

## UNE NOUVELLE OPTIQUE DE LA GESTION DE PRODUCTION\*

John L. Burbidge

---

### UN PONT ENTRE LA PRODUCTION DE MASSE ET "L'ESPRIT TOYOTA"

L'article que nous publions, ci-après, date de 1961. Son auteur a eu un impact très important comme professeur et consultant à l'époque. Aujourd'hui, on pourrait penser, *a priori*, qu'il existe peu de points communs entre les méthodes actuelles et celles développées en Europe dans les années 60. En effet, une grande part de nos méthodes de gestion ne s'inspire-t-elle pas maintenant des concepts développés au Japon, notamment chez Toyota ?

L'article « une nouvelle optique de la gestion de production » nuance largement ce propos et le caractère visionnaire de son auteur nous apparaît. De nombreux facteurs d'améliorations de l'organisation de la production, aujourd'hui adoptés, furent identifiés il y a 40 ans : la mise en ligne, l'intérêt de réduire la taille des lots, ... On trouve donc dans cet article bon nombre des concepts de gestion industrielle couramment attribués aux Japonais, même si, et pour cause, la terminologie et la démarche employées s'avèrent sensiblement différentes. Prenons le cas de la démarche. Il n'est pas question de travail en groupe ou de participation d'opérateurs à des actions de progrès mais plutôt d'ingénieur s'adressant à ses pairs selon une démonstration.

Avec le recul, on peut s'interroger sur les raisons qui ont limité la diffusion et l'application de ces idées innovantes. Certes, le contexte économique de l'Europe à l'époque ne portait pas forcément à attacher une grande importance à la gestion de production. Mais plus encore, il semble qu'il ait manqué à John Burbidge des moyens de diffusion de ces principes. Attaché à l'objectif d'une production que l'on pourrait qualifier de "juste à temps", il pensait que les moyens de sa mise en œuvre semblaient aller de soi, à tel point qu'ils ne sont ni développés ni identifiés. Or une des forces de la démarche japonaise réside sans doute dans les nombreuses méthodes qui l'accompagnent. En effet, sans Kanban, sans SMED, ... la nouvelle optique de production proposée par l'auteur ne devait pas être évidente à mettre en place. Voilà, sans doute un des enseignements que l'on peut encore tirer aujourd'hui de cet article.

E. Ballot

---

\* Cet article est paru dans la Revue L'Etude du Travail n° 140 - Mai 1963 reprenant une publication de décembre 1961 The Production Engineer publié par l'Institution of Production Engineers.

## 1. Introduction

Les futurs historiens en matière de production appelleront le XXe siècle « l'âge du gaspillage ». C'est une époque où la plus grande part de la richesse investie dans la production aura été emmagasinée sous forme de stocks et sera restée inutilisée ; une époque où la majeure partie du capital travail aura été gaspillée en travaux administratifs improductifs ; une époque enfin où la quasi totalité de la capacité productive n'aura pas été utilisée pendant de longues périodes en raison de notre incapacité à contrôler les variations de la demande.

La production a atteint un niveau où l'évolution normale, dans la ligne traditionnelle, ne fait qu'augmenter ce gaspillage. Elle a atteint un point où des progrès importants ne sont possibles que si l'on peut trouver une nouvelle optique.

Cet article décrit une telle façon de voir. Il prône un écoulement en ligne de la production avec une fréquence de lancement des lots élevée, et ceci pour tous les types de produits et pour tous les niveaux de production. On utilise déjà ce système dans la production en grande série. Nous pensons qu'il a une valeur générale quel que soit le volume ou le type de production.

Nous essaierons de montrer dans cet article que cette nouvelle façon de voir est non seulement correcte du point de vue théorique, mais encore réalisable dans la pratique. L'article est divisé en quatre parties. La première décrit le système de circulation des matières et des produits, c'est-à-dire la « production ». La deuxième partie montre comment cette circulation est liée aux problèmes économiques de la production. La troisième partie montre comment notre philosophie actuelle en matière d'organisation tend à perpétuer le statu quo et, enfin, la quatrième partie expose la philosophie sous-jacente à la « nouvelle optique » et, décrit comment elle peut être et comment elle a été réellement appliquée.

## 2. Le système de circulation des matières

### 2.1 *La succession des opérations*

Le mot « production » (au sens où nous l'entendons) couvre à la fois la fabrication et la distribution des marchandises. Le facteur commun à ces deux aspects de la production est la circulation des matières et des produits. Toute production traite des matières, du travail fait sur elles, des changements dans « l'état » de la matière provenant de ce travail et des incidences économiques de cette « circulation » des matières.

Le choix des opérations et leur succession peuvent être illustrés par un graphique de processus. La figure 1 est un graphique de processus montrant la succession des opérations nécessaires pour fabriquer un produit simple en fonte. Elle montre la façon dont « l'état des matières » (leur forme, poids, situation, etc.) est modifié, et la façon dont la matière peut passer par de nombreuses entreprises, chacune exécutant un processus ou une séquence d'opérations liées les unes aux autres.

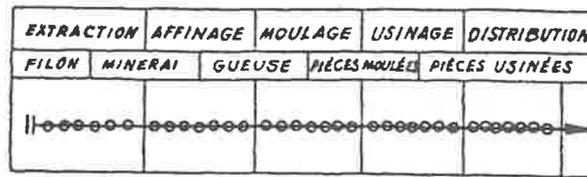


Figure 1 : Graphique du processus d'une seule pièce

Très peu de graphiques de processus sont aussi simples que celui de la figure 1. La plupart des enchaînements d'opérations que l'on rencontre dans la pratique sont constitués de maillons entrecroisés de diverses façons. Les opérations peuvent être classées, selon leur effet sur la circulation des matières, en « opérations d'éclatement », « opérations de regroupement » et « opérations en ligne ». La figure 2 montre un grand nombre de gammes de fabrication et la façon dont elles sont liées les unes aux autres par les opérations d'éclatement et les opérations de regroupement.

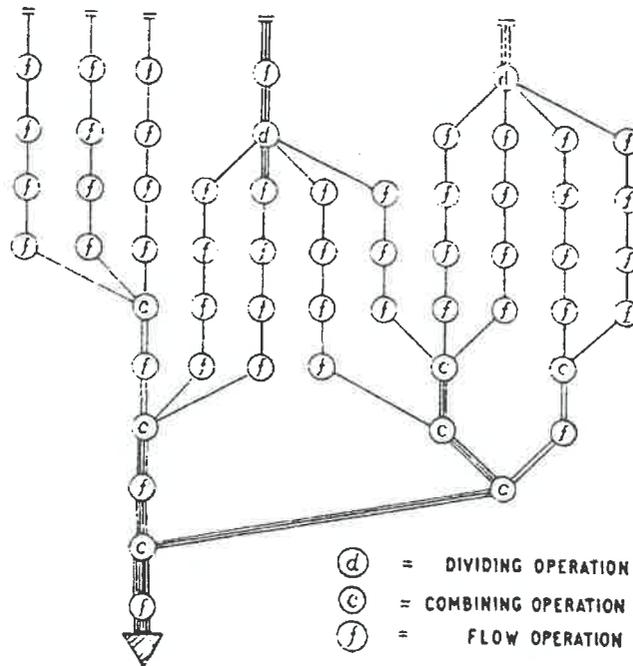


Figure 2 : Interconnexions des gammes de fabrication de 11 pièces

Pour toute unité de production, il est possible de tracer un « graphique de processus complet » ; ce graphique montre toutes les opérations effectuées, leur succession et la façon dont elles sont liées. On peut réduire la complexité du graphique en adoptant une politique de « simplification » pour diminuer la diversité, et, par là, réduire sur le graphique le nombre de chaînes d'opération.

### 2.2 Le système de circulation

La chaîne de l'opération impose ou limite généralement la localisation du « poste de travail ». Les postes de travail sont situés là où le travail est effectué et sont équipés du matériel, de l'outillage et de l'appareillage nécessaires ; on leur fournit aussi la main-d'oeuvre nécessaire pour effectuer certains types d'opérations. Le cas est celui où les postes de travail

ont une position fixe et où les matières se déplacent entre ces postes. Il y a d'autres cas où les mouvements relatifs de l'appareillage, des hommes et des matières est différent, mais cela n'affecte en rien les conclusions tirées.

Si l'on dessine le plan d'une unité de production et des postes de travail qu'elle contient, et si on trace alors sur le plan un graphique de processus complet, chaque opération figurant dans le poste de travail où elle est effectuée, on obtient un « graphique de cheminement complet ». La complexité d'un tel graphique dépend en partie de la complexité du graphique de processus complet et en partie de la façon dont les postes de travail sont implantés. C'est ainsi que la figure 3 montre un diagramme du type de circulation connu sous le nom de « circulation en ligne », et que l'on obtient lorsque l'implantation de l'atelier suit en gros la séquence donnée sur le graphique de processus complet ; elle montre aussi le type de circulation que nous désignerons par l'expression « circulation fonctionnelle », que l'on obtient si l'atelier est divisé en sections spécialisées selon leur fonction.

Le graphique de cheminement complet illustre aujourd'hui pour la quasi totalité des industries le résultat fortuit des décisions prises indépendamment par les spécialistes de la conception du produit, de l'ordonnancement et de l'implantation. Ce n'est pas la seule façon, et certainement pas la meilleure, de concevoir un système de circulation. Il est possible de diriger et de coordonner la prise de décision dans ces trois domaines afin de mettre au point un système de circulation idéal et de le faire sans diminuer la valeur du produit.

