

**Ecole des Mines de Paris**

**SYSTEMES DE  
PRODUCTION ET DE  
LOGISTIQUE**

**Hugues MOLET**

En collaboration avec : **Eric BALLOT**  
**Julien DUTREUIL**  
**Frédéric FONTANE**

**Novembre 05**



## Sommaire

<b><u>Introduction : Perplexites et intuitions de M. Dubois, directeur industriel</u></b>	<b>8</b>
<b><u>CHAPITRE 1 : Les nouvelles données de la gestion industrielle : vers une complexification croissante</u></b>	<b>12</b>
<b><u>1.1 Évolution des problèmes de production</u></b>	<b>12</b>
<b><u>1.2 Quelques exemples significatifs de cette évolution : les nouveaux produits</u></b>	<b>13</b>
1.2.1 L'explosion de la diversité des produits	14
1.2.2 La complexification des produits	16
<b><u>1.3 Une nouvelle étape dans la complexification industrielle : le nouveau client</u></b>	<b>17</b>
1.3.1 La fixation et le respect des délais	18
1.3.2 La gestion de la Qualité	18
<b><u>1.4 Les autres facteurs de mutation des systèmes industriels</u></b>	<b>19</b>
1.4.1 Le développement des technologies de l'information et de la communication	19
1.4.2 L'émergence du modèle « japonais »	20
<b><u>1.5 L'intégration dans la chaîne logistique</u></b>	<b>23</b>
1.5.1 L'émergence continue de nouveaux producteurs	23
1.5.2 Le développement de la chaîne logistique	25
<b><u>1.6 Une remise en cause de la vision classique de la productivité industrielle</u></b>	<b>26</b>
1.6.1 Une difficile mise en œuvre des méthodes classiques d'aide à la décision	26
1.6.2 La recherche d'une intégration des fonctions de l'entreprise	27
<b><u>1.7 De la productivité industrielle actuelle</u></b>	<b>28</b>
<b><u>CHAPITRE 2 : L'approche du juste a temps : concepts et composantes</u></b>	<b>30</b>
<b><u>2.1 Les outils d'analyse de dysfonctionnements liés au JAT</u></b>	<b>36</b>
2.1.1 Le plus simple des outils d'analyse : le diagramme causes-effet ou diagramme d'Ishikawa	36
2.1.2 L'AMDEC (Analyse des Modes de Défaillances, de leurs Effets et de leur Criticité)	40
2.1.2.1 Documentation du système	40
2.1.2.2 Identification des priorités d'action	41
2.1.3 Le management de la qualité totale	43
2.1.3.1 Évolution des problèmes et des approches de la qualité	43
2.1.3.2 L'insuffisance du contrôle final	45
2.1.3.3 Les approches statistiques	46
2.1.3.4 Le six sigma	46
2.1.3.5 Les outils d'analyses et d'améliorations	47
2.1.3.6 La nécessité des procédures collectives	48
2.1.4 Le modèle TPM (Total Productive Maintenance)	49
2.1.4.1 La phase d'analyse	50
2.1.4.2 La phase d'améliorations et l'apport des 5S	53
2.1.5 Une quantité économique réduite au minimum : le SMED (Single Minute Exchange of Die)	55
2.1.6 Simplification des flux autour des processus	58
2.1.7 La technologie de groupe	60
<b><u>2.2 Approches kaizen ou re-engineering ?</u></b>	<b>62</b>

2.2.1	<a href="#">Le kaizen : une démarche lente, progressive et continue</a>	62
2.2.2	<a href="#">Le re-engineering : une stratégie de ruptures</a>	63
2.2.3	<a href="#">Des approches opposées ou complémentaires ?</a>	64
<b><u>CHAPITRE 3 : La planification industrielle : cohérence et intégration</u></b>		<b>65</b>
<b>3.1</b>	<b><u>Les différents niveaux de pilotage des flux</u></b>	<b>65</b>
3.1.1	<a href="#">La complexité des opérations</a>	65
3.1.2	<a href="#">Hiérarchisation des décisions</a>	65
<b>3.2</b>	<b><u>L'approche informatisée de la gestion de production : de la GPAO à l'ERP et à l'APS</u></b>	<b>67</b>
<b>3.3</b>	<b><u>La planification stratégique : le PIC (plan industriel et commercial)</u></b>	<b>68</b>
<b>3.4</b>	<b><u>Le plan directeur de production</u></b>	<b>68</b>
3.4.1	<a href="#">Constitution des besoins</a>	68
3.4.2	<a href="#">L'analyse de la faisabilité du plan directeur de production</a>	69
<b>3.5</b>	<b><u>La planification à court terme (Calcul des Besoins en composants)</u></b>	<b>71</b>
3.5.1	<a href="#">Le calcul des besoins</a>	71
3.5.2	<a href="#">Principe de la planification « au plus tard »</a>	74
3.5.3	<a href="#">Le calcul charges – capacités</a>	77
3.5.4	<a href="#">Quelques fonctionnalités supplémentaires de la GPAO</a>	79
3.5.4.1	<a href="#">Simulation de compatibilité avec d'autres ressources</a>	79
3.5.4.2	<a href="#">Calcul de prix de revient</a>	80
<b>3.6</b>	<b><u>Le pilotage des flux en temps réel : l'ordonnancement</u></b>	<b>80</b>
3.6.1	<a href="#">Présentation générale des problèmes d'ordonnancement</a>	80
3.6.2	<a href="#">Des résultats théoriques peu utilisables dans les situations réelles</a>	83
3.6.3	<a href="#">Le système Kanban ou la gestion des ordres de fabrication par des étiquettes</a>	86
3.6.3.1	<a href="#">Principes du Kanban</a>	86
3.6.3.2	<a href="#">La gestion des priorités</a>	88
3.6.3.3	<a href="#">Le calcul du nombre nécessaire de Kanbans</a>	90
3.6.4	<a href="#">L'approche de l'ordonnancement par les goulots d'étranglement</a>	95
3.6.4.1	<a href="#">Les principes de base de l'approche OPT</a>	95
3.6.4.2	<a href="#">La théorie des contraintes</a>	98
<b>3.7</b>	<b><u>Des précautions de mise en œuvre et de pilotage de la GPAO</u></b>	<b>99</b>
3.7.1	<a href="#">Le PDP : Définir un plan directeur de production efficace</a>	100
3.7.2	<a href="#">Les données dites statiques</a>	101
3.7.2.1	<a href="#">La définition de nomenclatures cohérentes avec la GPAO</a>	101
3.7.2.2	<a href="#">La définition des données techniques</a>	103
3.7.2.3	<a href="#">La maîtrise des perturbations</a>	104
3.7.2.4	<a href="#">La nécessité de structures d'informations adéquates</a>	104
3.7.3	<a href="#">La gestion standardisée de situations hétérogènes</a>	105
3.7.4	<a href="#">Une condition évidente souvent sous estimée : la nécessité d'informations fiables et exhaustives</a>	106
<b>3.8</b>	<b><u>GPAO et dynamique de progrès : le faux débat GPAO-JAT</u></b>	<b>107</b>
3.8.1	<a href="#">Une synergie à gérer</a>	107
3.8.2	<a href="#">La maîtrise des aléas de production</a>	108
3.8.3	<a href="#">La réduction de la complexité</a>	108
3.8.4	<a href="#">La simplification de gammes de production</a>	108

<b><u>CHAPITRE 4 :</u></b>	<b><u>Des approches classiques liées à toute activité industrielle ou de services</u></b>	<b>112</b>
<b><u>4.1</u></b>	<b><u>Présentation générale de ces approches</u></b>	<b>112</b>
<b><u>4.2</u></b>	<b><u>Une démarche générique universelle : le management de projet</u></b>	<b>112</b>
<b><u>4.3</u></b>	<b><u>La gestion de la maintenance</u></b>	<b>115</b>
4.3.1	Évolution de la prise en compte de l'activité maintenance	115
4.3.2	Le nouveau dialogue production-maintenance	116
4.3.3	Les nouveaux métiers liés à la maintenance	117
4.3.4	Les nouveaux outils de la maintenance industrielle	117
4.3.5	Les approches formalisées	118
4.3.6	La GMAO (Gestion de Maintenance Assistée par Ordinateur)	119
<b><u>4.4</u></b>	<b><u>L'Analyse de la Valeur</u></b>	<b>122</b>
4.4.1	Les concepts de la méthode	122
4.4.2	Les étapes de la méthode	123
4.4.3	Les apports de l'Analyse de la Valeur	124
<b><u>4.5</u></b>	<b><u>Les normes ISO 9000 de l'assurance qualité</u></b>	<b>125</b>
4.5.1	Définition et historique des normes de l' Assurance Qualité	125
4.5.2	La série des normes ISO 9000 Version 2000	126
4.5.3	Les 8 principes du management de la qualité	126
4.5.4	Présentation de la norme ISO 9001 Version 2000	127
4.5.5	La certification des systèmes de management de la qualité	130
<b><u>4.6</u></b>	<b><u>Les normes d'environnement ISO 14 001</u></b>	<b>131</b>
4.6.1	Le concept de base des normes ISO 14001 : le Système de Management Environnemental (SME)	132
4.6.2	Présentation de la norme ISO 14001	132
4.6.3	Quelques aspects plus détaillés de la norme ISO 14001	133
4.6.3.1	Le domaine d'application	133
4.6.3.2	La politique environnementale	133
4.6.3.3	La mise en œuvre du PDCA (Plan Do Check Act)	133
4.6.3.4	Contrôle de l' application de la norme	134
4.6.4	Certification ISO 14001 ou réglementation EMAS	134
<b><u>4.7</u></b>	<b><u>Une problématique incontournable : l'évaluation de performances</u></b>	<b>135</b>
4.7.1	De nouvelles approches d'évaluation	135
4.7.1.1	L'approche classique comptable	136
4.7.1.2	L' approche Activity Based Costing	136
4.7.1.3	L'approche des coûts et performances cachés	138
4.7.1.4	Le COQ (Coût d'Obtention de la Qualité)	138
4.7.1.5	Les coûts de non efficacité des équipements	138
4.7.1.6	La méthode de la valeur ajoutée directe (VAD)	139
4.7.1.7	La méthode ECOGRAI	139
4.7.2	Se comparer pour progresser : le Benchmarking	140
4.7.2.1	Une définition du Benchmarking	141
4.7.2.2	Les étapes du Benchmarking	141
4.7.2.3	Le Benchmarking aujourd'hui	143

