

## **MRP-KANBAN : LE FAUX DILEMME**

(document rédigé à partir des travaux de la commission AFGI : MRP-Kanban)

par Hugues MOLET

*Ingénieur de recherche au Centre de Gestion Scientifique  
de l'École des Mines de Paris*

*en collaboration avec*

*Bill BELT, Cabinet Bill Belt, Jean Paul BRIGNANO, ingénieur-conseil  
et Armand HATCHUEL, ingénieur de recherche au Centre de Gestion Scientifique  
de l'École des Mines de Paris.*

Encore un nouvel article sur la mise en parallèle de ces deux approches de la gestion de production, le MRP et le Kanban, pourrait-on se dire en abordant ce texte.

N'a-t-on pas vu au cours de ces dernières années nombre de publications cherchant à les opposer(1), à les associer (2), voir à les surpasser (3). De nombreux thèmes de congrès ont porté sur ce point, durant deux années des commissions de l'Association Française de Gestion Industrielle (AFGI) s'y sont intéressées; aux Etats Unis le débat reste encore largement ouvert (4).

L'objectif de cet article n'est pas de faire un point définitif sur cette question mais en s'appuyant sur des expériences concrètes vécues par les auteurs et en particulier sur les travaux du groupe de l'AFGI qui, en 1986, avaient pour thème: les conditions d'une cohabitation efficace entre MRP et Kanban, de montrer que les controverses nourries autour de ce thème reposent en grande partie sur une insuffisante définition de chacune de ces approches; si l'on prend soin de préciser exactement ce que chacune recouvre, la question du choix entre l'une et l'autre devient un faux problème, chacune s'appliquant à des problématiques et à des préoccupations distinctes. Si on a pu, à plusieurs reprises opposer ces deux approches, c'est précisément parce qu'on a restreint leur champ d'application au domaine de l'ordonnancement ou plus généralement à celui de la planification de la fabrication des composants.

### UNE CONTROVERSE APPARENTE .....

Le principe de base d'un système MRP repose sur un cheminement intuitif:

- prévoir par périodes une demande d'un produit

en fonction des stocks, des délais de fabrication et d'approvisionnement, de la connaissance des différents composants constitutifs du produit et des moyens de la fabrication, déduire pour chaque période les quantités de chaque composant à fabriquer.

Le principe de base d'une planification Kanban s'appuie sur un cheminement différent:

- partir de la demande réelle de produits à fabriquer
- définir l'activité de chaque poste de travail en fonction de la quantité de composants demandés par le poste-client et éventuellement d'une politique de stocks tampons établie à partir d'une demande prévisionnelle et ce jusqu'aux approvisionnements inclus.

Si la demande réelle s'écarte sensiblement de la quantité prévisionnelle, il est clair que les décisions de fabrication au niveau de chaque poste de travail pourront être différentes si le même article est géré par l'une ou l'autre de ces méthodes;

si l'on s'en tenait à de telles définitions restrictives pour ces deux approches, on justifierait ainsi les controverses apparues dans le passé. Pour dépasser ce débat, il convient de mieux préciser les concepts sous-jacents à ces deux approches afin d'analyser les conditions qui pourraient justifier une utilisation conjointe.

DUE A UNE DEFINITION TROP ETROITE DES CONCEPTS.

Si les concepts de base de la Gestion de Production Assistée par Ordinateurs, et en particulier du module clé le MRP sont assez bien définis au sein d'un modèle connu de planification de la production\*, en revanche ceux de "kanban" recouvrent plusieurs niveaux de définition qui entraînent souvent des confusions.

Que découvre-t-on en effet en observant des réalisations concrètes qualifiées par leurs promoteurs de système "Kanban":

- soit une simple circulation de petites cartes d'un poste de travail à un autre (5), les fiches "Kanban".
- soit la mise en place d'une nouvelle organisation de la fiabilité des machines ou encore de la qualité des produits fabriqués (6).

- soit encore des tentatives de réduction de cycles de fabrication avec une attention marquée aux réductions des temps de changements d'outils des moyens de production (7).

