



UNIVERSITE IBN ZOHR

Ecole Supérieure de Technologie – Laâyoune

Site Web : <http://w2.estl.ac.ma>

Adresse : EST, Quartier 25 Mars BP 3007, Laâyoune – Maroc

SEMESTRE 4 - MODULE 13

Filière : DUT en Génie Agrobiologie

Support de Cours & TD:

GESTION DE PRODUCTION

Pr. BOUBKER Omar
Enseignant Chercheur- UIZ, EST Laâyoune



ANNÉE UNIVERSITAIRE : 2019-2020

SOMMAIRE

LISTE DES TABLEAUX & FIGURES	3
PÈRES FONDATEURS.....	4
INTRODUCTION GÉNÉRALE	5
CHAPITRE I. L'ENTREPRISE ET LA GESTION DE PRODUCTION	7
Introduction	7
I. La gestion de production au sein des entreprises	7
1. L'évolution de la compétitivité de l'entreprise	7
2. Le contexte de la nouvelle gestion de production	8
3. La gestion de production et les flux	9
4. Gestion de production et aspect financier	10
5. Les relations de la gestion de la production avec les autres fonctions dans l'entreprise	10
II. L'implantation des moyens de production	15
1. Typologie de production	15
2. Différentes organisations de la production	18
3. Conception d'une unité moderne de production	20
4. Les méthodes d'analyse	23
5. Les méthodes de résolution	25
6. Technologie de groupe	26
III. Fonctions, documents et données techniques	28
1. Fonctions et documents	28
2. Généralité sur les données techniques	30
Conclusion.....	37
CHAPITRE II. PLANIFICATION DE LA PRODUCTION	38
Introduction	38
I. Le Plan Industriel Commercial (PIC) & PDP et CBN	42
1. Méthodes de prévision des ventes (prévision de la demande)	43
2. Calcul global de charge au niveau du PIC.....	48
3. Le Programme Directeur de Production	49
4. Calcul des besoins Nets (CBN)	52
II. Ordonnancement de la production	53
1. Types d'ordonnancement - Pilotage de la production & fonction d'ordonnancement.....	54
2. Les méthodes d'ordonnancement	54
III. La gestion d'atelier & gestion d'atelier par les contraintes	56
1. La gestion d'atelier	56
2. La gestion d'atelier par les contraintes	57
3. Du juste-à-temps au Lean Management.....	58
Conclusion.....	60
CONCLUSION ET PISTES DE RÉFLEXION	61
PETIT DICTIONNAIRE.....	62
ANNEXES	68
BIBLIOGRAPHIE.....	71

LISTE DES TABLEAUX & FIGURES

Tableau 1. Évolution de la compétitivité de l'entreprise.....	8
Tableau 2. Classification Quantité/Répétitivité.....	15
Tableau 3. Classification selon la relation avec le client.....	18
Tableau 4. Avantages et inconvénients d'implantation en section homogène	18
Tableau 5. Moyens pour élaborer un schéma opératoire.....	24
Tableau 6. Analyse de déroulement via une application de fabrication du plat	25
Tableau 7. Exemple de nomenclature d'approvisionnement.....	34
Tableau 8. Représentation matricielle d'une nomenclature	35
Tableau 9. Exemple de document du PIC	43
Tableau 10. Exemple d'un PDP	49
Tableau 11. Calcul du DAV.....	50
Tableau 12. Charge totale sur un centre de charge	51
Tableau 13. Profil de charge d'un centre de charge	51
Tableau 14. Présentation du Gantt sur un exemple.....	55
Figure 1. La production de valeur ajoutée	10
Figure 2. La gestion de production et les autres fonctions de l'entreprise.....	10
Figure 3. Exemple de structure hiérarchique.....	11
Figure 4. Exemple de structure fonctionnelle.....	11
Figure 5. Exemple d'une structure hiérarchico-fonctionnelle.....	12
Figure 6. Exemple d'une structure matricielle	12
Figure 7. Production en continue : production du sucre en morceau, poudre granulée et sucre liquide	16
Figure 8. Production en discontinu.....	16
Figure 9. Comparaison type continu et discontinu	17
Figure 10. Relation entre le coût et le volume de production.....	17
Figure 11. Relation délai/type de production	18
Figure 12. Implantation en ligne.....	18
Figure 13. Implantation en cellule.....	19
Figure 14. Les principaux aménagements de cellules	19
Figure 15. Différence lot par lot et enchaînée	20
Figure 16. Séparation des usines	21
Figure 17. Séparation des produits.....	21
Figure 18. Décentralisation des activités de réception et d'expédition.....	22
Figure 19. Le problème des machines qui concentrent les flux	22
Figure 20. Graphique de circulation	23
Figure 21. Exemple de schéma opératoire	24
Figure 23. Étapes de résolution	25
Figure 24. Codification du CETIM	27
Figure 25. Lien de nomenclature.....	32
Figure 26. Vue éclatée d'une valise et sa nomenclature arborescente.....	32
Figure 27. Structure convergente.....	32
Figure 28. Structure divergente.....	33
Figure 29. Structure à points de regroupement	33
Figure 30. Structure parallèle	33
Figure 31. Exemple de nomenclature d'étude	33
Figure 32. Exemple de nomenclature de fabrication	34
Figure 34. Exemples de représentation de nomenclatures.....	34
Figure 35. Nomenclature cumulée de A	34
Figure 36. Nomenclature indentée.....	35
Figure 38. Représentation simplifiée d'une gamme	36
Figure 39. Place de la planification de production au sein de l'entreprise	38
Figure 40. Besoins indépendants et besoins dépendants	39
Figure 41. Modules du MRP [en français et en anglais] (Pillet et al., 2011, p. 230-231).....	40
Figure 42. Enchaînement des plannings dans l'architecture MRP2 (Javel, 2010, p. 151)	40
Figure 43. Pyramide MRP2 (Pillet et al., 2011, p. 232)	41
Figure 44. Intégration et hiérarchisation des niveaux de planification.....	42
Figure 46. Les 6 étapes incontournables de construction d'une prévision.....	44
Figure 47. Typologie de la demande.....	45
Figure 48. Exemple d'un PDP déduit d'un PIC.....	49
Figure 53. Profil de charge d'un centre de charge	52
Figure 54. Logique du calcul des besoins nets	53
Figure 55. La fonction ordonnancement	54
Figure 57. Tâches successives Vs T. Simultanées, Vs T. convergentes.....	55
Figure 58. Tâche Fictive.....	56
Figure 59. Charge/ capacité.....	57
Figure 60. Principe du suivi de charge en atelier	57
Figure 61. Les causes principales de la non-compétitivité	60
Figure 62. La maison Lean de Toyota et l'ensemble de ses activités (Dennis, 2016)	60

Taïchi Ohno (1912-1990) fut ingénieur de production puis Vice-Président de la firme Toyota. Il est considéré comme « l'inventeur » de la démarche d'allègement de Toyota (Bourguignon, 1993, p.10). Ohno publie en 1977 un ouvrage (*Toyota Production System : Beyond Large-Scale Production*) qui décrit l'histoire de Toyota et les principes qui ont émergé pour rendre l'entreprise compétitive (Ohno, 1988). Le terme TPS est alors utilisé pour faire à la fois référence au système de production allégé de Toyota et à sa démarche d'allègement. Nous conserverons ce vocable dans notre manuscrit.

Jeffrey Liker, Professeur à l'Université du Michigan, a étudié le TPS en menant un programme d'étude des technologies japonaises basé sur des entrevues auprès des différents cadres de Toyota. Il publie en 2004 un ouvrage d'analyse du TPS (*The Toyota way : 14 management principles from the world's greatest manufacturer*) qui fait référence dans le monde académique. Il identifie quatorze principes caractéristiques de la démarche de Toyota qu'il classe en quatre catégories : les 4P, pour *Philosophy, Process, People and Partners* et *Problem Solving*. Le terme « *Toyota Way* » désigne alors l'état d'esprit de la démarche d'allègement de Toyota (Liker, 2012).

James Womack, Daniel Roos et Daniel Jones sont chercheurs à l'Université du *Massachusetts Institute of Technology*. Ils sont auteurs d'un ouvrage paru en 1990 (*The machine that changed the world*) qui a largement contribué à la diffusion du *Lean* dans les entreprises, notamment en relevant le caractère transférable du TPS aux entreprises de tous secteurs et de toutes tailles. L'ouvrage décrit des principes du *Lean* qui se basent à la fois sur l'analyse du TPS et sur les démarches adoptées par certaines entreprises qui se sont fortement inspirées du TPS (Womack et al., 1990). Un second ouvrage (*Lean Thinking*), paru en 1996, insiste sur l'importance d'adopter une démarche globale d'allègement qui dépasse le seul périmètre de la production (Womack & Jones, 2012).

INTRODUCTION GÉNÉRALE

Les spécialistes indiquent que « *la fonction production consiste à produire, en temps voulu, les quantités demandées par les clients dans des conditions de coût de revient et de qualité déterminés en optimisant les ressources de l'entreprise de façon à assurer sa pérennité, sa compétitivité et son développement* » (Javel et al., 2017, pp. 2–3).

Produire : le but de toute entreprise industrielle est, bien évidemment, de produire des biens ou des services qu'elle mettra à disposition des consommateurs.

Temps voulu : ce concept consiste, comme son nom l'indique, à fabriquer ou approvisionner des produits « juste à temps », c'est-à-dire ni trop tôt (immobilisations financières), ni trop tard (insatisfaction des clients ou pénalités pour retard). C'est la caractéristique de la production JUSTE À TEMPS (JAT ou JIT : Just In Time) qui est actuellement une des conditions d'une bonne gestion de production.

Quantités demandées : jusqu'il y a encore peu d'années, tout responsable de production intégrait, pour avoir l'assurance de satisfaire les commandes, un taux de rebut dans les quantités de produits à fabriquer. Il en fabriquait donc plus que nécessaire, ce qui se traduisait toujours par une augmentation des coûts et souvent une augmentation des stocks. Il devient donc nécessaire d'améliorer la qualité de l'outil de production pour ne fabriquer que les quantités explicitement demandées.

Coût de revient déterminé : afin d'acquérir un avantage concurrentiel sur le marché, la recherche d'un coût de production le plus faible possible est le souci permanent de tout responsable d'entreprise. De plus, lors de la négociation d'un marché, l'entreprise s'engage, vis-à-vis du client, à fournir une prestation, ou un produit, pour un prix donné. Elle doit donc, en permanence, veiller à ce que ses coûts ne soient pas prohibitifs par rapport à ses engagements financiers si elle souhaite dégager des bénéfices.

Qualité déterminée : la qualité d'un produit peut être envisagée sous deux aspects :

- ▶ La qualité liée à la conception du produit. Celle-ci, fixée par le bureau d'étude, doit être le reflet du vrai besoin de client. Elle entrera, pour une part non négligeable dans la détermination du prix du produit. En conséquence, la sur-qualité est aussi préjudiciable que la sous-qualité.
- ▶ La qualité liée à l'élaboration du produit. Une démarche « Qualité » dans une entreprise peut lui faire obtenir des gains substantiels en évitant de prendre en compte, entre autres, le taux de rebut. Il faut souligner que la démarche qualité est un préalable à la mise en place de certaines organisations de gestion de production alors que pour d'autres, elle ne l'est pas. Toutefois, nous conseillons vivement à tout chef d'entreprise, soucieux d'améliorer les performances de son outil de production, de conduire une telle démarche.

Optimisation des ressources : comme pour les quantités, les habitudes des responsables de production sont d'essayer d'atteindre le maximum de production sur chaque machine. Actuellement, il est très facile de démontrer que cette démarche est mauvaise. Cette optimisation ne signifie donc pas « réaliser le maximum de pièces sur les différentes ressources de l'entreprise », mais consiste à réguler le rythme de la production afin de minimiser les temps improductifs et d'éviter les mauvaises utilisations des ressources en améliorant la rentabilité.

Pérennité : dans le contexte économique actuel où chaque jour nous constatons des fermetures d'entreprises, le principal objectif d'un chef d'entreprise est, avant tout, d'avoir une entreprise saine qui dure dans le temps.

Développement : l'autre préoccupation principale du chef d'entreprise est le développement de son outil de production. Pour cela, il doit gagner des parts du marché, ce qui lui impose d'être plus performant que ses concurrents.

Compétitivité : pour assurer cette pérennité et ce développement, l'entreprise doit devenir plus compétitive, c'est-à-dire proposer plus rapidement aux consommateurs des produits moins chers répondant à leurs besoins.

Ce cours a pour objectif de répondre aux questions essentielles qui permettent de mieux comprendre le processus de production. Comme, il présente les différentes méthodes et les outils dédiés au management industriel. Il se base principalement sur plusieurs ouvrages de références en la matière (Arnould & Renaud, 2008; Charles, 2014; Courtois et al., 2003; Demetrescoux, 2019; Javel, 2010; Javel et al., 2017; Lyonnet, 2015; Michael, 2020; Mocellin, 2019; Pillet, 2013; Pimor & Fender, 2010; Tanous, 2016). Une partie de ce cours est développée sur la base des travaux de recherches empiriques (Azevedo et al., 2019; Bittencourt et al., 2019; Fink & Benz, 2019; Gračanin et al., 2019; Lu & Yang, 2019; Paladugu & Grau, 2020; Rossini et al., 2019, 2019; Roy et al., 2014).

Les revues spécialisées en management industrielle :

- ❖ International Journal of Logistics Research and Applications : <https://www.tandfonline.com/toc/cjol20/current>
- ❖ Journal of Cleaner Production : <https://www.sciencedirect.com/journal/journal-of-cleaner-production>
- ❖ Logistique & Management : <https://www.tandfonline.com/toc/tlam20/current>

Les associations professionnelles :

- ❖ APICS (Association for supply chain management) : <http://www.apics.org/>
- ❖ AFNOR (Association française de normalisation) www.afnor.org
- ❖ AACEI (Association for the Advancement of Cost Engineering) : <http://www.aacei.org>

Introduction

De tous temps, les entreprises ont dû gérer leurs productions pour imposer leur efficacité. Ainsi, le rôle de la gestion de production est aussi ancien que l'entreprise elle-même. On peut dater les premières réelles expériences en matière de gestion de la production au moment de la réalisation des premières pyramides égyptiennes. Ces grands chantiers ont suscité les premières réflexions dans le domaine des approvisionnements, des ressources humaines mais aussi de la standardisation des tâches.

Aujourd'hui, la perception de la gestion de la production a bien sûr beaucoup évolué. La gestion de la production se place au cœur de la stratégie de l'entreprise. Pourquoi cela ? La réponse à cette question réside dans l'évolution des conditions de la compétitivité économique.

Depuis un passé récent (le milieu du XXe siècle pour fixer les idées), on peut distinguer trois phases d'évolution dans l'environnement de l'entreprise. Selon son secteur d'activité, l'enchaînement de ces trois phases dans le temps peut être différent.

