

COMMENT AMELIORER LA PRODUCTIVITE D'UNE USINE EN V : ETUDE D'UN CAS DE PRODUCTION INDUSTRIELLE DE FENETRES

Satya S. Chakravorty*,

Traduction d'un article paru dans *Production and Inventory Management Journal*
p. 37 à 42 – 3rd Quarter 2000 – APICS
réalisé par Jean TROUCHAUD, Euruiware

Résumé. - Cet article présente l'application d'une méthode de pilotage de type « drum-buffer-rope » au processus industriel de type V de la société Robert Bowden Inc., fabricant de fenêtres. Aussitôt après sa mise en œuvre, les performances industrielles s'améliorèrent considérablement. Le chiffre d'affaires augmenta de 4%, le niveau des stocks de produits finis baissa de 67% et le taux de lignes de commandes en retard de livraison diminua de 63%, ceci sans modifier la couverture du stock de composants, ni le nombre d'opérateurs. Trois ans après, la société continue de travailler selon les mêmes principes et d'obtenir les mêmes résultats remarquables.

Mots-clés : goulots, planification, DBR, tampon, typologie de production, théorie des contraintes.

I. Introduction

La caractéristique essentielle d'une usine industrielle en V est l'existence de « points de divergence » tout au long du processus de production. Le diagramme de flux ressemble à la lettre « V » (figure 1).

* CFPIM Professeur associé de gestion industrielle à la Michael J. Coles School of Business (Kennesaw State University)

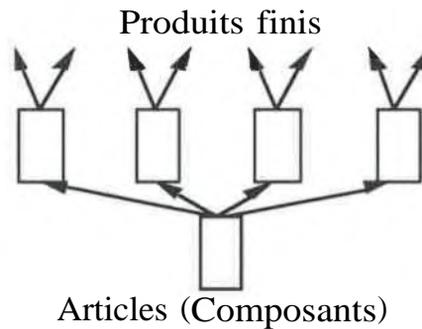


Figure 1 : Type d'usine en V

Dans ce cas, le nombre de produits finis est élevé comparé au nombre de matières premières ou de composants utilisés [5]. Une aciérie, par exemple, transforme un nombre restreint d'aciers de base en de nombreux produits finis : tôles, poutres, barres, fils... D'autres exemples similaires se retrouvent dans les industries textiles, papetières et plastiques. Une bonne compréhension des caractéristiques de l'usine en V et un pilotage efficace permettent d'améliorer les performances. C'est ce que cet article montre dans le cas de la mise en œuvre de la méthode « tambour- tampon (stocks)-corde (DBR i.e. drum-buffer-rope).

2. La méthode DBR

Elle s'appuie sur les principes de la Théorie des Contraintes (TOC) appliquée à la gestion d'atelier [1]. Selon cette théorie, une contrainte peut consister aussi bien en un manque de matières premières qu'en une faiblesse de la demande commerciale. Dans le cadre de l'approche DBR, *une contrainte interne* (ou goulot) concerne toute opération pour laquelle la capacité disponible est inférieure ou égale à la capacité requise pour satisfaire la demande du client [2]. La logique du pilotage DBR peut être décrite selon les trois étapes suivantes [3] :

- Identifier la contrainte majeure du système de production et ordonnancer ce dernier autour d'elle. Cet ordonnancement est appelé un *tambour* (drum) et coordonne l'ensemble du système.
- Pour se garder de l'impact négatif de certaines ruptures, disposer des *tampons* (buffers) aux points stratégiques. Un tampon dit « de contrainte » est prévu pour « protéger » l'ordonnancement de la production et un tampon d'expédition assure le maintien du niveau du service client.
- Pour contrôler les stocks dans le système, asservir les tampons et la contrainte au moyen d'une *corde* (rope).

