs. Dans ce cas, le PPC peut migrer vers le fournisseur et présenter un intérêt si le délai d'anticipation qu'il procure excède le

délai de transport (dépendant de la localisation du fournisseur) augmenté du délai séparant deux expéditions successives (dépendant de l'organisation de la logistique et de celle de la production du fournisseur). Si les informations de l'ordonnancement périodique ne sont pas répercutées vers le fournisseur, ce dernier ne peut que produire pour stock.

La variété et l'encombrement spatial des composants alternatifs que le poste de la ligne d'assemblage étudié peut être amené à monter rendent ou non possible leur stockage en bord de chaîne, sachant que l'irrégularité de la demande d'un composant alternatif conditionne l'importance de son stock de sécurité; dans la négative, il faut approvisionner les composants alternatifs dans leur ordre d'utilisation (encyclage), ce qui implique une remontée du PPC chez le fournisseur.

Quelques caractéristiques du fournisseur sont également à prendre en compte. Le schéma de principe de la figure 1 doit être adapté, le client n'étant pas le client final mais une entreprise. Le problème n'est pas le même selon que le fournisseur intervient comme sous-traitant (la conception du produit et du process étant défini par le client ou sous son autorité en cas de co-développement) ou approvisionne son client de pièces standards qu'il a conçu et commercialise; dans ce dernier cas, plusieurs clients achètent ce composant et le fournisseur produit pour stock. On s'intéresse ici aux relations de sous-traitance. Le système productif du fournisseur peut être du type assemblage à la commande dans la phase finale de production, ce qui est approprié si le PPC remonte suffisamment chez le fournisseur (exemple sellerie); les unités approvisionnant cette ligne d'assemblage peuvent produire pour stock. Il convient donc de ne pas considérer l'unité de production du fournisseur comme un tout. L'assemblage peut également se faire sur une configuration productive de type *flow shop* qui est appropriée à un traitement par lot de références différentes (le lotissement étant lié à des coûts de lancement non négligeables). Selon la position du PPC et la variété requise, il est possible ou non de produire à la commande. Certains processus du fournisseur peuvent ne pas garantir que tous les produits fabriqués respectent les spécifications techniques requises par le client; ce problème de qualité doit être pris en compte dans le choix de la politique de pilotage de la production.

3 Politiques de pilotage de la production utilisables par le fournisseur

Comme on l'a indiqué, le client industriel détermine périodiquement un ordonnancement de la production de la ligne d'assemblage pour honorer les commandes reçues ou en anticipation de commandes à venir. Cette information d'ordonnancement peut être immédiatement transmise au fournisseur approvisionnant le poste de la ligne en composants alternatifs. Elle est exploitable par le fournisseur si le séquençage est respecté. Dans le cas contraire, l'information peut rester exploitable si les perturbations ne sont pas trop importantes et si l'opérateur du poste peut prélever les pièces requises dans des stocks en bord de chaîne; ceci implique la réunion de plusieurs conditions (encombrement réduit, valeur faible, diversité limitée et stock de sécurité réduit) et l'usage d'une maille temporelle plus grossière. Si l'information arrive chez le fournisseur avec une anticipation suffisante (au regard du transport et de ses processus productifs), tout ou partie de sa production peut être faite à la commande (§ 3-1), sinon elle devra être faite pour stock (§ 3-2).

3-1 Techniques de pilotage de production à la commande

On s'intéresse ici aux processus situés en aval du PPC qui peuvent être pilotés à la commande. L'ordonnancement du fournisseur peut être utilisé directement si les temps de lancement et les coûts de lancement sont négligeables et si les processus de production du fournisseur sont totalement fiables. Ce cas de figure ne pose pas de problème particulier.

Dans le cas contraire, auquel on s'intéresse dans la suite de cet article, il faut assurer un certain découplage entre l'ordonnancement du client et celui du fournisseur, en travaillant périodiquement sur un ensemble de composants à produire, avec une organisation qui garantit de disposer des composants demandés lors de l'enlèvement périodique des lots à acheminer vers le client. Le temps qui s'écoule

entre le lancement en production d'un composant et sa disponibilité pour expédition est le cumul d'un temps de production et d'un temps d'attente liée à des règles de lancement en production (règles de lotissement et de séquençement, règles de conditions de lancement en production). Il faut prendre en compte ici le fait que le centre considéré puisse produire des références différentes avec des périodicités au niveau de la prise de décision distinctes. L'importance de ce découplage est donc liée à des contraintes physiques et des contraintes organisationnelles; il induit un certain stock en raison de la désynchronisation des cycles de lancement en production et d'enlèvement mais aussi suite à des contraintes de tailles minimales de lot.

Dans la production à la commande, on considère en général que l'ensemble des commandes à exécuter est prédéterminé. L'existence de stocks chez le fournisseur fait que la définition de l'ensemble à lancer en production est le premier problème à résoudre. L'utilisation de règles simples peut apporter une réponse à ce premier problème, auquel cas, le second problème à résoudre est celui de l'ordonnancement de cet ensemble avec une contrainte de dates d'achèvement qui peuvent ou non être la même pour tous les composants (la prise en compte de dates différentes permettant de travailler en ordonnancement glissant).