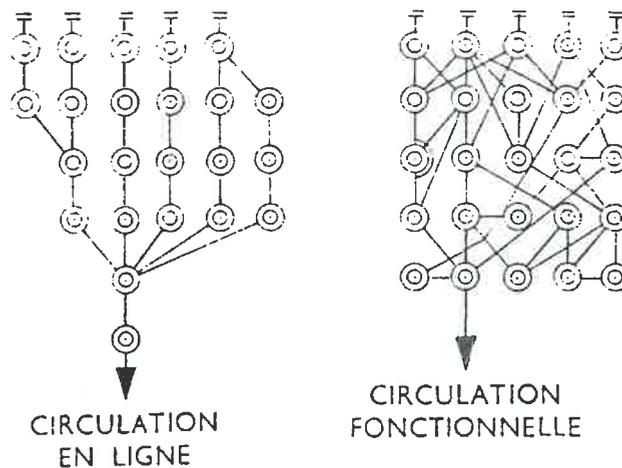


Figure 3 : Effet de l'implantation sur le type de circulation

### 2.3 Les caractéristiques de la circulation des matières

La conception du produit, l'ordonnancement et l'implantation concourent à produire un système de circulation des matières assimilable à un système de canaux. La façon dont les matières sont « lancées » dans le système peut varier. On peut démontrer que toute circulation de matières se fait par lots et qu'ils peuvent varier en importance, fréquence et phase (ou coordination dans le temps).

**2.3.1 Importance et fréquence du lot**

Pour fixer les idées, considérons la circulation des pièces dans une unité de production où l'importance du lot est mesurée en nombre de pièces et où chaque lot est achevé à chaque opération avant d'aborder l'opération suivante.

La production est égale au produit de l'importance moyenne du lot par la fréquence du lot. Pour un niveau de production donné, on peut avoir de nombreuses combinaisons importance-fréquence du lot. C'est ainsi que la figure 4 montre quelques-unes des combinaisons qui peuvent permettre d'atteindre une production de 1 200 pièces par an. La combinaison limite où l'importance du lot est d'une seule pièce est connue sous le nom de « fabrication continue ». Ce n'est généralement possible que dans un système où l'écoulement est linéaire.

Importance du lot	Fréquence du lot (par an)		Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	June	July	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.
a	1200	1 p.a.	1200											
b	600	2 p.a.	600					600						
c	300	4 p.a.	300			300		300			300			
d	100	12 p.a.	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
e	50	24 p.a.	50	50 50	50 50	50 50	50 50	50 50	50 50	50 50	50 50	50 50	50 50	50
f	1	1200 p.a.	1	.....										

Figure 4 : Combinaisons possibles fréquence-importance du lot pour réaliser une production donnée (dans tous ces exemples le niveau de production est de 1200 unités par an)

**2.3.2 Autre cas**

On a retenu comme cas général celui où la circulation est constituée par un nombre de pièces et où toutes les pièces d'un lot sont terminées à chaque opération avant que l'on commence l'opération suivante. On peut montrer que cette idée de circulation par lot est une conception générale que l'on peut utiliser pour tous les types de circulation.

Par exemple, si les matières sont des liquides, des gaz ou des agrégats de particules dissemblables, ou encore de long filaments continus tels que du tréfilé ou du feuillard, la pièce est une unité impropre. Un changement d'unité ne détruit pas la validité du concept de la circulation par lots, même si les unités sont réunies les unes aux autres.

En outre, s'il y a des stocks de sécurité entre les opérations et que le transfert net entre opérations est de « q » unités de matière, l'importance du lot est également de « q », de quelque manière que le transfert s'effectue. Il en est encore de même si on ne touche pas au stock de sécurité, ou si les pièces terminées en une seule opération vont rejoindre le stock de sécurité, que les pièces nécessaires à l'exécution de l'opération suivante soient choisies au

hasard dans la pile ainsi constituée, ou que le stock de sécurité forme une file d'attente ordonnée.

Un « ordonnancement serré », dans lequel les opérations suivantes sont commencées avant que les opérations précédentes soient achevées, a une influence réelle sur l'importance du lot. Dans le cas limite où chaque opération serait commencée dès qu'une unité de matière serait achevée à l'opération précédente, l'importance du lot serait de « un ».

### 2.3.3 Phase

Le troisième « paramètre » ayant une influence sur les caractéristiques de circulation des matières est la « phase ». Si l'on considère la façon dont les lots des différents composants sont « lancés » dans le système de circulation, on peut montrer qu'il y a deux types-limites de circulation, le type « une seule phase, un seul cycle », et le type « plusieurs phases, plusieurs cycles ». On en trouve un exemple sur la figure 5.

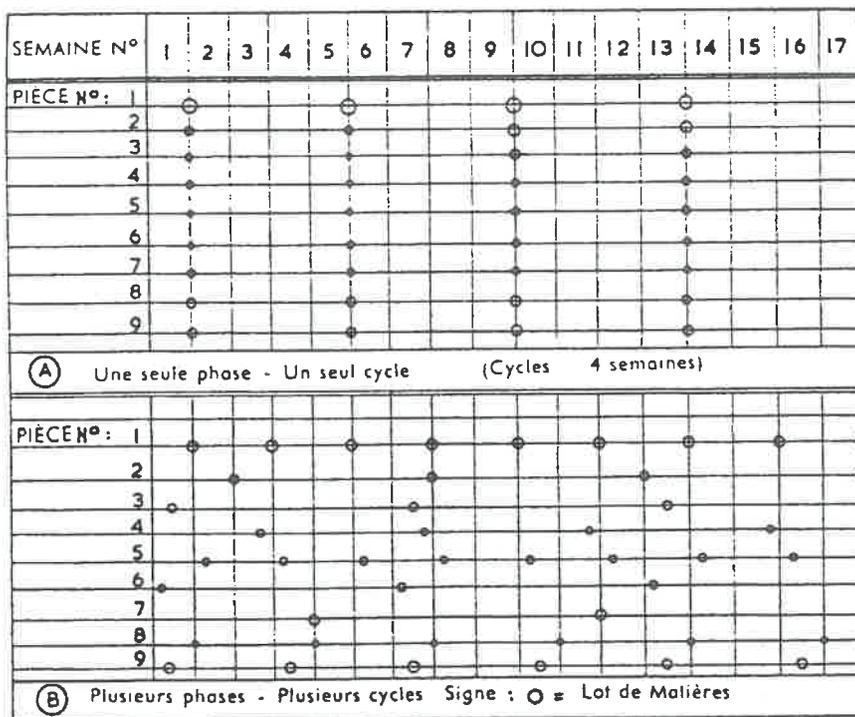


Figure 5 : Types de circulation de phase différente

Le type de circulation comprenant une seule phase est celui dans lequel toutes les pièces nécessaires pour une période donnée sont commandées en même temps afin qu'elles soient terminées à une même date donnée. C'est le type de circulation associé aux systèmes d'ordonnancement de la production tels que « Period Batch Control » (ordonnancement par lançements périodiques), « Standard Batch Control » (ordonnancement par lots standard), « Base Stock Control » (ordonnancement par stock de base) et à la « production en ligne ».

Le type de circulation à plusieurs phases est celui dans lequel on affecte à chaque pièce une importance de lot, une date de commande et une date de livraison. C'est le type de circulation associé au « Batch Quantity Analysis » (ordonnancement par quantités économiques) et à des systèmes de régulation de la production tels que le « Stock Control ».

(contrôle des stocks) et le « Component Batch Scheduling » (ordonnancement basé sur les ensembles).

### 2.3.4 Stock

Tous les systèmes de production engendrent un stockage. Il est impossible de fabriquer sans matières premières et le stock n'est qu'une mesure de la quantité de matières premières existant dans le système. Trois causes principales sont à l'origine des stocks dans une unité de production. Ce sont : le manque d'équilibre entre entrées et sorties, la politique de sécurité et les caractéristiques de la circulation des matières.

#### 2.3.4.1 *Stock provenant d'un équilibrage insuffisant*

En n'importe quel point du système de circulation, un déséquilibre quelconque entre les entrées et les sorties changera le niveau du stock. En pratique, l'organisation d'une unité de production isolée devrait au moins permettre de régulariser la circulation des matières afin que ce type de stock ne soit rencontré qu'en fin de système. Sa valeur dépend de la relation entre le temps total d'exécution et le délai de livraison du produit fini, ainsi que de la variabilité de la demande et de possibilité que l'on a de la prévoir.

#### 2.3.4.2 *Stock provenant d'une politique de sécurité*

On peut prévoir des stocks de sécurité en tous les points du système de circulation pour se prémunir contre le risque d'arrêt d'un atelier, de défaut d'approvisionnement ou d'une variation imprévisible de la demande. Le montant du stock nécessaire pour pallier l'interruption du circuit dépend en partie de l'efficacité des services d'entretien, d'achat et de fabrication, et en grande partie des caractéristiques de la circulation des matières, dans la mesure où elles affectent la vitesse des matières.

#### 2.3.4.3 *Stock provenant des caractéristiques de la circulation des matières*

Les caractéristiques de la circulation des matières, en particulier l'importance du lot, sont les facteurs les plus significatifs qui contrôlent le niveau du stock. Soit une matière première provenant d'un magasin de matières premières et emmagasinée au taux constant de 1200 tonnes par an. Si elle est fournie en deux lots de 600 tonnes par an, le stock moyen sera de 300 tonnes ; si elle est fournie en 24 lots de 50 tonnes, le stock moyen sera de 25 tonnes au lieu de 300. Il est bien plus facile de montrer l'effet des caractéristiques de la circulation des matières sur le stock en se plaçant sur un plan budgétaire, et c'est à cette étude que nous allons procéder maintenant.

## 3. Les problèmes économiques de la circulation des matières

### 3.1 *La valeur du stock*

Les variations de la valeur d'un lot de matières en fonction du temps peuvent être illustrées au moyen d'une « courbe de stock ». On trouve une telle courbe sur la figure 6 qui montre les variations de la valeur du stock pendant la vie d'un lot. La hauteur du plateau sur lequel le graphique repose représente le stock de sécurité et le reste du graphique montre l'évolution du stock en fonction des caractéristiques de la circulation des matières.