Ainsi pour certains faire du Kanban, c'est faire circuler des petites fiches, pour d'autres c'est une remise en cause complète des pratiques, des procédures voire de l'organisation globale de leur atelier.

\* Encore que les frontières entre MRP1, MRP2 ne soient pas toujours très explicites.

Les publications sur ce thème maintiennent cette confusion: on a pu assimiler le Kanban avec le système des 3 puis des 5 et maintenant des 7 zéros, avec le principe d'un "just in time", avec celui du transfert des étiquettes. De même, le célèbre ouvrage de S.Shingo sous le titre "Maîtrise de la production et méthode Kanban" ne consacre qu'une quinzaine de pages sur 240 à la description du système de transfert des fiches. Pour M.MERMET (PSA), le Kanban, c'est la bouteille de champagne qu'on lance quand le bateau est fini.

Le travail de la commission de l'AFGI dont nous avons déjà parlé est une illustration de l'acceptation large qui est donnée au thème "Kanban". L'exemple présenté était celui d'une usine de la SFENA, spécialisée dans la fabrication d'horizons gyroscopiques. La quasi-totalité des réunions a été consacrée à étudier les conditions de mise en place de ce qui était initialement désigné comme système Kanban dans ce type de production complexe géré par un système MRP. Or à aucun moment ne fut abordée la possibilité de mettre en place un système d'étiquettes. Par contre les réflexions portèrent surtout sur les améliorations possibles de la gestion actuelle, améliorations touchant à des questions de tailles de rafales, de constitutions d'ilôts de fabrication, de réduction de temps de cycle, de périodicité de calcul des besoins en composants et de relations entre fabrication, maintenance, service informatique et Direction. Autrement dit, nous n'avons cherché qu'à rendre plus performant le système de production en place en nous appuyant sur une vision globale "d'efficacité industrielle". Peu importe à ce niveau de les dénommer Kanban, "just in time" ou "gaspillage zéro".

Pour éclairer quelque peu ce paysage, il nous semble nécessaire d'opérer un effort de terminologie et de définition. Il permettra alors de mieux comprendre les différentes questions que recouvre la juxtaposition Kanban-MRP.

Nous distinguons tout d'abord deux notions distinctes : le système "fiches kanban" et l'approche "kanban".

a)-Le système des fiches Kanban.

Il s'agit ici de la méthode connue de "pilotage" de la fabrication par l'aval grâce à la circulation d'étiquettes ou de fiches entre des postes de travail successifs; circulation permettant la prise de décisions de fabrication, d'achat ou de livraison, à partir des seules informations détenues par chaque poste de travail sur l'état de ses fiches. Du fait de la sobriété des informations à manipuler, un tel système apparaît adapté à la prise en compte rapide de variations limitées et à court terme de la demande. Il sera d'autant plus efficace que la flexibilité et la fiabilité des postes de travail permettront d'éviter la création de stocks "tampons" importants intermédiaires. Il tend aussi à responsabiliser les agents chargés d'un poste de travail qui voient clairement la logique d'insertion de leurs opérations à travers les besoins de leurs "clients" et les contraintes de leurs "fournisseurs".

## b)- L'approche Kanban

Parce qu'il serait inefficace voire impossible sans la réalisation de plusieurs conditions préalables de production, le système des "fiches kanban" constitue de fait un idéal de gestion par sa simplicité et son économie de fonctionnement. Pour atteindre cet idéal, il est en effet nécessaire de pouvoir stabiliser une production moyenne et les triplets produits, clients, moyens de fabrication, à travers des contrats de partenariat; il est aussi nécessaire de pouvoir produire autrement que par "campagnes" ou "rafales" économiques du fait des rigidités de l'outil de fabrication; ou encore n'accepter de produire qu'en fonction de la demande et non pour "saturer" les moyens de fabrication ou des équipes. D'autres conditions sont encore requises pour arriver à une gestion par fiches efficace et performante, mais nous ne les évoquerons pas ici, il suffit de voir que cet idéal de gestion provoque une dynamique de progrès parcequ'il pousse à confronter l'appareil de production à la performance qu'il atteint vis à vis de ses clients.