La première phase représente une période de forte croissance avec un marché porteur, des marges confortables et une offre de biens inférieure à la demande. Il s'agit pour l'entreprise d'une période de sérénité où les fonctions essentielles sont techniques et industrielles. Il faut alors produire puis vendre. Voici les principales caractéristiques de la production : quantités économiques de production, stocks tampons entre les postes de travail, fabrication en série, délais fixés par le cycle de production, gestion manuelle.

Lorsque l'offre et la demande s'équilibrent, nous atteignons une deuxième phase où le client a le choix du fournisseur. Pour l'entreprise, il faut alors produire ce qui sera vendu. Il devient alors nécessaire de faire des prévisions commerciales, de maîtriser l'activité de production, d'organiser les approvisionnements, de réguler les stocks et de fixer les échéances.

Très rapidement, on passe à la phase suivante où l'offre excédentaire crée une concurrence sévère entre les entreprises face à un client qui devient exigeant. Cette compétitivité contraint l'entreprise à :

- ☒ La maîtrise des coûts ;
- ☒ Une qualité irréprochable ;
- ☒ Des délais de livraison courts et fiables ;
- ☒ De petites séries de produits personnalisés ;
- ☒ Un renouvellement des produits dont la durée de vie s'est raccourcie ;
- ☒ L'adaptabilité par rapport à l'évolution de la conception des produits et des techniques de fabrication...

L'entreprise tend désormais à produire ce qui est déjà vendu. Nous voyons apparaître des soucis de stratégie industrielle et de contrôle précis de la gestion. De plus, on y décèle des contradictions (prix-qualité, prix-petites séries...) qui nécessiteront des arbitrages pour obtenir une cohérence globale.

I. La gestion de production au sein des entreprises

1. L'évolution de la compétitivité de l'entreprise

Dès qu'une entreprise a existé, il a fallu gérer sa production : le rôle de la gestion de production est aussi ancien que l'entreprise elle-même. Pourquoi on en parle de plus en plus ? la réponse réside dans l'évolution des conditions de la compétitivité de l'entreprise. On peut distinguer trois phases dans l'environnement de l'entreprise.

Phases	Offre Vs Demande	Caractéristiques
Phase 1 : Début du siècle jusqu'à 1960	Offre des biens inférieure à la demande Période de forte croissance. Age d'or des producteurs Tout ce qui est produit sera vendu, des marges confortables.	Fonctions essentielles de l'entreprise sont : Techniques et industrielles ; Le pouvoir est entre les mains des producteurs ; Le client n'est qu'un simple agent économique à qui on ne demande que de payer ce que l'on a bien voulu lui fournir. « Produire pour vendre » sans sa préoccupation des attentes du consommateur Caractéristiques de la production : Organisation scientifique du travail (Taylor), production de masse (Ford), délais fixés par le cycle de production, la fonction méthode est entre les mains des ingénieurs qui dictent les règles aux opérateurs, spécialisation accentuée des opérateurs, ...
Phase 2 : entre 1960-1975	L'offre et la demande s'équilibrent : le client a le choix du fournisseur.	Multiplication du nombre des entreprises industrielles. Le consommateur ayant le choix, il devient plus exigeant et affine sa demande. L'entreprise doit alors être capable de proposer des produits diversifiés pour rencontrer les attentes des clients Les fonctions 'commerciale' et le 'marketing' entrent en force. Catalogues des produits plus riches Multiplication des composants de base Complexité de la production Non maîtrise de l'outil de production et défaillances répétitives Les programmes de production sont bousculés et les files d'attente s'allongent Il faut alors « produire ce qui sera vendue » Gérer les stocks et fixer les priorités de fabrication devient une nécessité, Naissance du MRP (<i>Matériels Requirements Planning</i>)
Phase 3 : (de 1975 à nos jours)	L'offre excède la demande : concurrence sévère entre les entreprises.	L'offre excède la demande et la concurrence sévère entre les entreprises ; Le marché et le client prennent le pouvoir ; Le triangle (Qualité – Coût – Délai) devient le symbole de la performance ; C'est maintenant, le client et non le producteur qui juge la qualité ; Dans un premier temps, on ne fabrique pas la qualité, mais on trie et on élimine les produits défectueux (l'inspection finale) ; Le prix de vente n'est plus un résultat mais une donnée ; La capacité à respecter les engagements devient un facteur concurrentiel majeur. La GPAO de plus en plus indispensable dans les entreprises ; Le passage progressif de modes correctifs à des dispositifs préventifs pour l'obtention de la qualité que pour la maîtrise des délais ; Ce passage va nécessiter de redonner un certain pouvoir sur le terrain ; on parle alors de responsabilisation et de délégation ; Il faut alors « produire ce qui est déjà vendue » L'entreprise doit organiser sa production de manière à fabriquer des produits de qualité, avec une grande diversité et au plus juste coût tout en respectant ses engagements

Tableau 1. Évolution de la compétitivité de l'entreprise

2. Le contexte de la nouvelle gestion de production

❖ Réactivité et proactivité

« **Produire ce qui est déjà vendue** » pour cela l'entreprise doit être au moins réactive voire proactive : Réactive : « être capable de s'adapter très vite et en permanence aux besoins en produits de plus en plus variés dans un marché mondial fortement concurrentiel » ; Proactive : « avoir la capacité d'influencer l'évolution du marché, donc d'y introduire des produits nouveaux avant les concurrents ».

Le délai d'innovation, le temps nécessaire pour introduire un produit nouveau sur le marché et la capacité à offrir des produits personnalisés deviennent les nouveaux facteurs-clés de la compétitivité

❖ Le découloignement

Le découloignement c'est se débarrasser des cloisons, des séparations qui empêchent ou entravent la communication, la libre circulation des idées, des personnes.

Le nombre de cloisons, la spécialisation poussée à l'extrême et la séparation entre « ceux qui pensent et ceux qui exécutent » (taylorisme) s'avèrent être des facteurs d'inertie majeurs et génèrent : une consommation démesurée de ressources humaines ; des délais importants ; le manque d'initiative et de créativité, ...

La productivité des opérations devient subsidiaire de la productivité des interactions entre les différents services de l'entreprise.

La productivité des gestes cède le pas à la productivité de l'intelligence collective.

❖ La transversalité

La compétence, tout comme le savoir ayant cette rare propriété de s'accroître quand on les partage.

La compétitivité passe par des modes de fonctionnement fortement collectifs : en combinant les éclairages, les points de vue, en associant les expertises et les expériences.

L'entreprise doit être considérée comme étant un **système ouvert** interagissant avec son environnement.

L'entreprise est alors construite « transversalement » autour de ses **processus de base**, sur un réseau d'équipes fortement responsabilisées qui interagissent et se soutiennent.

Cette organisation permet à chacun de comprendre et de viser la **performance globale**, d'agir par rapport à un référentiel commun, compris et partagé, de penser client, de viser l'écoulement (flux) **plutôt que rendement local**.

❖ Les voies de la compétitivité

Pour rester compétitive dans le contexte actuel, l'entreprise doit :

- Organiser sa production de manière à fabriquer des produits de qualité, avec une grande diversité et au plus juste coût ;
- Éliminer les opérations inutiles et les gaspillages,
- Chercher à réduire tous les délais : de conception, d'approvisionnement, de fabrication et de livraison ;
- Mettre en œuvre un processus continu d'amélioration.
- Chercher à globaliser des opérations (contrairement aux tâches partialisées de Taylor), et encourager la polyvalence ;
- Encourager l'agilité de ses hommes (rapidité) et l'adaptation de son organisation,
- Être à l'écoute permanente de ses clients,
- Respecter et surveiller son environnement,
- Encourager les innovations ...

3. La gestion de production et les flux

Les principaux flux qui intéressent la gestion de la production sont :

Les flux physiques : Approvisionnement, entrée et circulation des matières premières, des composants, des sous-ensembles, des pièces de rechange, sortie et distribution des produits finis, des stocks, des en-cours ...

Les flux d'information : suivi des données techniques, des commandes, des ordres de fabrication, des ordres d'approvisionnement, des ordres d'achat, des heures de main d'œuvre, des heures machines, des consommations de matière première, des consommations de composants, des rebuts, ...

L'une des préoccupations majeures de la gestion de production étant la satisfaction des clients. Celle-ci se doit de chercher à maîtriser ses flux. Pour cela, elle doit :

Simplifier les flux physiques en supprimant les opérations non génératrices de valeur ;

Fluidiser et accélérer les flux physiques en :

- Évitant les pannes machines,
- Diminuant les temps de changement de série,
- Améliorant la qualité des pièces,
- Développant la polyvalence des hommes,
- Développant le partenariat avec les fournisseurs et les distributeurs.

Créer un système d'information de gestion de production cohérent et pertinent pour connaître et répondre aux besoins et aux attentes de chacun.

4. Gestion de production et aspect financier

En règle générale, chaque société possède des fournisseurs, des clients et apporte une valeur ajoutée à son produit.

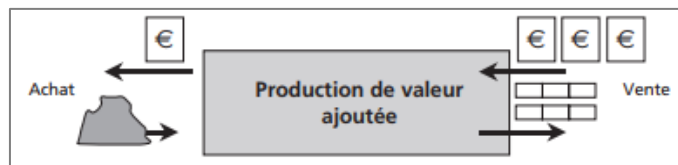


Figure 1. La production de valeur ajoutée

La valeur ajoutée est le moteur économique de la société, car elle permet :

- ▶ La fourniture de produits utiles aux clients ;
- ▶ La création de richesses économiques ;
- ▶ La distribution de ces richesses au personnel (salaire, intéressement aux résultats), aux fournisseurs (achats), aux collectivités (locales, état, sous forme d'impôts, de taxes) et aux actionnaires (dividendes) ;
- ▶ Le financement futur de l'entreprise (investissements, recherches et développements, ...) et la possibilité de faire face à des aléas.

N.B. La valeur ajoutée est la différence entre le prix de vente de son produit et la valeur totale des dépenses qu'elle a engagée pour se procurer, Compte tenu à la fois de la compétitivité internationale de plus en plus agressive, et des exigences croissantes du client, la recherche de la pérennité condamne l'entreprise à rechercher un niveau de rentabilité suffisant. Au lieu de considérer la relation classique : Coût de revient + marge bénéficiaire = prix de vente. Il est préférable de s'appuyer sur la relation suivante : Prix de vente – coût de revient = marge bénéficiaire. Si ces deux relations sont équivalentes d'un point de vue mathématique, il en va autrement du point de vue de la philosophie de l'entreprise et de sa gestion de production : à prix de vente imposé par la concurrence, la marge est fonction de la diminution des coûts de revient.

5. Les relations de la gestion de la production avec les autres fonctions dans l'entreprise

Située au carrefour d'objectifs contradictoires, la gestion de production est une fonction transversale, c'est-à-dire qu'elle est en relation avec la plupart des autres fonctions et la majeure partie des systèmes d'information de l'entreprise. Aussi la gestion de production doit-elle être parfaitement intégrée dans le système informationnel de l'entreprise. Nous schématiserons sa position vis-à-vis des diverses fonctions au moyen de la figure suivante :

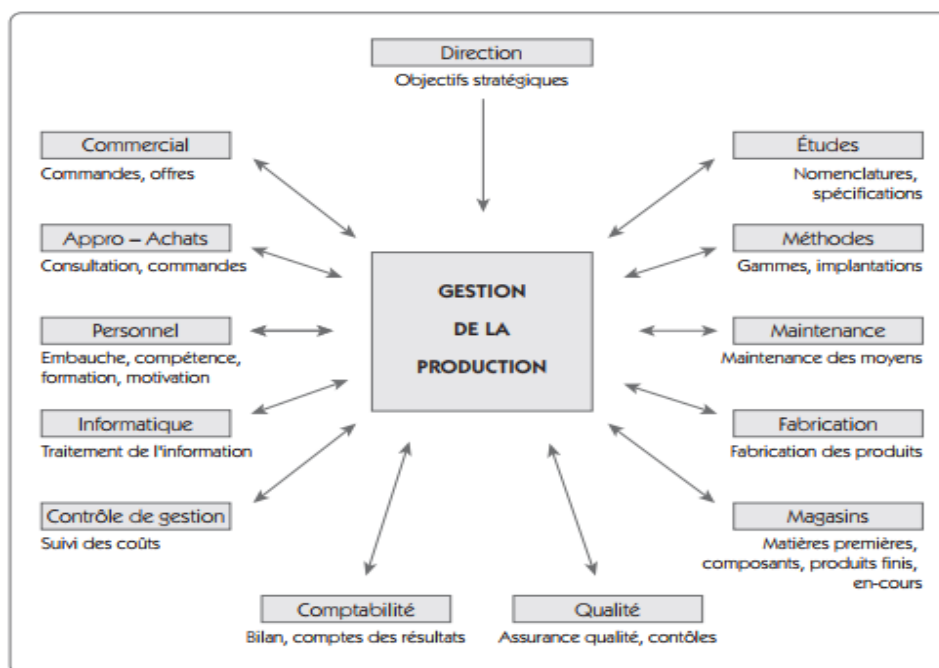


Figure 2. La gestion de production et les autres fonctions de l'entreprise

On s'intéresse dans ce chapitre aux fonctions et non les cellules physiques (ou service). Certaines de ces fonctions peuvent être assumées par plusieurs services.

5.1. Place de la fonction production au niveau des structures d'entreprise

Une structure est l'agencement des divers services de l'entreprise les uns par rapport aux autres. Définir une structure suppose de : définir les services à constituer ; définir les attributions de chacun ; fixer les moyens qui sont affectés aux différents services ; et de préciser les relations entre les différents services (relation hiérarchique, fonctionnelle, de conseil et de prestations de service).

L'organigramme de structure : c'est une représentation schématique d'une structure d'organisation. Il fait apparaître les organes entre lesquels sont répartis les diverses tâches et les relations entre ses organes. Il existe plusieurs types de structures :

- ▶ Structure hiérarchique ou pyramidale (ou line organization) ;
- ▶ Structure fonctionnelle (ou staff organization) ;
- ▶ Structure hiérarchico-fonctionnelle (mixte ou staff and line) ;
- ▶ Structure matricielle.

❖ Structure hiérarchique ou pyramidale

Chaque individu n'a qu'un seul supérieur. Le découpage des activités peut se faire par fonctions, par zone géographique, par produits. Cette structure est simple, claire, très stable et permet de définir sans ambiguïté les responsabilités. Mais en contrepartie, cette structure est très rigide, elle est peu propice à l'initiative en raison du poids de la hiérarchie. Elle est sujette à des lenteurs dans la transmission de l'information le long de la ligne hiérarchique, retardant de ce fait la prise de décision.