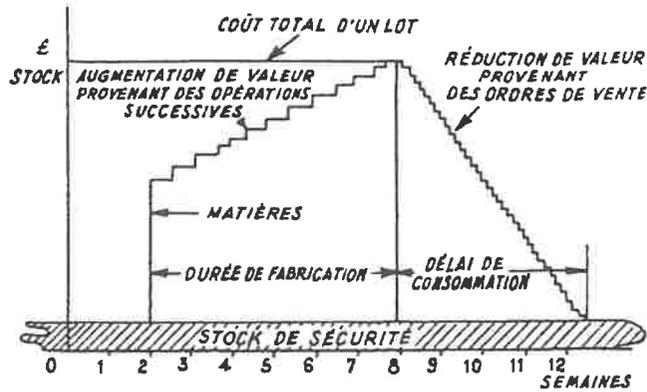


Figure 6 : Graphique de stock d'un lot isolé

On suppose que l'importance du lot de matières (premières) reçues du fournisseur est la même que celle utilisée en cours de fabrication. Cela simplifie l'exemple choisi sans que sa généralité en soit réduite. En utilisant le coût total (coût réel) pour l'évaluation, on obtient comme valeur de stock sa valeur « d'immobilisation ».

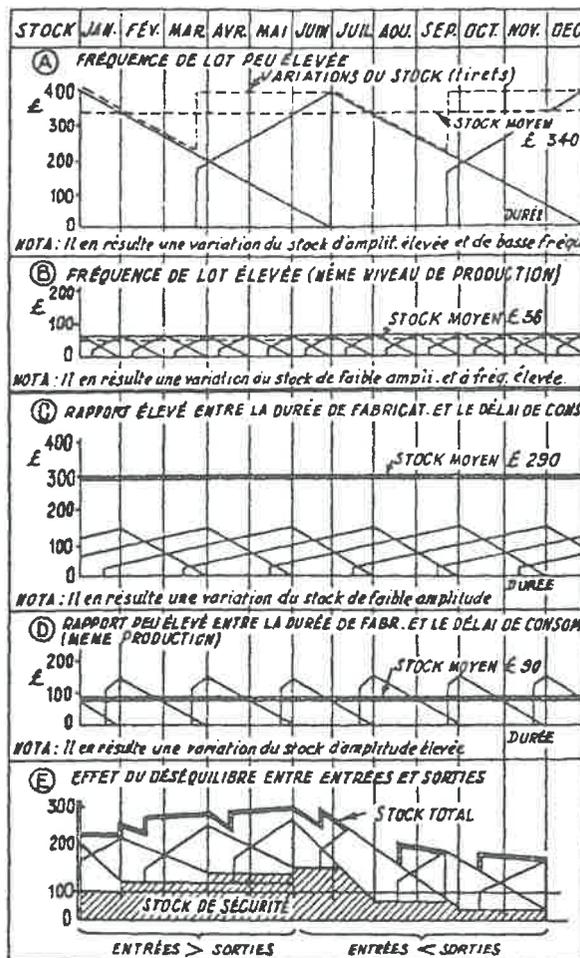


Figure 7 : Stock de pièces. Effet de la fréquence du lot de la forme du graphique de stock et de l'équilibre entre les entrées et sorties.

Si on dispose à la suite un grand nombre de courbes afin de représenter la production continue d'une pièce donnée, on trouvera que le stock moyen est fonction de l'importance du lot, de la fréquence du lot et de la forme des courbes pour un lot isolé (cf. figure 7). On remarquera aussi que ces mêmes facteurs déterminent l'amplitude des variations autour de la moyenne. Les systèmes comportant une fréquence de lots élevée conduisent à des variations de stock d'amplitude plus faible que ceux comportant des lots importants de faible fréquence. Les courbes pour un lot isolé, dans lesquelles le rapport de la durée de fabrication à la durée de consommation est faible (cas typique) donnent naissance à des variations de stock à amplitude plus élevée que lorsque ce même rapport est faible. Le graphique « E » de la figure 7 montre l'effet sur le stock du déséquilibre entre entrées et sorties. Il y a une circulation équilibrée lorsque la période de consommation d'un lot commence lorsque celle du lot précédent se termine.

Si les courbes de stock pour toutes les pièces différentes empruntant un même système de circulation sont maintenant combinées afin de trouver le stock total engendré par un taux de circulation donné, on trouvera que les caractéristiques de variation sont déterminées en partie par l'amplitude, la fréquence et la symétrie de chacune des courbes de stock et en partie par les relations de phase. La figure 8 montre l'effet de la phase sur le stock total. Les systèmes à plusieurs phases tendent à engendrer des variations du stock total imprévisibles et irrégulières. En effet la coïncidence ou l'étalement des échéances des livraisons des lots se traduisent dans la courbe des stocks par des sommets ou des dépressions. Ils tendent aussi à créer des stocks plus élevés que les systèmes à une seule phase. Cela provient en partie de ce qu'ils conduisent à un vieillissement du stock et à un manque d'équilibrage de sa composition, et en partie de ce que l'on peut ordonnancer la circulation à une seule phase pour des fréquences de lots bien supérieures.

Les types de variations que nous avons décrits ci-dessus se produisent même lorsqu'il y a un taux de production constant. Si l'importance et/ou la fréquence des lots sont adaptées à une demande fluctuante, la variation du stock sera encore amplifiée comme le montre la figure 8.

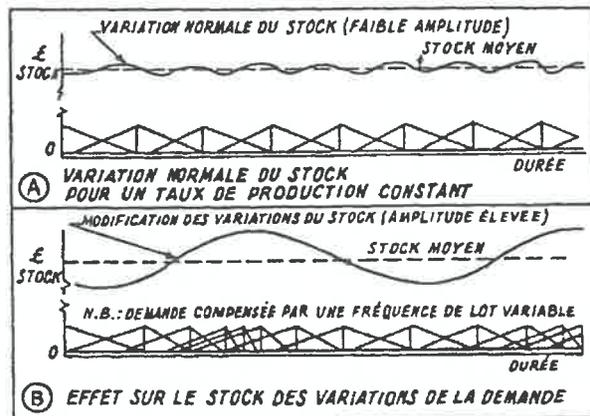


Figure 8 : Effet de la variation de la demande sur les oscillations régulières du stock

On peut utiliser ce type de « modèle » pour représenter la variation du stock dans n'importe quel type de production, qu'il s'agisse de fabrication ou de distribution. On peut, à l'aide d'un ordinateur, simuler les effets de différents types de changement et tester ainsi leur effet sur le stock et les immobilisations dans la production.

### 3.2 L'immobilisation du capital

On peut aussi utiliser les courbes de stock pour montrer les variations de capital immobilisé imposées par des lots isolés, variations qui reflètent la circulation de l'argent dans l'affaire plutôt que les changements de valeur du stock physique. On trouve sur la figure 9 un graphique d'immobilisation du capital et un exemple de l'effet de crédit. Ces graphiques peuvent être utilisés exactement de la même façon que les courbes de stock afin de simuler les effets des différents types de circulation des matières sur le capital d'une entreprise.

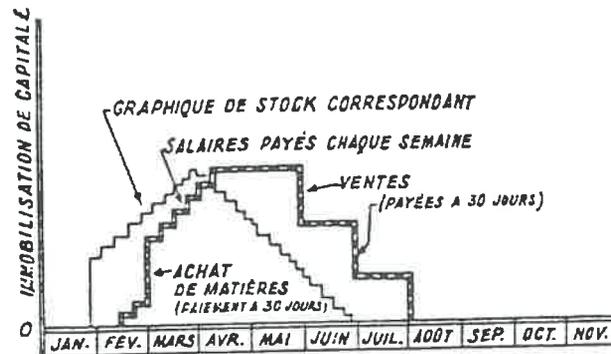


Figure 9 : Graphique d'immobilisation du capital

### 3.3 Le coût

La forme des courbes de stock pour un lot isolé dépend du prix de revient du lot, de la durée de fabrication et de la durée de consommation. Il faut maintenant étudier le lien entre les valeurs choisies pour caractériser le système de circulation, à savoir : importance des lots, fréquence et phase, et les changements qui en résultent dans les courbes de stock. Dans un système complexe de milliers de variables liées les unes aux autres comme dans la production, il est impossible de déduire les relations quantitatives exactes qui lient les changements individuels des paramètres de la circulation des matières à la circulation monétaire. De telles tentatives ne peuvent être que pseudo-scientifiques car on ne peut ni isoler ni vérifier les sous-systèmes. On dispose cependant d'une mine d'expériences pratiques, ou du bon sens pour en tirer les principes gouvernant le sens d'évolution des variables économiques (coût, investissement, rémunération du capital, profit, etc.) qui peut être causé par un sens donné dans le changement de la valeur des paramètres. Nous n'étudierons ici que le sens de cette évolution.

Trois des facteurs principaux qui influent sur le prix de revient sont la conception, la préparation et l'implantation. Ce sont les mêmes facteurs qui contrôlent le type de circulation du système. C'est une expérience bien connue en fabrication que les améliorations du système de circulation, c'est-à-dire la réduction de la complexité, tendent à réduire les coûts. Les raisons de cette diminution des coûts de manutention, de gestion et d'emménagement qui résultent d'un meilleur circuit, sont évidentes. On peut « induire » de l'expérience que les décisions en matière de conception, de préparation et d'implantation qui tendent à contribuer à une amélioration dans le système de circulation, contribueront aussi à une réduction du coût total. Il se peut que les décisions qui engendrent une bonne circulation accroissent le coût de la main-d'oeuvre directe ou d'autres éléments du coût total dans certains cas particuliers ; nous avançons cependant que *les meilleures décisions qui se situent dans les limites imposées par une bonne circulation tendront à produire des coûts totaux inférieurs à ceux obtenus par les meilleures décisions prises sans tenir compte de ces limites.*

Etudions maintenant les changements dans le coût du lot provenant des variations de l'importance, de la fréquence et de la phase du lot ; il y a deux types principaux de changement : le « changement direct » et le « changement potentiel ». Les changements directs sont ceux induits automatiquement par les relations entre les variables du système en vigueur. Les changements potentiels sont ceux qui sont rendus possibles par une variation de paramètre mais qui peuvent seulement être réalisés par l'action d'un responsable qui change le système. Les économies provenant des changements potentiels sont celles que l'on perdrait en vertu de la loi de Parkison si on n'agissait pas directement pour réaliser ces changements potentiels.