Mais une telle démarche peut être très fructueuse: flexibilité, fiabilisation, maîtrise de la qualité sans pour autant déboucher sur le système des "fiches". Cette démarche nous l'appellerons par commodité "approche Kanban", parce qu'elle est désormais associée dans l'esprit de beaucoup au système précédent. Mais de fait elle a son existence propre et n'est pas dépendante d'un type particulier de planification.

Il est vrai qu'historiquement elle a été surtout mise en avant par les tenants du système de "fiches kanban" qui en avaient directement ressenti le besoin, alors que la méthode MRP en mettant surtout l'accent sur le système de planification tendait à poser comme "données" les conditions générales d'organisation de la production et les performances techniques.

## UNE SYNERGIE A GERER

Tout d'abord, il est à noter qu'il n'existe pas de système de production industrielle qui relève de l'application exclusive de l'une ou l'autre de ces méthodes. Dans l'ouvrage de S. Shingo, l'auteur précise que l'entreprise Toyota dont la plupart des ateliers fonctionnent en Kanban élabore un plan directeur de production sur un horizon de 5 mois en prévisionnel et de 1 mois en planification ferme. De façon analogue, il est fréquent de constater que pour des fabrications gérées en MRP et faisant intervenir de nombreuses variantes d'un produit final, le stade ultime de montage n'intervient qu'après réception de la commande du client, c'est à dire un fonctionnement assimilable à la procédure de fiches Kanban.

Ceci tend à montrer qu'il n'y a pas de cloisonnement étanche dans les faits entre les utilisations de concepts et de procédures empruntés à l'une ou l'autre de ces approches. Autrement dit, à l'exception de certaines fabrications bien spécifiques du type process par exemple, on ne trouve que des situations hybrides. La raison en est simple. On ne trouve pratiquement jamais

rassemblées les conditions nécessaires à l'utilisation exclusive de l'une ou de l'autre de ces approches. Quel est le programme de ventes réelles qui respectera parfaitement les prévisions commerciales qui auront servi à établir le Plan Directeur de Production; l'importance de l'écart entre le prévisionnel et le réel peut être de nature à remettre en cause l'intérêt du MRP(8). De même pourrait-on toujours convaincre l'ensemble des fournisseurs d'accepter la variabilité en termes de quantités et de délais qu'impose le respect strict d'une programmation à zéro stock (9).

La question pertinente qui se pose à ce stade est de chercher à définir un ensemble de conditions permettant de mieux gérer ces écarts en utilisant conjointement les concepts de ces deux approches.

Le système MRP repose sur des procédures logiques de calcul s'appuyant sur des prévisions en termes de commandes, de durées de fabrication, et de données relatives aux moyens de production, aux nomenclatures, ....

Si le système a posé dans le passé et continue à poser certaines difficultés, c'est pour deux raisons essentielles:

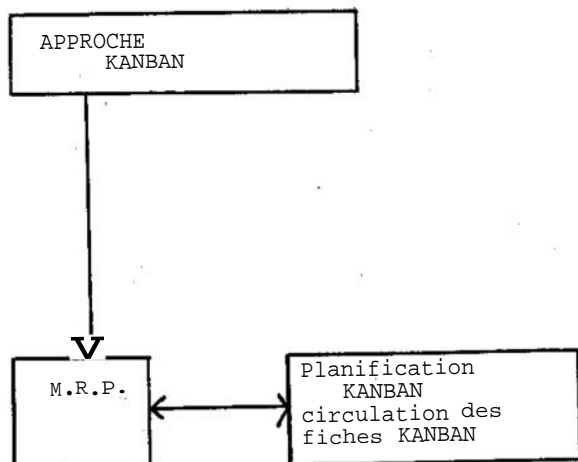
- L'existence de nombreux aléas de toute nature (demandes commerciales, pannes, ...) qui viennent perturber les prévisions qui sont à la base des calculs de besoins et qui entraînent des décalages entre la planification et la réalisation.
- La complexité des procédures de calcul par suite du volume important des données qui nuit à une bonne "lisibilité" du système.

