

**UNE SOLUTION POUR AMELIORER LE
PILOTAGE DES SYSTEMES DE PRODUCTION**

Résultats de recherches appliquées

Daniel THIEL
Professeur à l'ESC Tours

Nous avons présenté dans un article précédent de la Revue (n° 3/92 [1]), une enquête sur les comportements des systèmes de production dans l'incertain. Elle s'intéressait aux mécanismes de régulation des organisations de production face à des fluctuations imprévues des composantes de leur système.

Nous présentons ci-dessous les principaux résultats de simulation de modèles génériques conçus à partir de cette enquête et se basant sur la théorie de J.W. Forrester [2]. Nous exposons également les principales applications de cette recherche et ses retombées industrielles. Ces travaux ont été présentés à différents industriels à l'occasion de tables rondes et de débats sur ce sujet. Nous décrivons les principales remarques relevées à ces occasions ainsi que les applications concrètes engagées.

AVANT PROPOS

Nos connaissances actuelles du fonctionnement des systèmes de production sont souvent empiriques. Pour améliorer leur réactivité à court terme, les entreprises maîtrisent rapidement des problèmes simples ou plus souvent, des problèmes simplifiés par réduction du niveau de leur complexité. Cependant, il existe des problèmes réellement complexes qui ne sont pas résolus. Les responsabilités de telles anomalies sont diverses et peuvent aussi bien être imputées à l'outil de production peu flexible et sujet à de nombreux aléas, qu'à la mauvaise qualité de la transmission des informations et des ordres. C'est alors que la simulation peut apporter une aide utile et rationnelle à la prise de décision non-intuitive.

1. LA GENESE DES COMPORTEMENTS EN MATIERE DE GESTION INDUSTRIELLE

1.1. Les différentes approches des problèmes d'organisation des systèmes de production : évolution et constat actuel

Les années 60 sont à l'origine du développement de diverses approches analytiques qui se sont révélées très utiles :

- pour les problèmes d'ordonnancement de la production par exemple (recherche opérationnelle),
- pour des méthodes rationnelles d'implantation par exemple (organisation scientifique du travail)
- pour l'approche comptable des stocks et du suivi des coûts de revient directs,...

Les années 80-90 ont vu la nécessité d'avoir une approche multidisciplinaire et globale, dite approche systémique. Jacques Mélése, directeur à la CEGOS, l'a même qualifiée de praxéologie (guide de l'action) [3].

Le constat actuel, c'est que nous en sommes restés là. Cette dernière approche a été mise en exergue mais s'est arrêtée au concept, sans proposer d'outils concrets d'investigation. Hors les problèmes industriels se sont complexifiés et se positionnent dans des univers de plus en plus incertains.

1.2. Comment pourrait-on qualifier aujourd'hui les modes de gestion des systèmes de production ?

Nous proposons de retenir deux modes de fonctionnement des systèmes de production :

- un mode «procédural» fonctionnant avec des règles simples et permettant d'assurer la gestion quotidienne de la production (sur un horizon de décision court terme),
- un mode «expert» fonctionnant à partir de jugements plus qualitatifs et de règles plus floues. Ce mode est mis en oeuvre face à des problèmes réellement complexes (sur des horizons de décision moyen et long termes).

1.3. Le jugement de l'«expert» face à un problème complexe est-il fiable ?

La démarche initiale d'un consultant externe ou d'un organisateur interne devant des problèmes complexes de gestion de production, débute souvent par un audit (ou perception systémique).

Ensuite il établit un diagnostic et des propositions qui vont permettre de prendre des décisions, ceci grâce à ses expériences diverses et également à son «*feeling*».

Le constat : de nombreuses erreurs dans les choix préconisés et des réussites dues à la qualité du consultant, c'est-à-dire à sa connaissance des problèmes soit disant similaires, à son intuition, etc.

Mais «**notre jugement intuitif n'est pas fiable**» disait déjà J.W. Forrester dans les années 60 [2].

1.4. Proposition d'une approche rationnelle par la simulation de modèles

J.D. Little expliquait déjà en 1970 la difficulté de faire accepter la modélisation par les décideurs, ceci pour trois raisons : «1. Les bons modèles sont difficiles et longs à créer, 2. un bon plan d'expérience est long et difficile à élaborer et 3. les dirigeants ne comprennent pas les modèles avec leur jargon particulier et des manipulations de données compliquées» [4]. Cette approche est aujourd'hui accessible

à tous car les logiciels de simulation sont nombreux et de plus en plus conviviaux.

Mais quelques questions restent en suspens : Pourquoi les modèles MRP ou JAT ne fonctionnent-ils pas dans toutes les entreprises ? Répondent-ils à leurs besoins réels ? sont-ils réellement adaptés à chaque entreprise ?