<b><u>CHAPITRE 5 :</u></b>	<b><u>La gestion de la chaîne logistique ou le supply chain management</u></b>	<b>145</b>
<b><u>5.1</u></b>	<b><u>Les principes des chaînes logistiques</u></b>	<b>145</b>
<b><u>5.2</u></b>	<b><u>Les outils génériques liés à la gestion de tout maillon de la chaîne logistique</u></b>	<b>147</b>
5.2.1	Une problématique universelle : la gestion des stocks	148
5.2.1.1	Origine et nature des stocks dans un maillon de la chaîne logistique	148
5.2.1.2	Les politiques classiques de gestion des stocks	150
5.2.1.3	Un exemple de politique à quantité fixe	151
5.2.1.4	Un exemple de politique à quantité variable	154
5.2.1.5	Le dimensionnement des stocks de sécurité	155
5.2.2	La prévision de la demande et ses outils de gestion	158
5.2.2.1	De la nécessité des prévisions	158
5.2.2.2	Les composantes d'un historique	158
5.2.2.3	Les caractéristiques principales pour établir une prévision	161
5.2.2.4	Détection de la tendance	163
5.2.2.5	Traitement de la saisonnalité	163
5.2.2.6	Utilisation de la tendance et de la saisonnalité dans la prévision	164
5.2.2.7	Les méthodes classiques utilisées pour la réalisation de prévisions	166
5.2.2.8	La précision des prévisions commerciales	169
5.2.3	La simulation flux-stocks : un outil privilégié d'aide à la décision	170
<b><u>5.3</u></b>	<b><u>Les outils de gestion de la chaîne logistique dans sa globalité et de ses interfaces</u></b>	<b>173</b>
5.3.1	Un outil de planification de la distribution : le D.R.P. : Distribution Ressources Planning	174
5.3.2	Les outils de planification avancée : A.P.S. (Advanced Planning Systems)	177
5.3.2.1	Assurer ' l'optimisation ' de la chaîne logistique	178
5.3.2.2	Principes de l'optimisation	178
5.3.2.3	La détermination du plan directeur logistique	179
5.3.3	La démarche GPA (Gestion Partagée des Approvisionnements)	180
5.3.4	La démarche ECR (Efficient Customer Response)	183
5.3.5	Les systèmes d'informations	186
5.3.5.1	Les infrastructures et les standards d'échange de données	188
5.3.5.2	Un exemple de logiciel spécialisé : le W.M.S. Warehouse Management System	191
5.3.6	Les progiciels de gestion généralistes : les ERP (Entreprise Ressources Planning) ou les PGI (Progiciel de Gestion Intégrée)	192
5.3.6.1	L'approche par processus	193
5.3.6.2	Les processus d'un ERP	194
5.3.6.3	Un exemple de mise en place d'un ERP	197
5.3.6.4	Perspectives sur les ERP	198
<b><u>Conclusion : La nouvelle gestion industrielle et logistique : remettre sans cesse en cause les contraintes de l'existant</u></b>		<b>200</b>
<b><u>1.</u></b>	<b><u>Des constats tirés de ces trois dernières décennies</u></b>	<b>200</b>
1.1.	Le déclin des solutions miracles	202
1.2.	La recherche de cohérence globale dans le contexte industriel et logistique	203
1.2.1	L'adéquation entre l'outil et la typologie de production	203
1.2.2	Adéquation entre l'outil et les objectifs de gestion	204
1.2.3	Adéquation entre l'outil et le management industriel	205

---

1.2.4	<a href="#">La cohérence entre indicateurs de performances et innovations</a>	206
1.3	<a href="#">Besoin de re ingenieirie des fonctions en processus</a>	209
1.4	<a href="#">Concevoir l'entreprise de demain</a>	211
1.4.1	<a href="#">Les facteurs liés à l'environnement</a>	212
1.4.2	<a href="#">Evolution de l'éducation et de la formation dans la société civile</a>	212
<b>2.</b>	<b><a href="#">Quelques idées directrices pour l'entreprise de demain</a></b>	<b>215</b>
2.1	<a href="#">Les gâchis de l'amnésie industrielle</a>	215
2.2	<a href="#">La recherche de simplifications</a>	215
2.3	<a href="#">L'Expert et les expertises</a>	216
2.4	<a href="#">Le facteur clé de l'effet équipe</a>	216
2.5	<a href="#">La recherche de la qualité client et pas seulement celle du processus</a>	217
2.6	<a href="#">L'outil informatique puissant mais limité</a>	217
2.7	<a href="#">Le plus délicat problème : celui de l'implication des opérateurs</a>	219

## **INTRODUCTION : PERPLEXITES ET INTUITIONS DE M. DUBOIS, DIRECTEUR INDUSTRIEL**

M. Dubois est un industriel averti. Directeur de sa PMI, attaché à la maintenir toujours à un niveau élevé de compétitivité, il s'est toujours efforcé de ne céder ni sur ses performances techniques, ni sur les innovations gestionnaires, ni sur le niveau de service à sa clientèle.

Pourtant voilà plus de quinze ans qu'il se heurte à des difficultés croissantes qui l'éprouvent et le confrontent aujourd'hui à des choix nouveaux et bien difficiles. Il faut dire, en effet, que si durant cette période, sa production et ses marchés se sont bien développés, ce fut au prix d'une diversification très forte de ses produits et de ses clients ; pendant ce temps, les exigences de sa clientèle n'ont cessé de se faire plus nombreuses et plus précises. Qualité des produits, diversification de ceux-ci, réduction des délais, fiabilité des machines, personnalisation plus forte des commandes, diminution des temps improductifs, réduction des stocks, nouveaux circuits de distribution, nouveaux fournisseurs, analyses de productivité sont les soucis quotidiens de M. Dubois qui commence à se perdre dans le dédale des arbitrages entre objectifs contradictoires qu'il doit rendre selon les demandes de ses collaborateurs, de ses clients, de ses actionnaires et de ses fournisseurs.

M. Dubois sait qu'il n'est pas le seul à affronter de telles turbulences et qu'il ne manque ni méthodes, ni outils, ni approches, pour lui venir en aide ; tous les apports de ce que les spécialistes appellent « les Systèmes de Production et de Logistique » s'offrent à lui. M. Dubois les ignorerait-il ?

M. Dubois n'a cessé de se renseigner, de consulter des experts, de visiter les installations de ses collègues, d'assister à des séminaires et des congrès, de lire les derniers ouvrages à la mode, mais son embarras n'a fait qu'empirer. En particulier, lors d'un récent colloque sur la gestion industrielle, n'a-t-il pas entendu un consultant renommé critiquer la plupart des outils informatiques de gestion et ne faire l'apologie que de l'organisationnel, des organisations transversales, des ressources humaines, des réformes de structures et de hiérarchie ? En y réfléchissant, presque tous les thèmes du congrès avaient d'ailleurs traité cet aspect particulier de la gestion industrielle : les Ressources Humaines. Et pourtant, deux ans auparavant, ce même congrès ne parlait que de modèles de gestion du flux !

En ce qui concerne la maîtrise des flux des composants de ses produits, M. Dubois n'ignore aucun des principes de la méthode MRP (Manufacturing Resources Planning) ; leur rigueur, la logique des causalités définies par cette méthode, la cohérence des calculs l'ont d'ailleurs séduit, et parfois il se met à rêver à ce petit écran sur son bureau qui lui permettrait de dire à son client anxieux « ne vous préoccupez pas, votre commande est déjà au parachèvement et dans trois jours, elle sera chez vous ». Mais les rencontres et les visites qu'il a pu faire chez ses collègues industriels l'ont parfois un peu inquiété : de tels systèmes de GPAO (Gestion de Production Assistée par Ordinateur) sont-ils toujours très opportuns pour son entreprise ?