En complément du pilotage DBR, on fait appel à une méthode particulière de gestion des tampons [4]. Pour l'essentiel, cette méthode implique des contrôles périodiques des tampons en comparant leur niveau réel avec le prévisionnel. C'est l'écart entre ces deux niveaux qui sert à piloter le système.

3. L'entreprise

La société Robert Bowden Inc. (RBI) a été créée en 1983 à Marietta (Géorgie) pour le commerce en gros de produits pour les petites demeures résidentielles. Quelques années plus tard, la société se lança dans la fabrication de fenêtres. Les ventes de fenêtres augmentèrent rapidement et représentent à présent environ 24% du chiffre d'affaires annuel de RBI. En 1994, la société installa un autre site à Duluth, toujours en Géorgie, à environ soixante-cinq kilomètres de Marietta.

Dès le début, l'usine de Marietta assura la fabrication des fenêtres. En fait, les clients passent leurs commandes de fenêtres à l'un ou l'autre site et les accusés de réception et les facturations sont émis par un service unique d'administration des ventes. Les clients peuvent choisir entre plusieurs délais allant de quatre heures à un jour ouvré.

Window sizes		
1'8" X 3'2"	2'0" X 3'2"	2'4" X 3'2"
1'8" X 3'10"	2'0" X 3'10"	2'4" X 3'10"
1'8" X 4'6"	2'0" X 4'6"	2'4" X 4'6"
1'8" X 5'2"	2'0" X 5'2"	2'4" X 5'2"
1'8" X 5'6"	2'0" X 5'6"	2'4" X 5'6"
1'8" X 6'2"	2'0" X 6'2"	2'4" X 6'2"
2'8" X 3'2"	3'0" X 3'2"	3/4'0" X 3'2"
2'8" X 3'10"	3'0" X 3'10"	3/4'0" X 3'10"
2'8" X 4'6"	3'0" X 4'6"	3/4'0" X 4'6"
2'8" X 5'2"	3'0" X 5'2"	3/4'0" X 5'2"
2'8" X 5'6"	3'0" X 5'6"	3/4'0" X 5'6"
2'8" X 6'2"	3'0" X 6'2"	3/4'0" X 6'2"

Table 1 : Dimensions des fenêtres à un élément* (en pieds et pouces)
*Certaines dimensions ne sont pas mentionnées

Pour respecter ces délais, les deux usines constituent du stock et en particulier de produits finis de dimensions et de types variées. Pour tenir compte du temps de transfert des produits finis de l'usine de Marietta à celle de Duluth, cette dernière stocke deux fois plus de variantes de fenêtres. Quant à celles qui ne sont pas stockées en tant que produits finis, elles sont fabriquées à la commande.

4. La fabrication des fenêtres

La ligne de produits de RBI comprend des fenêtres à un, deux ou trois éléments avec deux types de châssis vitrés isolants ou avec grille incorporée. Pour chacun de ces deux types et en incluant une fenêtre mono-élément, la société propose 36 dimensions différentes (voir table 1) ;

avec 2 éléments, il y a 72 (2x36) variantes. Une fenêtre mono-élément résulte principalement de l'assemblage de deux montants, l'un horizontal, l'autre vertical avec le châssis vitré.

Ainsi, une fenêtre 1'8 "x 3'2" comprend un élément horizontal de 1 pied 8 pouces et un élément vertical de 3 pieds 2 pouces. En incluant les deux types de vitrages, il y a, comme l'indique la table 1, 14 (2*6*6) éléments composants. Le nombre de produits finis (72) est donc important comparé à celui des composants.

La demande commerciale est généralement cyclique. Elle est faible dans les mois d'hiver (novembre à février), elle s'accroît régulièrement au printemps (mars à mai) pour atteindre un pic en été (juin et juillet) puis diminuer progressivement (août à octobre). La table 2 donne la demande hebdomadaire moyenne tout au long du cycle.