Nous proposons une solution consistant à concevoir des modèles **spécifiques** aux problèmes particulier de gestion de chaque système de production. La difficulté de cette démarche est sa validation, bien qu'il existe actuellement des méthodes statistiques mais aussi la validation «subjective» par l'expert du domaine.

2. COMMENT MODELISER ET SIMULER UN SYSTEME DE PRODUCTION ? : APPROCHES DISCRETE ET CONTINUE

2.1. Modèles de simulation à événements discrets

Dans cette catégorie de modèles, les variables à suivre dans le temps sont discrètes et représentent les états du système étudié.

Trois approches différentes des modèles à événements discrets sont distinguées : l'approche par événements, l'approche par activités et l'approche par processus (cf. J. Leroudier [5]). Ils correspondent à différents «moteurs» de simulation appelés noyaux de synchronisation. Le choix d'une approche dépend de la facilité de conception spécifique de chaque modèle. Pour les modèles simulant l'activité court terme de systèmes de production, nous préconisons l'approche par processus car elle permet de décrire facilement le déroulement des gammes de fabrication par exemple. Les produits sont alors considérés comme les entités actives des modèles.

Un système de production peut également être représenté par un modèle stochastique de réseau de files d'attente où les machines et le système de transport représentent les stations et les pièces, les clients.

Le principe des langages généraux de simulation consiste à ce que chaque événement particulier soit issu de la rencontre d'une transaction représentant un mouvement et d'un bloc représentant un état. Plus récemment, des outils de simulation avec interface graphique facilitent la conception des modèles de simulation de systèmes de production (voir [6] et [7]).

2.2. Modèles de simulation continue

Jay W. Forrester créa la dynamique industrielle¹ dont le concept fondamental est la notion de rétroaction sur laquelle repose toute organisation dynamique.

1 Industrial Dynamics appelée aussi dynamique des systèmes dans son sens élargi à d'autres disciplines.

Ce ne sont pas des modèles de décision, mais ils sont utilisés pour l'expérimentation et la compréhension des comportements temporels. Leurs objectifs sont souvent centrés sur la connaissance et la modification des symptômes de dysfonctionnements des systèmes, plutôt que sur les causes véritables.

La méthode repose sur les notions de modélisation et de simulation informatique. Le système réel est représenté par un modèle abstrait décrivant mathématiquement les liaisons internes entre ses composantes et les relations avec son environnement extérieur.

Une des raisons essentielles de l'utilisation de modèles de simulation continue est de considérer que les décisions ne sont pas prises instantanément, mais de façon progressive exprimant ainsi une continuité dans l'espace et le temps.

Citons Bruno Lussato, professeur au CNAM [8]: «...Le comportement d'un modèle de Forrester est donc statistique et ne permet ni de décrire ni de prévoir avec précision tel ou tel événement particulier. A ce titre, il ne convient qu'à la simulation des niveaux élevés de gestion et à l'étude des équilibres micro- et macro-économiques».

Le modèle de Forrester s'est révélé difficilement utilisable pour les problèmes de court terme, car il est un instrument souvent trop lourd qui prend difficilement en compte la structure réelle, avec sa répartition hiérarchique et fragmentée des décisions.

Dans le cadre de travaux d'ingénierie, nous avons eu l'occasion de simuler des modèles de systèmes de production pour des investigations à court, moyen et long termes (voir [9] par exemple). Des outils conviviaux avec interface utilisateur graphique et génération automatique des équations, nous ont permis de concevoir des modèles complexes de systèmes de production en y intégrant des facteurs qualitatifs tel que le «taux» de motivation du personnel par exemple.

2.3. Synthèse

Un modèle à flux continu permet de se concentrer sur l'essentiel du comportement des systèmes, alors qu'une modélisation discrète risque de masquer l'essentiel par son niveau de détail.

Une modélisation continue pourra donc souvent être une première approximation d'événements et de décisions «discrètes» qui vont se produire. C'est un bon point de départ, qui par la suite, pourra exiger une modélisation plus précise à événements discrets.