En effet, lorsqu'il entend vanter leur mérite, il ne peut s'empêcher de penser à tous les événements non prévus qui surviennent dans son atelier ou chez ses fournisseurs ; ne perturberaient-ils pas le bel enchaînement des calculs ? Ses doutes se sont accentués lorsqu'il a entendu parler des méthodes « juste à temps » dont les succès mirifiques attestés par les industriels japonais s'associaient à des pratiques et à des procédures beaucoup plus pragmatiques. ' Kanban ' , derrière ce mot magique et un peu mystérieux, il découvre un petit système d'étiquettes et une gestion très simple des moyens de fabrication qui, apparemment,

semble s'opposer à la rigueur et aux exigences de la GPAO, mais beaucoup d'ouvrages ne soulignent-ils pas justement leurs aspects complémentaires ?

Son intuition d'homme d'atelier qu'il fut jadis, le retient : le « coup de feu » permanent que vit son atelier se prête-t-il spontanément à la nouvelle discipline exigée par le « juste à temps ». On lui a enseigné que cette méthode s'accommodait mal d'une production trop perturbée par les variations des demandes commerciales, les rebuts de fabrication et les pannes de machines... Les pannes de machines, mais voilà justement l'un de ses problèmes majeurs : il a entendu dire que pour gérer la fiabilité et atteindre le « zéro panne », il suffisait d'identifier les principales causes de pannes qui perturbent commandes et plannings, de trouver les remèdes adéquats et de les mettre en œuvre. Il se souvient avoir mené un jour une action de ce type, mais il y a bien longtemps de cela... C'était à l'époque où il était à la fois le patron, le chef d'atelier et le premier régleur du petit atelier qu'il avait alors, mais depuis, il a créé un service entretien distinct de la fabrication, un service contrôle et un service qualité... Il faudrait mettre tous ces gens dans le coup ? Il ne voit vraiment pas comment, en cette période chargée, convaincre M. Lambert, responsable de production, d'arrêter ses machines pour faire de l'entretien préventif programmé et d'ailleurs sur quelles bases définir cet entretien programmé ?

A moins que les nouveaux systèmes qui sont préconisés aujourd'hui : AMDEC (Analyse des Modes de Défaillances, de leurs Effets et de leur Criticité), GMAO (Gestion de Maintenance Assistée par Ordinateur), MBF (Maintenance Basée sur la Fiabilité), TPM (Total Productive Maintenance) ne soient une solution. Il se promet de se renseigner dès la première occasion. Lors d'une conférence, il a aussi entendu parler d'une autre méthode OPT (Optimized Production Technology) et de celle du Management par les Contraintes. Malgré ce vocable quelque peu barbare, il se rappelle que les concepts sous-jacents étaient relativement simples : le but d'une entreprise étant de faire de l'argent, il faut pour cela identifier et gérer en priorité les contraintes qui limitent le produit des ventes de sa production. Dans son atelier, bon nombre de machines forment des goulots d'étranglement. Mais comment les gérer, c'est justement la source des incessants conflits qu'il est obligé de trancher entre l'agent du planning et le responsable de l'atelier devant le seul four de l'usine toujours saturé.

Tout ceci est bien compliqué, pense-t-il, et ce sera toujours la même chose avec la gestion industrielle ; ne serait-il pas plus simple, comme le préconisait le conférencier d'un colloque sur « l'automatisation de la production », d'aborder les problèmes par des approches purement techniques ? Une idée lui revient d'ailleurs à l'esprit : l'effort d'automatisation permet d'accroître la flexibilité de la production. Automatiser ? Il serait peut-être bien utile, ce petit robot qu'on lui a présenté récemment. Si on l'utilisait astucieusement, on pourrait alors décharger plusieurs compagnons d'un travail laborieux et ils pourraient alors se consacrer à diminuer les durées de changements d'outils sur d'autres machines... Mais M. Dubois se rappelle aussi que lorsqu'il avait acheté un tour à commande numérique, les choses n'avaient pas été aussi simples... Son Bureau des Méthodes, convaincu de la nécessité d'une telle innovation, avait peut-être un peu brûlé les étapes : la formation des opérateurs avait été un peu trop rapide et les évaluations économiques trop optimistes... La phase de mise au point avait été bien plus longue que prévue et les relations entre le Bureau des Méthodes et l'atelier ne s'étaient pas améliorées. Les résultats obtenus maintenant sont indiscutables mais tellement différents de ce qui avait été envisagé ! Le tour est en effet d'une efficacité certaine, mais il travaille sur des pièces autres que celles initialement prévues et surtout, il a fallu des dizaines d'heures de réunions pour retrouver un nouveau terrain d'entente entre les services concernés par cette nouvelle machine : même les responsables commerciaux ont dû prendre en compte les possibilités nouvelles offertes par ce nouveau tour et envisager de nouveaux créneaux. Lors d'une récente réunion interne, il a d'ailleurs été surpris d'apprendre que la nouvelle gamme de produits que ses commerciaux envisageaient de lancer nécessiterait pour leur

fabrication des aménagements techniques sur ce tour bien difficiles à mettre en œuvre aujourd'hui et encore plus difficiles à évaluer économiquement.

Bien que son comptable s'en défende, même les évaluations de coûts ou de rentabilité de ces futurs produits lui semblent discutables et sa récente lecture d'un ouvrage sur les nouveaux concepts de la comptabilité par activités l'a convaincu que ceux-ci sembleraient plus appropriés à ses besoins actuels, mais son comptable et les employés seraient-ils capables d'une telle évolution ?

Bref... M. Dubois est convaincu que ces nouveaux outils doivent être finalement rentables, mais seulement à travers un itinéraire complexe et opiniâtre où tout ne peut être calculé et prévu à l'avance et dans lequel il serait bien naïf de penser que l'insertion d'une nouvelle innovation se fera « toutes choses égales par ailleurs ».

Sa perplexité n'a fait que s'accroître lorsqu'il a pris connaissance des actes d'un récent congrès international sur la gestion industrielle : cette fois, il était question de nouveaux logiciels : ERP ( Entreprise Ressources Planning), APS (Advanced Planning Systems) et surtout de la nécessité de concevoir la productivité non plus au niveau de son usine mais en prenant en compte la totalité de ses flux depuis les approvisionnements auprès de ses fournisseurs jusqu'à la livraison finale dans les locaux de ses clients. Il en ressortait que toute vision partielle de la productivité étant dépassée, il était nécessaire aujourd'hui d'avoir une vision globale et intégrée pour se rapprocher d'un optimum global de productivité. Il se rappelle que les concepts véhiculés à partir de ces nouveaux sigles n'étaient pas très compliqués mais que leur mise en place lui semblait complètement incompatible avec les ressources dont il dispose actuellement.

Et pourtant, les questions posées lui semblaient très pertinentes : il est vrai qu'il se sent sans cesse confronté à des problèmes d'incompatibilité entre les charges et les capacités internes et externes à son usine et que récemment la question de la création d'un entrepôt décentralisé a été évoquée par ses commerciaux sans que l'on puisse finalement trancher sur le bien fondé de cette proposition : quels outils d'échanges d'informations faudrait-il mettre avec l'usine, où placer cet entrepôt, faudrait-il le gérer par nos moyens propres, quelle en serait la rentabilité potentielle ? L'un de ses commerciaux a même été jusqu'à envisager de délocaliser une partie de la production de l'usine en Chine !

L'industriel Dubois se sent déjà si accablé et si déphasé qu'il se demande s'il ne devrait prochainement laisser sa place à un jeune manager plus compétent ?

Les difficultés, les intuitions et les expériences de l'industriel Dubois ne sont pas spécifiques à son entreprise ; elles se retrouvent sous une forme comparable dans la quasi-totalité des situations industrielles, quels qu'en soient la taille et le secteur d'activités.

Quelles sont les raisons pour lesquelles ces problèmes ont émergé de l'atelier pour être aujourd'hui au cœur des préoccupations de tous les industriels et faire l'objet de conférences, colloques, ouvrages ? Pourquoi les nouvelles approches de la gestion industrielle prises dans leur ensemble : production et logistique, proposées par les experts depuis plus de quinze ans rencontrent-elles des obstacles lors de leur implantation ? Pourquoi des idées simples et souvent de bon sens mettent-elles souvent aussi longtemps à pénétrer dans les entreprises ? Pourquoi les problèmes d'insertion des nouveaux outils ou des nouvelles innovations gestionnaires, logicielles ou technologiques sont-ils de nature nouvelle ? Quels sont les outils et les approches les plus appropriés à l'efficacité industrielle ?