Dés lors, le principe directeur qui doit conduire nos réflexions est d'utiliser tous les apports des concepts et des procédures du Kanban pour limiter les faiblesses du système MRP.

Pour résumer ces différentes remarques, nous allons nous appuyer sur le schéma suivant qui présente de façon synthétique les articulations entre MRP et Kanban.

analyses sur les pannes,  
défauts, fluidité du flux,  
partenariat,...

amélioration des paramètres  
du système de production:  
-fiabilisation des données  
par réduction des aléas  
-simplification: nomenclatures,  
gammes, processus de  
production.



problème  
de  
compatibilité  
de  
planification  
d'un même  
composant

Nous allons maintenant étudier plus en détail la branche à gauche de ce schéma, c'est à dire l'utilisation de l'approche Kanban pour améliorer un système MRP.

#### L'APPROCHE KANBAN, UNE VOIE POUR AMELIORER UNE PRODUCTION GEREE PAR UN MODELE MRP

Comme cela a été mentionné précédemment, le terme Kanban que nous emploierons désormais est à prendre dans son acception la plus générale; il dépasse la simple gestion de la planification aval-amont pour s'appliquer à une réflexion globale sur le système de production, réflexion mobilisant la compétence de l'ensemble des acteurs de la fabrication; entretien, opérateurs, responsable de qualité, concepteurs pour rechercher les causes de chaque dysfonctionnement, que celui-ci concerne le taux de rebut, la fiabilité ou les retards de fabrication (10).

##### 1) LA DIMINUTION DES ALEAS DE FABRICATON.

Les aléas de fabrication sont le champ privilégié d'application d'une approche Kanban; il s'agit en matière de rebuts ou de pannes de rechercher collectivement les causes de ces perturbations afin d'en atténuer à terme l'importance, voire même de les faire disparaître complètement. Dans cette recherche, l'implication collective du personnel est une condition indispensable

Les conséquences de telles réflexions sur un système MRP sont évidentes: le décalage entre quantités produites et prévisions étant en partie lié à l'importance et la variabilité des taux de rebuts ou de la disponibilité réelle des moyens de production.

La réduction de ces aléas va jouer un rôle direct dans une meilleure prévisibilité des résultats de fabrication.

Il en sera de même pour toute mesure visant à réduire tous les temps improductifs (changement de fabrications par exemple) dont la prise en compte dans un système MRP reste problématique. Dès lors que les temps opératoires indispensables et ceux de réglage sont limités au minimum, certaines contraintes liées par exemple aux quantités économiques ou à certaines marges de temps importantes inter-opérations deviennent inutiles.

##### 2) LA REDUCTION DE LA COMPLEXITE

L'une des difficultés inhérentes au système MRP est son opacité. Le volume d'informations à traiter (qui découle directement de la complexité des bases de données techniques) conduit souvent à une difficile maîtrise des liens de causalité entre une règle de décision (modifications du Plan Directeur par exemple) et les résultats du calcul des besoins. Les simulations sont des outils particulièrement utiles à ce niveau mais une simulation est plus efficace si l'on peut connaître a priori les principes

directeurs et les règles de décision qui conduiront aux objectifs recherchés, ce qui est difficile si le système est trop opaque à cause du nombre d'informations à traiter et de leurs interactions.

Le choix du niveau d'informations nécessaires à documenter le système est complexe: si l'on ne fournit pas au système l'exhaustivité des informations, les prévisions du MRP risquent d'être bien éloignées des résultats réels. Parallèlement, cette exhaustivité rend le traitement des informations peu "lisible" car les liens de causalité sont difficiles à décrypter.