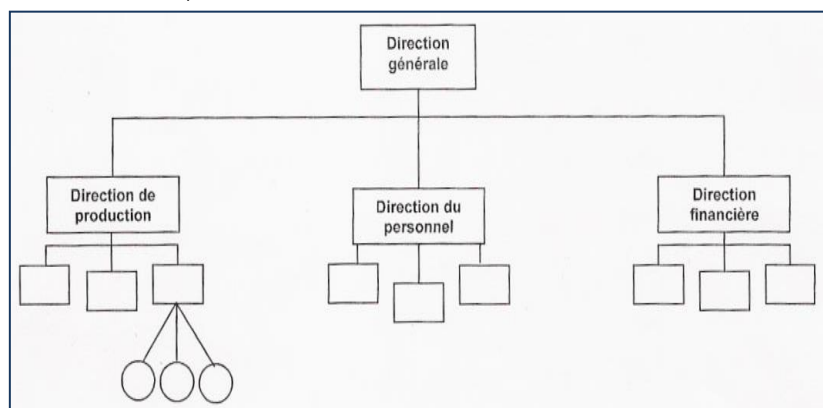


Figure 3. Exemple de structure hiérarchique

❖ Structure fonctionnelle

Cette structure, repose sur le principe de division fonctionnelle de l'autorité et la pluralité du commandement. Tout salarié dépend de plusieurs chefs spécialistes dans leur domaine. Cette structure en favorisant la spécialisation offre l'avantage d'une grande efficacité technique. Mais, en contrepartie, elle génère des problèmes organisationnels :

- ▶ La coordination des activités sous les ordres de plusieurs chefs est source de conflits ;
- ▶ La circulation de l'information est souvent perturbée ; les subordonnés ne savent pas à qui s'adresser pour communiquer des informations ou demander des conseils...

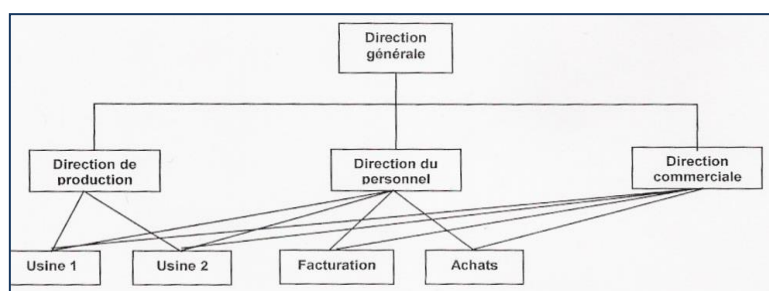


Figure 4. Exemple de structure fonctionnelle

❖ Structure Hiérarchico-Fonctionnelle (mixte ou staff and line)

La structure hiérarchico-fonctionnelle est une structure hiérarchique avec état-major qui s'est développée en réaction aux insuffisances des structures hiérarchiques et fonctionnelles. De la structure hiérarchique, elle garde l'unité de commandement (seule la ligne hiérarchique détient l'autorité formelle). De la structure fonctionnelle, elle garde le principe de cadres spécialisés très compétents mais ceux-ci sont en position de conseil (état-major) pour la ligne hiérarchique.

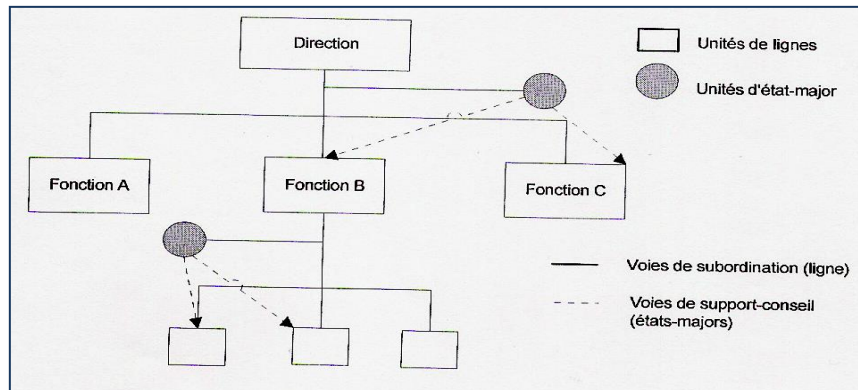


Figure 5. Exemple d'une structure hiérarchico-fonctionnelle

❖ Structure Matricielle

Cette structure a été créée pour répondre aux lacunes des structures verticales pour conduire des activités nécessitant de fort volume de communication entre spécialistes de différentes fonctions. Les principes fondamentaux de la structure matricielle sont de : Conserver une organisation de base par fonction pour les activités courantes ; et de Superposer des groupes par produit, par marché ou plus généralement par projet pour faire travailler des équipes pluridisciplinaires.

L'organisation « verticale » par fonction gère les hommes, les ressources matérielles, et éventuellement les activités routinières. Alors que, l'organisation « transversale » gère les projets.

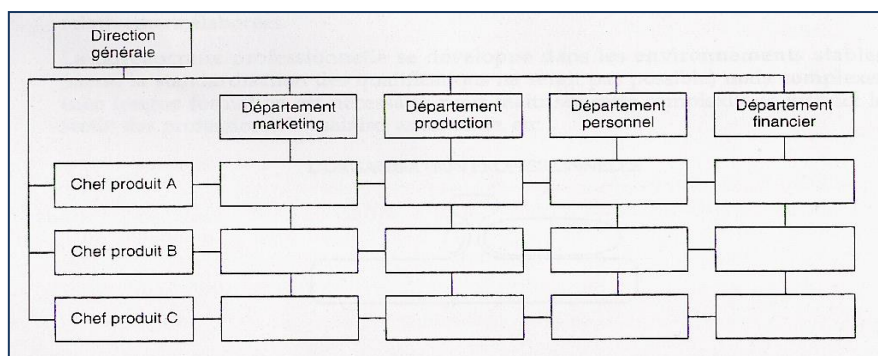


Figure 6. Exemple d'une structure matricielle

❖ La fonction « Etude, Recherche et Développement »

A partir du cahier des charges fixant les fonctionnalités attendues du produit, cette fonction a pour mission :

La conception et le développement des nouveaux produits, d'une part,

Les améliorations et la remise en cause des produits existants, d'autres part.

La coexistence de ces deux missions se fait au sein du bureau des études. Lorsqu'elles sont séparées, il y a apparition d'un service recherche et développement.

La fonction Recherche et Développement conçoit les prototypes.

Lorsque la décision d'industrialisation a été prise, le bureau d'études fournit aux autres fonctions :

- ▶ Les plans de conception du produit et dessins,
- ▶ La nomenclature, articles, ...
- ▶ Les matériaux utilisés,
- ▶ Les procédés utilisés et les machines,

- Les spécifications techniques, ...

Le bureau d'études a vu sa fonction évoluer avec le développement du DAO (Dessin Assisté par Ordinateurs) et de la CAO (Conception graphique Assistée par Ordinateur).

❖ La fonction « Industrialisation »

La fonction « industrialisation » a pour finalité de permettre de passer d'un plan ou d'une idée à l'industrialisation d'un ou plusieurs produits. La fonction va devoir fournir :

- Plans d'exécution : illustrant le projet et donnant à une échelle suffisante toutes les indications nécessaires pour permettre la réalisation de l'ouvrage dans son ensemble et dans tous ses détails.
- Plans de détail : représentation graphique d'un élément d'un ensemble complexe, présentée sur un plan distinct ou dans un encadré sur le plan d'exécution et réalisée à grande échelle aux fins de clarté et de précision.

❖ La fonction « Méthodes »

Un des buts de la fonction « méthode » est de définir le mode de réalisation des produits. Pour chaque réalisation, elle détermine le processus de fabrication en prévoyant les conditions optimales de production et en choisissant les moyens les mieux adaptés.

La fonction méthode peut être conduite à proposer plusieurs processus différents pour réaliser le même produit afin de pouvoir s'adapter, en temps utile, à la taille des lots à fabriquer et aux moyens disponibles.

Elle va élaborer des gammes. La gamme définit la succession des opérations à effectuer. Il s'agit d'une suite ordonnée des différentes phases d'un processus.

Une gamme peut être définie pour tout type de travail (fabrication, usinage, assemblage, contrôle et même manutention pour des pièces difficiles à déplacer ou à positionner).

❖ La fonction « Achats »

Elle est chargée de la recherche pour chacun des composants : des fournisseurs, et des conditions d'approvisionnement : détermination des quantités, délais et coûts. La fonction Achat décide des éventuels groupages d'achat. En effet, il est souvent préférable de grouper les commandes chez un même fournisseur, car le volume d'achat peut avoir une incidence favorable sur le coût global.

La fonction Achats comprend également le suivi administratif des approvisionnements. Son rôle est alors de : Contrôler les entrées en nombre et en qualité ; et de Contrôler la facturation : vérification de la correspondance avec le bon de livraison ; ...

❖ La fonction « Stock »

Le but de la fonction stock est d'assurer la gestion des articles de l'entreprise dans le but de satisfaire, au moment opportun, la disponibilité et la délivrance de ceux-ci pour l'élaboration des produits.

❖ La fonction « Logistique »

Est relative à la production consiste à assurer le flux des matières premières et des encours de fabrication, en temps voulu et au moindre coût, pour les différentes unités de production et d'assemblage.

❖ La fonction « Ordonnancement-Lancement »

Est chargé de la planification des opérations. Son rôle consiste, en fonction de commandes clients prévisionnelles ou réelles et de la disponibilité des ressources, à : déterminer le calendrier prévisionnel de fabrication ; distribuer les documents nécessaires à la bonne exécution des fabrications (lancement en fabrication) et suivre l'exécution des fabrications (suivi de la production).

❖ La fonctions « Production »

Est l'opération de transformation de matières premières ou de composants en produits qui ont une valeur sur le marché, conformément à un processus de fabrication établi par la fonction « méthode ».

❖ La fonction « Maintenance »

Intègre l'ensemble des opérations exécutées dans le but de maintenir un système ou une partie du système dans un état de fonctionnement normal. Ces opérations comprennent non seulement l'entretien, mais aussi l'inspection

périodique de l'équipement, le remplacement systématique d'organes ou de parties d'organes, la réparation et la remise en marche après les pannes. On distingue divers types de maintenance : la maintenance corrective qui correspond aux réparations en urgence, en vue de corriger un dysfonctionnement ; la maintenance préventive qui se traduit par une inspection périodique du matériel ; la maintenance prédictive qui découle de calculs prévisionnels et permet essentiellement par des moyens statistiques, de prévoir les périodes d'apparence des pannes et d'en éliminer les causes avant que les problèmes n'apparaissent.

5.2. Gestion de production et aspect humain

L'influence technologique est dominante dans la fonction production mais le facteur humain dont dépendra toute la réussite du plan d'entreprise est fondamentale. Le système de production ne fonctionnera correctement qu'avec : des informations rapides et fiables, un respect rigoureux des consignes et procédures, des initiatives et réactions individuelles en cas d'anomalie ou d'écart par rapport à la prévision.

La gestion de la production ne peut jamais être l'affaire exclusive de quelques experts, mais au contraire, elle a besoin de la participation active de nombreuses personnes placées dans la plupart des secteurs de l'entreprise. Cette collaboration effective ne peut pas être obtenue dans un contexte de mauvais fonctionnement des relations de travail (climat social, ambiance, organisation du travail, ...). La gestion de la production doit- être mise en œuvre par des personnes motivées, réactives, responsabilisées et formées. L'organisation classique de la production était fondée sur la division du travail, la spécialisation des tâches, la centralisation des responsabilités. Ce type d'organisation cède de plus en plus la place à : des structures plus souples en petites équipes ; des individus, réalisant des tâches plus complexes et moins répétitives.

Cette restructuration du travail implique une **polyvalence** du personnel « *aptitude d'un salarié à occuper plusieurs postes de niveaux comparables* ». Ce qui nécessite la formation accrue du personnel. Le **rôle de la hiérarchie tend à évoluer vers plus d'animation et de conseil**, dans le but d'accroître la motivation de l'ensemble du personnel et ainsi améliorer la productivité, la qualité, la sécurité, ...

5.3. Les objectifs de la gestion de production

Le rôle d'un gestionnaire de production consiste à piloter et coordonner toutes les ressources (matériels, humaines et financières) d'une industrie conformément aux objectifs fixés par la direction dans un souci permanent de satisfaire les attentes des clients en termes de qualité, délai et coût.

Les objectifs de la GP peuvent être définis en une seule phrase : « *la gestion de production doit permettre de fabriquer des produits de qualité, au moindre coût, dans les délais minima, et d'adapter l'offre aux variations de la demande* ». Toute unité de production, doit arbitrer entre des objectifs contradictoires et résoudre (avec une urgence variable) un certain nombre de problème.

Exemples d'objectifs contradictoires : Les contraintes liées à l'interface fonction commerciale et fonction de production - Contrainte au niveau du temps :

Service commercial : les délais doivent être les plus courts possibles

Service fabrication : il faut du temps pour fabriquer des produits fortement différenciés, et il faut du temps pour fabriquer des produits de qualité.

« *La gestion de production est la fonction qui permet de réaliser les opérations de production en respectant les conditions de qualité, délai, coûts qui résultent des objectifs de l'entreprise.* ». (Blondel, 2005, p. 4). La gestion de la production cherchera donc à assurer l'équilibre entre : le taux d'emploi (Hommes + Machines = Ressources) et de satisfaction du personnel, le niveau des stocks et en-cours et les délais.

II. L'implantation des moyens de production

Gérer une production, cela consiste entre autres choses à organiser les flux physiques de produits au travers de moyens de production. Dans ce chapitre, nous aborderons l'organisation de ces moyens physiques sur la base d'une typologie de production en dissociant les grands types de production. Nous dégagerons les grandes lignes qui doivent guider l'industriel lors de la conception d'une unité moderne de production. Enfin, après avoir décrit les moyens d'analyse d'un système de production, nous étudierons les méthodes de résolution qui permettent d'améliorer son implantation et, ce faisant, sa réactivité.

1. Typologie de production

Chaque entreprise est unique par son organisation et par la spécificité des produits qu'elle fabrique. Cependant, on peut réaliser une classification des entreprises en fonction des critères suivants : les quantités fabriquées et répétitivité ; l'organisation des flux de production et la relation avec les clients. Ces critères ne sont pas exhaustifs.

- Une typologie de production est fondamentale, car elle conditionne le choix des méthodes de gestion de production les plus adaptées.
- Cette analyse est donc un préalable indispensable à tout projet de mise en place ou de restructuration d'une gestion de production.

1. 1. Classification en fonction de l'importance des séries et de la répétitivité

La première différence notable entre les entreprises concerne l'importance des productions. Les quantités lancées peuvent être : en production unitaire ; en production par petites séries ; en production par moyennes séries ; en production par grande série (production de masse). Pour chacune de ces quantités, lesancements peuvent être **répétitifs** ou **non**, ce qui interviendra également sur la typologie de l'entreprise.

	Lancements répétitifs	Lancements non répétitifs
Production unitaire	Moteur de fusée ; Pompes destinées au nucléaire	Travaux publics ; Moules pour presses
Petites et moyennes séries	Outillage ; Machines-outils	Sous-traitance (mécanique électronique) ; Préséries
Grandes séries	Électroménager ; Automobile	Journaux ; Articles de mode

Tableau 2. Classification Quantité/Répétitivité

Chacun de ces types de production nécessite un type de gestion particulier, mais aussi de procéder à une implantation adaptée des moyens de production.

1. 2. Classification selon l'organisation du flux de production

On distingue trois grands types de production, sachant que l'on pourrait trouver de nombreux types intermédiaires: production en continu ; production en discontinu ; production par projet.