La figure 10 illustre les changements « directs » en fonction des variations de l'importance du lot, de la fréquence du lot, du niveau de la production et de la phase.

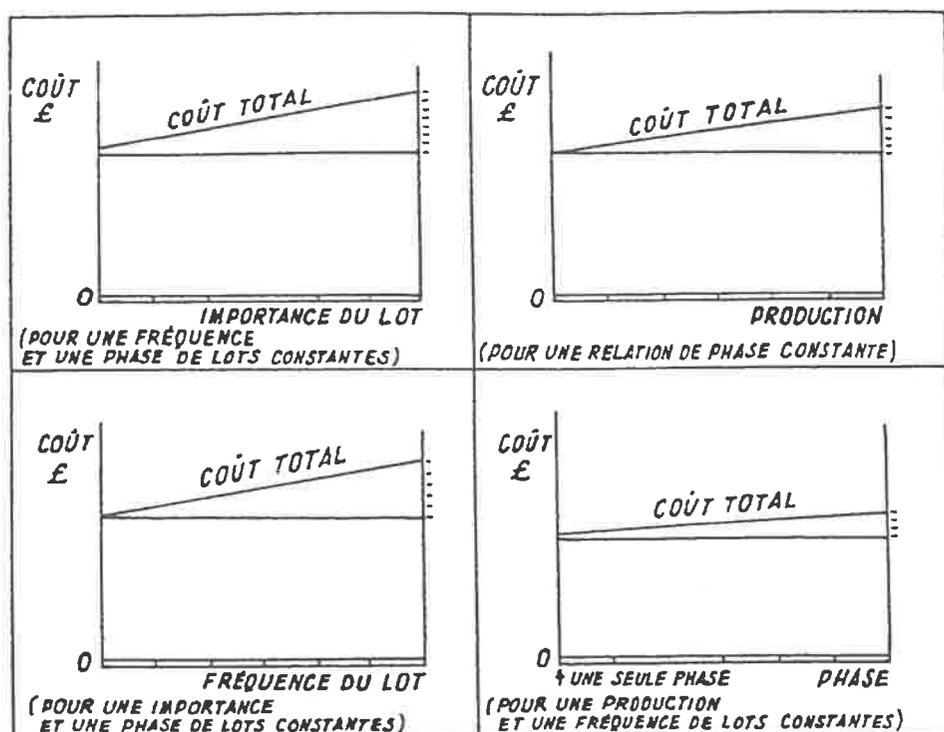


Figure 10 : Changements « directs » dans le coût, provenant des variations des paramètres de circulation

Dans tous ces cas, il y a une large proportion de coûts fixes et une plus petite proportion de coûts variables. Les éléments variables du coût total diffèrent cependant dans chaque cas. Les échelles d'importance du lot et de fréquence du lot étant étroitement liées, on peut montrer sur un seul graphique l'effet d'un changement combiné, pour un taux de production constant (cf. figure 11). On peut vérifier que la forme aplatie de cette courbe est typique en étudiant les comptes de l'entreprise et en analysant les effets de la variation du lot en importance et en fréquence sur les grands chapitres qui composent le coût ; on utilise pour cela la même technique que dans la préparation d'un graphique de rentabilité. Nous avançons que les variations de l'importance du lot, pour un taux de production constant, ont généralement un effet « direct » peu élevé sur le coût total, dans la plupart des plages possibles d'importance de lot.

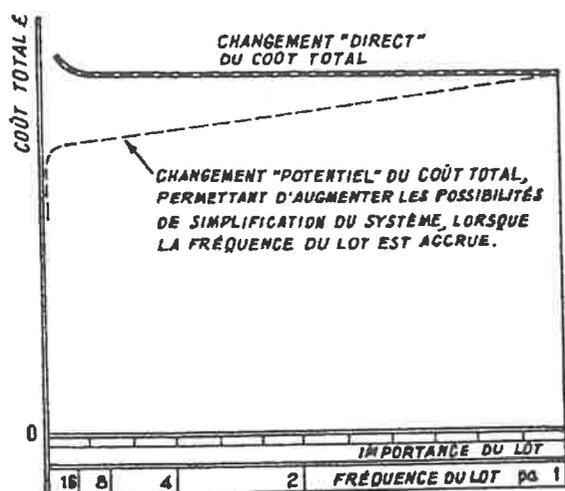


Figure 11 : Changements « directs » du coût, provenant de la variation de l'importance du lot pour un taux de production constant

Lorsqu'un système de circulation à une seule phase est utilisé, la diminution de coût affectant les changements de phase est due en partie à la simplification de la gestion de l'ordonnancement et en partie à la diminution du vieillissement du stock.

Les changements « potentiels » dus aux variations de l'importance, de la fréquence et de la phase du lot seront mieux illustrés par un exemple. La figure 12 montre le travail administratif nécessaire pour commander et contrôler la production d'un lot d'une seule pièce dans un atelier qui est implanté sur une base fonctionnelle et selon un système de lancement à phases multiples. Comme il n'y a pas de trajet fixe pour la circulation de toutes les pièces, et comme tous les composants ont des dates de lancement et de livraison différentes, tous ces papiers sont nécessaires. Il est possible dans un système de circulation en ligne d'utiliser un lancement à phase unique, pour contrôler l'ensemble de la circulation de toutes les pièces avec seulement un ou deux exemplaires d'un seul « bordereau de commande » par période. L'économie potentielle en main-d'oeuvre et en frais est énorme. Généralement, dans la situation actuelle de l'industrie et du commerce, les changements « potentiels » du coût provenant des variations des paramètres de circulation sont plus importants que les changements directs. Le coût de l'administration et du contrôle est bien moindre dans la production en ligne que dans n'importe quel autre type de circulation.

Il y a une relation étroite entre la phase et l'importance du lot. A la limite, lorsque tous les lots sont d'une unité, on en arrive automatiquement à une circulation à périodicité unique. Toute réduction de l'importance du lot diminue le déphasage. Si l'on étudie à la fois les changements « directs » et « potentiels » du coût amenés par une variation de l'importance du lot, on peut poser le principe selon lequel : l'effet global de réduction de l'importance des lots pour un taux de production constant est de diminuer le coût total.

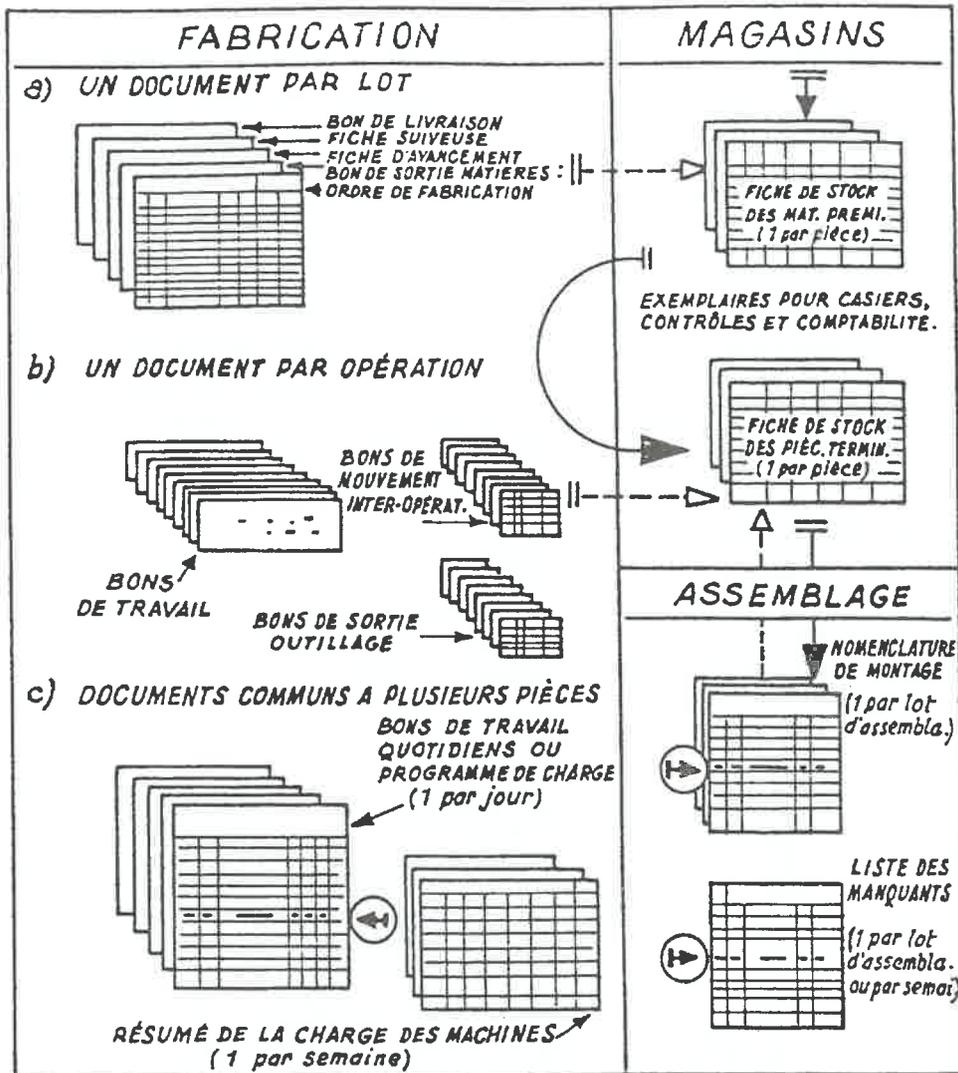


Figure 12 : Travail administratif nécessaire pour un lot d'une seule pièce, avec fréquence peu élevée, circulation à phase multiple et implantation fonctionnelle

### 3.4 Délai de fabrication et durée de consommation

Le délai de fabrication d'un lot peut être divisé en « temps d'attente », « temps de préparation » et « temps d'exécution ». Le « temps d'attente » est fonction du type de circulation, de la charge, de l'importance et de la fréquence du lot et de la méthode de production. Le « temps de préparation » est surtout fonction de la conception des machines et de l'outillage, mais est aussi influencé par le plan de charge et l'importance du lot. Le « temps d'exécution » est fonction de la méthode, de l'efficacité opératoire et de l'importance du lot. Le délai de fabrication du lot, somme de ces éléments composants très variables, comporte un certain élément fixe qui ne varie pas avec l'importance du lot, mais la valeur totale tend à décroître à chaque amélioration de la circulation et à chaque diminution de l'importance du lot.