3. UN MODELE COMPORTEMENTAL DU PROCESSUS DE PRISE DE DECISION

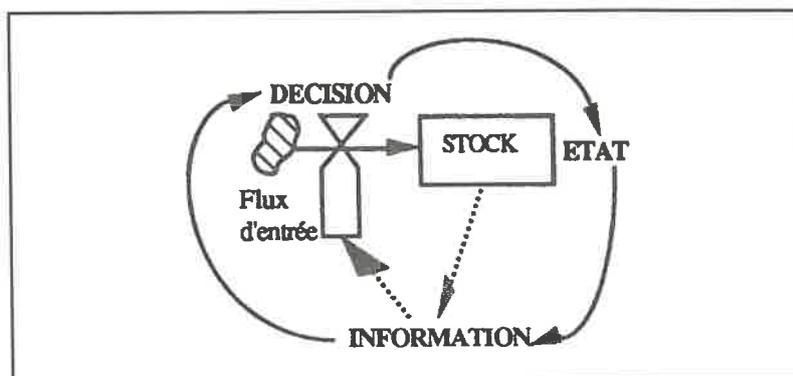
D'après D. Freedman [10], «les managers pensent comprendre quelles sont les

relations de cause à effet au sein de leurs organisations alors qu'en réalité les liens entre une action et son résultat sont plus complexes qu'ils ne pourraient l'imaginer». P. Senge appelle cela le «dilemme de l'assimilation de fond». «Penser en termes de système» selon la démonstration de P. Senge [11], implique d'avoir la capacité de comprendre quelles relations clés influencent les comportements qui se manifestent dans les systèmes complexes au fil du temps et quelle est la capacité des managers lorsqu'il s'agit de «prendre ces ensembles en considération».

La figure 1 schématise le principe d'une des théories de Forrester indiquant que toute décision est nécessairement prise à l'intérieur d'une boucle de rétroaction (cf. [11]).

Il nous semble intéressant que la gestion des systèmes de production s'inspire de cette théorie comme moyen d'exploration des mécanismes de régulation du système décisionnel. Ce système de pilotage comme le précise J-C. Scheid [13], possède des boucles de rétroaction positives ou négatives "qui pourront dire si l'organisation est stable ou instable, si elle est dotée ou non de régulateurs efficaces».

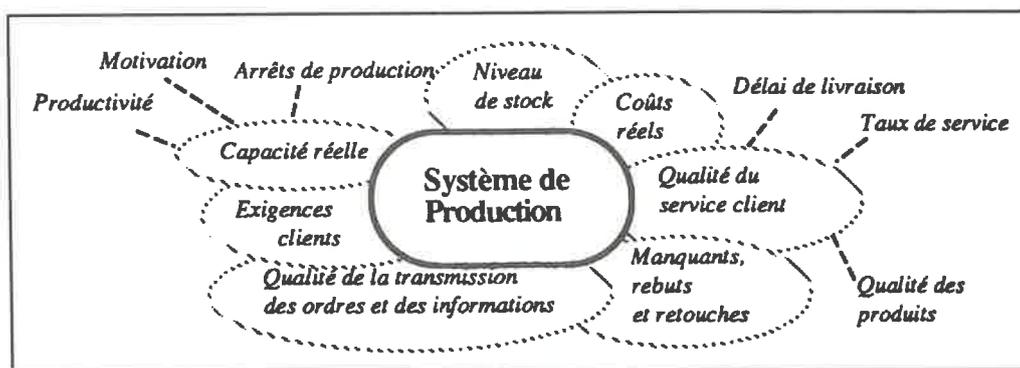
FIGURE 1
Modèle du processus de prise de décision de J.W. Forrester



4. PRESENTATION DU PRINCIPE DES MODELES GENERIQUES

En s'inspirant d'un schéma conceptuel des systèmes de production (voir notamment J-L. Le Moigne [14] et les travaux du LURPA [15]), des modèles génériques constitués d'une partie représentant le système physique et d'une partie assurant le pilotage et la transmission de l'information, ont été élaborés dans le cadre de travaux de recherche (voir [16] et [6]). La dynamique des systèmes de production est activée par des fluctuations des valeurs des variables les plus sensibles² (voir la figure 2).

FIGURE2
Les indicateurs essentiels des systèmes de production



Ces indicateurs commandent le système opérant et sont les suivants :

Les **exigences commerciales**, variables exogènes au système de production, peuvent être des commandes clients ou des délais de livraison souhaités par le marché.

² Ces indicateurs ont été relevés dans l'enquête préalable (voir [1]).

Le **volume des stocks** de produits finis, semi-ouvrés et de matières premières ainsi que la taille des en-cours se contrôlent et se comparent en permanence aux valeurs autorisées.

Les **coûts réels** de consommation de matières et de main-d'oeuvre se valorisent et se comparent aux dépenses initialement budgétisées.

La **qualité de service** client se quantifie à partir du respect des délais et quantités prévus (taux de service), de la qualité des produits et des services livrés et de la valeur du délai moyen de livraison par rapport à l'exigence du marché.

Les **taux de manquants, de rebuts et de retouches, la qualité de la transmission des Informations et des ordres** se quantifient également pour évaluer la performance du système de production³.