Comment dans ces conditions, continuer à garder les avantages du système MRP tout en le rendant moins complexe. Certaines solutions ont déjà été mises en oeuvre; elles dépendent cependant en grande partie du type de fabrication envisagé.

#### A) LA SIMPLIFICATION DES NOMENCLATURES

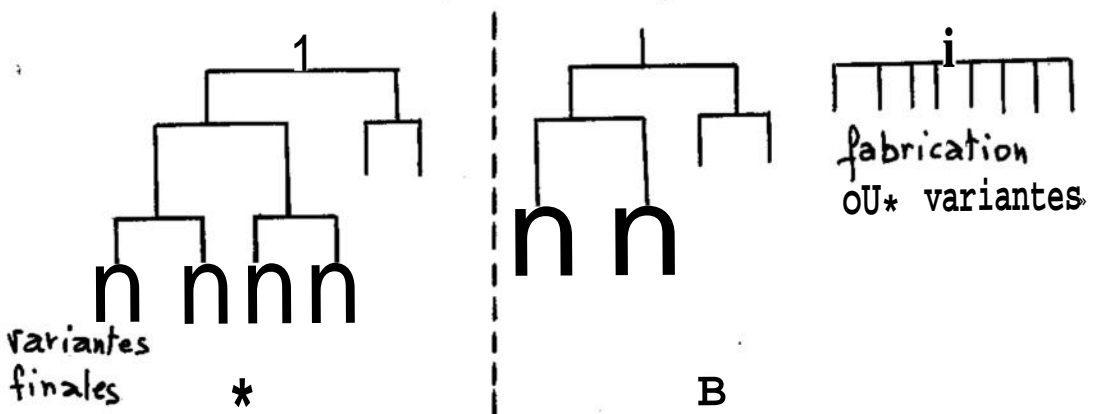
Nous allons examiner plusieurs cas où l'exhaustivité des informations liées aux moyens de production n'est pas indispensable.

##### LE MONTAGE FINAL GERE LA COMMANDE CLIENT

C'est le cas le plus simple; il s'agit de fabrications de produits à nombreuses variantes.

Le système MRP peut gérer la production de sous-ensembles et de composants mais n'intervient pas au niveau des opérations finales qui sont déclenchées par la réception de la commande du client, ces dernières opérations pouvant être suivies par un système de fiches Kanban.

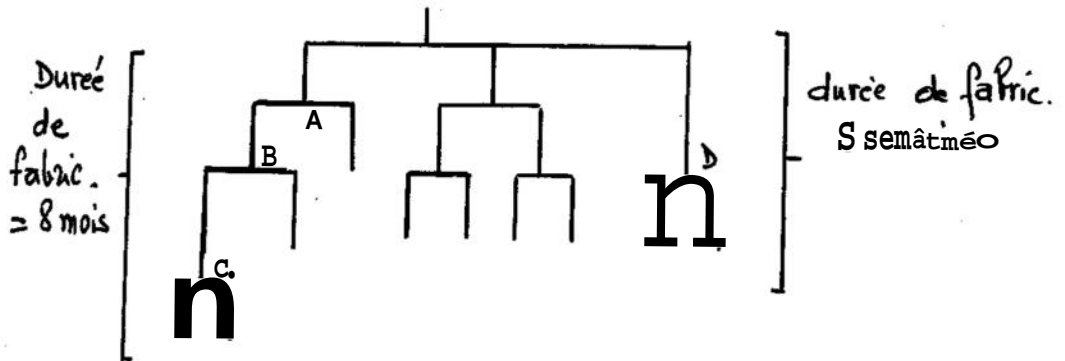
A une nomenclature complète de type A se substitue une nomenclature partielle B, le nombre de niveaux à réduire dépendant du type de fabrication, de la politique commerciale suivie, du risque accepté de rupture.



## LA RECHERCHE DES CHEMINEMENTS DE NOMENCLATURES NON CRITIQUES

Le système MRP gère de façon identique les différents chemins qui constituent l'arborescence de la nomenclature. Or dans la pratique, certains cheminements présentent en termes de délais d'approvisionnement ou de fabrications des caractéristiques bien spécifiques(2).