En revanche, la durée de la consommation est surtout fonction de la demande.

### 3.5 Production et capacité

On peut représenter la production en un point quelconque du circuit par une série d'impulsions indiquant, chacune en fonction du temps, l'achèvement d'un lot. L'amplitude de ces impulsions peut être proportionnelle à la valeur des lots. La production peut alors être représentée par une courbe donnant la valeur totale de toutes les impulsions se produisant au cours de périodes de temps successives. Le type de cycle auquel on parvient est de nouveau fonction de l'importance du lot, de la fréquence et de la phase.

La production est limitée en partie par la capacité et en partie par la demande. La capacité est une mesure de la production maximale qui peut être réalisée. Elle est limitée par le montant de matières, main-d'oeuvre, matériel et capital disponibles, par l'équilibrage entre ces facteurs, par les méthodes et par l'efficacité de leur utilisation. En pratique et à cause de l'interdépendance des différentes parties du système, la capacité à un moment donné est généralement limitée par un goulot d'étranglement ou une restriction qui limite la fabrication en un point particulier du circuit.

La figure 13 montre les effets de la capacité-limite et des variations de la demande sur la production. Dans les conditions actuelles, une partie seulement de la capacité potentielle est utilisée avec profit.

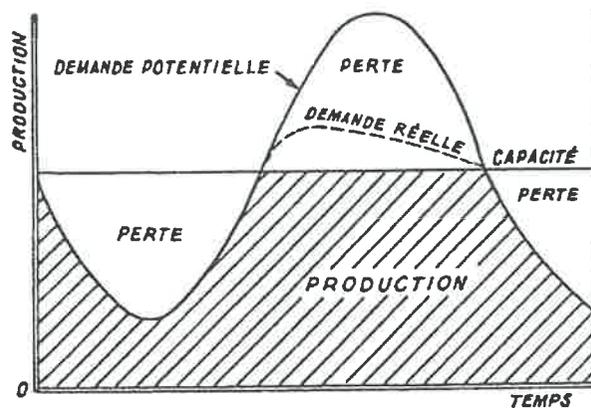


Figure 13 : Réduction de la production provenant des oscillations de la demande

### 3.6 Demande

La demande peut, elle aussi, être représentée par une série d'impulsions figurant les commandes reçues ou encore par une courbe représentant les valeurs totales de ces commandes dans une série d'intervalles de temps donnés. La demande à la fin du circuit, c'est-à-dire la demande du consommateur, est influencée par de nombreux facteurs tels que la température, les saisons, les congés exceptionnels, etc. Ce type de variation peut être appelé la « variation naturelle de la demande ».

Si l'on peut prévoir cette demande naturelle, on peut la satisfaire, comme l'indique la figure 14, soit en faisant correspondre à la variation de la demande une variation équivalente de la production, soit en maintenant la production constante et en utilisant le stock pour absorber les variations de la demande, soit encore par un compromis, une partie de la variation de la demande étant alors absorbée par le stock et en partie par la variation de la production. En d'autres termes, il devrait être possible de travailler avec une variation de la

production plus faible que la variation de la demande naturelle et de bénéficier des avantages d'une utilisation maximale de la capacité et d'un niveau d'emploi uniforme.

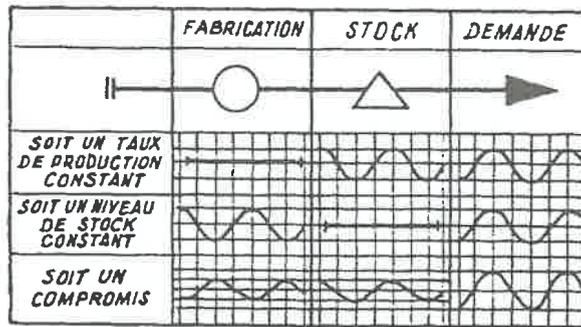


Figure 14 : Différentes manières de satisfaire les variations de la demande

Cette condition est très rarement remplie dans la pratique. Le cas typique est celui dans lequel la variation de la demande naturelle est amplifiée de façon considérable avant qu'elle atteigne l'unité de fabrication. A notre avis, cette amplification provient principalement d'une large utilisation du procédé dit « contrôle des stocks », ainsi que des faibles périodicités de lancement des lots et de la fréquence peu élevée des commandes intervenant dans ce système de réapprovisionnement.

Le plus grande partie de la circulation de la production dépend, de nos jours, du « contrôle des stocks ». L'écoulement continu est interrompu par des magasins à l'échelle de l'entreprise et très souvent à des échelons inférieurs. Les commandes sont lancées selon le niveau du stock dans chaque magasin. Un système de ce genre exagère toujours la variation de la demande, de telle sorte qu'une variation naturelle de  $\pm 5\%$  dans l'amplitude de la demande, après passage dans trois magasins (à savoir le détaillant, le distributeur et le magasin de l'usine), peut facilement être transformée en une variation de  $\pm 40\%$  dans la demande auprès de l'unité de fabrication. De nombreuses observations ont permis de connaître cet effet et les recherches entreprises au Massachusetts Institute of Technology sur la « dynamique industrielle » ont montré que c'est une évolution naturelle dans un système de ce type.

Nous pensons avoir illustré les raisons de cette amplification sur la figure 15. La demande transmise par chaque unité tend à varier en fonction inverse du niveau du stock. La variation naturelle du stock dans chaque unité est accrue par la variation de la demande qu'elle reçoit (voir figure 8). Chaque unité tend donc à transmettre une variation de demande plus élevée que celle qu'elle reçoit.

Dans les cas A et B, il y a une variation peu élevée du stock normal car la fréquence de circulation des lots est élevée. Dans les cas C et D, il y a une variation naturelle du stock importante en raison d'une fréquence peu élevée de circulation des lots. La variation normale du stock est amplifiée par la variation de la demande. Le cycle de demande transmis varie en raison inverse du cycle du stock. À remarquer dans C : un taux uniforme de demande naturelle peut conduire, après transmission, à une demande variable.

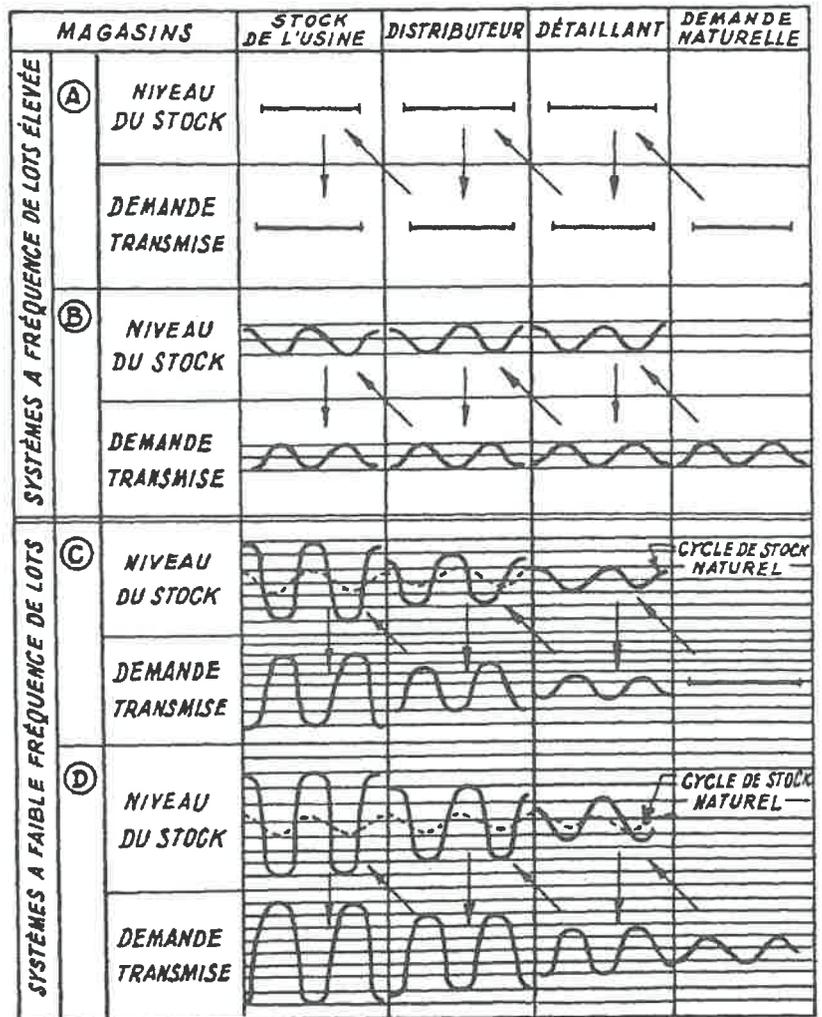


Figure 15 : L'amplification du cycle de la variation de la demande

Pour obtenir une amplification minimale du cycle de demande, il faut que la fréquence de fabrication des lots, aussi bien que la fréquence des commandes, soient maximales dans le système de circulation.