1.2.1. Production en continue « production industrie de process »

Une production en continue est retenue lorsqu'on traite des quantités importantes d'un produit ou d'une famille de produit. Il s'agit d'un atelier à flux, appelé aussi « *flow shop* » par les collègues anglo-saxons. Dans ce type de production, les machines ou les installations sont dédiées au produit à fabriquer ce qui, en général, ne permet pas une grande flexibilité. Les installations sont généralement lourdes et très automatisées. La matière première subit divers traitement (physique, chimique, thermiques) en cascade. On transforme généralement une ressource naturelle reçue à l'état brut, en plusieurs produits finis dérivés.

Afin d'éviter de créer des goulots d'étranglement et de fluidiser l'écoulement des produits : l'équilibrage de la production de chacune des machines doit être fait et l'entretien préventif des machines est indispensable sous peine de risquer un arrêt total de l'atelier

Exemples : les raffineries de pétrole, les cimenteries, sucrerie, ...

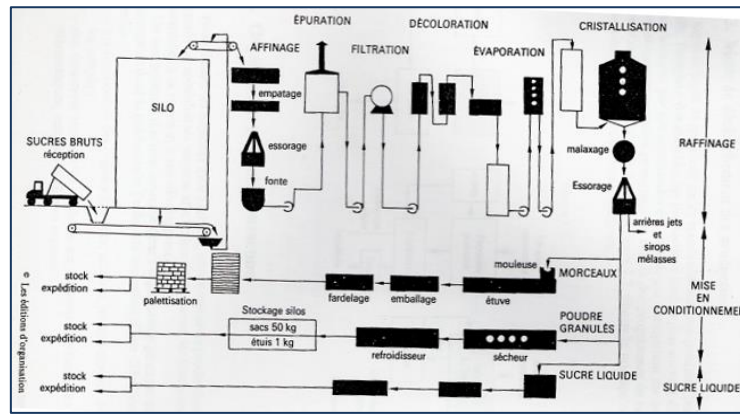


Figure 7. Production en continue : production du sucre en morceau, poudre granulée et sucre liquide

En règle générale, ce type de production est accompagné d'une automatisation poussée des processus de production ainsi que des systèmes de manutention. Cette automatisation est rendue nécessaire par le besoin d'obtenir des coûts de revient bas, un niveau de qualité élevé et stable, de n'avoir que très peu d'en-cours et d'obtenir une circulation rapide des produits. Elle contraint à procéder à un entretien préventif des machines sous peine de risquer un arrêt total de l'atelier.

1.2.2. Production en discontinue

La production en discontinue est retenue lorsque l'on traite des quantités relativement faibles de nombreux produits variés, réalisés à partir d'un parc machine à vocation générale (exemple : tours, fraiseuses, ...). L'implantation est réalisée par ateliers fonctionnels qui regroupent les machines en fonction de la tâche qu'elles exécutent (tournage, fraisage, ...).

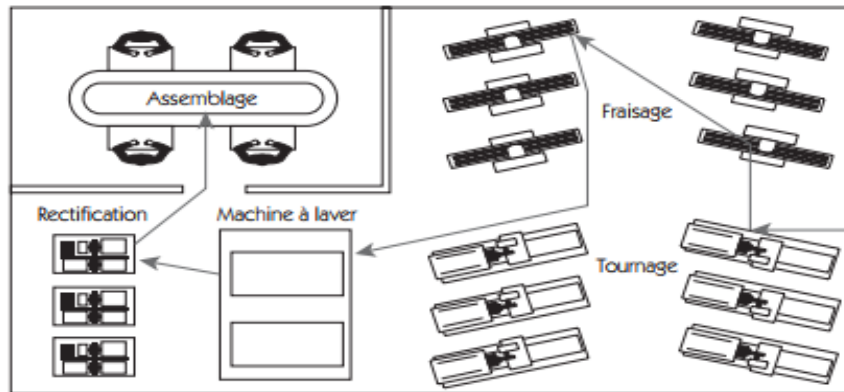


Figure 8. Production en discontinu

Le flux des produits est fonction de l'enchaînement des tâches à réaliser. On dit que l'on est en présence d'un atelier à tâches que nos collègues anglosaxons nomment « **job-shop** ». Dans ce type de production, les machines sont capables de réaliser un grand nombre de travaux ; elles ne sont pas spécifiques à un produit ce qui donne une grande flexibilité.

Exemples : Les industries mécaniques et les entreprises de confection.

1.2.3. Comparaison type continu et discontinu

Chaque type de production possède ses avantages et ses inconvénients. Aussi est-il intéressant d'étudier conjointement les deux typologies : continue et discontinue. On définit un indicateur « *le ratio d'efficacité du processus* » qui permet de déterminer le rapport entre le temps de présence d'un produit dans le système et le temps pendant lequel une valeur ajoutée a été apportée au produit. Ratio d'efficacité du processus (parfois appelé ratio de tension des flux) : **REP= Temps de travail effectif/ Temps total y compris les temps d'attente**

Lorsqu'on observe la figure ci-dessous, on s'aperçoit qu'il vaut mieux avoir à gérer des processus continus plutôt que des processus discontinus. Ne peut-on pas transformer un processus discontinu en un processus continu ? On peut considérer que la technologie de groupe (voir §6 de ce chapitre) permet d'adopter cette démarche. En voici la démonstration : on recherche, par exemple, à l'intérieur d'un atelier de mécanique (organisation discontinue) toutes les pièces qui ont la même gamme (ou une gamme similaire). On regroupe ensuite les machines en cellule de production dans laquelle on retrouve une organisation continue. On a bien transformé un processus discontinu en un processus continu.


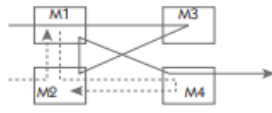
	Type continu	Type discontinu
Flux des produits	Flux linéaire 	Flux complexes 
Efficacité	REP moyen de 80 à 100 %	REP moyen de 5 à 30 %
Flexibilité	Lignes de production rigides	Lignes de production souples
Délais	Faibles	Longs
En-cours	Faibles	Importants

Figure 9. Comparaison type continu et discontinu

Ce regroupement présente principalement cet avantage d'augmenter le ratio d'efficacité et donc de diminuer les délais et les en-cours. Cependant, le revers de la médaille est constitué par la perte de souplesse introduite en figeant les machines dans la cellule de production. Dans une organisation classique, un tour, par exemple, est capable d'usiner la plupart des pièces tournées de l'atelier. Dans une organisation de type cellule flexible, il devient très difficile de faire exécuter au tour intégré à la cellule des pièces ayant des gammes différentes de celles retenues, ou on prend le risque de désorganiser la cellule. On notera le compromis difficile à trouver entre les deux solutions extrêmes suivantes :

- Une grande flexibilité mais une organisation complexe et une réactivité faible ;
- Une flexibilité plus faible, mais une organisation et une gestion considérablement allégées et une réactivité plus grande.

Lorsqu'on compare les différents types de production (continue, discontinue et par projet), on note une relation étroite entre le coût et le volume de production.

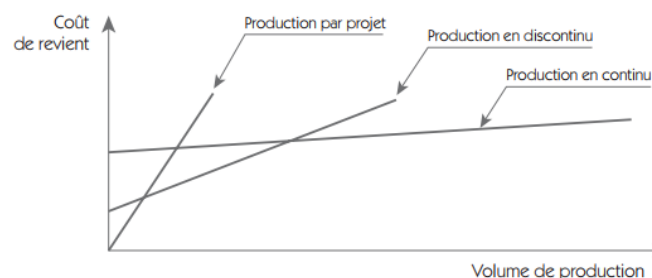


Figure 10. Relation entre le coût et le volume de production

Pour les faibles volumes, une production par projet sera plus avantageuse (fabrication d'une Formule 1). Si le volume augmente, on passera par la production en discontinu (fabrication d'une Ferrari) et, si les volumes deviennent très importants, on passera à la production en continu (fabrication d'une Twingo). Un des points épineux est le passage du fonctionnement en continu au fonctionnement en discontinu car ce dernier offre des avantages de flexibilité qu'il faut pouvoir conserver le plus longtemps possible.

1.2.4. Production par projet

Dans le cas de la production par projet, le produit est unique et le processus est unique et ne se renouvelle pas. Le principe d'une production par projet est donc d'enchaîner toutes les opérations conduisant à l'aboutissement du projet, en minimisant les temps morts afin de livrer le produit avec un délai minimal ou au moment convenu.

Exemples : organisation des jeux olympiques ; construction de barrage, ...

1. 3. Classification selon la relation avec le client

Dans la classification selon la relation avec le client, on distingue trois types de production et de vente : **vente sur stock** ; **production à la commande** et **assemblage à la commande**.

	Vente sur stock	Production à la commande	Assemblage à la commande
Caractéristiques	Le client achète des produits existant dans le stock créé par l'entreprise. Il faut alors produire à l'avance pour satisfaire le client en s'appuyant sur des prévisions. Pour produire en grande quantité et ainsi diminuer les coûts	N'est commencée que si l'on dispose d'un engagement ferme du client. On évite alors le stock de produits finis (sauf en cas d'annulation). Ce type de production est préférable au type de production sur stock, car il conduit à une diminution des stocks.	Ce type de production se situe entre les deux premiers. On fabrique sur stock des sous-ensembles standard. Ces sous-ensembles sont assemblés en fonction des commandes clients. Cette organisation permet de réduire de façon importante le délai entre la commande et la livraison d'un produit. En effet, le délai apparent est réduit à l'assemblage des sous-ensembles.
Exp.	Tirage d'un livre en 5000 exemplaires	Cas d'adoption : le délai de production est accepté par le client.	

Tableau 3. Classification selon la relation avec le client

Comparaison sur stock à la commande : Il est évident qu'une entreprise a tout intérêt à ne produire que ce qui est acheté. Pour cela, il faut que son délai de production soit inférieur au délai acceptable par le client.

Exemples de délai acceptable : boîte de petits pois, délai 0 ; cuisine équipée, délai 6 semaines ; automobile, délai 6 semaines.

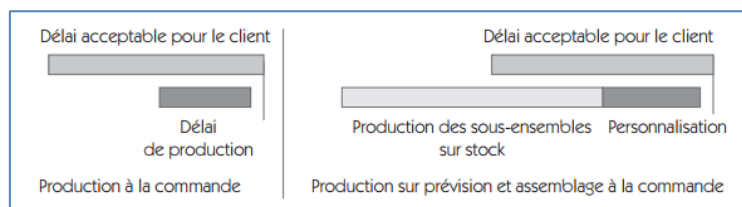


Figure 11. Relation délai/type de production

2. Différentes organisations de la production

2.1. Implantation en section homogène (ou atelier technologique)

Les machines ayant la même technique, ou les mêmes fonctions sont regroupées dans un même endroit. Le regroupement de machines peut s'effectuer selon certains critères. Exemple : **critère de capacité**.

Avantages	Inconvénients
Regroupement des métiers : les personnes travaillant dans un secteur sont des professionnels de ce type de machine. Ils peuvent facilement passer d'une machine à l'autre.	Flux complexes : dans ce type d'implantation, les flux sont complexes avec de nombreux points de rebroussement, d'accumulation.
Flexibilité : l'implantation est indépendante des gammes de fabrication, il est donc possible de fabriquer tous les types de produits utilisant les moyens de l'atelier sans perturber davantage le flux.	En-cours importants : c'est la conséquence logique de la complexité des flux. Ils se transforment nécessairement en délais de production importants.

Tableau 4. Avantages et inconvénients d'implantation en section homogène

2.2. Implantation en lignes de fabrication

Les machines sont placées en ligne dans l'ordre de la gamme de fabrication. N.B. La production type « process » est le cas extrême de production à flux linéaire.

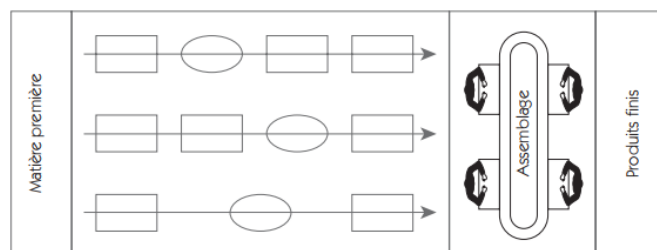


Figure 12. Implantation en ligne

Les machines sont placées en ligne dans l'ordre de la gamme de fabrication. Ce type d'implantation possède les avantages suivants : pas de point de rebroussement ; flux faciles à identifier. Cependant, l'implantation étant spécialisée pour un produit ou une famille de produits, la flexibilité de ce type d'implantation est extrêmement limitée.

2.3. Implantation en cellule de fabrication (ou îlot de production)

Les circuits de production faisaient passer des pièces d'un atelier à un autre ce qui générait des en-cours importants, des délais plus longs, une gestion plus complexe. Pourquoi ne pas simplifier les flux en regroupant les machines en îlots ? Ainsi naquit le concept de cellules ou d'îlots hétérogènes, associant plusieurs métiers à une famille de pièces. Il suffisait donc d'identifier ces familles et de calculer le nombre de machines (ou de postes) à **regrouper** en un même lieu, l'îlot. Une implantation en cellule est constituée de petits ateliers de production spécialisés pour réaliser entièrement un ensemble de pièces.

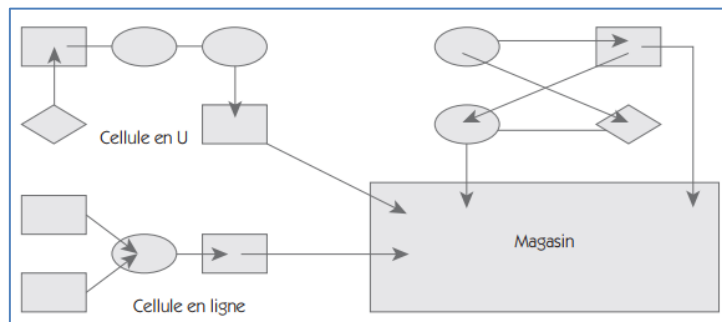


Figure 13. Implantation en cellule

Une implantation en cellule est constituée de petits ateliers de production spécialisés de façon à réaliser entièrement un ensemble de pièces. On appelle également ces cellules des îlots de production. C'est un compromis entre la ligne et l'implantation fonctionnelle. Ce type d'implantation permet de diminuer considérablement les stocks et le délai dans le cas des processus discontinus.

Aménagements d'une cellule : L'aménagement des cellules peut être très différent d'un cas à l'autre. La figure ci-après montre les principaux types d'aménagement.