Les réponses à ces questions sont nombreuses et parfois complexes. Trois raisons majeures peuvent être apportées :

- la première tient aux modifications du contexte économique dans lequel s'effectue la production : tout concourt aujourd'hui à compliquer la production et la logistique industrielles ;
- la seconde raison concerne la nature même des nouvelles approches liées à l'informatique ou à l'automatique ; elles en acquièrent la rigueur, mais aussi la rigidité ; or cette rigidité s'accommode mal des aléas de toute nature inhérente au monde de la production et de la logistique et au souci de responsabilisation des acteurs de l'entreprise ;
- la troisième raison est liée aux mutations nécessaires du contexte organisationnel dans lequel s'effectuent désormais les opérations de la production et de la logistique. Celles-ci sont également devenues très compliquées : elles font intervenir des relations nouvelles entre Bureau d'Études, de Méthodes, Services de contrôle et de Maintenance, Directions commerciale et financière, fournisseurs, prestataires logistiques, société civile,...dont les objectifs sont souvent contradictoires. De telles relations assez simples à gérer dans une structure stable de production traditionnelle nécessitent aujourd'hui une véritable mutation dans les systèmes et les comportements, mutation dont les composantes ne sont pas toujours faciles à appréhender et dont l'évaluation économique est plus que problématique.

Ces thèmes constitueront le plan de cet ouvrage. Nous présenterons d'abord les caractéristiques du nouvel environnement économique qui a conduit à une complexification de la gestion industrielle et logistique. La présentation des principaux outils, approches et méthodes actuelles de la gestion industrielle qui ont pour objectifs de répondre aux problèmes ainsi créés, constituera la seconde partie. Une troisième partie sera centrée sur une problématique importante et universelle : les outils de planification des flux ; quittant le domaine de la seule production, nous aborderons alors approches et outils liés à l'ensemble de la chaîne logistique pour terminer par la présentation d'outils plus particulièrement dédiés à la gestion des maillons de cette chaîne et à leurs interfaces. Enfin, en conclusion, nous présenterons quelques enseignements généraux tirés de notre expérience de trente ans d'études des systèmes industriels et nous esquisserons quelques orientations possibles des systèmes de production et de logistique de demain.

Présentation d'outils de gestion de production et de logistique, analyses de leurs apports, de leurs limites mais surtout de leurs conditions d'application, tels sont les objectifs proposés par cet ouvrage qui s'appuiera sur de nombreux exemples vécus.

## CHAPITRE 1 : LES NOUVELLES DONNEES DE LA GESTION INDUSTRIELLE : VERS UNE COMPLEXIFICATION CROISSANTE

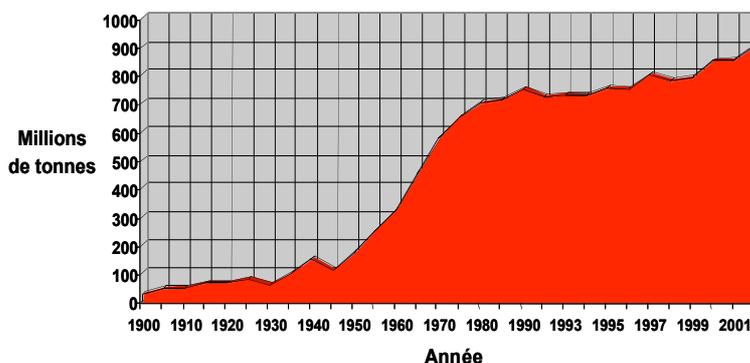
La gestion industrielle est un domaine industriel et universitaire lié à l'amélioration de la performance industrielle.

Cette définition générale a pris des formes différentes suivant les époques. On doit à Taylor les premiers travaux sur cette recherche de productivité. Sa vision était alors très locale et technique : son modèle productif basé sur la mesure et l'analyse des opérations reposait sur la science du travail entièrement du ressort des ingénieurs. Plus tard, dans les années 1960, de nombreuses études furent menées sur les liens entre productivité et comportement humain. La discipline de la gestion industrielle n'émergea vraiment que dans les années 75-80 avec les outils et les approches de gestion des flux et des stocks des ateliers qui firent faire un bond spectaculaire à la productivité. L'étape suivante eut lieu dans les années 90 avec l'introduction de liens nouveaux entre la conception et la production au sens large, autrement dit avec la mise en œuvre d'une organisation équipe ou projet entre tous les acteurs opérationnels et fonctionnels liés à la production. Enfin, cette recherche incessante de productivité sortit des murs de l'usine pour concerner tous les flux aussi bien en amont qu'en aval des usines. C'est ce mouvement qui se prolonge aujourd'hui avec l'émergence de tous les nouveaux Systèmes d'Informations facilités par les progrès spectaculaires de l'informatique. Quels ont été les facteurs déclenchant et comment se manifestent concrètement ces mutations ? Ce chapitre est destiné à mieux faire comprendre l'origine, la portée et les manifestations de ces évolutions.

### 1.1 *Évolution des problèmes de production*

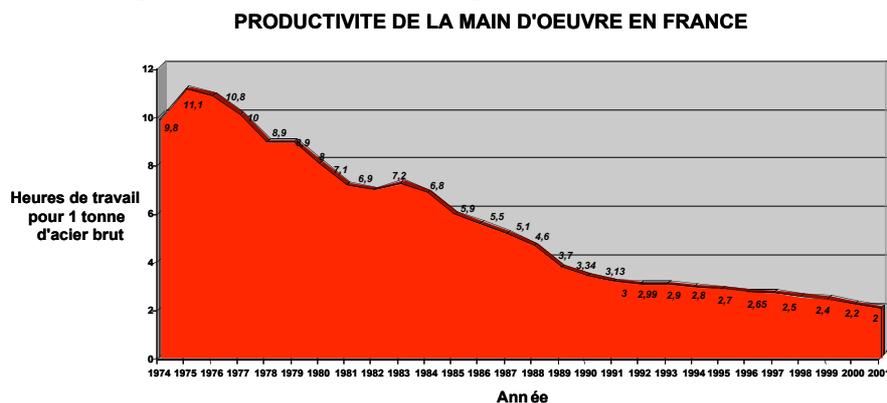
Si les modifications du marché des biens de grande consommation au cours des trente dernières années sont aujourd'hui bien connues, leurs conséquences sur la gestion industrielle et la logistique en particulier sont plus difficiles à appréhender. A une situation de production après guerre, caractérisée par un marché où la demande était très supérieure à l'offre, s'est substitué progressivement un marché nouveau. Le développement d'industries étrangères devenues compétitives, les besoins en grande partie satisfaits des produits de grande consommation, contribuèrent à inverser les données du marché, rendant l'offre supérieure à la demande dans de nombreux domaines. La figure suivante montre ces deux phases : croissance puis stagnation.

**Production mondiale d'acier brut**



*Figure 1 : Production mondiale d'acier brut*

Au niveau de la demande, cette situation s'est traduite par des exigences accrues : exigences sur les délais, sur le respect de ceux-ci, sur la qualité, sur la diversité des produits offerts,... et naturellement sur le coût. Or chacune de ces nouvelles exigences a entraîné au niveau de la production des contraintes nouvelles de plus en plus difficiles à appréhender avec les outils de gestion classiques adaptés à une gamme plus stable et limitée de produits. Multiplier les variantes, produire en un temps plus court, limiter les investissements financiers, assurer la formation du personnel, concevoir des produits compétitifs sur le plan de la qualité, autant d'objectifs souvent contradictoires auxquels les entreprises ont eu à faire face sans avoir vraiment pu prévoir l'ampleur de ce mouvement. A celui-ci se superpose aujourd'hui, le mouvement vers l'internationalisation qui ne permet plus d'associer localement une production à son marché mais oblige au contraire les industriels à raisonner globalement. Aux problèmes de recherche de productivité maximum interne aux usines, se superposent ainsi de nouveaux problèmes connexes à forts enjeux comme par exemple : affectation de familles de produits aux usines, localisation d'entrepôts, choix de mode de distribution centralisé ou capillaire, sous-traitance logistique, délocalisation d'activités, ... Les enjeux de la rentabilité des entreprises ou parfois de leur survie passent ainsi par une prise en compte de plus en plus globale du champ des flux qui participent à la production et à la distribution. La figure suivante illustre cette spectaculaire recherche de productivité.

*Figure 2 : accroissement de la productivité en 25 ans*

La recherche de productivité et par voie de conséquence la mise en œuvre d'outils et d'approches efficaces sont sorties de la seule boîte noire de la production et l'on assiste aujourd'hui à des analyses plus globales touchant aussi bien des outils de mesure de cette productivité que la prise en compte globale des différents maillons qui séparent la conception du produit de la livraison au client, voire du service après-vente assuré chez ce dernier. Les exemples qui suivent vont illustrer ces évolutions récentes et souligner leurs conséquences en termes d'organisation et notamment la nécessité d'intégration des différentes fonctions de l'entreprise.

## **1.2 Quelques exemples significatifs de cette évolution : les nouveaux produits**

Un nouveau produit peut recouvrir plusieurs définitions : par exemple le produit est de conception récente et son processus de fabrication n'est pas stabilisé, ou encore la nouveauté réside dans l'évolution en termes de variantes d'un produit ancien : le domaine des nouveaux matériaux est significatif du premier cas, celui de la grande consommation (électroménager,

automobile...) du second. Nous allons donner quelques exemples concrets<sup>1</sup> qui soulèvent des problèmes assez caractéristiques des difficultés actuelles de production et de distribution.