L'amplification est forcément importante lorsqu'il y a un système de contrôle des stocks, car, dans de tels systèmes, la circulation s'effectue selon des phases multiples et le système ne peut fonctionner qu'avec une fréquence de lots peu élevée. Lorsque la fréquence de lots est élevée, le délai de réapprovisionnement du lot tend à dépasser la durée de fabrication, ce qui rend impossible la fixation d'un « point de commande » ou d'un « niveau de nouvelle commande ». Les systèmes de contrôle des stocks entraînent donc des conditions qui amplifient au maximum le cycle de demande naturel.

On doit noter que les oscillations de la demande et les variations de stock ne sont jamais aussi régulières dans l'industrie que celles des Figures 14 et 15, et que les variations de la demande ne reflètent jamais la forme des oscillations de stock et leur durée d'une façon aussi précise. Ces diagrammes n'ont d'autre prétention que d'illustrer le mécanisme de variation.

### 3.7 *Le cycle commercial*

On a démontré que les variations cycliques de la demande à l'échelon de l'entreprise sont fonction des oscillations naturelles de la demande, du type de système de réapprovisionnement et de l'importance du lot, de la fréquence et de la phase intervenant à la fois dans la fabrication et la commande. C'est une extension logique des mêmes principes que de dire que la cause probable des cycles commerciaux nationaux et mondiaux est la nature cyclique des courbes de demande dans le circuit.

Les oscillations de la demande, engendrées aujourd'hui par la plupart des entreprises, ayant une amplitude élevée et différant de fréquence et de phase, il est inévitable qu'il y ait des cycles commerciaux nationaux et mondiaux et qu'elles ne puissent aboutir à rien de mieux que d'être l'occasion de « booms » ou de « dépressions » lorsque les sommets ou les creux des cycles de pièces sont en phase.

Bien qu'il y ait de nombreux autres facteurs qui affectent les cycles commerciaux, ils ne font que modifier les cycles inévitables produits par une circulation à fréquence de lot peu élevée. A notre avis, *l'amplitude du cycle commercial peut être réduite de façon substantielle si l'on diminue l'amplitude des oscillations de la demande au niveau de l'entreprise, en augmentant les fréquences de fabrication des lots et les fréquences des bons de commande utilisées dans la production.*

Il n'est pas étonnant que les efforts actuels pour contrôler le cycle commercial par des changements dans la politique budgétaire et les taxations soient infructueux. C'est inévitable car, indépendamment de la tendance à augmenter l'amplitude de la variation naturelle de la demande, de telles méthodes ne cherchent qu'à soigner les symptômes et non la maladie elle-même.

### 3.8 *Prévision et flexibilité*

On remarquera que les caractères de la demande future ne peuvent être prévus que dans la mesure où l'on connaît les paramètres déterminant la variation de la demande. A la limite, s'il n'y a pas de variation, la demande est entièrement prévisible. S'il y a variation, mais que celle-ci soit tout à fait régulière et qu'elle suive quelque cycle naturel fixe, tel que les saisons de l'année, il est de nouveau relativement simple de prévoir la demande future. Dans les conditions actuelles, la plupart des unités de production sont sujettes à des variations irrégulières de la demande et la précision de la prévision dépend principalement de la durée qu'elle couvre.

La « flexibilité » d'un système de circulation des matières, ou sa capacité à suivre les fluctuations de la demande, dépend de nouveau de l'importance du lot, de la période et de la phase. La figure 16 montre, par exemple, que si la périodicité du lot est de 2 par an, l'entreprise doit être prévenue en moyenne 7 mois à l'avance de toute variation de la demande, si elle veut changer le programme de production sans qu'il en résulte les pertes dues au vieillissement du stock ou à une immobilisation accrue du capital. Une augmentation de la périodicité du lot jusqu'à 12 par an ramène ce délai de préavis à un mois.

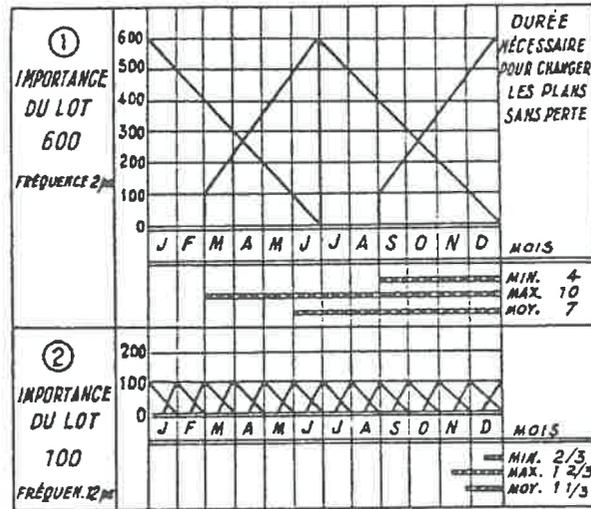


Figure 16 : Effet de l'importance du lot sur la flexibilité

Nous attendons aujourd'hui de nos directeurs des ventes des prédictions d'une miraculeuse précision. C'est à la fois impossible et inutile. Les entreprises qui travaillent avec une fréquence de lot élevée n'ont besoin que de programmes « fermes » et à court terme, et elles peuvent changer leurs plans rapidement sans vieillissement du stock et sans grandes variations dans l'immobilisation du capital. A la limite, lorsque l'on est dans la production en ligne et que l'on a affaire à des produits simples avec des délais d'exécution courts, il est souvent possible de réduire le programme ferme à un ou deux jours et de n'imputer à la production que les commandes fermes.

#### 4. L'optique actuelle

Nous avons maintenant démontré que l'adoption d'une circulation en ligne, à une seule phase et à périodicité élevée, peut réduire le stock et l'immobilisation de capital, diminuer la surface utilisée dans l'atelier, les frais administratifs et le coût total, simplifier et augmenter la flexibilité de la gestion et en fin de compte, accroître la capacité effective et la production en régularisant la variation de la demande.

Les caractéristiques les plus frappantes de la production aujourd'hui sont des immobilisations élevées de capital, des oscillations de la demande très irrégulières, une circulation des matières à fréquence de lot peu élevée et des contrôles bureaucratiques inflexibles conduisant à un envahissement de papiers. Il reste à étudier pourquoi la solution évidente de la production en ligne est si rarement utilisée lorsqu'il ne s'agit pas de production en grande série.

On peut en trouver les raisons dans certaines croyances profondément ancrées, qui constituent une partie de notre philosophie actuelle de la gestion de la production. Nous allons étudier brièvement ici cinq de ces croyances.

#### 4.1 *La croyance qu'une réduction du coût de la main-d'oeuvre directe diminue les frais généraux proportionnellement au taux d'imputation*

Cette croyance ne se rencontre jamais chez le comptable entraîné mais fréquemment chez d'autres cadres.

Soit une entreprise qui utilise un taux d'imputation de 200 % sur la main-d'oeuvre directe pour absorber ses frais généraux et déterminer les coûts totaux. Supposons que l'on ait pour une tâche donnée un coût de matières de 15 shillings, des frais de main-d'oeuvre de 10 shillings, des frais généraux de 1 livre sterling (200 % de 10 shillings) et donc un coût total de 2 livres sterling, 5 shillings. Si on ramène maintenant les frais de main-d'oeuvre à 5 shillings, le nouveau coût total sera de 1 livre sterling 10 shillings avec une économie apparente de 15 shillings. L'économie réelle, s'il n'y a pas de variation de la production, sera un peu supérieure à 5 shillings.

La raison en est évidente. L'économie apparente de 15 shillings vient des approximations utilisées pour la commodité de calcul des coûts. Il y a très peu de variation réelle des frais généraux provenant d'une variation dans le coût direct de la main-d'oeuvre.

L'inconvénient de cette croyance réside en ce qu'elle fait dévier presque tout l'effort de réduction des coûts dans l'industrie vers une diminution du coût de la main-d'oeuvre directe et qu'elle semble impliquer qu'il est inutile de se préoccuper des frais généraux puisqu'ils diminueront automatiquement si les frais directs sont abaissés. Elle empêche aussi la prise en considération de toute modification qui augmente les frais directs mais réduit le coût total en raison de son effet sur les frais généraux.

#### 4.2 *La croyance dans le contrôle des stocks*

Selon cette croyance, on peut obtenir une circulation satisfaisante des matières en divisant un réseau de circulation donné en segments séparés par des magasins. La circulation est alors maintenue en lançant des commandes en se basant sur une règle de renouvellement de commande basée sur les niveaux des stocks dans chacun de ces magasins.

Comme nous l'avons expliqué plus haut, un système de ce type amplifie forcément la variation de la demande, de telle sorte qu'une petite variation de la demande sera en fin de compte multipliée par huit ou davantage après le passage dans le troisième ou quatrième magasin. Le grand inconvénient de ce système est qu'il ne peut fonctionner que pour des quantités importantes et de faibles fréquences de lots, ce qui en diminue la souplesse et accroît de nouveau l'amplitude des cycles.

#### 4.3 *La croyance dans ce que l'on appelle le théorème du lot économique*

Ce théorème soutient qu'il y a une variation importante et significative du coût lorsque l'on fait varier l'importance du lot et que pour chaque composant produit, il y a une importance de lot donnée qui conduira au coût minimal. Les objections à ce théorème ont été exposées de long en large dans des articles antérieurs ; dans le résumé ci-dessous, nous donnons huit des raisons de sa fausseté :

1) En imposant différentes importances de lots pour différentes pièces, il impose lui-même une circulation à phases multiples, avec les coûts élevés dus au vieillissement, au stockage et à l'administration qu'elle implique. On peut obtenir une réduction substantielle

des coûts en adoptant un système de circulation à une seule phase. L'analyse de l'importance du lot permet seulement de trouver le coût minimal dans le système inefficace qu'elle a elle-même imposé. Elle ne permet pas de trouver le coût minimal absolu.