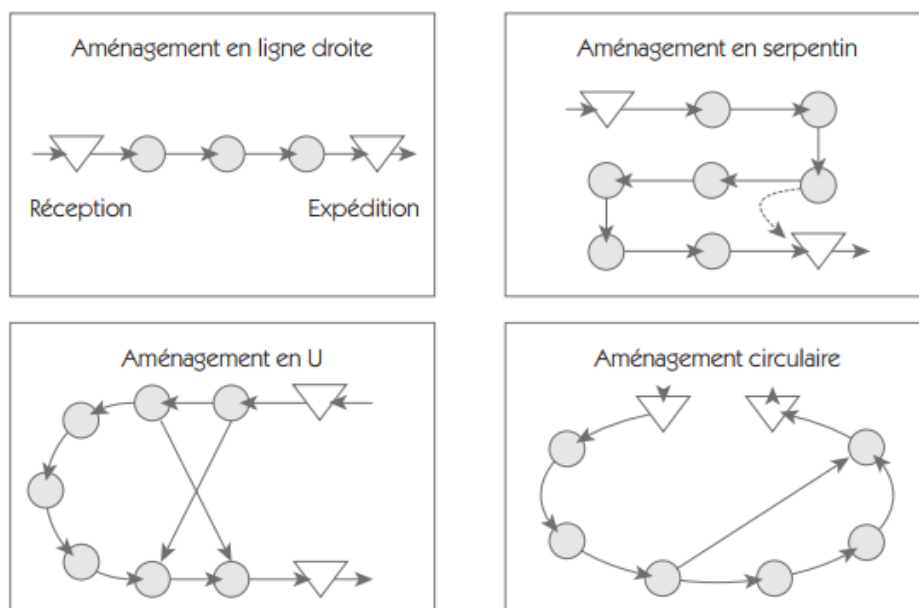


Figure 14. Les principaux aménagements de cellules

La cellule en U est extrêmement intéressante dans le cas de production de petite et moyenne série. Ses principaux avantages en sont :

- Communication importante entre les opérateurs situés à l'intérieur du U, ce qui permet d'anticiper l'apparition de problèmes.
- Facilité de faire passer de nombreuses gammes dans la cellule même si certaines machines ne sont pas utilisées.
- Facilité de faire varier la capacité de la ligne en faisant varier le nombre d'opérateurs. À la limite, un seul opérateur au centre peut faire fonctionner l'ensemble de la ligne à vitesse réduite.
- Unicité de la zone de déchargement des matières premières et de sortie des produits finis qui entraîne un gain dans le déplacement.

3. Conception d'une unité moderne de production

La conception d'une bonne implantation d'un système de production doit être guidée par quelques principes de base :

- Tout déplacement qui n'amène pas de valeur ajoutée à une pièce est un gaspillage ; il faut le supprimer dans la mesure du possible.
- Une pièce ne devrait jamais être déplacée deux fois sans apport de valeur ajoutée entre les déplacements.
- Une bonne implantation est une implantation dans laquelle le cheminement des pièces est évident.

3.1. Les problèmes des implantations en sections homogènes

Ce type d'implantation provient du modèle taylorien : faire exécuter des tâches répétitives très spécialisées au personnel de chaque secteur. En règle générale, ce type d'implantation a pour effet d'augmenter les trajets des matières et des produits. Les pièces passent par exemple par le secteur des tours, puis par le secteur des fraiseuses. Elles contournent nécessairement toutes les fraiseuses qui ne les concernent pas pour atteindre celle qui doit les traiter !

Les déplacements étant longs (donc coûteux), on cherche à les optimiser en utilisant la fabrication par lots. Ce type de fabrication entraîne des délais de production et des niveaux de stock élevés.

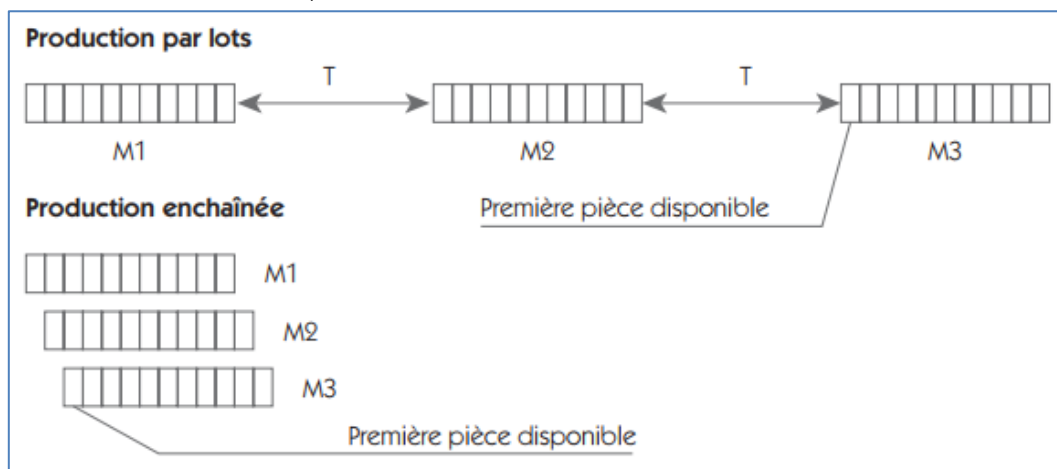


Figure 15. Différence lot par lot et enchaînée

La figure ci-dessus montre la différence que présente une production sans transport et enchaînée par rapport à une production par lots avec transport. Bien que théorique, ce schéma montre clairement la direction qu'il faut prendre : il faut fluidifier le trafic des pièces dans l'atelier. Cela consiste à :

- Enchaîner les opérations ;
- Supprimer les stocks intermédiaires ;
- Réduire au strict minimum les opérations de manutention ;
- Simplifier le flux des pièces ;
- Faciliter le suivi de production.

Pour cela, voici les grandes orientations que l'on doit prendre :

- La séparation des usines ;
- La séparation géographique des fabrications de produits différents ;
- La décentralisation des activités de stockage et d'expédition ;
- Le dédoublement de certaines machines.

3.2. La séparation des usines

Une usine présente souvent un mélange de plusieurs types de production. Or, comme nous l'avons déjà signalé, à chaque type de production correspond un type de gestion et un type d'implantation. Pour clarifier la situation, il ne faut pas hésiter à créer au sein de la même usine plusieurs « micro-usines » ayant chacune sa spécificité. Ainsi, schématiquement, les produits fabriqués en grandes séries pourront être implantés en ligne de fabrication, les séries moyennes en cellules, et on conservera l'implantation fonctionnelle pour les petites séries.

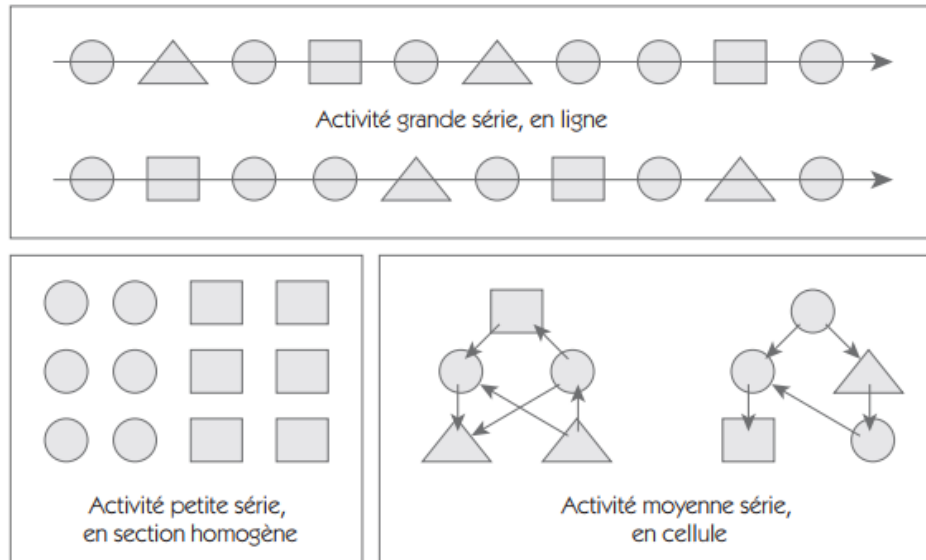


Figure 16. Séparation des usines

3.3. La séparation géographique des fabrications de produits différents

Cette méthode est couramment employée dans les entreprises qui font un type de produit unique dans des versions différentes. Prenons comme exemple une entreprise fabriquant des motoréducteurs pour volets roulants (figure ci-après). Les trois principales gammes de la production sont les gammes 40, 60, 80. Un motoréducteur est constitué de deux parties principales : la cage et le réducteur.

L'implantation traditionnelle consistait en trois ateliers distincts : Assemblage des cages ; Assemblage des moteurs et Assemblage des réducteurs.

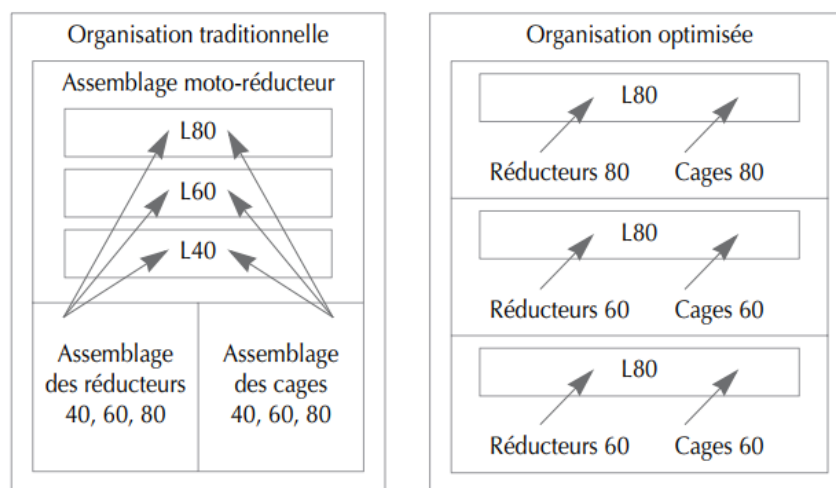


Figure 17. Séparation des produits

Dans ce type d'organisation, bien que le produit s'adapte bien à une typologie continue, nous retrouvons l'atelier à tâches : les motoréducteurs de type 60 devant contourner les machines prévues pour le type 40.

Une organisation plus rationnelle consiste à séparer les différents types de produits en créant trois sous-ensembles indépendants dans lesquels les machines sont mises en ligne.

Pour optimiser ce type d'implantation, il faut supprimer la traditionnelle séparation entre fabrication et montage. Le montage doit être en prise directe avec la fabrication.

3.4. La décentralisation des activités de stockage et d'expédition

Un déplacement est une dépense d'argent qui n'apporte aucune valeur ajoutée au produit. Or, la centralisation des activités de stockage, réception et expédition conduit souvent à des déplacements inutiles.

La figure ci-dessous montre l'amélioration de l'implantation d'une entreprise de production de moteurs électriques (gamme 5, 10, 30 kW). On a décentralisé la réception des matières premières en optant pour une réception par produits, et des points de réception directement dans l'atelier de fabrication. Afin d'obtenir cette décentralisation, il faut absolument mettre en place des structures d'accompagnement telles que de nouvelles relations avec les fournisseurs, un autocontrôle... La décentralisation des activités de réception s'accompagne donc nécessairement d'une politique d'assurance qualité.

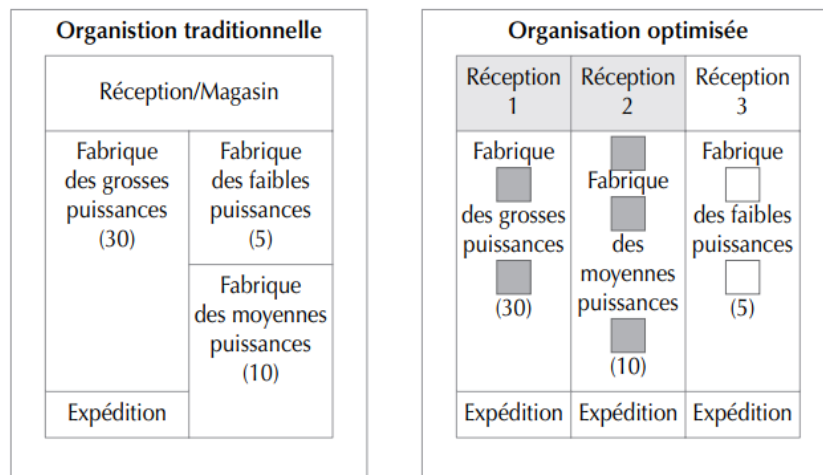


Figure 18. Décentralisation des activités de réception et d'expédition

3.5. Le dédoublement de certaines machines

Dans le cas de la figure ci-après, on note que la machine à laver est un point de passage obligé entre chaque étape de la fabrication. Il n'est donc pas possible de mettre en ligne les machines à cause de cette machine centrale. Il est parfois plus intéressant en termes de flux de disposer de plusieurs machines de faible capacité, plutôt qu'une machine de forte capacité. Le dédoublement des machines est parfois source de beaucoup de fluidité dans les ateliers de production.

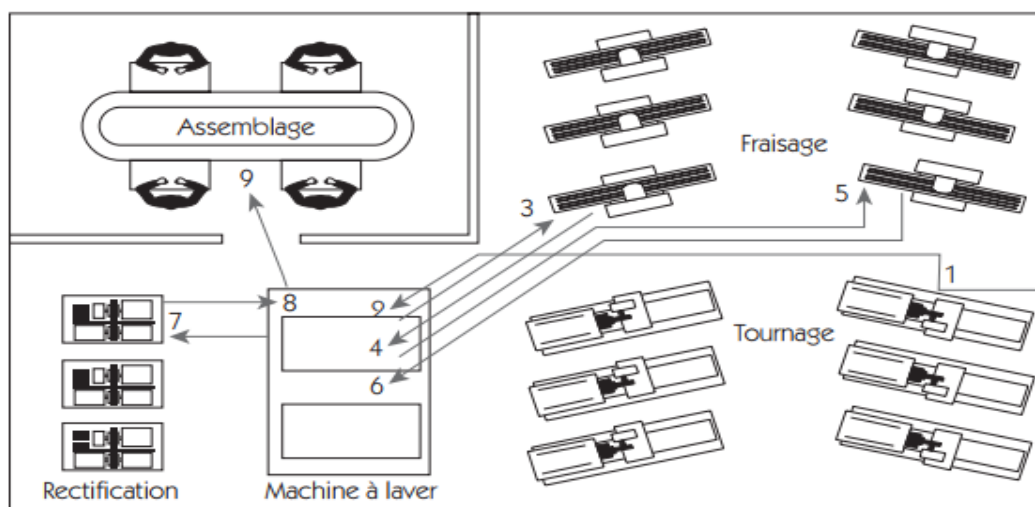


Figure 19. Le problème des machines qui concentrent les flux

4. Les méthodes d'analyse

4.1. Les documents à réunir

Un problème d'implantation est un problème complexe qui nécessite un grand nombre de données. Les informations nécessaires sont souvent dispersées et la première étape consiste à réunir l'ensemble des informations. En voici les éléments nécessaires :

- Les plans à l'échelle des locaux et des installations ;
- Le catalogue des objets fabriqués dans l'entreprise ;
- Les nomenclatures des produits ;
- Les gammes de fabrication des produits ;
- Le programme de fabrication de l'entreprise (quantités, cadences) ;
- Les caractéristiques des machines et des postes de fabrication ;
- Les caractéristiques des moyens de manutention.

La partie analyse d'un projet d'implantation consiste à mettre en forme ces informations pour bien comprendre les différentes contraintes relatives au projet. Les méthodes décrites ci-après ont toutes pour objectif de synthétiser les informations.