Mois	Nombre commandé
Novembre à février	1049
Mars à mai	1657
Juin à juillet	2016
Août à octobre	1505

Table 2 : Nombre moyen de fenêtres* commandées par semaine

*Toutes les fenêtres de tous types ont été converties en équivalent fenêtres mono-éléments

Le processus de fabrication des fenêtres RBI comprend deux étapes : l'élaboration du cadre et l'assemblage du châssis vitré. Chacune de ces étapes est « un point de divergence » mais leurs temps de changement technique sont négligeables. Dès l'origine, il avait été prévu un niveau de productivité spécifique pour chaque opérateur avec une moyenne de 4 fenêtres mono-élément par heure. La capacité requise pour satisfaire la demande fut calculée au moyen de cette capacité moyenne et de la demande moyenne de fenêtres. Prenons par exemple le nombre moyen d'unités commandées par semaine dans la période de novembre à février, soit 1049. On calcule ainsi la capacité hebdomadaire nécessaire : 262 heuresxopérateur (1049/4). Le calcul pour les autres périodes est présenté dans la table 3, qui montre que la capacité disponible est supérieure à la capacité requise par la demande. Et pourtant, une mauvaise gestion de ce disponible ainsi que l'existence de ces fameux « points de divergence » conduisait à de nombreuses conséquences négatives.

Mois	Capacité nécessaire	Capacité disponible
Novembre à février	262	400
Mars à mai	414	480
Juin à juillet	504	600
Août à octobre	376	480

Table 3 : Besoin de capacité hebdomadaire moyenne (en heures d'opérateurs)

4.1 Les conséquences d'une mauvaise gestion

Dans la production des RBI, la « sur-utilisation^o » de la capacité disponible diminue la performance globale. Pour bien le comprendre, illustrons ce phénomène par l'exemple suivant. Avec deux dimensions d'éléments de cadres horizontaux (2'8" et 3'0") et verticaux (5'2" et 6'2"), on peut fabriquer quatre dimensions de fenêtres.

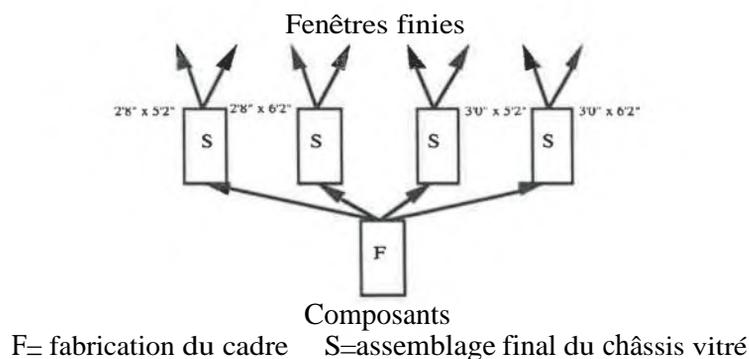


Figure 2 : Schéma de fabrication des fenêtres RBI

Pour utiliser toute la capacité disponible, on fabrique un surplus de cadres et donc on génère un surstock de fenêtres 2'8"x5'2". L'élaboration du cadre étant un « point de divergence », cette pratique provoque un manque de composants pour fabriquer les commandes clients dans les autres dimensions (3'0"x5'2" ou/et 2'8"x 6'2"). Ces manques de composants conduisent à détériorer le service client en augmentant la proportion de commandes en retard, lesquelles impliquent des livraisons en urgence qui, à leur tour, génèrent un besoin continu de capacité supplémentaire.