2) On peut aisément démontrer la fausseté de la croyance selon laquelle le coût varie considérablement avec la variation de l'importance du lot en procédant à une analyse détaillée des comptes de vente de l'entreprise. Une telle analyse conduit généralement à une courbe relativement aplatie sur la plus grande partie de l'intervalle de variation du lot. Si la variation totale n'est pas significative, il doit y avoir quelque chose qui ne va pas dans les modèles mathématiques utilisés, montrant une variation significative pour les pièces.

3) Le lot économique conduit toujours à un rendement du capital investi inférieur au rendement optimal. En raison de l'allure de la courbe, il doit être possible de trouver une importance de lot inférieure au lot économique, qui donnera un rendement plus élevé du capital. En suivant le même raisonnement, si on utilise tout au long le soi-disant lot économique, une grande partie du stock doit représenter un investissement à un taux marginal de rendement peu élevé, qui pourrait aisément être amélioré par un nouvel investissement.

4) Il s'agit là d'une politique d'investissement imprévoyante et ridicule. Elle fixe le montant du capital à investir dans le stock au moyen d'un grand nombre de calculs séparés, ce qui produit un total fortuit sans aucune référence au montant réel du capital disponible.

5) Un grand nombre des facteurs qui doivent être utilisés dans les « modèles » ne peuvent pas être mesurés économiquement ou sont intangibles et on ne sait pas exactement à quoi ils correspondent (par exemple le coût de stockage par pièce).

6) Cette politique considère les méthodes de fabrication comme une constante ; elle mesure, par exemple, le coût de préparation et traite cette valeur comme une constante dans le modèle. Elle ignore que, dans la pratique, on a la possibilité beaucoup plus profitable d'effectuer un investissement pour l'amélioration des méthodes et de l'outillage au lieu du stock, ce qui en général pourrait réduire le coût de préparation et les frais généraux.

7) Dans la production à grande échelle et à volume élevé (qu'il s'agisse de la fabrication ou de la distribution), la circulation en ligne et la maximalisation du taux de roulement du stock constituent une stratégie acceptée et fructueuse. Dans la production à faible volume, très différenciée, la politique de l'analyse de l'importance du lot retient la valeur à l'heure actuelle. Dans un système d'une unité aussi évidente que la production, il est invraisemblable que deux philosophies diamétralement opposées soient également valables.

8) Dans le système extrêmement compliqué de variables liées les unes aux autres que constitue la production, il est invraisemblable que n'importe quelle équation mathématique facilement résoluble, conçue par des déductions à partir de prémisses élémentaires, puisse constituer un « modèle » isomorphe avec le système. Même avec l'expression la plus compliquée, on ne peut qu'espérer donner une approximation grossière des relations à un moment dans le temps et avoir des valeurs des plus transitoires.

#### *4.4 La croyance dans la gestion par un grand nombre de spécialistes indépendants*

Dans la plupart des productions, les fonctions de gestion sont aujourd'hui réparties entre un grand nombre de spécialistes indépendants, avec une répartition traditionnelle entre

eux pour les variations de paramètres. En général, les spécialistes changent les valeurs de ces paramètres en ne considérant que leur propre domaine d'action. Comme toute variation de paramètre tend à affecter toutes les variables de la production, une telle modification ne fait que compliquer le système et réduire sa stabilité.

On pourrait effectuer une comparaison avec une voiture conçue de telle sorte qu'un homme manierait le volant, un autre l'accélérateur, un autre l'embrayage, un autre le changement de vitesse, etc.

La réussite dans la gestion dépend du choix d'une combinaison de valeurs de paramètres qui influenceront toutes les variables de production, ou la plupart d'entre elles, pour obtenir un changement dans la direction voulue. L'intégration est essentielle pour une gestion efficace car chaque variation de paramètre doit être étudiée en relation avec ses effets sur toutes les variables de la production. Le système actuel, non seulement réduit la stabilité, mais encore tend à multiplier les enregistrements et les autres tâches administratives et accroît ainsi sérieusement les frais généraux.

#### *4.5 La croyance que l'implantation en ligne ne peut pas être utilisée pour de petites séries*

On pense généralement que « l'implantation en ligne » n'est valable que pour la production en grande série. C'est un type d'erreur courant que l'on rencontre souvent dans les organisations bureaucratiques très compartimentées.

L'ingénieur des méthodes sait qu'une implantation en ligne est presque toujours techniquement réalisable, mais il croit qu'il y a une limite économique - le théorème des lots économiques - à son utilisation pour de petites séries. Le responsable financier, non technicien, sait probablement que les limitations économiques sont extrêmement suspectes, mais il croit qu'il y a quelque limitation technique à l'utilisation de l'implantation en ligne.

Entre les deux, le problème est rarement étudié.

## **5. La nouvelle optique**

### *5.1 Les buts et l'approche générale*

Les premiers buts de la nouvelle approche sont : la réduction des stocks et par là la libération de capital et d'espace pour une utilisation plus profitable ; la simplification du travail administratif et des actes de gestion, ce qui réduit les coûts et libère de la main-d'oeuvre pour des tâches plus créatrices et productives ; et l'accroissement de la capacité et de la production effectives en réduisant l'amplitude des variations de la demande.

Les principales méthodes prônées pour parvenir à ce résultat sont, dans l'ordre : premièrement, la création de systèmes de circulation en ligne, deuxièmement l'utilisation dans ces systèmes d'une circulation des matières avec une seule phase et une périodicité élevée, troisièmement la substitution d'un contrôle poussé de la fréquence de la demande au contrôle des stocks et quatrièmement la simplification des procédures administratives et de gestion.

## 5.2 *La création d'un système de circulation en ligne*

Considérons par exemple le cas compliqué et difficile d'une usine de mécanique générale fabriquant en petit volume une grande variété de produits, à l'aide de processus tels que le forgeage, la fonderie, l'usinage, le travail sur presse et l'assemblage.

Il est possible de classer en « familles » toutes les pièces fabriquées dans cette usine, de telle sorte que les pièces de chaque famille soient fabriquées au moyen d'opérations similaires, au cours de la même séquence et dans le même atelier. On peut beaucoup simplifier la classification : en réduisant la variété des matières premières et des pièces (simplification) ; en procédant à quelques nouvelles conceptions afin que les pièces hétéroclites rentrent dans la classification ; en ajustant la conception des procédés existants pour obtenir une séquence standard de fabrication ; et en révisant le choix des pièces achetées à l'extérieur pour supprimer les pièces hétéroclites et acheter des articles qui s'adapteront aux « familles ».

Il ne s'agit pas là d'une tentative pour enfoncer une cheville carrée dans un trou rond. Ce processus reflète seulement l'ordre normal des choses. Normalement, les pièces doivent se classer à peu près en « familles » qui peuvent être fabriquées par les mêmes éléments de l'usine, et la séquence des opérations doit normalement suivre en gros le même modèle pour toutes les pièces de la famille.

## 5.3 *Implantation des ateliers*

Pour la circulation en ligne, l'atelier doit être implanté dans l'ordre dicté par le processus standard de chaque « famille ».

Un des problèmes est de réaliser un équilibre approximatif entre les capacités fournies pour chaque opération. On peut le réaliser en utilisant les méthodes qui ont fait leurs preuves dans la production en grande série ; par exemple en affectant plus de machines aux opérations longues qu'aux opérations courtes ; en doublant les lignes de telle sorte qu'un seul opérateur puisse effectuer deux ou trois opérations courtes ; ou en changeant les méthodes et en révisant la conception de l'outillage pour éliminer les goulots d'étranglement.

Une excuse que l'on invoque souvent lorsque l'on n'utilise pas la circulation en ligne pour de petites séries, est qu'il est très difficile de parvenir à un équilibrage parfait de la capacité d'un atelier. Cela est vrai. Mais il est également vrai qu'il est encore plus difficile de parvenir à un tel équilibrage avec une implantation par sections spécialisées. En pratique, la capacité du système de circulation en lignes de fabrication est généralement plus élevée que celle du système correspondant de circulation par sections spécialisées.

Le défaut potentiel dans la production est toujours accepté sur les lignes automatisées. On ne parvient à un équilibre réel qu'en dérégulant la plupart des machines de la chaîne. Pour certaines raisons, on n'accepte que rarement la même solution pour les chaînes non automatisées, bien qu'il soit généralement possible de parvenir à un équilibrage approximatif de la main-d'oeuvre. On oublie généralement que le « dérèglement » paie lui-même des dividendes, par exemple par une amélioration de la qualité et une réduction de l'entretien.

#### 5.4 *Outillage*

Chaque machine doit maintenant être équipée de montages et d'outils, de telle sorte que toutes les pièces de la famille puissent être fabriquées. Toutes les pièces d'une famille étant de forme similaire, il est généralement possible de concevoir un outillage ajustable que l'on peut utiliser pour de nombreuses pièces différentes. C'est la raison pour laquelle la quantité d'outillage et le coût de l'outillage sont généralement moindres dans le système de circulation en ligne que dans la production normale par lots avec une implantation par sections spécialisées.

#### 5.5 *Montage et réglage des outils*

On comprendra que si les machines qui figurent dans ces lignes peuvent être rééquipées en quelques secondes, plutôt qu'en quelques heures ou en quelques minutes comme c'est le cas actuellement, rien n'empêche de les utiliser lorsque la fréquence des lots est élevée. Si les temps de montage sont suffisamment courts, il n'y a pas de raison pour que les chaînes ne soient pas montées à nouveau 20 ou 30 fois par jour pour différentes pièces. Les lignes peuvent même être ordonnancées pour fabriquer « aujourd'hui » les pièces nécessaires pour l'assemblage de « demain » et être réinstallées de nouveau un prochain jour pour fabriquer l'assemblage exact des mêmes pièces nécessaires pour le jour suivant.