Prenons par exemple le cas suivant inspiré de l'expérience SFENA:



Durée de montage de A=2 mois.

Il est clair sur cet exemple que la gestion de la fabrication du chemin A,B,C de durée 8 mois peut être séparée de celle de D de durée 3 semaines. En effet si le montage de A dure deux mois, la fabrication de D peut n'être déclenchée que pendant la durée du montage de A. Dès lors, la branche relative à D peut être exclue du calcul global des besoins et pourrait être gérée par des fiches Kanban. De telles considérations sur la recherche de cheminements critiques sont de nature à permettre des simplifications de nomenclatures.

De façon analogue, une réflexion sur la standardisation de sous ensembles (éventuellement facilitée par la CAO) peut contribuer à de telles simplifications.

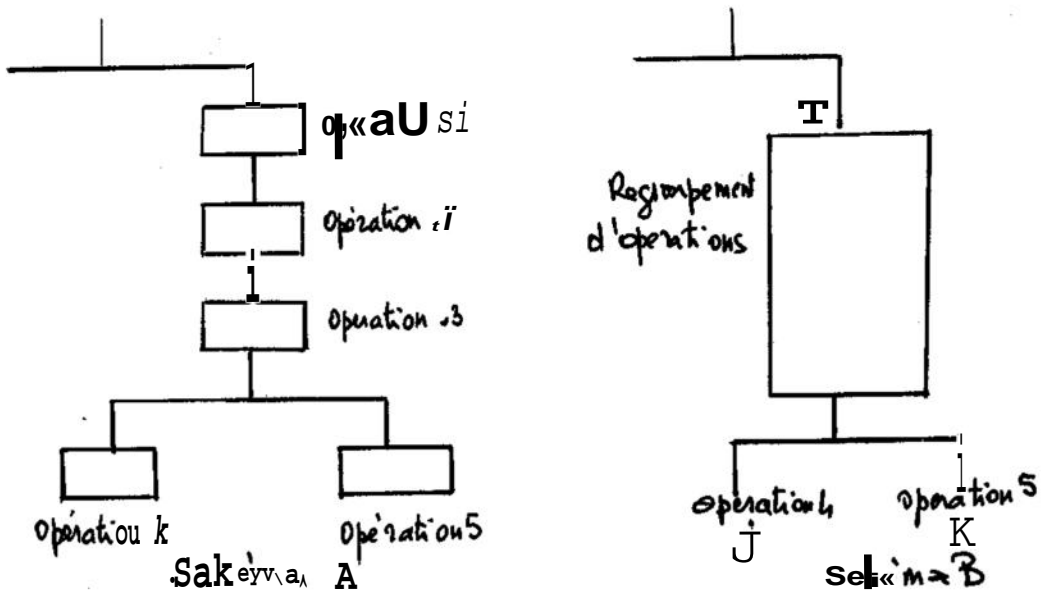
Les considérations précédentes peuvent évidemment s'étendre aux



cheminements particuliers que constituent les délais des fournisseurs. On ne gère pas de façon identique l'achat de stocks de vis et ceux de moteurs électriques, mais on pourrait prolonger cette réflexion sur le déclenchement de commandes aux fournisseurs en ne considérant la date de lancement qu'à partir de certaines étapes de la fabrication, ce qui permettrait d'éviter d'avoir à les gérer au niveau du calcul des besoins.

#### LA SIMPLIFICATION DES GAMMES DE FABRICATION

Lorsque l'on évoque le problème de la simplification des gammes de fabrication, on se réfère la plupart du temps aux principes de technologie de groupe, c'est à dire à une réflexion sur la gamme de fabrication et par voie de conséquences sur l'implantation physique des moyens de production permettant une simplification des flux des produits et par conséquent un gain de temps et une meilleure visibilité des stocks inter-opérations. Une réflexion de nature différente est possible à ce niveau; elle consiste à regrouper de façon homogène certaines opérations de gammes de fabrication de façon à les traiter comme une entité unique. Par exemple à un schéma de type A se substitue le schéma B.