Puis il a été défini des variables d'action commandées par des variables de contrôle⁴ (voir fig. 3).

FIGURE3
Les variables de commande et les variables contrôlées

variables de commande	Variables contrôlées agissant sur la qualité de service
<ul style="list-style-type: none"> - <i>Demande exogène</i> - <i>Qualité de service</i> - <i>Productivité</i> - <i>Arrêts de travail</i> - <i>Taux de manquants</i> - <i>Taux de rebuts et de retouches</i> - <i>Niveau des stocks</i> - <i>Qualité de transmission de l'information et des ordres</i> - <i>Ratio économique</i> 	<ul style="list-style-type: none"> - CAPACITÉS DE PRODUCTION - DELAIS

Dans le cadre d'une vision globale des systèmes de production axée sur une problématique «comportementale», seules deux variables macroscopiques d'action dans les systèmes opérants ont été identifiées. Ce sont les **capacités** et les **délais** de production, qui permettent d'assurer l'efficacité de l'outil productif par rapport aux exigences commerciales. Le rapport entre la capacité brute et la charge nette de production permet de quantifier globalement la productivité. Il a été constaté dans l'enquête précédente que cette variable était la plus contrôlée car elle agit directement sur la **capacité**, sur la **motivation** du personnel, sur l'**organisation** physique ainsi que sur le **contrôle** et le **suivi** de l'activité.

³ ces variables ne sont pas toutes indépendantes. En effet, la dégradation du taux de manquants par exemple, explique la baisse de la qualité de service. Cependant il s'agit d'indicateurs sensibles suivis individuellement par les entreprises même si des recherches de corrélation et de co-variances peuvent être entreprises à posteriori. ⁴ au sens de B. Walliser [17].

Le «facteur» de motivation dans le système socio-technique de la production ne se contrôle pas directement. Il influence la qualité de service de l'entreprise et s'intègre globalement dans le système "entreprise".

Huit types de boucles de rétroaction ont été conceptualisés. Les résultats de simulation des modèles ainsi élaborés, ont permis d'observer des mécanismes prééminents dans certaines classes de systèmes de production ainsi que des boucles sensibles.

Une approche *in-vivo* a déjà permis de confirmer sur le terrain l'efficacité et l'inefficacité de certains mécanismes de contrôle de production. Elle permettra également d'améliorer la performance des boucles essentielles, en assurant ainsi une meilleure régulation des systèmes de production face à des aléas et des dysfonctionnements divers.

Le détail des modèles génériques ne sera pas présenté ici.

5. LES PRINCIPAUX RESULTATS DE SIMULATION ET LES PROPOSITIONS D'AMELIORATION DU PILOTAGE DES SYSTEMES DE PRODUCTION

Nous analysons dans ce paragraphe certains mécanismes de décision dans les systèmes de production.

Dans un premier temps, des comportements particuliers et spécifiques à l'horizon de décision court et moyen termes sont exposés. Puis nous décrivons quelques phénomènes de couplage que nous avons mis en évidence entre différents mécanismes de régulation.

5.1. Analyses comportementales des systèmes de production

Les analyses que nous allons exposer, sont difficilement "classifiables" car, comme nous l'avons déjà remarqué, il n'existe pas de relation évidente entre les classes des différents systèmes de production (au sens de la typologie des systèmes de production de J-P Kieffer et Y. Gousty [18], voir description en annexe de ce texte) et leurs comportements.

Parmi d'autres, nous avons observé des comportements identiques pour des classes rassemblant à la commande des produits complexes et des classes de fabrication constituant des stocks. Dans cet exemple, nous n'avons trouvé aucun point commun au niveau de la structure du système opérant. Dans le référentiel complexité-incertitude, ces classes se trouvent dans des positions totalement opposées. Au niveau de la description cinématique de leur système de pilotage, elles possèdent quelques mécanismes de régulation

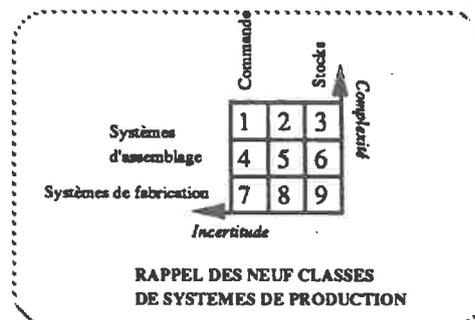
identiques, mais il serait imprudent de vouloir les comparer individuellement, à cause de phénomènes de couplage possibles entre plusieurs de ces boucles. Leurs comportements dynamiques observés grâce à la simulation, ont mis en évidence des similitudes que nous allons développer.