### 1.2.1 L'explosion de la diversité des produits

Les difficultés de production ne proviennent plus seulement de la maîtrise technique du procédé de fabrication : elles proviennent essentiellement de la variété. Comment maîtriser une combinatoire très complexe de différents modèles destinés à répondre aux attentes du marché ou aux propositions des autres concurrents ? Le marché de l'automobile est assez significatif de cette évolution. On se souvient d'un passé relativement récent où les véhicules étaient presque tous de la même couleur et où, pour chaque modèle, le client n'avait le choix qu'entre deux ou trois types de moteurs possibles : c'était la période de la Deux Chevaux grise, de la Traction noire, période où les constructeurs n'investissaient qu'un budget très limité dans la publicité et surtout où les temps d'attente acceptés par les clients étaient très supérieurs aux délais de production et de distribution facilitant grandement les problématiques de prévisions. C'était une période de déterminisme des flux industriels.

La situation a bien changé. Sur un modèle récent, le Kangoo de Renault, le nombre théorique de variantes se chiffre à  $10^{18}$ , quant à la diversité réalisable, elle dépasse les 156 milliards ce qui correspond à près de 10 000 fois le volume de production total. Il suffit pour s'en convaincre d'évaluer la combinatoire résultant des types de caisse, des teintes extérieures possibles, métallisées ou non, des revêtements intérieurs, des types de moteurs, de boîtes de vitesse, qui se combinent avec les types de pneumatiques, de jantes, de pare-brise... Cette évolution du mono-produit à des milliards de variantes s'est faite dans un temps limité pendant lequel l'appareil de production a eu du mal à s'adapter efficacement aux nouvelles conditions requises par cette multiplicité de combinaisons. A la boutade de H. Ford : « je peux fournir à mon client une voiture de n'importe quelle couleur, à condition qu'elle soit noire », s'est substituée la règle : « je dois fournir une voiture de n'importe quelle couleur au prix d'une voiture noire et plus vite que mes concurrents ».

L'exemple théorique suivant est assez représentatif de cette évolution (figure 3).



Figure 3 : un exemple de variété

<sup>1</sup> Tous les exemples sont tirés d'études de chercheurs ou de thèmes de stages d'élèves ingénieurs

Cette situation pose des problèmes très complexes et parfois insolubles

- sur le plan technique : recherche d'une « flexibilité » des moyens de production et de personnels polyvalents, destinée à assurer un nombre important de produits sur les mêmes machines, recherche de standardisation de composants,.
- sur le plan de la gestion : la multiplicité des produits engendrant des incertitudes croissantes au niveau de la planification, de l'ordonnancement et de l'évaluation des besoins.
- sur le plan de la rentabilité des innovations : on lance de plus en plus de concepts industriels sans connaître a priori l'impact de ces innovations sur les parts de marché (lancer un programme de rétroviseurs de la même couleur que la caisse du véhicule a-t-il fait évoluer sensiblement les parts de marché ?) et souvent sans pouvoir évaluer les conséquences économiques notamment en matière de logistique de tels choix stratégiques (accroissement des stocks, polyvalence des ressources, qualification accrue du professionnalisme, ...). On touche là un problème majeur : dès lors que ces innovations technologiques portent sur le qualitatif (impact sur la clientèle de la variété ou de la fiabilité), on n'a que des évaluations grossières voire impossibles de leur impact commercial alors que les coûts augmentent même si ceux-ci sont parfois difficiles voire impossibles à évaluer a priori. L'optimisation économique classique se substitue une recherche de compromis dans un champ de variables incertaines.

Quelques exemples illustreront ces propos.

- Le premier est tiré du domaine de l'automobile (Peugeot S.A.). En 1991, la série moyenne annuelle d'un véhicule (doté de sa description complète) était de 40. Près de 10 000 véhicules n'ont été vendus qu'à un seul exemplaire. Le véhicule le plus vendu atteignait moins de 8 000 exemplaires.

Le chiffre de la série moyenne japonaise était alors de l'ordre de 20. On est loin de la production de masse. Revenons à l'exemple de la Société PSA. A l'aspect variété s'ajoute une complexité due à la dynamique du changement : près de 300 modifications par jour pour l'ensemble des nomenclatures caractérisent cette évolution !

Quelles conséquences une telle situation (qui n'est évidemment pas propre à cette société) va-t-elle avoir sur la planification ? Une évidente incertitude sur la consommation moyenne des modèles de faible volume de vente.

La courbe de la figure 4 donne, à cette époque, la consommation maximale possible en fonction des consommations moyennes par jour. On voit ainsi que, par jour, pour des consommations moyennes inférieures à 20 véhicules, les consommations maximales peuvent atteindre 6 fois ce chiffre, soit 120.

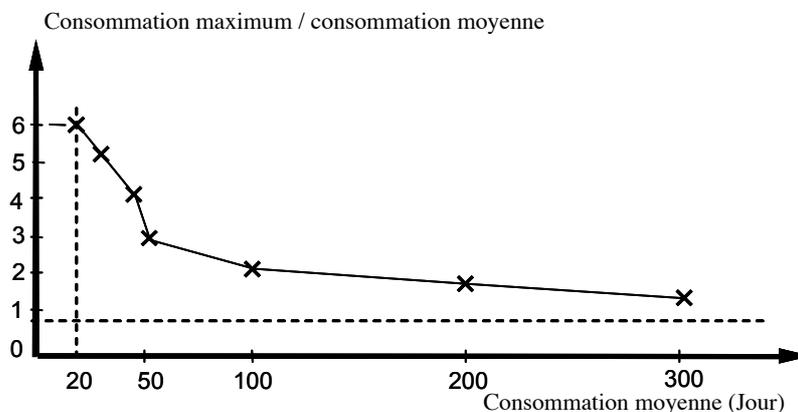


Figure 4 : consommation maximum et consommation moyenne (source 1995)

De telles variations affectent évidemment directement d'autres acteurs industriels : fournisseurs de matières premières, sous traitants, distributeurs,....

- Le deuxième exemple concerne une PME de 450 personnes. Son origine et son extension rapide dans les années 70 furent basées sur la fabrication de produits de brosse : une dizaine de modèles étaient alors proposés à la clientèle. L'entreprise n'avait alors qu'une activité de production. Trente années plus tard, cette même entreprise exploite trois lignes de produits : l'une concernant la fabrication d'articles de brosse, propose plus de 600 références ; la seconde est nouvelle : il s'agit de fabrication de cosmétiques et produits de maquillage et de beauté vendus sous plusieurs centaines de références ; la troisième concerne des articles de négoce, achetés puis conditionnés par l'entreprise. Cette activité porte sur plus de mille produits distincts. Les contraintes commerciales sur ces produits sont assez différentes : à côté d'une demande presque stable pour des produits de brosse, celle des cosmétiques est très erratique. Malgré la disparité des produits, ceux-ci mobilisent des équipements communs, notamment au niveau du conditionnement. De quels outils dispose-t-on dans ces conditions pour définir une planification efficace permettant de lancer en fabrication des articles à contraintes très différentes notamment en terme de délais et de réactivité ? Par ailleurs, les circuits de distribution ont complètement changé et les relations avec les distributeurs amènent des contraintes nouvelles liées à une absence de stocks et des livraisons fréquentes et diversifiées.

- Un troisième exemple concerne une entreprise de taille plus importante (800 personnes). Ses activités initiales concernaient la fabrication de poussettes et voitures d'enfants. Une centaine de modèles différents était proposée en 1965 ; la production était alors de 200 produits par an. En 1996, l'entreprise compte 1 000 références de produits finis ; elle gère plus de 1 800 sous-ensembles ; une famille de voitures d'enfant peut à elle seule regrouper 60 composants et se présenter sous 4 000 variantes différentes. L'usine produit près de 2 300 produits par jour. Ajoutons que la plupart des produits connaissent un phénomène de mode (couleur des poussettes) et que chaque année c'est presque un tiers des composants qui doit être modifié. Ce double effet (multiplicité des variantes et influence de la mode) conduit naturellement à une réduction de la durée de vie des produits et à la nécessité d'une réactivité immédiate aux variations du marché. On imagine les problèmes nouveaux liés par exemple à la définition des prévisions, à la gestion d'un stock de matières premières sujet à l'obsolescence ou à celle d'un stock de pièces de rechange ayant sans cesse tendance à s'accroître à cause de l'augmentation du nombre de références gérées.

Cette évolution n'est liée ni à la taille de l'entreprise, ni à son secteur d'activités.

### **1.2.2 La complexification des produits**

Les deux premiers exemples se rapportent à la gestion de la qualité de produits dont la fabrication est difficile à maîtriser :

- Le premier concerne la fabrication de composants opto-électroniques ; il s'agit essentiellement d'une fabrication en process dont le cycle de fabrication est voisin de six mois ; le rendement évalué par le nombre de composants satisfaisants sur le nombre de composants mis en fabrication est inférieur à 20 % ;

- Le second concerne la production de pièces de carrosserie en polychlorure de vinyle. Malgré la simplicité de la gamme (fabrication du composant chimique, pressage à chaud) et le fait que la production soit mono-modèle, le taux de rebuts reste voisin de 15 % après deux ans de production.