Il peut s'agir de constitutions d'îlots spécifiques isolés du reste de la fabrication (cas SFENA) mais aussi de regroupements organisationnels consistant à affecter à un groupe responsable l'ensemble des opérations 1, 2 et 3 (cas de l'entreprise DE

DIETRICH présenté lors d'une réunion de la commission). L'intérêt d'une telle restructuration est multiple: d'une part, il responsabilise un groupe dans l'atelier vis à vis d'un ensemble précis de tâches sur lequel il aura à rendre compte; ce groupe devenant une sorte de sous-traitant par rapport à l'amont qui doit gérer ses relations avec ses fournisseurs que sont les ateliers responsables des opérations 4 et 5.

Concrètement dans le système MRP, une telle réflexion a pour conséquence une simplification des données techniques. En effet, l'ensemble des moyens techniques concerné par les opérations 1,2 et 3 peut être considéré comme une opération de sous-traitance interne; la nomenclature, quant à elle, ne nécessite plus la connaissance des stades intermédiaires, il suffit de considérer le produit I sortant de ce sous-traitant particulier comme un composé des deux composants J et K.

De telles idées ont déjà été mises en pratique, par exemple aux ateliers VOLVO à Kalmar (11) dans lesquels les différents sous-traitants internes régissent les flux de composés sur la base de contrats réciproques sous-traitants/ fournisseurs.

#### B) SIMPLIFIER LE PROCESSUS DE FABRICATION

Une autre idée particulièrement intéressante visant à simplifier les gammes de fabrication consiste à repenser l'implantation physique des moyens de production. Selon le professeur YAMASHINA, il faut passer du système en I ou du système en L à un système en U. Cette implantation en U ne requiert qu'un seul opérateur responsable d'un ensemble de machines; elle constitue un îlot "mono-opérateur"; la visibilité du flux à son niveau est de nature à assurer une bonne maîtrise de son ordonnancement et la taille limitée des flux qu'il gère lui permet d'assurer un meilleur contrôle de la qualité. Des réflexions similaires peuvent être menées sur la structure des produits (standardisation par la technologie de groupe) conduisant là encore à une simplification des flux. Autrement dit, au lieu de réfléchir à un ordonnancement à structure donnée, c'est la structure même des produits et des moyens de production qu'il convient de remettre en cause dans le sens d'une simplification. Une telle recherche de simplification n'est cependant pas évidente; PSA aurait déjà conçu 8 types d'implantations différentes sur la chaîne de robots d'assemblage des caisses 205.

#### EN CONCLUSION : LA NECESSITE D'UNE REMISE EN CAUSE PERMANENTE

Le danger le plus réel d'un système de type MRP tient au fait qu'il ne se prête pas spontanément à une remise en cause des informations qui lui ont été fournies. En effet, l'importance de informations qui servent à le documenter, la difficulté de recueil et de mise en forme de ces informations et l'opacité des calculs qu'il génère permettent difficilement de mener une

réflexion critique sur la pertinence et la véracité de ces informations. Devant la globalité du système, on a tendance à accepter les paramètres et les données comme intangibles.

C'est par une démarche plus volontaire dont les principes directeurs nous viennent du Japon après avoir été découverts et oubliés dans nos propres entreprises qu'il faut chercher à remettre en cause ces informations. Remises en cause portant sur la gestion des aléas mais également sur l'organisation de la production de manière à rendre les systèmes de traitement d'informations plus "lisibles".