De 1995 à 1996, la production de fenêtres de Marietta passa de 1800 unités à plus de 2000, celle de Duluth de 1500 à plus de 1800, soit une augmentation d'environ 15,15% de produits finis. L'usine de Marietta continua à programmer 35 variantes de fenêtres et Duluth, à cause du temps de transport inter-usines, plus de 70. La table 4 présente pour les deux sites une partie des variantes concernées et leurs niveaux de stock correspondants :

Dimension de la fenêtre	Marietta	Duluth
2'0" X 3'2"	30	30
2'0" X 3'10"	15	6
2'0" X 4'6"	15	6
2'0" X 5'2"	75	45
2'0" X 5'6"	15	12
2'0" X 6'2"	75	55
2'4" X 3'2"	15	6
2'4" X 3'10"	15	2
2'4" X 4'6"	45	35
2'4" X 5'2"	75	55
2'4" X 5'6"	15	15
2'4" X 6'2"	75	45
2'8" X 3'2"	30	12
2'8" X 3'10"	15	5
2'8" X 4'6"	105	80
2'8" X 5'2"	300	255
2'8" X 5'6"	15	6
2'8" X 6'2"	169	120
Total	1099	790

Certaines dimensions ne sont pas mentionnées sur ce tableau.

Table 4 : Niveau de stock moyen en fenêtres isolantes mono-élément pour l'année 1996

Les manques de composants pesaient de deux manières. En premier lieu, d'après le responsable des Achats, les livraisons de composants étaient fréquemment effectuées dans l'urgence et les fournisseurs avaient de plus en plus de mal à gérer cette demande imprévisible. En second lieu, pour pallier cette difficulté d'approvisionnement de composants, le responsable de production était amené de plus en plus souvent à « désassembler » des produits finis pour utiliser les composants pour d'autres commandes.

Le département des Ventes pour réaliser les commandes les plus classiques des clients constatait une nette dégradation du respect des délais (Table 5)

Année	Juin	Juillet	Moyenne	Progression
1995	13%	15%	14%	-
1996	18%	20%	19%	35.71%

*Une commande peut concerner des modèles différents

Table 5 : Pourcentage de commandes* en retard par semaine sur la période de pointe (juin-juillet) pour l'ensemble des deux sites.

Ces urgences absorbaient continuellement de la capacité additionnelle qui était obtenue avec des heures supplémentaires, voire de nouvelles embauches. Ainsi en 1995, le nombre moyen d'opérateurs était de 11, en 1996, il passait à 12, soit une augmentation de 9 %. RBI aurait

volontiers embauché davantage mais on se heurtait à des difficultés de la direction du personnel pour trouver des candidats dans la zone géographique concernée.

L'impact de cette mauvaise gestion sur le fonctionnement de RBI peut être résumé comme suit :

Les Ventes reprochaient à la Production son manque de réactivité. La Production reprochait au service Achats son incapacité à livrer à temps les composants et au service du Personnel de ne pas embaucher assez d'opérateurs. Les Achats reprochaient aux fournisseurs d'être incapables de respecter les délais de livraison et le Service du Personnel déplorait les insuffisances du bassin d'emploi.

4.2 *Mise en place de la méthode DBR*

Un processus en trois étapes a été mis en place pour améliorer la fabrication des fenêtres RBI.

Première étape, l'identification de la contrainte du système. Comme l'a montré la table 3, la capacité disponible dépassait la capacité requise pour satisfaire la demande commerciale ; il n'y a donc pas de contrainte interne. On décida alors de sélectionner une des deux étapes de fabrication comme contrainte de remplacement, puisqu'aussi bien la fabrication du cadre que l'assemblage avec le châssis vitré constituaient un « point de divergence » susceptible de provoquer une utilisation incorrecte des composants. Pour éviter cette dernière, on choisit la fabrication du cadre comme point de contrôle avec un ordonnancement (drum) adéquat.

Quand un client passe une commande, ses lignes font l'objet d'une évaluation détaillée, certains devant être pris sur stock de produits finis (tampon d'expédition), les autres fabriquées à partir de composants. Le « Drum » ordonnance donc les articles nécessaires au maintien du niveau de stock spécifié pour le Buffer d'expédition et ceux qui doivent être fabriqués pour la commande, et ce, en tenant compte des spécifications de délai de livraison de chaque client.