Ces deux exemples ont comme caractéristiques communes un procédé de fabrication simple : le process, un produit unique et des potentialités commerciales importantes. Pourquoi, dans ces conditions, de telles difficultés pour maîtriser la production (80 % de rebuts dans le premier cas, 15 % dans l'autre) ont-elles été rencontrées ?

Dans les deux cas cités, il ne s'agit pas seulement d'un problème technique ; la maîtrise de tels procédés de production liés à de nouveaux produits repose sur de nouvelles conceptions de relations qu'entretiennent les acteurs de l'entreprise, les structures traditionnelles étant particulièrement mal adaptées pour gérer ces nouvelles situations de produits liés à une technologie innovante, d'autant que la culture d'entreprise était alors davantage tournée vers la technique que vers la gestion industrielle et encore moins vers le service client.

Le troisième exemple, tiré de l'automobile, illustre parfaitement les évolutions en termes de variété sur l'un des composants, Prenons le cas des faisceaux électriques. La diversité de câblage liée aux options d'un modèle se combine avec la complexité du câblage lui-même.

La figure 5 donne une idée de l'évolution du nombre de fils électriques au cours des quarante dernières années : 20 fois plus de fils sur la 605 Peugeot que sur la 203 ; le modèle N4 de la 605 comprenait près de 2 200 mètres, les faisceaux électriques regroupant près de 1 800 composants faisaient l'objet de 400 types d'approvisionnements et se présentaient sous 260 références différentes ! Heureusement des innovations techniques, telles que le multiplexage, permettent de traiter en partie les problèmes posés par la complexité des produits ; ainsi entre la Peugeot 306 et la Peugeot 307, le nombre de fil a été réduit de 41% tout en continuant à accroître les fonctionnalités mais de nouvelles difficultés technologiques ont alors émergé.

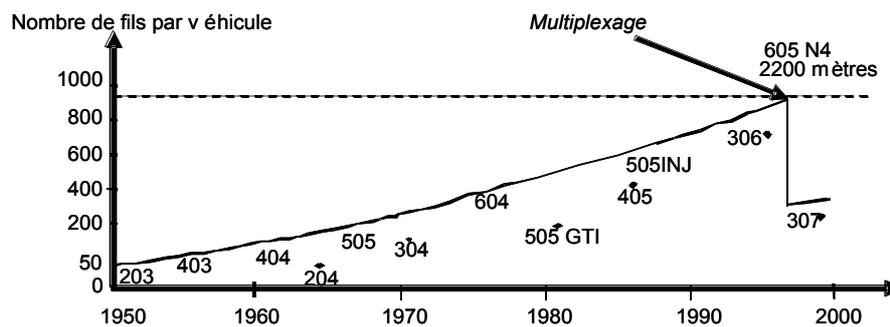


Figure 5 : évolution du nombre de fils par véhicule

Causes ou conséquences de l'évolution du marché de ces biens de grande consommation, cette complexification de la production se trouve encore amplifiée par l'évolution de la nature de la demande. En effet, l'offre est aujourd'hui confrontée à un demandeur beaucoup plus exigeant en termes de variété, de qualité de services et bien évidemment de prix.

### 1.3 Une nouvelle étape dans la complexification industrielle : le nouveau client

Le domaine de l'industrie automobile illustre encore bien cette évolution. Le client susceptible d'attendre plusieurs mois son véhicule a fait place à un nouveau client très sensible au délai et au respect de celui-ci, mais également à d'autres caractéristiques du produit à acheter : la qualité, le service après-vente, la fiabilité... Si le concessionnaire ne le satisfait pas, il le quitte et s'adresse à son concurrent. Sous l'effet des performances et des propositions de ces concurrents, de la diffusion de l'information, la fidélité à un constructeur a presque complètement disparu. L'arrivée sur le marché de nombreux véhicules étrangers en est une illustration significative.

Ces exigences nouvelles vont entraîner sur la gestion industrielle de nouvelles contraintes particulièrement difficiles à maîtriser. Intéressons-nous par exemple aux problèmes de délais et de qualité.

### **1.3.1 La fixation et le respect des délais**

Prévoir avec exactitude un délai de fabrication est l'une des opérations les plus complexes de la gestion industrielle. En effet, dès que l'on quitte les configurations simplistes d'un atelier composé simplement d'une ou deux machines, les modèles mathématiques éprouvent des difficultés quasi-insurmontables pour résoudre ce problème en un temps satisfaisant.

En effet, fixer le délai d'un produit final nécessiterait une connaissance exhaustive de l'état de toutes les composantes du système productif : les articles à fabriquer, les gammes de fabrication et d'assemblage, les temps de fabrication ainsi que les durées d'approvisionnement de tous les composants, les temps inter-opérations et les temps de manutention, les états de stocks devant chaque machine, les temps de changements de fabrication, la disponibilité des ressources sur chaque machine, les règles de priorité, l'état des rebuts, les temps de marche ainsi que les lois de fiabilité, la présence des opérateurs prévus, etc.

On pourrait allonger la liste et trouver plusieurs centaines de paramètres qui influent sur le cheminement des pièces dans l'atelier et donc sur le délai final. Parmi ceux-ci, les temps de production jouent évidemment un rôle prépondérant. Le temps de fonctionnement nominal permet (du moins dans le cas simpliste de la fabrication d'une seule pièce) d'estimer le nombre de pièces que l'on peut produire, à condition de faire l'hypothèse que la machine ne tombe jamais en panne ou que, si cela se produit, les pannes respectent une loi de probabilité connue à l'avance. Ces deux hypothèses sont évidemment loin d'être vérifiées.

Par ailleurs, les conditions précédentes doivent porter aussi bien sur chacun des composants que sur leurs opérations d'assemblage.

Les remarques précédentes montrent que la complexité de la gestion des flux (ordonnancement) est telle que les modèles mathématiques ne peuvent donner, dans la plupart des cas, des résultats optimum dès que nous sommes confrontés à des situations incertaines, aléatoires et combinatoires, c'est-à-dire celles de la plupart des ateliers, même de taille réduite. Par ailleurs, et ceci constitue l'un des enjeux les plus importants de demain, la problématique imposée par la concurrence et par la nécessité de réactivité rapide aux changements, n'est plus seulement le respect des délais promis mais la réduction la plus importante possible de ceux-ci ; ainsi les fonctions économiques ont bien évolué : de la simple fixation d'un délai, nous sommes passés au respect absolu de ce dernier (une des composantes de la qualité totale), puis au respect de ce dernier dans une politique générale de réduction drastique de tous les délais depuis la prise de commande jusqu'à la livraison finale au client en incluant les délais de conception.

Ceci illustre bien le fait que le découpage parcellaire des responsabilités depuis la prise de commandes jusqu'à la livraison et l'après-vente n'est plus efficace. Seule une vision globale des flux, de leurs contraintes et de leur gestion peut permettre de répondre à la seule préoccupation du client : le délai final et son respect, ce qui est encore loin d'être assuré dans bien des cas aujourd'hui.

### **1.3.2 La gestion de la Qualité**

Parmi les nouvelles contraintes commerciales, la qualité est celle qui a connu l'un des plus grands retentissements depuis plus de 30 ans. Plusieurs facteurs ont contribué à cette situation :

- l'arrivée de produits étrangers pour lesquels la qualité constituait l'atout majeur ;
- les associations de défense de consommateurs qui ont développé dans les médias le droit à la qualité et les exigences à attendre des entreprises ;
- la mesure de la qualité : il est en effet possible de comparer, sur des critères simples, différents produits : durée de vie, résistance à la corrosion, bruit, sécurité...
- l'internationalisation de la qualité notamment par le développement de normes (ISO 9 000) permettant de sélectionner les fournisseurs capables de respecter ces exigences internationales.

La gestion de la qualité est également une problématique complexe. En effet, elle mobilise une réflexion qui dépasse largement les opérations sur les machines. Elle repose sur la conception même des produits à réaliser (rôle du Bureau d'Études), sur le cheminement des produits sur les machines, c'est-à-dire les gammes de fabrication (Bureau des Méthodes), sur les procédures de contrôle (contrôle Qualité), sur l'état des moyens de production (maintenance), sur le choix des fournisseurs (certification Qualité) et sur l'organisation individuelle et collective des opérateurs sur les moyens de production.

Dès lors, gérer la qualité, c'est être en mesure de réaliser des actions qui mobilisent l'ensemble de ces acteurs. Ceci remet en cause une organisation classique dans laquelle des fonctions spécifiques étaient seules destinées à résoudre un problème (par exemple le service Qualité, seul responsable de la qualité). Cette remise en cause se retrouvera dans la plupart des problématiques de production et de logistique.

Transformation de l'environnement, émergence d'un nouveau client, resserrement des contraintes, globalisation des produits, délocalisation des sites de production, émergence de nouveaux prestataires, ... Les données de la production ont été ainsi modifiées en se compliquant sans cesse.