Ce qui signifie que différentes entreprises, quelque soit leur taille, le type de produits qu'elles fabriquent et de façon générale, quelles que soient leurs caractéristiques intrinsèques, peuvent avoir des comportements identiques devant des aléas internes ou externes perturbant leur système de production.

Nous présentons donc la dynamique de différents comportements spécifiques que nous avons jugés intéressants à développer ici, dans un objectif d'amélioration du pilotage à court et à long termes de ces systèmes⁵.

5.2. Comportements des systèmes de production à court terme

Pour faciliter la lecture, nous présentons ci-après un rappel des différentes classes.



○ **Classes 1 et 4** (systèmes d'assemblage réalisant des travaux sur-mesure):

En cas de baisse de productivité, une action importante sur les délais semble être la plus efficace dans ces entreprises de production à la commande. Leur mode d'action consiste à augmenter le contrôle de l'activité de production (par un suivi physique) pour accélérer le flux par une réduction des délais. Il est cependant utile de lisser ces variations de la productivité et d'agir rapidement. Il n'est pas nécessaire d'agir directement sur les capacités des postes de charge. Ce qui signifie que la manière la plus efficace et la moins coûteuse à court terme, consiste à "pousser" les flux de production par un contrôle intensif, suite à une baisse de productivité.

○ **Classes 2 et 5** (systèmes d'assemblage à la commande à partir d'éléments standards):

Les produits finis assemblés dans ces systèmes, se décomposent en nomenclatures à plusieurs niveaux. La difficulté apparaissant dans ces classes, consiste à ajuster les stocks de sous-ensembles à chaque niveau d'assemblage.

⁵ voir également les travaux récents de P. Massotte d'IBM sur l'étude des comportements des systèmes dynamiques de production [19].

En effet, il est couramment constaté des retards dus à des difficultés d'appairage de ces stocks. Devant les aléas fréquents dans la production des différentes pièces composantes, une planification de type MRP1 à flux poussé, ne met pas en évidence ce type de problèmes. Par contre, un flux tiré sur toute la chaîne de production (des composants de base aux produits finis), nécessitera une synchronisation des flux amonts, qui pourra être atteinte après atténuation (et même suppression totale) des dysfonctionnements. C'est par la mise en oeuvre de cette technique de production, que l'équilibrage des niveaux de stocks sera nécessaire et par conséquent, la réduction des causes de ces déséquilibres à court terme.

A défaut d'amélioration de leur organisation, nous avons constaté que les systèmes de classes 2, 5 et 8 ont intérêt à réagir rapidement en cas de dysfonctionnements à court terme. Par contre, quand leur taux d'arrêts de production est élevé (par exemple de 20%), il est préférable d'agir plus modérément.

○ **Classes 3** (systèmes d'assemblage constituant des stocks de biens complexes), **7** (systèmes de fabrication travaillant à la commande) et **8** (systèmes de fabrication travaillant à la commande à partir d'éléments standards) :

Dans le cas où le taux d'arrêts de production devient important et dépasse un certain seuil, ces entreprises n'ont pas intérêt à agir immédiatement sur la capacité de production à court terme. A ce seuil, d'autres mécanismes assurent le redressement de la situation. Réagir directement constitue un frein à d'autres décisions plus efficaces prises par ailleurs, comme par exemple, la réaction de l'entreprise suite à la baisse du taux de service.

○ **Classe 6** (systèmes d'assemblage de produits simples constituant des stocks de produits finis): . Les entreprises de cette classe présentent peu de difficultés à gérer l'activité physique à court terme. Ces industries de *process* automatisés sont suffisamment robustes et supportent de fortes sollicitations de leurs variables de commande. Nous l'expliquons par le peu d'interventions humaines nécessaires au pilotage de l'outil de production.

○ **Classe 7** (systèmes de fabrication travaillant à la commande): En cas de baisse de la productivité dans ces entreprises de fabrication, il est nécessaire d'augmenter la capacité de la production, ce qui est à l'opposé du comportement des systèmes d'assemblage. Ces classes ne sont donc pas si sensibles à une intensification d'un contrôle de production et nécessitent par ailleurs, pour assurer un bon service client, une croissance de la capacité par appel aux heures supplémentaires ou à la sous-traitance par exemple.

○ **Classe 9** (systèmes de fabrication constituant des stocks de produits finis): Ces entreprises sont dans l'obligation de disposer suffisamment de pièces en stock, pour répondre à la demande irrégulière de leurs clients. En cas de dysfonctionnement de leurs outil productif et de ventes aléatoires, nous avons constaté qu'elles réagissaient de manière exagérée à ces aléas. Cela peut s'expliquer à priori par un coût d'obtention relativement faible de leurs produits. Mais le risque d'une telle décision, est de constituer des stocks de produits dont l'importante couverture pourra être la cause d'obsolescence à terme.