Deuxième étape, la protection du système contre les ruptures ; RBI utilise à présent deux buffers, l'un pour la contrainte, l'autre pour la livraison. Ce dernier consiste en un stock de fenêtres finies localisé sur les deux sites de Marietta et Duluth, sa nature et son volume étant déterminés par la prise en compte des niveaux journaliers de commande minimum, maximum et moyen (c'est ce qu'illustre la table 6).

Dimension de la fenêtre	Marietta	Duluth
Z0" X3'2"	30	15
2'0" X3'10"	-	4
Z0" X4'6"	15	6
Z0" X5'2"	15	15
Z0" X5'6"	-	6
Z0" X6'2"	15	20
Z4' X3'2"	-	2
2'4" X3'10"	-	2
Z4' X4'6"	15	24
Z4' X5'2"	30	25
2'4" X5'6"	-	6
Z4' X6'2"	15	15
Z8' X3'2"	-	6
2'8" X3'10"	-	2
2'8" X4'6"	45	15
2'8" X5'2"	120	60
2'8" X5'6"	-	4
Z8' X6'2"	60	60
Total	360	287

Certaines dimensions ne sont pas mentionnées sur ce tableau

Table 6 : Niveau moyen de stock en fenêtres isolantes mono-élément 1997

Le buffer de la contrainte est principalement un stock de composants achetés et disposés sur le seul site de Marietta. Sa nature et son volume sont déterminés à partir de la consommation mensuelle de composants et de la capacité des camions de livraison. De sa gestion découle le programme de livraison des fournisseurs.

Et, pour finir, on a établi le lien (rope) selon les deux principes suivants : si le tampon d'expédition est « plein » (i.e. il est au niveau planifié), on ne fabrique plus de fenêtres (pas de « sur utilisation » de la capacité disponible). Si ce n'est pas le cas, on fabrique des fenêtres pour le remplir, quitte à faire des heures supplémentaires. Si le tampon de la contrainte est plein, on maintient le planning des livraisons de composants, sinon on le modifie en conséquence.

4.3 *Les résultats obtenus*

Cette méthode a été mise en place entre novembre et décembre 1996. Les performances de RBI furent mesurées tout au long des années 1997 et 1999. La table 7 présente sur ces trois années une synthèse de ces mesures appliquées aux deux sites concernant les ventes annuelles en unités, les stocks de produits finis, les retards de livraison en pourcentage, et le nombre d'opérateurs.

	1996	1997	1999
Ventes annuelles (en produits)	57,789	60,135	80,760
Stocks de produits finis	3,800	1,250	1,325
Pourcentage de retards hebdomadaires *	19	7	7
Nombre d'opérateurs	12	12	16

* moyenne sur la période de pointe de juin-juillet

Table 7 : Résumé des résultats obtenus pour les deux usines en 1996, 1997 et 1999

On voit qu'en 1997, RBI a amélioré ses performances de façon significative par rapport à l'année précédente. Les ventes ont augmenté de 4% et le stock de produits finis a diminué de 67%, alors que le pourcentage de livraisons en retard diminuait de 63% et ce, à nombre d'ouvriers et niveau de stock de composants inchangés. Les inquiétudes du service des ventes ont quasiment disparu tout comme la pratique des livraisons urgentes de composants et celle de désassemblage de produits finis.

En 2000, RBI continue sa marche vers l'excellence tout en fonctionnant pour l'essentiel à l'identique. La société a accru le nombre de variantes de fenêtres aussi bien en termes de dimensions que de type de vitrages (lumière polarisée). Comparées à celles de 1997, les ventes de 1999 ont augmenté de 34,3%, le stock de produits finis, lui, n'a augmenté que de 10% sans altération du service client (pourcentage de retards de livraison inchangé). Le nombre d'ouvriers a augmenté en proportion des ventes (33%) tout comme le niveau de stock de composants.