Mais l'une des difficultés essentielles de ces remises en cause tient au rôle prépondérant que jouent les critères de jugement actuels de la production : nombre de pièces par poste, productivité par machine, taux de main d'oeuvre directe,.... Ces critères s'ils permettent un contrôle à court terme peuvent pénaliser une réflexion à plus long terme. Les nouvelles données de la production et en particulier ses objectifs en termes de qualité, de fiabilité et de service à la clientèle imposent la prise en compte de critères nouveaux basés sur une amélioration à plus long terme, critères basés sur la flexibilité, sur la disponibilité des moyens de production sur longue période (ce qui inclut par exemple la politique de maintenance). Si une telle recherche est nécessaire, elle demeure cependant complexe (12) car elle remet en cause l'ensemble des schémas organisationnels hérités du passé. Par exemple, le choix d'un investissement productif nouveau devient un carrefour de préoccupations collectives devant intégrer non plus les critères classiques de rentabilité à court terme (13) mais les effets à long terme de cet investissement: flexibilité des produits et de la structure de production, facilité de maintenance, gestion des aléas envisageables; la définition de l'investissement déborde ainsi les seules attributions du bureau des méthodes pour intégrer les contraintes et objectifs de la fabrication, de l'entretien, du service qualité,...

Intégrer ainsi les principes d'un Kanban à un système MRP, c'est accepter une remise en cause qui dépasse l'atelier, c'est initialiser une réflexion sur de nouveaux critères de gestion, c'est adopter une nouvelle culture d'entreprise. Les apports des démarches actuelles (MRP, OPT, technologies nouvelles XAO, analyses de systèmes, ...) sont incontestables. Cependant il ne faudrait pas que ces nouveaux outils entravent une réflexion parallèle sur la nature des contraintes qui peuvent y être intégrées.

L'idée ébauchée ici d'un retour à la simplicité dans la documentation de ces systèmes ou dans l'implantation des moyens de production (inspirée des concepts de la démarche Kanban) doit accompagner la réflexion sur la mise en place et même la conception de ces systèmes.

Une telle démarche n'est peut être pas spontanée et le refuge dans les systèmes sophistiqués est tentant mais c'est une condition nécessaire pour s'affranchir de dilemmes tel que celui qui a fait l'objet de cet article : MRP ou Kanban.

(1)-OPT-An answer for America. Bob FOX (Inventory and Production Magazine- feb.1983).

(2)-MRP et Kanban. Bill BELT (RFGI-nov.1985).

(3)-El sistema OPT. E.REY (Conference Direccion de Produccion-nov.1986).

(4)-Just In Time in the MRP II environment. Sergio Lotenschtein (P&IM Review-fev.1986).

(4 bis)-MRP II and JIT. Evolution of a competitor. Steven SMITH (P&IM Review-aug.aug.1985).

(5)-Méthode Kanban : catalyseur de mise en oeuvre de tout un processus de tension des flux industriels.M.ALEXIS ( RVI-Usinica 1984).

(6)-Un exemple de réduction des encours et de diminution du délai de fabrication.Philippe DEHERRIPON (CIT ALCATEL-RFGI no2 1985).

(7)-Le montage rapide des moules et le Kanban chez POE. MM.BES et LARGE (RFGI no2 1985).

(8)-La régulation des flux de production dans une usine de fabrication d'appareils électro-ménagers.F.COPIGNEAUX et E.SINUT (Pub EMP 1986).

(9)-Adapter les nouveaux outils de la production à la gestion des flux de composants.A.SCHNAPPER (Pub EMP-1986).

(10)-Maîtrise de la production et méthode Kanban.S.SHINGO (Editions d'Organisation-1983).

(11)-VOLVO Kalmar revisited: ten years of experiences.S.AGUREN et alii (Edition SAF-1980).

(12)-Productique: les tracas de l'industriel Lambert. Hugues MOLET et Armand HATCHUEL (Enjeux 1986).

(13)-La rentabilité de la robotisation: le chiffre,un critère parmi d'autres. Armand HATCHUEL et Hugues MOLET (Axes robotiques-mai 1986).

Les auteurs remercient tous les membres du groupe AFGI "MRP-Kanban" pour leur participation à cet article ainsi que les personnes extérieures qui leur ont apporté leurs critiques constructives et en particulier M.ANCELIN, ingénieur à la Direction de Recherche de RNUR et M.RIVELINE, Professeur à l'Ecole des Mines de Paris.