Dans une approche récemment développée de synchronisation des processus de production (Giard et Mendy, 2006), la détermination périodique de l'ensemble des références que le fournisseur doit lancer en production, se fonde sur les stocks existants, les livraisons attendues et la séquence ordonnée des références à livrer, transmise par le client sur un horizon nécessairement plus important que l'intervalle de temps séparant deux décisions successives de lancement en production (ce qui constitue une contrainte de cette approche). La détermination de cet ensemble résulte d'une simulation permettant de repérer les premières références à tomber en rupture de stock. En conséquence afin d'éviter toute rupture, on lance ces références en production jusqu'à saturation de la capacité disponible jusqu'au prochain lancement. Il est ensuite possible d'optimiser, si nécessaire, l'ordonnancement de ce sous-ensemble en tenant compte d'éventuelles contraintes techniques. Cette approche s'avère très robuste aux fluctuations de la structure de la demande et aux problèmes de qualité posés par certains processus conduisant à rebuter certaines pièces produites. Par rapport à d'autres approches, elle améliore la fiabilité du fournisseur tout en lui permettant de diminuer ses stocks de sécurité. Il faut noter cependant que plus les problèmes de qualité des processus du fournisseur sont importants, plus on a besoin d'un PPC éloigné, ce qui oblige à retenir une approche de pilotage pour stock. Une autre possibilité pour conserver un pilotage à la commande consiste à affermir du prévisionnel de manière anticipée en considérant que les variations possibles sont absorbables par un stock de sécurité (Camisullis, Gautier et Giard, 2007).

3-2 Techniques de pilotage de production pour stock

La production pour stock peut ne concerner que certains des processus les plus en amont du fournisseur. Elle peut aussi concerner tous ses processus si le PPC ne remonte pas assez loin dans la chaîne logistique. Différentes approches sont disponibles. Elles se caractérisent toutes par le lancement d'une demande de production d'une référence. Dans le cas étudié ici, c'est le fournisseur qui déclenche cette commande. Ces demandes sont ensuite traitées par le centre de production du fournisseur qui en est destinataire, ce centre gardant toute latitude pour traiter au mieux l'ensemble des commandes reçues. Le problème de la programmation de la production de ce centre doit être considéré comme un autre problème à résoudre par le fournisseur. Si le processus productif n'est pas fiable, les procédures mises en œuvre dans le centre de production doivent permettre de toujours délivrer la quantité commandée.

La politique de gestion calendaire des approvisionnements repose sur une décision de recomplètement d'un stock, prise à intervalle régulier (période calendaire). La quantité commandée varie d'un approvisionnement à l'autre et sera délivrée avec un certain décalage (délai d'obtention). La performance de ce système repose sur deux conditions.

- Il faut connaître exactement la position de stock au moment de la passation de commande, ce qui ne nécessite pas de système d'information de type «temps réel».
- Il faut avoir, au moment de la prise de décision, une connaissance suffisante de la distribution de probabilité de la demande sur la période à venir d'une amplitude égale à la somme du délai d'obtention et de la durée de la période calendaire. Cette contrainte n'implique pas l'obligation de se trouver en régime de croisière : si l'on considère être dans ce cas, le niveau de rechargement est défini une fois pour toutes ; dans le cas contraire, il doit être recalculé à chaque prise de décision, ce qui ne pose guère de problème pratique.

L'usage de politiques calendaires pour gérer l'approvisionnement de plusieurs références facilite l'organisation de la production si les dates de prise de décision coïncident. On peut ajouter enfin, qu'au moment de la prise de décision, une partie de la demande à satisfaire sur la période à venir (définie ci-dessus) peut être connue de manière certaine ; si c'est la totalité de cette demande qui est connue, on est ramené à un problème de production à la commande.

La politique de type «quantité de commande — point de commande» repose sur un déclenchement d'une commande d'un montant prédéterminé (quantité de commande) quand le stock descend en dessous d'un certain niveau (point de commande). La connaissance du franchissement du point de commande implique habituellement l'usage d'un système d'information de type «temps réel». La définition du point de commande repose sur une démarche qui s'inspire de celle conduisant à la détermination du niveau de rechargement de la politique calendaire, ce qui conduit à des remarques similaires sur la connaissance de la demande aléatoire pendant le délai d'obtention. La non-synchronisation des commandes passées pour des références différentes complique la gestion du centre chargé de leur production ; en définitive, cette politique est moins intéressante que la précédente dans le contexte auquel on s'intéresse ici.