4.2. Le graphique de circulation

Ce graphique consiste à représenter sur un plan les différents flux par différentes couleurs. Il est à la base de toute démarche d'implantation. Plusieurs versions de ce graphique peuvent être réalisées :

- Plan papier avec flux au crayon ;
- Plan mural avec flux représentés par des ficelles de différentes couleurs fixées par des épingles ;
- Plan informatique CAO Multicouche ou logiciel spécifique à l'implantation¹.

Les deux dernières représentations sont préférables à la première en ceci qu'elles permettent de modifier plus aisément les flux. Ce diagramme permet de visualiser :

- La longueur des circuits ;
- La complexité des flux ;
- La logique de l'implantation ;
- Les lieux de stockage ;
- Les points de rebroussement ;
- Les déplacements inutiles ou trop longs ;
- L'importance des manutentions.

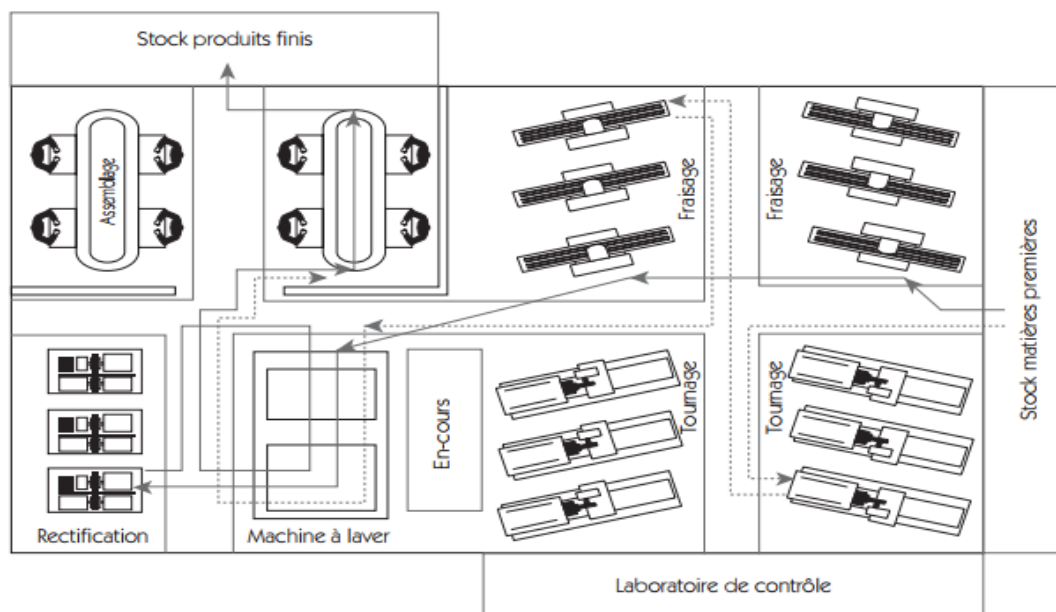


Figure 20. Graphique de circulation

¹ Voir notamment le logiciel IMPACT, logiciel d'implantation de sites de production,

4.3. Le schéma opératoire

Il permet de schématiser la suite des opérations nécessaires pour fabriquer un produit. Ce schéma a pour principe de décomposer les processus opératoires en cinq éléments :

Opérations	Symbole
Opération ou transformation qui apporte de la valeur ajoutée	
Transport ou manutention	
Stockage avec opération d'entrée/sortie	
Stocks tampons	
Contrôles	
Les opérations en autocontrôle : Combinaison de production de VA et contrôle :	
La couleur rend le schéma plus parlant. <i>Production de valeur ajoutée = Vert ; Transport = Bleu ; Stock = Orange ; Contrôle = Rouge.</i>	

Tableau 5. Moyens pour élaborer un schéma opératoire

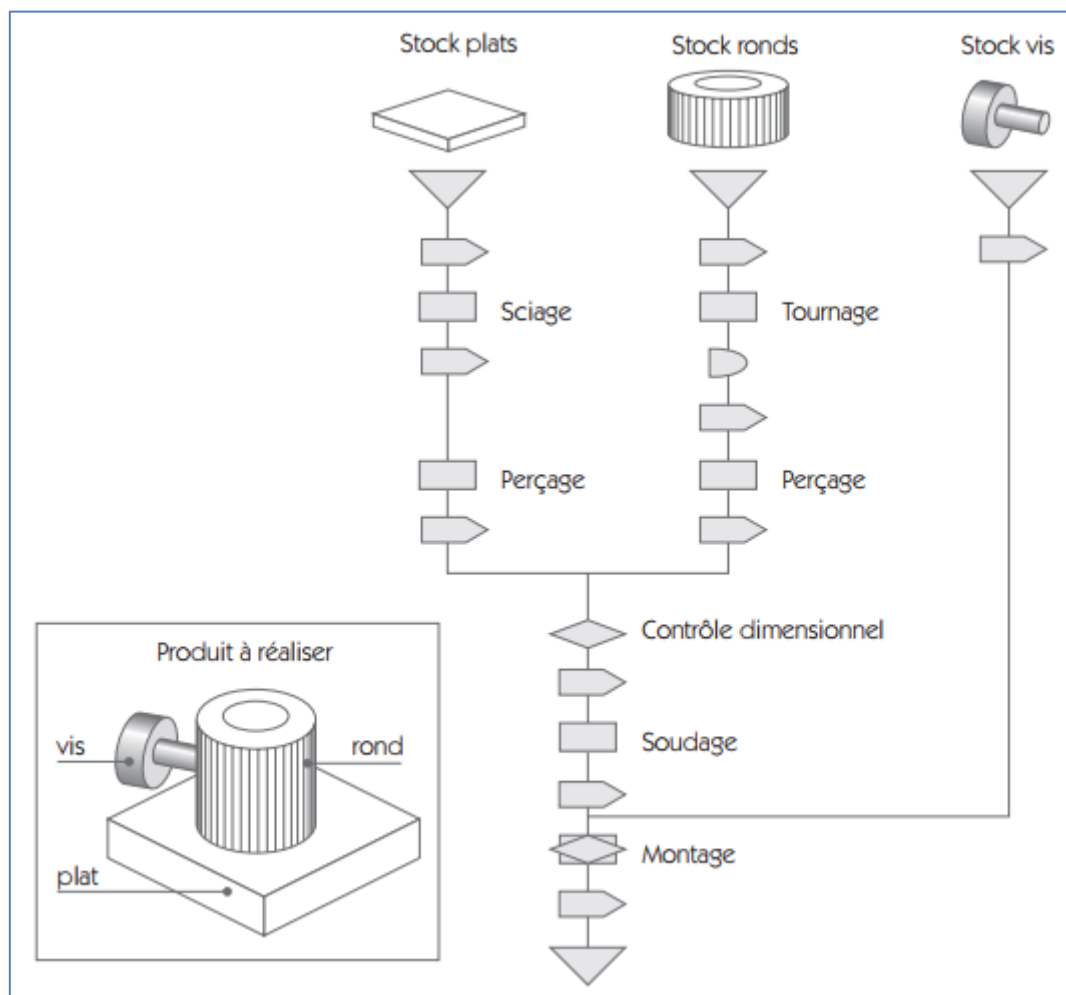


Figure 21. Exemple de schéma opératoire

Ce schéma n'indique pas d'informations quantitatives de type distance, quantité, temps. Il synthétise les trajets et permet de visualiser l'importance des opérations sans valeur ajoutée par rapport aux opérations avec valeur ajoutée. Toutes les opérations sans valeur ajoutée sont parfois représentées en rouge. Elles représentent des sources de productivité si on arrive à les supprimer.

4.4. Analyse de déroulement

L'analyse de déroulement est plus précise que le schéma opératoire. Elle se focalise sur la fabrication d'un produit. En plus de la description des opérations, on trouve les informations de distance, temps, quantité, poids. Ce tableau est souvent utilisé pour comparer plusieurs solutions.

					Distance	Temps	Quantité	Poids	Déroulement
									sortie magasin
					70 m	0,3 h	1000	25 kg	vers sciage
						0,12 h/p			sciage
					10 m	0,1 h	50	1,25 kg	vers perçage
						0,06 h/p			perçage
					5 m	0,1 h	50	1,25 kg	vers contrôle
1	3	3	0	0	85 m				

Tableau 6. Analyse de déroulement via une application de fabrication du plat

4.5. Le plan coloré

Le plan coloré consiste à représenter sur un plan les différentes zones de l'entreprise afin de montrer leurs importances respectives. En général, on différencie quatre types de zone :

- En vert, les zones où il y a apport de valeur ajoutée, c'est-à-dire principalement les zones de production ;
- En orange, les zones de stockage, magasins et en-cours ;
- En bleu, les zones de transport, allées, quai de chargement ;
- En rouge, les zones de non-qualité, zone de rebut, attente pour retouche.

Ce schéma, très didactique, montre clairement le ratio entre les zones apportant de la valeur ajoutée et les autres. Les améliorations à apporter apparaissent clairement. Ce plan est parfois astucieusement appelé le plan « VOIR » à cause des quatre couleurs utilisées (Vert, Orange, Indigo, Rouge)

5. Les méthodes de résolution

5.1. La logique et les méthodes

L'implantation des moyens de production doit être établie en respectant une logique qui permet de bien séparer les usines.

- ▶ Identifier parmi l'ensemble des moyens de production des îlots de production le plus indépendants possible.
- ▶ Implanter chaque îlot repéré, en suivant la démarche suivante :
 - Rechercher une implantation linéaire ;
 - À défaut, rapprocher les machines entre lesquelles circule un trafic important ;
 - À défaut, implanter l'îlot en section homogène.



Figure 22. Étapes de résolution

5.2. Recherche des îlots de production

La recherche des îlots de production parmi l'ensemble des gammes de l'entreprise a suscité de nombreux travaux dont notamment ceux de Kuziack et de King. Nous présentons dans ce paragraphe la méthode de Kuziack.

▶ Méthode de King

La méthode de King est plus rigoureuse que la méthode de Kuziack. Cependant, son traitement sur le papier n'est pas très adapté. Pour utiliser cette méthode, il est indispensable de disposer d'un tableur ou d'un logiciel spécifique tel qu'IMPACT.

5.3. Méthode de mise en ligne

Après avoir identifié les îlots de production indépendants, il faut procéder à l'implantation de chaque îlot. L'implantation idéale doit suivre le plus possible la gamme de fabrication. C'est pour cela que l'on cherchera autant que faire se peut à mettre en ligne les machines. Cela peut se faire de multiples façons. Nous présenterons deux méthodes : la méthode des antériorités et la méthode des rangs moyens.

5.4. Optimisation – Méthode des chaînons

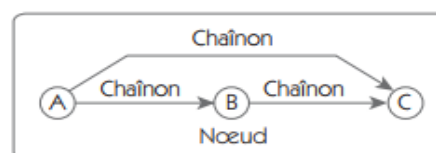
La méthode des chaînons est certainement la méthode la plus connue pour implanter les ateliers de production, afin de :

- Minimiser les manutentions dans un atelier à tâches ;
- Rapprocher les machines qui sont le plus en relations.

À préciser qu'un chaînon renvoie à la trajectoire de manutention réunissant les postes de travail successifs. De même, le nœud est un poste de travail d'où émane(nt) un (ou plusieurs) chaînon(s).

Exemples :

- ▶ Soient deux produits P1 et P2
- ▶ Gamme de P1 : A, B, C
- ▶ Gamme de P2 : A, C



Le chaînon entre A et B indique que A est en relation avec B dans une gamme de fabrication. Il y a donc transfert de produits de A vers B.

6. Technologie de groupe

Nous venons de présenter les méthodes d'implantation d'atelier. Cependant, la philosophie de regroupement qui prévaut dans les techniques d'implantation peut être généralisée à l'ensemble des secteurs de l'entreprise. C'est l'objectif de la technologie de groupe qui propose par un codage spécial de rassembler les produits à forte similitude dans des familles, et ce, dès la conception.

6.1. Pourquoi la technologie de groupe

Nous avons vu que l'on établit une première distinction entre les types de production à partir de la taille des séries. Les grandes et les petites séries sont très différentes du point de vue de l'organisation de leur production. Schématiquement, pour les grandes séries, on a :

- Une organisation assez aisée de la production ;
- Une préparation du travail très poussée ;

Pour les moyennes et petites séries :

- Une préparation du travail succincte ;
- De nombreux lots en lancement

Il est évident que l'organisation d'une production en grandes séries est plus aisée que dans le cas des petites séries. Or, l'analyse des différentes entreprises sur le marché montre que plus de 75 % des types de pièces sont fabriqués en séries de moins de 50 unités.

L'idée de la technologie de groupe consiste à rechercher des regroupements de pièces dans le cas des petites et moyennes séries qui permettent de bénéficier dans ce type de production des facilités de gestion des productions en grandes séries. Pour faciliter ce regroupement, il faut rechercher une méthode qui permette de :

- Regrouper les pièces présentant des analogies ;
- Éviter d'étudier deux fois de suite la même pièce ;

- Diminuer les coûts d'outillage.

6.2. Systèmes de classification

Le regroupement des pièces par famille est souvent réalisé par codage des produits sur un critère morphodimensionnel. Les principes généralement retenus pour ce codage sont les suivants :

- Systèmes de classification fondés sur des familles de pièces apparentes, généralement Définis par leurs fonctions (arbres, carters, vilebrequins, rouleaux) ;
- Systèmes de classification fondés sur une codification universelle ;
- Système de classification à partir d'un code adapté à l'entreprise.

Les deux systèmes de classement morphodimensionnel les plus connus sont les systèmes OPITZ et CETIM PMG pour les pièces de mécanique générale. Tous deux reposent sur un système de codification analytique comme la grande majorité des classements présents sur le marché.

Le système du CETIM

À titre d'exemple, nous allons voir de façon succincte le principe du système de codification proposé par le CETIM. Il utilise une codification morphodimensionnelle adaptée à chaque entreprise en fonction de ses problèmes et de son contexte. Une pièce est codée selon :

- Le type de pièce ;
- La classe de dimension ;
- Les éléments de forme additionnelle d'usinage.

Le principe de la classification est donc simple : à chaque nouvelle pièce, on attribue un code en fonction des critères venant d'être énumérés, et on compare la pièce à toutes celles qui ont un code similaire (figure 2.28).