Jusqu'aux années 60, la gestion de production n'a pas vraiment fait l'objet d'études ou d'analyses approfondies. L'atelier de production était considéré comme un secteur secondaire, les sujets majeurs de préoccupations étaient alors davantage centrés sur l'informatisation qui commençait à se développer dans les entreprises et sur les structures de management. Aucune conférence ou cycle de formation ne faisait alors l'apologie du gestionnaire d'atelier. Les quelques études menées par les consultants ou chercheurs portaient soit sur l'organisation du travail (étude des temps, par exemple), soit sur les relations sociales dans les entreprises (ergonomie et management), soit sur la formalisation de problèmes de logistique de distribution (consécutifs au développement de la recherche opérationnelle). Ce n'est qu'à partir des années 75 que l'on va assister à de profonds changements dans la prise en compte de l'importance de cette fonction industrielle.

L'inversion de tendance entre offre et demande est certainement le facteur le plus important de l'émergence des fonctions production et logistique au sein de systèmes mais ce n'est pas le seul.

## **1.4 Les autres facteurs de mutation des systèmes industriels**

### **1.4.1 Le développement des technologies de l'information et de la communication**

Dans les années 75, on commence à se familiariser avec l'informatique. D'outil de laboratoire, il entre dans les entreprises et les nouvelles capacités de calcul ouvrent la voie à la résolution de problèmes nouveaux. Les capacités de tris, de calculs, de simulations, de stockages sont autant de potentialités qui permettront ultérieurement le développement de tous les systèmes en AO (assistés par ordinateur), que ce soit, par exemple au niveau de la gestion des données

(gestion de production AO, maintenance AO, conception AO...) ou de l'analyse de scénarii de fonctionnement (simulations...). Dès 1980, les développements les plus sensibles dans le domaine informatique concerneront les capacités de mémorisation permettant de maîtriser des situations très combinatoires et facilitant la décentralisation des unités de traitement (systèmes minis et micros), évolution liée à un spectaculaire abaissement des coûts d'investissement informatiques, rendant ainsi possible leur insertion dans toutes les entreprises.

Plus récemment, vont apparaître des systèmes informatiques dont les fonctionnalités sont encore plus englobantes ( les Progiciels de Gestion Intégrée ou E.R.P.) et des systèmes complémentaires spécialisés dont la nouvelle capacité de calcul permet d'aborder des résolutions d'optimisation de problèmes inenvisageables quelques années plus tôt par manque de rapidité de traitement ((les Advanced Planning Systems, par exemple)

Parallèlement, ces nouvelles possibilités de calcul favorisaient le développement de la technologie d'atelier et permettront ensuite l'intégration des Systèmes d'Informations avec tous les process technologiques : robots, commandes numériques, capteurs temps réel,....

### 1.4.2 L'émergence du modèle « japonais »

Enfin, un autre facteur particulièrement important est imputable à des réussites étrangères spectaculaires (essentiellement japonaises) mobilisant des concepts apparemment simples : le juste à temps, la gestion à stock minimum, par exemple, mais dont l'impact s'appuyait sur des réalisations concrètes facilement constatables par l'arrivée en Europe et aux États-Unis de produits très concurrentiels réalisés à partir de ces nouveaux concepts. De nombreux responsables industriels commencèrent à étudier la gestion industrielle au Japon et contribuent ainsi à en développer la diffusion dans les entreprises. Le modèle dominant américain (lié aux aspects de management et véhiculé par les programmes de MBA) fut peu à peu battu en brèche notamment par les faibles résultats à cette époque de la productivité américaine comparés à ceux de l'industrie japonaise.

Ce dernier facteur a d'ailleurs eu un impact d'autant plus important que la productivité japonaise est passée d'une image de médiocrité à celle de l'excellence. Les exemples de qualité défectueuse de l'après-guerre (l'achat de kilos de montres bon marché parmi lesquelles seule une petite minorité fonctionnait) ou de copiage et d'espionnage industriels, ont fait place à des réalisations exemplaires en matière de qualité (électronique), de productivité (automobile) ou encore d'avance technologique (semi-conducteurs). Aucun pays européen n'a été insensible à cette mutation et ces exemples industriels ont fortement contribué à une prise de conscience de la nécessité de se pencher au plus vite sur les problèmes de productivité en s'inspirant de ce nouveau modèle.

Cette prise de conscience commença dans les années 80. En 1983, l'apparition de l'ouvrage de S. Shingo, consultant international et ancien responsable méthodes de production chez Toyota, *Maîtrise de la Production et Méthode Kanban*, a connu un retentissement très important. Nombre de sociétés de services devaient reprendre ses idées pour les introduire dans les entreprises occidentales. A cette époque, S. Shingo comparant la productivité des usines Toyota à celle des concurrents européens faisait déjà apparaître des résultats inquiétants : par exemple le temps de main-d'œuvre par voiture variant de 1,6 (usine de Takaoka) à 2,7 dans une usine allemande. Bien que la méthodologie comparative ne fût pas explicitée par l'auteur, de telles données permettaient aisément de comprendre l'apparition massive de véhicules japonais sur nos marchés.

Phénomène bien plus inquiétant : 10 ans après, une étude menée cette fois par le MIT (*The Machine that changed the World*) mettait en évidence une nouvelle dégradation de la situation européenne et américaine. Quelques chiffres issus de cette étude illustrent cette situation.

Indicateurs moyens pour les constructeurs généralistes			
	Constructeurs japonais	Constructeurs américains	Généralistes européens
Nombre d'heures de conception d'un nouveau modèle (en million)	1,7	3,1	2,9
Durée de développement d'un nouveau modèle (en mois)	46,2	60,4	57,3
Effectif de l'équipe chargée du développement	485	903	904
Variants de carrosseries par modèle	2,3	1,7	2,7
Pourcentage moyen de pièces en commun	18	38	28
Pourcentage de la conception confié aux sous-traitants	51	14	37
Coûts de modification de conception en pourcentage total des outils	10 à 20	30 à 50	10 à 30
Ratio projet en retard	1 sur 6	1 sur 2	1 sur 3
Temps de développement des outils (en mois)	13,8	25	28
Temps de réalisation du prototype (en mois)	6,2	1,4	10,9
Décalé entre le début de la production et les premières ventes (en mois)	1	4	2
Retour à une productivité normale après le lancement (en mois)	4	5	12
Retour à une qualité normale après le lancement (en mois)	1,4	11	12

Indicateurs moyens pour les constructeurs généralistes - 1989				
	Usines japonaises au Japon	Usines japonaises en Amérique du Nord	Usines américaines en Amérique du Nord	Usines Européennes (toutes)
Productivité (heures / véhicule)	16,8	21,2	25,1	36,2
Qualité (défauts / 100 véhicules)	60,0	65,5	82,3	97,0
Superficie (véhicule et / en)	5,7	9,1	7,8	7,8
Superficie pour les retouches (en % de la surface totale)	4,1	4,9	12,9	14,4
Stocks (en jours pour un échantillon de 8 pièces)	0,2	1,6	2,9	2,0
% des effectifs travaillant en équipe (*)	69,3	71,0	17,3	0,6
Rotation des employés (0 = aucune, 4 = fréquente)	3,0	2,7	0,9	1,9
Suggestion / employé	61,6	1,4	0,4	0,4
Nombre de classifications	11,9	8,7	67,1	14,8
Formation (en heures)	380,3	370,0	46,4	173,3
Absentéisme	5,0	4,8	11,7	12,1
% automatisation en soudure	86,2	85,0	76,2	76,6
% automatisation en peinture	54,6	40,7	33,6	38,2
% automatisation en assemblage	1,7	1,1	1,2	3,1

Les facteurs explicatifs mis en évidence par les auteurs de l'étude (J. Womack, D. Jones et D. Ross) concernaient davantage les aspects organisationnels (conduite de projets, esprit d'équipe, communication, ingénierie parallèle des produits et de leur industrialisation...) que les facteurs technologiques (automatisation et robotisation).

La « lean production » puis le « lean management », dernier avatar d'une longue série de concepts empruntés aux techniques japonaises, caractérisaient le mode de production préconisé par les auteurs.

Cette étude était riche d'enseignements. Nous décrivons les plus importants :

- **Une étude de « Benchmarking » avant l'heure.** Cette analyse comparative de performances devait par la suite devenir une méthodologie de progrès prônée par de nombreux auteurs, en particulier R.C. Camp dans son ouvrage « Benchmarking », basée sur la comparaison entre un système industriel donné et un système industriel concurrentiel « modèle », comparaison destinée à décrire, à analyser puis à mettre en place des solutions pour combler les écarts de performances constatés.
- **Une remise en cause de la productivité purement technologique.** Dans l'étude citée, les auteurs montrent que le niveau d'automatisation et d'informatisation n'est pas directement corrélé à la productivité ; bien d'autres facteurs interviennent, pouvant rendre une usine entièrement automatisée peu productive ou au contraire une usine classique excessivement performante.
- **Le choix des critères de performances.** A côté des évaluations classiques du type économique-comptables, les auteurs privilégient les indicateurs physiques de performances. On retrouve ici la confrontation entre deux écoles de pensée : l'une tournée vers l'évaluation de la performance par l'économie et la finance, l'autre plus opérationnelle s'appuyant sur des données physiques et relative à la performance de terrain.
- **La notion « d'équipes ».** A défaut d'explications de type technologique ou informatique, c'est davantage vers des schémas d'organisation et de concertation que se trouvent les clés de la performance. La réduction des délais, la gestion des dysfonctionnements, ..., vont trouver une réponse dans la capacité de l'entreprise à faire émerger des solutions collectives s'appuyant sur des compétences diverses et complémentaires.