5.3. Comportements des Systèmes de Production à moyen terme

○ **Classes 1 et 4** (systèmes d'assemblage réalisant des travaux sur-mesure) : A moyen terme, les systèmes d'assemblage sur commande ont des difficultés à réagir devant des perturbations de moyenne intensité de leurs indicateurs. Ces correctement l'information, par exemple avec l'assistance de moyens informatiques adéquats.

Pratiquement, tous les systèmes réagissent rapidement à une dérive de leurs coûts de production, en mettant en oeuvre un contrôle de gestion rigoureux. Nous avons cependant noté que ce contrôle s'était révélé inutile dans la classe 6 d'industries fortement automatisées.

En cas de dégradation du service client, des actions de réorganisation de l'outil productif sont nécessaires. Dans ce cas, l'objectif des systèmes de production devrait se concentrer sur la réduction des délais, des manquants, rebuts et retouches, des arrêts de production et de l'amélioration de la productivité. Il s'agit donc aussi bien de fiabiliser l'outil productif sur le plan technologique, que sur le plan logistique.

5.4. Phénomènes de couplage à moyen terme

Dans certaines circonstances, pour assurer une efficacité globale, nous avons constaté la nécessité de coupler différents mécanismes de pilotage. L'effet inverse s'est également observé, c'est-à-dire que la présence de mécanismes couplés, a provoqué une baisse du taux de service.

○ **Classes 2 et 5** (systèmes d'assemblage à la commande à partir d'éléments standards) : Face à l'augmentation des taux de manquants, de rebuts et de retouches, ces entreprises réagissent en réduisant les délais de production (premier mécanisme) et en augmentant le niveau de stockage (second mécanisme). Il est cependant curieux de constater que la qualité de service s'améliore en supprimant progressivement ces contrôles et les actions correspondantes. En effet, ces deux mécanismes se sont avérés inutiles pour des taux très faibles et par contre très utiles quand ils étaient couplés pour des valeurs de taux élevées. Cela signifie que ces systèmes de production

possèdent un seuil de sensibilité à ces indicateurs au delà duquel, des actions combinées devraient se déclencher, aussi bien sur les délais que sur le niveau de stockage (la première action influençant la seconde).

○ **Classe 3** (*systèmes d'assemblage sur stock*):

Un couplage de plusieurs décisions est nécessaire pour faire face à une mauvaise transmission des informations et des ordres dans cette classe.

Nous avons également constaté qu'en cas de variation du ratio économique (rapport entre coûts réels et coûts budgétisés), le contrôle direct n'est pas utile pour agir sur les délais, la productivité, les taux d'arrêts et les taux de manquants, rebuts et retouches. Dès que le dépassement budgétaire est de l'ordre de 40% (il s'agit d'un cas pessimiste, mais réaliste), les mécanismes directs couplés ont peu d'utilité, car d'autres boucles assurent un niveau de service correct dans ce cas. Par contre, l'absence d'une des composantes de ce couplage, a provoqué une baisse de 10% du service. Ceci peut s'expliquer par un déséquilibre provoqué par la séparation d'une des boucles de régulation couplées.

○ **Classe 8** (*systèmes de fabrication travaillant à la commande à partir d'éléments standards*):

Dans le cas d'une mauvaise transmission des informations et des ordres, le couplage des trois boucles de régulation de nos modèles, engendre une dégradation du service. Ce Phénomène s'observe jusqu'à un certain seuil minimal, mais l'utilité

D'autre part, des modifications structurelles des systèmes de production sont aujourd'hui nécessaires. En effet, la tendance vers une production unitaire et le raccourcissement des délais, exige une réactivité élevée tout en conservant un outil industriel lourd. Un besoin permanent de flexibilités technique et humaine est indispensable. Nous qualifions cette évolution actuelle des systèmes de production par une forme «**d'artisanat à taille industrielle**». Plus particulièrement, les entreprises à activités industrielles multiples et variées nécessitent différents modes d'organisation et des systèmes d'information et de gestion adaptés (et non rigides).

Il a également été constaté dans certaines entreprises, notamment celles qui travaillent à la commande et ayant des cycles de fabrication longs, l'obligation de maintenir un service client parfait quel que soit le degré de gravité des dysfonctionnements en production.

Par ailleurs, la planification de la production sur des horizons lointains est souvent fautive et une planification hiérarchisée est souvent «biaisée» par des données du terrain très fluctuantes.

Enfin, nous avons noté le besoin actuel de mise en évidence d'une hiérarchisation des causes des problèmes de production par des méthodes rationnelles.