Il est extraordinairement facile de réduire les temps de montage. C'est un problème que l'on a très peu étudié. Comme l'industrie mécanique travaille généralement avec des lots de grande importance et que les frais de montage ne constituent donc qu'une petite partie du coût par pièce, il n'a pas semblé utile de s'efforcer de les réduire. Si on en fait l'effort, la durée de montage peut généralement être réduite à néant pour un coût relativement faible.

L'autorité en cette matière est un ingénieur italien, M. Patrignani, qui a réalisé des réductions spectaculaires dans les temps de montage pour l'usinage et le travail de la tôle. C'est ainsi qu'avec son équipement, il est possible de ramener à 15 secondes le montage sur une presse de 90 tonnes alors qu'il faut 30 à 40 minutes dans l'industrie ordinaire. Ce n'est pas critiquer Patrignani que de dire que sa solution est très simple. Il a seulement conçu une méthode simple pour le positionnement rapide et automatique d'outils sur les presses. Son véritable génie réside dans sa prise de conscience du problème. Une fois que l'on a réalisé cette nécessité, la solution n'est généralement qu'un exercice relativement simple de conception d'outillage.

#### 5.6 *Exemple d'application*

Nous avons choisi un exemple d'application dans une usine de mécanique générale fabriquant une grande variété de produits en petite quantité, car c'est un cas qui a déjà fait l'objet d'une heureuse application.

Un fabricant français de commutateurs spéciaux pour l'industrie électrique - l'Alstom Lecourbe à Paris - a converti une partie de ses ateliers à ce système en utilisant une approche similaire à celle décrite ci-dessus. Les résultats ont consisté en une réduction des stocks très importante égale à trois ou quatre fois la production du même atelier, une réduction dans le délai d'exécution des nouvelles commandes de trois mois à trois semaines, une réduction de 45 % dans la durée de fabrication par commande et une diminution des coûts d'outillage.

Un avantage supplémentaire, auquel on ne s'attendait pas, consista en une amélioration des relations humaines. Dans une communication faite au XI<sup>e</sup> Congrès International de l'Organisation Scientifique en 1957 à Paris, M. Mongon, directeur de la Société, a attribué cette amélioration au fait que les exécutants étaient plus près des produits que dans des opérations isolées.

Il est évident que ce type de fabrication est un des plus difficiles que l'on puisse choisir pour l'introduction de la production en ligne. Le fait que c'est possible rend vraisemblable que l'on puisse obtenir de meilleurs résultats dans des industries moins complexes.

### *5.7 Automatisation*

La limite d'utilisation de l'automatisation est la praticabilité de la ligne de production. Si de petites quantités de production de produits variés peuvent être traitées par la production en ligne, l'automatisation doit alors éventuellement être possible dans la même industrie.

On peut même en trouver des exemples aujourd'hui. Par exemple, une machine automatique multibroches à montage vertical, outillée de telle sorte qu'elle puisse usiner un grand nombre d'entretoises et de brides similaires, est vraiment une ligne automatisée, conçue pour traiter une « famille » spéciale de pièces.

Il n'y a pas de raison valable pour que l'automatisation ne soit pas utilisée pour de petites quantités de produits. Il n'y a pas de raison valable pour que l'on ne puisse pas avoir à la fois variété de produits et coût peu élevé.

### *5.8 Travaux administratifs*

L'adoption du circuit en ligne conduira sans conteste à une importante réduction dans la complexité et le coût des travaux administratifs.

La complexité de nos systèmes actuels est généralement un résultat direct de la circulation à plusieurs phases et à faible fréquence des lots. Les systèmes actuels compliqués de salaires avec prime individuelle, de prix de revient standard pour les pièces, de lancements en détail des pièces constitutives d'ensembles par l'ordonnancement central et autres, procèdent principalement d'un circuit compliqué. On peut utiliser des systèmes beaucoup plus simples et bien meilleur marché pour contrôler la production en ligne.

La simplification des travaux administratifs facilitera l'application des calculateurs et hâtera l'intégration et l'automatisation des travaux administratifs.

Avec l'utilisation plus large de la production en ligne, il devrait être possible de libérer une plus large proportion de la main-d'oeuvre maintenant occupée aux travaux administratifs, pour des tâches plus créatrices et plus productives.

### *5.9 L'oscillation de la demande*

L'introduction de la production en ligne dans des unités de production tendra d'elle-même à régulariser les variations de la demande dans l'industrie. Cependant, si l'on veut en tirer le bénéfice le plus grand possible, il est indispensable qu'à une circulation des matières à fréquence élevée soit assortie une fréquence élevée des commandes.

La demande finale, au niveau du consommateur, est généralement une demande à fréquence élevée relative à des articles isolés plutôt qu'à des lots. Toute réduction dans la fréquence de lancement des commandes par accumulation des lots importants tend à exagérer la variation de la demande.

Le système idéal pour obtenir une variation minimale de la demande serait un système dans lequel chaque vente effectuée à un client donnerait naissance à une commande équivalente lancée dans toutes les unités de production du système de circulation. Dans ces conditions, la variation naturelle de la demande se répète dans toutes les unités. Si l'on peut prévoir la demande naturelle moyenne, on peut utiliser le stock pour absorber tout ou partie de cette variation. Par exemple, dans un système fabricant-grossiste-détaillant, le fabricant pourrait produire au taux moyen nécessaire pour satisfaire la demande dont la variation naturelle pourrait être absorbée par les variations de stock à l'usine, chez les grossistes et le détaillant. Cette approche est impraticable avec le circuit actuel à faible fréquence de lots car la variation de la demande a, à la fois, une amplitude élevée et une faible fréquence (souvent plusieurs années). Il faudrait des stocks monumentaux pour absorber la variation et au cours de ces longues périodes la plus grande partie des stocks tomberait en désuétude.

L'organisation de systèmes de contrôle de la circulation de ce type serait relativement plus simple dans une industrie organisée verticalement. Elle nécessiterait un effort de coopération dans les nombreuses industries où l'organisation est horizontale.

### 5.10 *L'application de la nouvelle optique*

Nous avons décrit la solution finale de la « production en ligne ». On peut parvenir très rapidement à la plupart de ses avantages en en appliquant progressivement les principes.

C'est ainsi que la réalisation progressive du programme décrit ci-dessous permettrait son auto-financement, les changements étant compensés par la réduction progressive de l'immobilisation du capital :

- 1) ramener immédiatement l'importance des lots à une limite pouvant être contrôlée dans les systèmes existants ;
- 2) classer les pièces en « familles » ;
- 3) procéder à l'analyse des pièces en fonction de leur valeur productive et choisir le 8 à 12 % des pièces qui représentent la majorité de la valeur totale de production (dans l'industrie mécanique, 12 % des pièces représenteront souvent 75 % ou plus de la valeur totale) ;
- 4) diviser en groupes l'atelier selon « les familles » qui contiennent le plus grand nombre de pièces à valeur productive élevée ;
- 5) adopter un système simple de lancement à une seule phase, « Period Batch Control » (ordonnancement périodique ou par lots standard) pour ces groupes, et accroître la fréquence d'achat et de fabrication de ces lots jusqu'à un minimum de 12 à 13 lots par an ;
- 6) étudier la gamme de fabrication dans chaque groupe, étudier le problème de montage et concevoir une ou plusieurs « lignes » pour traiter toutes les pièces de chaque famille dans une seule ligne de production ;

7) répéter le processus pour les familles restantes ayant une valeur productive moins élevée et;

8) réaliser les économies possibles en éliminant les stockages du circuit productif dont on avait besoin auparavant en raison de la circulation à plusieurs phases ;

9) simplifier les travaux administratifs et intégrer la gestion ; éliminer les systèmes compliqués et coûteux nécessaires au contrôle d'un circuit à fréquence de lots peu élevée et à plusieurs phases ; les remplacer par les systèmes intégrés plus simples et de coût peu élevé convenant à la production en ligne ;

10) s'attaquer au problème de la demande, en adoptant des systèmes de contrôle de la circulation au lieu du contrôle des stocks ;

11) s'attaquer au problème des achats, en persuadant les fournisseurs d'adopter une fréquence élevée de fourniture des lots ;

12) adopter l'automatisation que ce soit pour la fabrication des pièces ou pour le traitement des données à l'aide d'un ordinateur.

## 6. Conclusion

Nos méthodes actuelles de contrôle de la circulation des matières conduisent à un gaspillage colossal de capital, de main-d'oeuvre indirecte et d'espace productif. A l'heure actuelle, une faible partie seulement de ces facteurs de production est employée à un travail productif utile.

La nouvelle approche est une philosophie destinée à ceux qui croient à l'inutilité de ce gaspillage et qui pensent que dans la production en ligne et sa dérivée, l'automatisation, il y a la possibilité d'un bond immédiat et sensationnel dans la production et les niveaux de vie mondiaux.

## 7. Bibliographie

1. BURBIDGE, J. L. « Standard Batch Control ». Macdonald and Evans, John Street London.
2. BURBIDGE, J. L. (1958), « A new approach to Production Control ». I. Prod. E. Journal, May
3. BURBIDGE, J. L. (1959), « Integrated Control ». The manager November
4. FORRESTER, JAY W. (1958), « Industrial Dynamics ». Harvard Business Review, July-August
5. BURBIDGE, J. L. (1960), « Are Our Stocks Really Necessary ? ». The Manager, December
6. Communication de M. Mongon au XI<sup>e</sup> Congrès International de l'Organisation Scientifique. Paris 24-28 juin 1957.
7. BESSIERE, M. P. (non daté), « Peut-on envisager l'application de moyens nouveaux pour abaisser les prix de revient dans les fabrications mécaniques ? ». Société des Ingénieurs d'Automobile, 6<sup>e</sup> Section technique, 39
8. BURBIDGE, J. L. (1959), « A New Approach to the Batch Quantity Decision ». Productivity Measurement Review. Paris, May