La politique «kanban» est une politique de rechargement de stock dans laquelle, le lancement d'une demande de production d'une référence (via le kanban) ne se fait pas de manière périodique, comme dans la politique calendaire, mais lorsque le centre de consommation prélève la première pièce d'un conteneur d'où il décroche le kanban pour l'expédier au centre de production. Le kanban est un ordre de fabrication ouvert, qui laisse au centre de production toute latitude pour organiser les lancements en production des différentes références qu'il produit. L'une des caractéristiques du kanban est d'être le pivot du système d'information mobilisé par ce type de politique. Le pilotage du système repose sur un temps que met un kanban à revenir à son point de départ (temps de cycle) et le nombre de kanbans mis en circulation. Ce nombre de kanbans est assez facile à déterminer lorsque l'on se trouve dans un régime de croisière avec une consommation régulière de la référence. S'agissant ici de composants alternatifs demandés par le client, la régularité de la demande est liée à l'ordonnement retenu. Par ailleurs, si en régime de croisière, la demande de composants alternatifs est connue en probabilité (loi multinomiale), la structure de la demande varie d'un jour à l'autre, ce qui constitue un second facteur à prendre en compte dans la détermination du nombre de kanbans d'une référence. Ces sources d'aléas conduisent à prévoir un stock de sécurité matérialisé par des kanbans additionnels. Lorsque l'on ne se trouve plus en régime de croisière, l'usage du système kanban reste possible à condition de mettre en place un système de révision du nombre de kanbans à utiliser, capable d'intervenir à temps dès que les caractéristiques structurelles de la demande se modifient (Giard et Mendy, 2007b).

4 Conclusions

La mise en relation des avantages et contraintes des techniques de pilotage de la production, avec les contraintes (anticipation, variété...) répercutées par le client sur le fournisseur et certaines caractéristiques de ses processus (configuration, qualité...) doit permettre de définir des règles de choix tenant compte des facteurs de contingence identifiés et de critères d'efficacité et d'efficience. Cette

exploration de performance relative des différents modes de pilotage est en cours de simulation à la demande d'un industriel concerné par ces problèmes.

Il sera intéressant d'examiner également, sous quelles conditions (régime de croisière plus ou moins stable...) il est possible d'étendre les conclusions tirées, sur les unités productives situées en amont de la chaîne logistique. Cette révision du périmètre d'analyse est en même temps une réflexion sur la propagation possible, le long de la chaîne logistique, de mécanismes de pilotage.

5 Références

Anderson O.D., Pine J., (1997) « Agile Product Development for Mass Customization », McGraw-Hill.

Babai M.Z., (2005) « Politiques de pilotage de flux dans les chaînes logistiques : impact des prévisions sur la gestion des stocks », Thèse de doctorat, Ecole Centrale de Paris.

Bironneau L., (2002) « Choix des méthodes et des outils de pilotage de la production », Revue Française de Gestion Industrielle, vol 21, n°1, p.29 à 53.

Cachon G.P., Zipkin P., (1999) « Competitive and cooperative inventory policies in a two stage supply chain », Management Science, vol. 45, p.936-953.

Camisullis C., Gautier F., et Giard V., (2007) « Découplage des décisions dans une chaîne logistique par un usage pertinent des informations prévisionnelles possédées par le client travaillant sur ligne d'assemblage », 7è Congrès International du génie industriel, juin 2007, Trois Rivières, Québec.

Fernex-Walch S., Triomphe C. (2004), « L'approche plate-forme: le management de familles de projets articulés autour d'éléments communs: composants, sous-systèmes, plates-formes », in Faire de la recherche en management de projet (Garel, Giard, Midler éditeurs), Vuibert, p.247-279.

Fisher M.L., Ittner C.D., (1999) « The impact of product variety on automobile assembly operations: Empirical evidence and simulation analysis », Management Science, 45(6), p. 771-786.

Fouque T. (1999), « À la recherche des produits flexibles », Revue Française de Gestion, mars-avril-mai, n° 123, p. 80- 87.

Giard V. (2001), « Economical analysis of product standardization », in *Management and Control of Production and Logistic*, sous la direction de Binder, Elsevier.

Giard V., Mendy G., (2006) « Amélioration de la synchronisation de la production sur une chaîne logistique », RFGI (Revue Française de Gestion Industrielle), volume XXV, n°1, p. 63-82.

Giard V., Mendy G., (2007a) « Le passage de l'approvisionnement synchrone à la production synchrone », Revue Française de Gestion, n°171, Février.

Giard V., Mendy G. (2007b) « Production à flux tirés dans une chaîne logistique », Revue Française de Gestion Industrielle, Février (en cours de parution).

Holler S., (2002) « Pilotage et optimisation des flux d'approvisionnement d'un atelier de montage automobile », thèse de doctorat en génie industriel de l'Ecole Centrale Paris.

Karmarkar U., (1989) « Getting control of Just-in-Time », Harvard Business Review, September-October, p.122-131

Kaminski P., Simchi-Levi D., (2003), « Designing & Managing the Supply Chain », Second Edition, Mc Graw-Hill Irwin Edition.

Oden H.W., Langenwalter, G.A. and Lucier, R.A., (1993), « Handbook of Material and Capacity Requirements Planning », McGraw-Hill, London.

Svoronos A., Zipkin P., (1998), «Estimating the performance of multi-level inventory systems», Operations Research, vol 36, n°1, p.57-72.

Tarondeau JC., (1998) «Stratégie industrielle: Seconde édition», Collection Gestion. Vuibert.

Ulrich K.T., (1995) «The role of product architecture in the Manufacturing Firm», Research Policy 24, p. 419-440.