6.3. Les approches actuelles du management industriel

Devant cette mutation forcée des systèmes de production, c'est la gestion des ressources humaines qui évolue fortement vers un développement de la polyvalence et de l'interdisciplinarité. D'autre part, ce besoin de souplesse et de réactivité entraîne souvent une réduction du nombre de niveaux hiérarchiques dans l'entreprise. La notion de chef a également changé en se transformant progressivement en un animateur d'équipe.

Ces aspects psycho-sociaux conduisent également les entreprises à modifier leurs modes de communication interne. Les problèmes sont le plus souvent résolus sur le terrain en liaison directe avec les personnes impliquées. Cette nécessité de prendre les décisions rapidement se fonde sur l'expérience, sur la participation et sur l'intuition pour résoudre certains problèmes complexes et quotidiens. Un retour au pragmatisme pour la gestion de l'activité quotidienne de production semble être une orientation de certaines entreprises. De nombreuses entreprises misent également sur l'auto-contrôle par l'opérateur de production et la responsabilisation au plus bas niveau.

Du point de vue technologique, beaucoup d'industriels se sont dotés d'unités de fabrication autonomes et flexibles, conçues par rapport aux produits commercialisés et non spécialisées par technologies.

6.4. Suggestion

Ces différentes réflexions sur la mutation de la gestion industrielle, nous amène à justifier l'application des principes de la systémique face à ce monde complexe évoluant en univers incertain. En analysant par ailleurs les différents outils et approches actuelles des problèmes industriels, nous constatons la pauvreté des outils rationnels de structuration et d'aide à la prise de décision.

La simulation continue pour l'ingénierie des systèmes de pilotage nous semble être bien appropriée aux problématiques actuelles.

7. CONCLUSION

Certains comportements que J.W. Forrester qualifiait d'"anti-intuitifs" [2], ont été mis en évidence dans chacune des classes de systèmes de production.

Nous avons observé une seconde fois (voir les résultats de l'enquête [1]), la difficulté d'établir des relations entre les classes de systèmes de production et leurs comportements. Ceci signifie qu'une typologie basée sur la structure des systèmes opérants, ne suffit pas à expliquer des comportements dynamiques de systèmes de production. Nous n'avons donc pas trouvé de "corrélation" entre les caractéristiques du système physique opérant et celles du système de pilotage des systèmes de production.

Enfin, nous avons tenté d'orienter le choix des logiciels de gestion de production par rapport aux différentes décisions prises dans ces systèmes. Nous avons également étudié la structuration et la possibilité d'automatisation de certains systèmes de pilotage.

Nous proposons deux catégories d'outils logiciels pour améliorer le contrôle des unités de production :

1. Des outils de GPAO beaucoup plus modulaires et moins volumineux qu'actuellement. Nous suggérons que les entreprises installent un progiciel spécifique renforçant certains contrôles «prééminents», en concordance avec les boucles de régulation étudiées et les classes de systèmes de production sensibles à ces mécanismes. Nous estimons donc qu'il n'est pas indispensable qu'elles se suréquipent avec des modules inutiles ou lourds à maintenir.

2. Des outils de simulation pour mener diverses investigations en production. Les modèles pourraient être conçus en se fondant sur la méthodologie de modélisation que nous préconisons et sur la structuration des modèles génériques.

Par conséquent, pour chacune des classes de systèmes de production, nous proposons de réviser la répartition des fonctions de la gestion de production, en réorganisant les tâches par rapport aux résultats de simulation que nous avons obtenus (limitation de l'intérêt de certaines décisions, renforcement de certains mécanismes, ...).

Citons J-F. Coudurier [20] : «c'est parce que les méthodes de simulation substituent ou intègrent les méthodes de gestion de production MRP, Kanban, OPT, ... que les outils de simulation deviennent des outils de gestion et d'aide à la décision en production».

ANNEXE

Neuf classes de systèmes de production⁶

SYSTEMES D'ASSEMBLAGE

Classe 1 : entreprises d'ingénierie élaborant sur commande des installations industrielles. Il s'agit d'entreprises produisant de très gros équipements comme des navires, avions ou systèmes automatisés de production.

Classe 2 : entreprises d'assemblage de matériels destinés à l'équipement industriel qui pourraient regrouper les fabricants de machines-outils, de matériel agricole ou de matériel de manutention.

Classe 3 : entreprises de production de biens complexes tels que les biens d'équipements par exemple, les automobiles, les matériels électriques ou les appareils ménagers.

Classe 4 : entreprises «pseudo-artisanales» réalisant des travaux sur-mesure, de petites installations sur mesure, outillages ou autres.