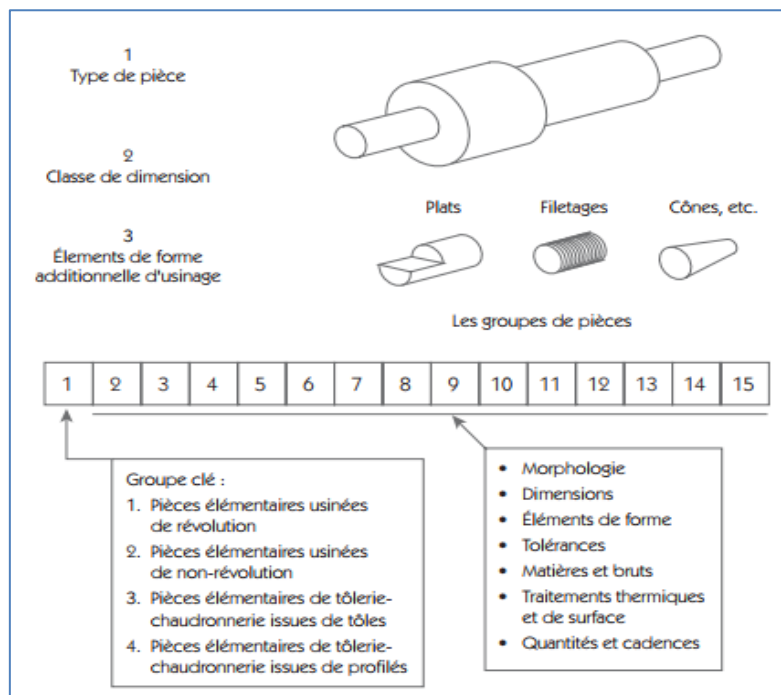


Figure 23. Codification du CETIM

Remarque : bien qu'un système de codification analytique soit parfaitement adapté à la classification morphodimensionnelle des pièces, le système reste quand même limité. En effet, dans la codification CETIM par exemple, les matières sont codées par un chiffre ; il est donc impossible de différencier plus de 10 matières différentes. Le même problème se pose dans une entreprise qui travaille principalement des métaux et qui les remplace progressivement par des plastiques techniques.

III. Fonctions, documents et données techniques

La gestion de la production a pour objet la maîtrise des flux physiques. Pour ce faire, elle s'appuie sur un système d'information (SI) qui donne une image virtuelle de la réalité physique de l'entreprise. Tout système d'information doit, d'une part, fournir aux gestionnaires l'information nécessaire à leurs tâches, d'autre part, alimenter le système d'aide à la décision (SIAD) qui donne aux dirigeants une vue d'ensemble sur le fonctionnement de l'organisme, sa position par rapport aux objectifs, ainsi que sur les principaux risques. La maîtrise du flux physique, but de la gestion de la production, ne pourra être effective qu'en maîtrisant le flux informationnel. La gestion de la production est donc une fonction de l'entreprise en perpétuelle communication avec toutes les autres fonctions. Cette communication s'établit bien sûr au travers de relations directes entre les individus, mais aussi au moyen d'informations et de documents qui supportent les données techniques.

Les données nécessaires pour gérer la production sont de plusieurs types :

- Des données décrivant les produits et leurs composants, la manière de les fabriquer, les ressources humaines et matérielles internes à l'entreprise ou externes à l'entreprise (clients, fournisseurs). Ces données sont relativement stables et n'évoluent qu'à la création ou à la modification des produits, des processus ou des ressources.
- Des données nécessaires à l'accompagnement de l'activité de production, conduisant aux lancements de fabrication, aux commandes adressées aux fournisseurs... Ces données évoluent en permanence avec l'activité de l'entreprise.
- Des données résultant de l'activité passée. On peut ainsi contrôler et analyser cette activité et affiner les données stockées.

Toutes ces données techniques sont fondamentales, car elles renferment le savoir-faire et la mémoire de l'entreprise. Même une minuscule entreprise a toujours des données techniques qui, éventuellement, ne sont pas formalisées et qui figurent dans un petit carnet ou dans la tête du patron et du personnel !

En retraçant chronologiquement l'histoire d'un produit, nous rencontrons les fonctions suivantes :

- La fonction Marketing qui établit le cahier des charges des produits à développer en fonction des analyses prospectives.
- La fonction Études dont le but est la mise au point de produits nouveaux et l'amélioration des produits existants en vue de leur production par l'entreprise.
- La fonction Méthodes qui va permettre l'industrialisation et se trouve à la charnière entre la conception et la réalisation des produits.
- La fonction Production dont le but est de fabriquer et assembler les produits que l'entreprise vendra.
- La fonction Commerciale qui est chargée de vendre les produits, ce qui impliquera, outre la distribution des produits, des aspects de marketing et de prévisions des ventes.

Nous allons décrire succinctement les fonctions de l'entreprise qui créent des documents, supports de données techniques, en amont de la gestion de production. Il ne s'agira pas d'établir un panorama exhaustif, mais avant tout de présenter les données utiles pour la gestion de la production.

1. Fonctions et documents

1.1. Fonction Études et documents techniques

Pour être performante, une entreprise doit innover sans cesse. Sous la pression des clients et de la concurrence, les produits ont une durée de vie (présence au catalogue) de plus en plus courte et il faut donc que l'entreprise se remette continuellement en cause. On estime qu'une entreprise qui veut assurer son avenir doit réaliser 40 % de son chiffre d'affaires avec des produits nouveaux. Cette fonction est généralement remplie par le bureau d'études et les services recherche et développement lorsqu'ils existent.

À cette fonction incombe le souci permanent d'étudier chaque produit ainsi que chacun de ses éléments dans une optique de fonctionnalité, de fiabilité et de maintenance aisée. Elle doit également y intégrer les innovations techniques, mais avec une idée de standardisation et de facilité de production propre à la philosophie de production au plus juste. La conception d'un produit- on le voit immédiatement – ne peut se faire dans l'isolement du bureau d'études sans collaboration avec les autres fonctions.

La collaboration s'instaurera tout d'abord avec le marketing, afin de répondre à l'attente de clients. Cette attente peut être explicite ou traduire un besoin non exprimé qu'il faudra mettre en évidence. Le passé récent regorge d'exemples de ce type : baladeur MP3, imagerie numérique, communications portables, nouveaux plats cuisinés...

Une collaboration avec les services techniques et la production est indispensable pour des techniques particulières (injection plastique, fonderie...) et dans tous les cas requis afin de concevoir rapidement des produits faciles à fabriquer. Aujourd'hui, le cycle d'étude et de mise au point des produits doit être de plus en plus court et seule une collaboration étroite avec les services méthodes et production dès la conception le permet. Hier, il fallait cinq ans pour étudier et mettre au point une nouvelle fixation de ski, aujourd'hui, il faut deux ans, demain un an suffira.

L'ensemble des informations relatives à la conception d'un produit et aux différentes évolutions qu'il subira tout au long de son utilisation doit être formalisé par des documents. Ces derniers peuvent prendre la forme papier, mais ils sont de plus en plus directement traités sous la forme numérique.

Ils sont judicieusement gérés par des outils informatiques spécifiques, les SGDT (Système de gestion des données techniques).

Documents en entrée : le document type en entrée fourni par le marketing est le cahier des charges. Il explicite les fonctions et caractéristiques techniques du produit à concevoir. Il permet également de spécifier les conditions d'emploi et les quantités à réaliser, c'est-à-dire les particularités permettant d'effectuer les choix techniques.

Documents en sortie : le plan d'ensemble ou dessin d'ensemble définit le produit dessiné tel qu'il se présentera devant le client avec une nomenclature des constituants de base du produit.

Le plan de détail ou dessin de définition explicite toutes les données nécessaires à l'exécution d'une pièce ou partie d'un ensemble. Il contient toutes les spécifications géométriques, d'état de surface, de traitements spéciaux... Il constitue une annexe au plan d'ensemble.

La nomenclature de bureau d'études donne chaque élément constituant le produit, identifié et décrit de façon sommaire. Nous verrons comment se situe la nomenclature de gestion de production par rapport à celle-ci. Les articles constituant l'ensemble produit doivent être identifiés. Il peut s'agir d'articles déjà existants, donc possédant un code ou des articles nouveaux pour lesquels il faudra créer un code.

1.2. Fonction Méthodes et documents techniques

La fonction Méthodes a pour finalité de permettre de passer d'un plan ou d'une idée à un produit et même le plus souvent à des milliers de produits. Il s'agit du stade de l'industrialisation du produit. Nous évoquons là la différence fondamentale entre artisanat et industrie. Dans le premier cas, deux produits ne sont jamais totalement identiques, ce qui fait la richesse du produit artisanal. En revanche, l'industriel doit être capable de reproduire facilement et d'une manière économique de nombreuses fois un produit. L'industrialisation doit expliciter la manière d'y procéder en limitant la dispersion entre deux produits.

Outre ces objectifs techniques et économiques, la fonction Méthodes a des objectifs humains. En effet, la réalisation des processus et la conception des postes de travail, notamment leur ergonomie, pourront conduire à des postes pour opérateurs « pensants », sollicitant leur réflexion et pas seulement leurs muscles.

À court terme, la fonction Méthodes effectue la préparation technique du travail de production : définition et mise à jour des gammes, dessin et étude de pièces et outillages nécessaires, tenue des fichiers outillage, machines, coûts par poste... À moyen terme, son rôle comprend l'amélioration des procédés, la simplification des produits et de leur fabrication, l'amélioration des postes de travail et de leur implantation. À plus long terme, afin de conserver ou d'obtenir une avance sur la concurrence, elle est amenée à définir les moyens nécessaires à la réalisation des nouveaux produits, à apporter des innovations dans les procédés existants, à analyser et chiffrer les investissements nécessaires.

Documents en entrée : pour effectuer sa tâche, la fonction Méthodes utilise les documents produits par la fonction Études (plans, nomenclatures, articles), les données technologiques existantes, notamment en matière de moyens de production (personnel qualifié et machines), et les procédés connus.

Documents en sortie : la fonction Méthodes va élaborer les gammes. La gamme définit la succession des opérations à effectuer comme le fait une recette de cuisine. Il s'agit donc d'une suite ordonnée des différentes phases d'un processus. Une gamme peut être définie pour tout type de travail (fabrication, usinage, assemblage, contrôle et même manutention pour des pièces difficiles à déplacer ou à positionner).

Le management des connaissances de l'entreprise (KM = Knowledge Management) demande également au service Méthodes la génération de nombreux documents supports de production permettant de garantir la performance au travers des cinq critères : qualité, délais, coûts, sécurité, environnement, tels que :

- Fiche de poste décrivant les opérations à réaliser ;
- Instructions de poste décrivant la procédure d'utilisation d'un moyen ;
- Gestion de la maintenance préventive ;
- Gestion des données de sécurité. etc.

1.3. Fonction Gestion de production et documents techniques

La fonction Gestion de production, largement développée dans cet ouvrage, se trouve à l'interface de très nombreux processus de l'entreprise. Elle manipule de nombreuses informations et produit également plusieurs documents :

- Le dossier de fabrication accompagne les produits au cours de leur évolution dans l'atelier.
- Le bon de travail décrit le travail à réaliser sur un poste donné. Il reproduit le libellé et le mode opératoire de la phase considérée de la gamme. Il sert aux suivis technique (retour d'information) et administratif (comptabilité analytique).
- La fiche suiveuse, comme son nom l'indique, suit les pièces d'un lot en fabrication. Elle va récapituler l'historique de la réalisation des pièces et donner un compte rendu d'exécution des différentes phases.
- Le bon de sortie de magasin permet d'obtenir les matières et composants nécessaires à la production en indiquant les qualités et quantités à délivrer par le magasin.

2. Généralité sur les données techniques

On peut regrouper les données nécessaires à la gestion d'une production en trois familles :

- Les données de base décrivant le système de production et les produits (fichiers article, nomenclatures, postes de charge, gammes, outillages et fichiers fournisseurs, clients et sous-traitants) ;
- Les données d'activité évoluant avec l'activité de l'entreprise (stock, et en-cours, commandes clients, lancement et suivi des ordres de fabrication, ...) ;
- Les données historiques, résultant de l'activité passée (coût de revient, livraisons, historique des mouvements des stocks, ...).

2.1. Les données de description de l'entreprise

Les articles et les stocks

Articles : C'est un objet manufacturé clairement identifiable dans l'entreprise. Il peut s'agir : matières premières, pièces et composants achetés, sous-ensembles fabriqués à différents stades de la fabrication, produits finis.

Chaque article doit être décrit de façon très précise pour qu'il n'y ait pas d'ambiguïté lorsque l'on sélectionne un code article.

Stocks : est alors l'ensemble des articles détenus par l'entreprise. Suivant la nature des articles qui constituent le stock, celui-ci prendra plusieurs appellations : Stock de matières premières et de composants, stock de produits finis, stock d'en-cours de fabrication, stock de pièces de rechange, stock de pièces de maintenance, stock d'outils et d'outillages, ...

Les moyens de production

Moyen de production : est une machine, équipement ou endroit aménagé spécifiquement où peut être exécutée une opération donnée.

Poste de travail : est un moyen de production apte à exécuter une tâche. Il est composé d'un moyen de production et de l'(des opérateur (s) nécessaires à son fonctionnement. Il peut être fixe ou mobile.

Poste de charge : est une unité opérationnelle de base que l'entreprise a décidé de gérer. En général, le poste de charge résultera de la combinaison de plusieurs postes de travail associés pour réaliser une action de production déterminée. Ainsi, selon le cas, le poste de charge peut être une machine, ou un groupe de machines, un ou plusieurs opérateurs, une association machine(s)-opérateur(s), un atelier, ...

Les données des postes de charge

Les données d'un enregistrement poste de charge contiennent :

- ▶ La référence du poste de charge est normalement un code structuré ou un ensemble de codes définissant la section, la sous-section et le poste, ou la machine.
- ▶ La désignation du poste de charge, c'est-à-dire son appellation ;
- ▶ L'indication de la nature du poste (machine, main-d'œuvre ou mixte) ;
- ▶ La capacité du poste de charge : le poste de remplacement qui permet de réorienter la production vers ce poste en cas de surcharge ou d'indisponibilité ;
- ▶ Les données pour le calcul des coûts

Le fichier des postes de charge sera utilisé pour déterminer les capacités disponibles et les coûts de revient.

Le calendrier industriel : détermine l'espace total de temps sur lequel l'entreprise organise ses prévisions de fabrication. Le calendrier industriel est obtenu par superposition de différents calendriers existants dans l'entreprise :

- ▶ Au niveau de l'entreprise (le calendrier général hebdomadaire indique les jours et heures d'ouverture « normaux » de l'entreprise auquel on associe un calendrier général exceptionnel qui indique les exceptions d'ouverture comme les jours fériés, ...).
- ▶ Au niveau des postes de travail (le calendrier hebdomadaire par poste indiquant les écarts par rapport au calendrier usine et indiquant les capacités de chaque poste).
- ▶ Au niveau des opérateurs (le calendrier exceptionnel par opérateur indiquant en plus de ses horaires « normaux de travail », les périodes d'absence de chaque opérateur).

2.2. Les données de description du produit à fabriquer

Le cahier des charges : est établi par le client dans le cas d'une fabrication « à la commande » ou par l'entreprise dans le cas d'une fabrication « sur stock ». Le cahier des charges explicite : les caractéristiques techniques du produit à concevoir et les quantités à réaliser.

Les plans

Plan de conception (ou plan d'ensemble) : est un document créé dans la fonction « Etudes » représentant la vision du produit à réaliser conformément au cahier des charges. Il sera le document de référence des fonctions « Etudes », « Méthodes » et « Production (ou fabrication) ».