On trouve ici les bases du management de projets et de toutes les approches qui vont être développées par la suite et qui mettent l'accent sur des démarches collectives de résolution de projets ou de problèmes.

Cet ouvrage devait avoir un impact important chez les constructeurs européens et américains car il expliquait quantitativement les raisons des réussites japonaises dans le domaine industriel et ce, malgré les efforts importants menés dans toutes les usines des constructeurs européens et de leurs fournisseurs depuis plus de 15 ans.

Émergence de problèmes nouveaux, développement des outils informatiques avec leurs conséquences sur le traitement des données et sur la technologie d'atelier, modèle japonais très significatif d'efficacité industrielle, autant de facteurs qui allaient au cours des vingt dernières années faire de la production puis de la logistique un centre d'intérêt majeur pour les industriels, les consultants et les universitaires.

## 1.5 L'intégration dans la chaîne logistique

Parallèlement à ce développement de la recherche de productivité interne à l'atelier et à l'usine, plusieurs mouvements contribuèrent à étendre cette recherche hors des murs de l'usine.

Le premier mouvement eut pour origine l'émergence, parfois spectaculaire, de nouveaux acteurs dans la production.

Le second, interne aux entreprises, fut la prise de conscience que d'une part des gains parfois importants pouvaient être réalisés à partir des flux externes à l'usine et que d'autre part les exigences commerciales notamment en matière de délai et de coût ne pouvaient être satisfaites sans une vision plus complète de l'ensemble des flux de la prise de commande à la livraison. Les maîtres mots de cette évolution furent intégration et globalisation.

### 1.5.1 L'émergence continue de nouveaux producteurs

La dynamique des nouveaux pays industriels se manifeste d'une part à travers le développement d'une industrie fortement concurrentielle propre à ces pays et d'autre part par l'accueil d'usines issues de pays plus industrialisés, ce qui recouvre notamment les délocalisations.

Après la deuxième guerre mondiale, de nombreux pays en voie de développement se sont lancés dans des programmes industriels. Ces programmes ont connu des succès variés, mais un certain nombre de pays, en particulier en Asie ou en Europe Centrale et Orientale, ont su y trouver les bases d'une industrie prospère. Parmi ceux-ci on peut citer : Taiwan, la Corée du Sud, Singapour, la Pologne, la Tchéquie et bien évidemment aujourd'hui la Chine. Prenons l'exemple de la Corée ; la figure ci après illustre l'évolution de son PIB.

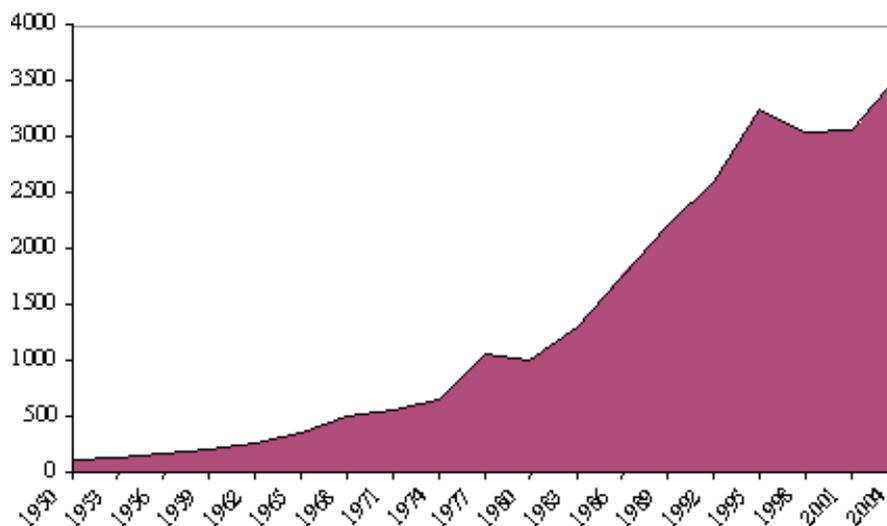


Figure 6 : évolution du PIB de la Corée de 1950 à 2004 (base 100 en 1950) - source OCDE

Pour comprendre le développement de ces pays à industrialisation récente examinons, à titre d'exemple, le cas emblématique de la Corée du Sud.

A la fin de la guerre de Corée, ce pays, du fait de sa géographie très montagneuse, n'atteignait pas l'auto-suffisance alimentaire. Il lui fallait donc exporter pour importer ses denrées de base. La Corée du Sud ne possédant pas réellement d'industries, c'est assez logiquement que ce pays sous développé à l'époque s'est tourné vers des secteurs à fort coefficient de main d'œuvre. En effet, ces secteurs, comme le textile ou l'assemblage de produits simples, permettaient d'employer une main d'œuvre abondante, peu qualifiée mais travailleuse et

d'exporter une part de ces produits pour acquérir les ressources indispensables. On ne peut donc pas parler avant 1970 d'une réelle industrie mais c'est à cette époque que vont se créer les structures nécessaires à son essor : définition de plans économiques, soutien aux exportations, augmentation du niveau d'éducation, ressources financières, etc.

Ce n'est qu'après le début des années 70 que naîtra une véritable industrie en Corée. En effet, encore en 1970, la production de Samsung à Suwon consiste essentiellement à assembler des circuits électroniques dans quelques baraquements. Le futur site sidérurgique de Pohang présente alors un superbe paysage de bord de mer ! Le développement de cette industrie lourde et chimique ne doit rien au hasard mais sera planifié par le gouvernement qui incitera fortement les groupes industriels les mieux placés à investir de manière coordonnée ces secteurs industriels : à Hyundai les chantiers navals, à Posco la sidérurgie, ....

Confortés par leurs premiers succès, notamment les positionnements judicieux ou heureux en pétrochimie et sidérurgie, ces groupes appelés chaebols augmenteront rapidement leurs capacités de production et la qualité de leurs produits.

Les grèves de 87 changeront fondamentalement ce mode de développement, même si les premiers effets ne se feront pas sentir immédiatement. Les concessions accordées avant les jeux olympiques aboutiront à la libéralisation du pays, son ouverture sur le monde, l'augmentation du niveau de vie et la naissance d'une société de consommation de type occidental. Ce développement aboutira à des positions dominantes de l'industrie coréenne vers le milieu des années 1990, notamment dans les semi-conducteurs ; en 2000 ce pays deviendra même le 2<sup>ème</sup> producteur d'acier et reste encore aujourd'hui le leader des chantiers navals.

Le deuxième mode d'industrialisation sera induit par la délocalisation de productions dans ces pays à coûts de main d'œuvre plus faible. Ainsi des productions simples furent transférées d'Europe vers Singapour puis la technicité et les coûts de production augmentant, ces productions seront réorientées ultérieurement vers l'Indonésie ou l'intérieur de la Chine.

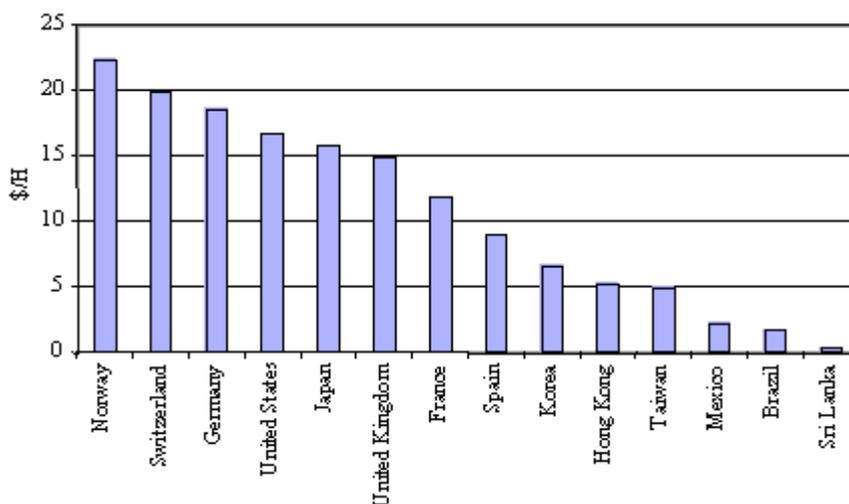


Figure 7 : coûts horaires moyens de la main d'œuvre comparés en 1997 avant la crise asiatique<sup>2</sup> - source OCDE

Il existe donc une véritable dynamique, à la fois géographique et temporelle, de la concurrence par les coûts de main d'œuvre en fabrication de produits aux processus de production simples. Pour un industriel ou un distributeur, cela signifie une remise en question

<sup>2</sup> Ces coûts donnent un ordre de grandeur mais sont très évolutifs dans le temps et sujets aux biais que peuvent introduire le temps de travail, les charges sociales, etc.