Classe 5 : entreprises d'assemblage de produits simples tels que les meubles, les outillages ou de la charpente métallique.

Classe 6 : entreprises d'assemblage final dans une filière de transformation (bois, textile, parachimie, pharmacie...) correspondant à de petits matériels tels que les vêtements, chaussures ou d'autres articles de grande consommation.

SYSTEMES DE FABRICATION

Classe 7 : entreprises de sous-traitance d'opérations d'usinage, de traitement thermique, de circuits imprimés,...

Classe 8 : entreprises proches de la classe 7, comprenant des entreprises de sous-traitance mais également des ateliers spécialisés de grands groupes industriels. Cette classe façonne souvent des pièces pour les besoins de systèmes de types 1, 2 ou 3 ou après élaboration par des systèmes de classe 9.

Classe 9 : ateliers spécialisés de grands groupes industriels fabriquant sur programme des composants «standard» pour les besoins de la classe 3 ou encore des sociétés produisant des produits semi-ouvrés qui subiront un parachèvement du type 8.

BIBLIOGRAPHIE

[1] THIEL D., «Enquête sur les problématiques des systèmes de production industriels», Revue française de Gestion Industrielle, Dunod, N°3, 1992, pp. 23-43.

[2] FORRESTER J. W., Industrial Dynamics, Cambridge, Massachusetts, MIT Press, 6^{ème} édition, 1969

[3] MELESE J., La gestion par les systèmes, Editions Hommes et Techniques, 1980

[4] LITTLE, J. D., «Models and Managers : The Concept of a Decision Calculus», Management Science, Vol. 16, April 1970, pp. B466-B485.

[5] LEROUDIER J., La simulation à événements discrets, Editions Hommes et Techniques, 1980

[6] Centre Technique des Industries Mécaniques CETIM, «Logiciels de simulation disponibles en Europe», Rapport d'étude 3C39, 1992, traduction de Review of simulation packages for the shop floor available in Europe, WTCM CRIF, Rue des Drapiers, 21B 1050 Bruxelles.

[7] THIEL D., Management industriel : une approche par la simulation, Paris, Economica, 1993.

⁶ d'après J-P Kieffer et Y. Gousty [18].

[8] LUSSATO, B., Introduction critique aux théories d'organisation, Paris, Dunod, 2^{ème} édition, pp. 118-162, 1977.

[9] THIEL D., "Réflexions sur la modification profonde de l'organisation de production d'une industrie de l'habillement", Revue française de Gestion Industrielle, Dunod, N°4, 1990, pp. 5-25.

[10] FREEDMAN, D., «A <nouvelle> science, <nouveau> management», Harvard-l'Expansion, printemps 1993, pp. 6-13.

[11] SENGE, Peter, The fifth discipline : the art and practice of the learning organization, New York, Doubleday, 1990, traduction française en 1992 aux éditions FIRST.

[12] FORRESTER J. W, Principle of systems, M.I.T., Cambridge, 1978, traduit en français aux Presses Universitaires de Lyon, 1984.

[13] SCHEID J-C, Les Grands Auteurs en Organisation, DUNOD, 1980, pp. 148-163.

[14] Le MOIGNE, Jean-Louis, La théorie du système général, Presses Universitaires de France, 1977.

[15] BOURDET, KIEFFER, LE ROY, LESAGE, TIMON, «Prise en compte de l'existant dans la conception de la conduite des systèmes intégrés de production», Actes du III^{ème} Congrès de Génie Industriel - Tome 1, Tours le 20-21-22 Mars 1991, pp. 51-60.

[16] KIEFFER J-P et THIEL D., «A cognitive approach of production system dynamics by continuous modelling», 9th International Congress of CAD/CAM and Factory of the future, Newark, New Jersey, Car's FOF, 18-20 Août 1993.

[17] WALLISER B., Systèmes et modèles, Paris, Editions du Seuil, 1977.

[18] KIEFFER J-P et GOUSTY Y., «Une nouvelle typologie pour les systèmes industriels de production», Revue Française de Gestion, Juin-Juillet-Août 1988, pp. 104-112.

[19] MASSOTTE, Pierre (IBM France), «Behavioural analysis of a complex system», Actes du Congrès AFCET'93, Systémique et Cognition, Versailles, les 8-10 juin 1993, pp. 7 1-82.

[20] COUDURIER, J-F., «L'utilisation de la simulation des flux de production», Recueil de conférences mécanique et productique, Saint-Etienne, CETIM Publications, 1991, pp. 7-23.

REMERCIEMENTS

Je tiens à remercier Zahir Yanat, professeur ainsi que Christophe Lambinet et Stéphanie Cresp pour l'aide qu'ils m'ont apportée dans ce travail.