Trois points méritent d'être soulignés au sujet de ces performances de 1999. D'abord, on peut attribuer l'élévation du niveau des stocks à la seule extension du catalogue commercial. Deuxièmement, l'accroissement de la main d'œuvre est lié au développement des ventes. Enfin, toutes les anomalies et les nuisances internes ont virtuellement disparu.

5. Corollaires pour de futurs utilisateurs de la méthode

Il y en a trois en ce qui concerne la mise en œuvre de la méthode DBR dans une usine en V.

Rappelons d'abord que, comme les « points de divergence » sont des éléments caractéristiques de ce type de fabrication et qu'ils sont autant d'occasions de mauvaise gestion des composants, il est essentiel de choisir parmi eux un point de contrôle et d'y développer un ordonnancement adéquat (*drum*). Ce choix peut concerner l'un des trois points suivants : au début — le plus près possible de la matière première —, au milieu ou à la fin de la production — le plus près possible du stock de produits finis.

La première option permet d'éliminer toute possibilité de mauvaise utilisation précoce des composants. Si elle n'est pas possible, il faut choisir la deuxième et faire tout pour éviter la troisième. Dans le cas de RBI, la première option appliquée à la phase préliminaire de fabrication des cadres a eu des résultats significatifs.

Souvenons-nous ensuite que dans une production en V, le nombre de variantes de produits finis est élevé par rapport à celui des composants utilisés. La tentation est grande pour tenter d'améliorer le service client — mais c'est une très mauvaise solution — d'accroître le *buffer* d'expédition et donc le stock de produits finis. Chez RBI, cette décision a provoqué un manque de composants qui à son tour a détérioré le service client à cause des retards de livraison, lesquels ont généré des urgences nécessitant de la main-d'œuvre supplémentaire... Au contraire, la diminution du niveau de stocks de produits finis et le gel de celui des composants ont été bénéfiques à la société et constitue, pour tous, la bonne approche.

Enfin, notons bien que la finalité de la corde (*rope*) est d'établir une relation entre les buffers et l'ordonnancement.

Dans le cas de RBI, le buffer d'expédition servait à planifier l'utilisation de la main d'œuvre alors que le buffer de contrainte servait à planifier les approvisionnements et les livraisons de composants. Cette méthode peut être utilisée pour des typologies industrielles analogues en V.

Pour conclure, notons que le cas présenté est simple puisqu'il ne comporte que deux étapes principales de fabrication avec des temps de changement de production minimum. Dans des cas plus complexes, la marge de réussite de la méthode DBR peut sans doute varier de manière importante.

6. Notes de l'auteur

^o La sur-utilisation de la capacité disponible signifie l'utilisation de composants à seule fin de productivité interne. L'impact sur les performances (commerciales) externes n'est pas pris en compte.

^{oo} Peu de sociétés, voire aucune, subissent en réalité des contraintes internes sur le long terme car des clients qui voient leur demande insatisfaite se tournent assez vite vers la concurrence. Dans une économie totalement ouverte, la société en question va perdre des parts de marché et le manque de capacité pour couvrir la demande va rapidement disparaître tout comme la contrainte interne.

7. Références

- Goldratt, E.M. Sifting Information Out of the Data Ocean : The Haystack Syndrome. Croton-on-Hudson, New York, N. Y. : North River Press, 1990
- Goldratt, E.M., and J. Cox, The Goal, 2nd rev. ed. Croton-on-Hudson, New York, N.Y. : North River Press, 1992
- Schrageheim, E., and B. Ronen. « Drum-Buffer-Rope Shop Floor Control. » Production and Inventory Management Journal 31, no. 3 (1990) : 18/23.
- Schrageheim, E., and B. Ronen. « Buffer Management : A Diagnostic Tool for Production Control ». Production and Inventory Management Journal 32, no.2 (1991) : 74-79.

Umble, M.M « Analyzing Manufacturing Problems Using V-A-T Analysis. » Production and Inventory Management Journal 33, no.2 (1992) : 55-60.