Plan d'exécution : ce type de plan est créé dans la fonction « industrialisation ». Il est utilisé principalement par les fonctions « Méthode » et « Fabrication ». Il permet la réalisation de la pièce en question en explicitant les caractéristiques des ébauches et en donnant toutes les dimensions de détail.

Plan de détail : ce type de plan, créé dans la fonction « industrialisation », est utilisé principalement par les fonctions « Méthode » et « Fabrication ». S'il existe, ce plan est subordonné à un plan d'ensemble ou d'exécution et explicite toutes les données nécessaires à l'exécution d'une pièce ou partie d'un ensemble.

La logique de fabrication : représentant l'enchaînement des opérations ou des tâches, macroscopiquement.

Les nomenclatures : une nomenclature est une liste hiérarchisée et quantifiée des articles entrant dans la composition d'un article-parent. L'article-parent est le composé, les autres étant les composants. On appelle lien de nomenclature, l'ensemble composé-composant. Chaque lien est caractérisé par un coefficient indiquant la quantité de composant dans le composé. Ce coefficient peut être entier ou non. Une nomenclature est un ensemble de liens (voir ci-après).

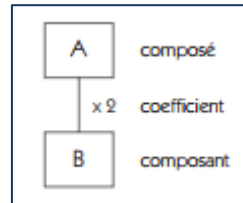


Figure 24. Lien de nomenclature

Considérons la valise de la figure ci-après. Sa représentation par une nomenclature arborescente est illustrée ci-dessous.

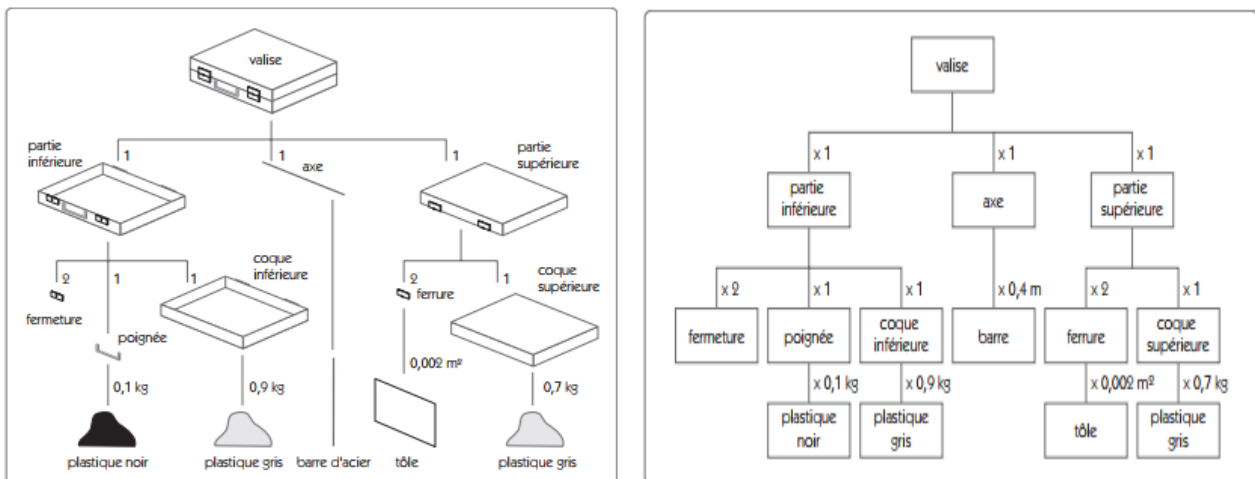


Figure 25. Vue éclatée d'une valise et sa nomenclature arborescente

Une nomenclature comprend plusieurs niveaux. Par convention, on attribue aux produits finis le niveau 0. À chaque décomposition, on passe du niveau n au niveau $n + 1$. Nous pouvons distinguer quatre niveaux de la nomenclature de la valise : **Niveau 0** : valise ; **Niveau 1** : partie inférieure, axe, partie supérieure ; **Niveau 2** : fermeture, poignée, coque inférieure, barre, ferrure, coque supérieure ; **Niveau 3** : plastique noir, plastique gris, tôle.

Structure des produits et nomenclatures : les nomenclatures des produits finis peuvent se présenter sous quatre formes :

► **Structure convergente**

Faible diversité des produits finis mais de nombreux composants, ont une structure **convergente**. Le nombre de niveaux de nomenclature est fonction de la complexité du produit fini. Ce type de structure se retrouve dans la fabrication de circuits électroniques ou d'ensembles de mécanique générale.



Figure 26. Structure convergente

Structure divergente : dans certains cas, un nombre réduit de matières premières ou même une seule conduisent à une grande variété de produits finis. Nous avons alors une structure divergente. C'est le cas notamment de l'industrie laitière ou l'industrie pétrolière.

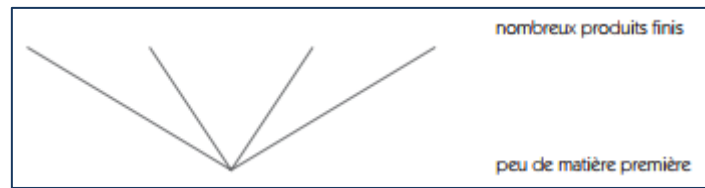


Figure 27. Structure divergente

Structure à point de regroupement : Certaines entreprises incorporent des sous-ensembles standards pour constituer de nombreux produits finis. Ces sous-ensembles comportent souvent eux-mêmes un grand nombre de composants de base. Il s'agit de structure à point de regroupement. Le plus souvent, les gestions des deux parties seront différentes :

- ▶ Gestion sur stock à partir de prévisions de la demande pour la partie conduisant aux sous-ensembles ;
- ▶ Assemblage à la commande des produits finis.

C'est le cas typique de l'industrie automobile où les options de motorisation, de freinage, de direction, ...sont installées à la demande.

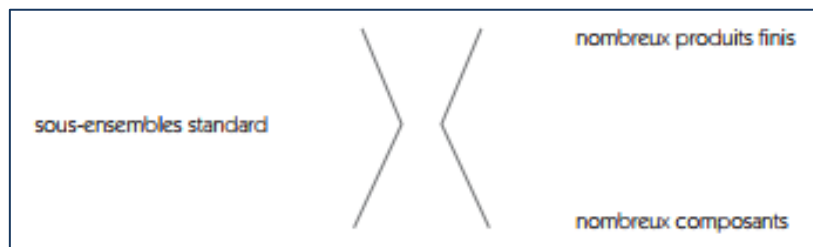


Figure 28. Structure à points de regroupement

Structure parallèle : quand une entreprise a peu de produits et peu de matières premières, il s'agit de structures parallèles.

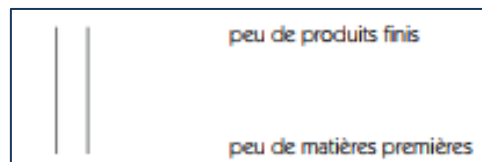


Figure 29. Structure parallèle

Différentes nomenclatures : d'étude, de fabrication ou d'approvisionnement

La nomenclature d'étude : Lorsque la décision de création ou de fabrication d'un produit a été prise, le bureau d'étude définit les plans et une nomenclature d'étude, qui décompose le produit.

- ▶ Cette décomposition ne prend pas en compte les contraintes de fabrication.
- ▶ Ce type de nomenclature est moins complexe et moins complète que la nomenclature de fabrication.

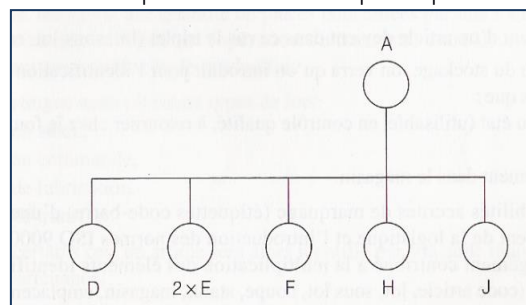


Figure 30. Exemple de nomenclature d'étude

La nomenclature de fabrication : cette nomenclature est élaborée par le bureau des méthodes

- Dépendant du processus de fabrication, elle est souvent assez différente de la nomenclature d'étude.
- Elle exige fréquemment des pièces intermédiaires supplémentaires.

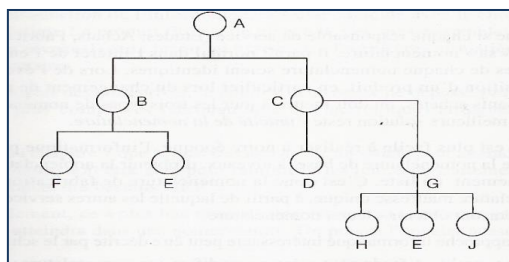


Figure 31. Exemple de nomenclature de fabrication

La nomenclature d'approvisionnement : il est fréquent qu'un même composant se retrouve à différents endroits de la nomenclature de fabrication. Les responsables des approvisionnements élaborent alors des listes, sans notion de lien ou de niveau, décrivant par code pièce les quantités à approvisionner.

A	
Article	Nombre
D	1
E	2
F	1
H	1
J	1

Tableau 7. Exemple de nomenclature d'approvisionnement

Représentation des nomenclatures : une nomenclature peut être représentée de plusieurs façons :

- Nomenclature arborescente (la plus utilisée en gestion de production) ;
- Nomenclature cumulée ;
- Représentation matricielle ; ...

La nomenclature arborescente, de compréhension simple et visuelle, est celle qui est le plus utilisée en gestion de production.

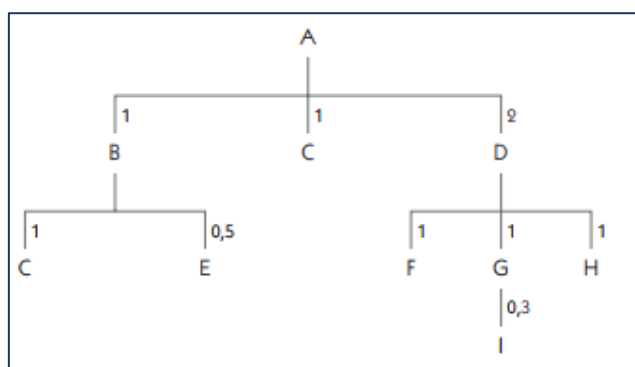


Figure 32. Exemples de représentation de nomenclatures

Nomenclature cumulée : correspond à la liste de tous les composants des plus bas niveaux (composants achetés). La figure ci-après décrit le cas de l'article A. Par exemple, le composant I intervient avec le coefficient 0,3 dans G qui, lui-même, entre dans D avec le coefficient 1. À contient 2 D. Finalement, il y a $0,3 \times 1 \times 2 = 0,6$ I dans A.

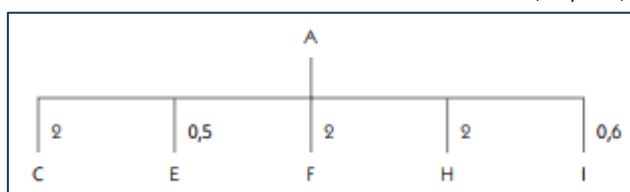


Figure 33. Nomenclature cumulée de A

Une nomenclature indentée : est facile à produire sur un listing d'ordinateur. La figure 6.20 illustre cette représentation dans le cas de la valise de la figure ci-après.

0 Valise
1 Partie inférieure
2 Fermeture
2 Poignée
3 Plastique noir
2 Coque inférieure
3 Plastique gris
1 Axe
2 Barre
1 Partie supérieure
2 Ferrure
3 Tôle
2 Coque supérieure
3 Plastique gris

Figure 34. Nomenclature indentée

La représentation matricielle consiste en un tableau à deux entrées avec des lignes de composés et des colonnes de composants, ou l'inverse. Le coefficient de lien figure à l'intersection des lignes et des colonnes. Elle permet une visualisation simple des différences entre plusieurs produits d'une même famille. Cela correspond à la représentation des options d'une voiture sur les catalogues commerciaux des constructeurs automobiles. L'exemple cité est une nomenclature valorisée puisque la valeur des composants y figure.

Composants			Composés			
code	unité	coût standard	111	112	121	987
122	un	162,50			1	
222	un	189,00	1	1		
246	un	121,75				1
444	kg	5,00	0,250			
511	m	3,12	1,80	1,80	0,95	0,95
888	un	19,83	2	3	2	
923	un	18,83			1	1
924	un	13,00				2
987	un	1,75	2	2	1	1

Tableau 8. Représentation matricielle d'une nomenclature

Données des nomenclatures : les données d'un enregistrement de lien de nomenclature comportent :

- ▶ La référence de l'article composé qui sert de clé d'accès à l'enregistrement ;
- ▶ La référence de l'article composant ;
- ▶ Le coefficient de lien ;
- ▶ Sa validité, définie par les dates de début et de fin d'utilisation de ce lien ;
- ▶ D'autres données de gestion comme la date de création du lien, le type de nomenclature ;
- ▶ Le coefficient de rebut (pourcentage permettant d'augmenter le besoin brut pour prendre en considération les pertes en production du composé concerné et ne s'appliquant pas à toute utilisation du composant comme le coefficient de perte, « Données Articles »).

Les gammes : l'industrialisation d'un produit consiste à choisir le processus et la suite optimale des opérations permettant d'aboutir au produit fini concerné.

Toutes ces opérations sont répertoriées et précisées sur un document, contenant toutes les informations techniques permettant la réalisation d'un article : le matériel utilisé ; les temps d'intervention ; les tailles de lot, ... Ce document est communément appelé gamme, il est édité par le service Méthodes.

Les gammes définissent les séquences nécessaires à la fabrication, le montage ou le contrôle des produits. Elles contiennent donc la description détaillée de chaque phase, ou opération.

On peut classer les gammes selon :

- ▶ La nature de travail à exécuter : gamme d'usinage (ou de fabrication) ; gamme d'assemblage ; gamme de contrôle ...
- ▶ La nature de la gamme : gamme principale ; gamme secondaire ou de remplacement
- ▶ Suivant la chronologie du travail :

Gamme linéaire : définit un processus de fabrication strictement séquentiel, une phase ne pouvant être exécutée que lorsque la précédente est terminée.

Gamme à enclenchement : il est possible de décrire la réalisation d'un produit complexe en plusieurs gammes correspondant chacune à une partie de l'ensemble.

Il sera nécessaire de définir un graphe pour déterminer l'enclenchement et les éventuels recouvrements des gammes.

Le Contenu d'une gamme : chaque phase ou opération de la gamme, il est précisé les ressources nécessaires (poste de charge, outillage et matière première ou composants) ainsi que les différents temps d'exécution et le mode opératoire.

- ▶ Phase, opération : On détermine l'ordre de prise en compte des phases en leur attribuant un numéro (il est courant de les numéroter de 10 en 10)
- ▶ Ressources nécessaires : on indique le poste de charge préconisé pour exécuter la phase, il est possible de déterminer un poste de charge de remplacement (ou de substitution),
- ▶ Outillages nécessaires,
- ▶ Les différents temps.

Les données de gammes

Les données d'un enregistrement Gamme comprennent les données d'entête et le corps de la gamme.

Les données d'entête de la gamme :

- ▶ La référence de la gamme. Le plus souvent, il s'agit de la référence de l'article correspondant. Lorsque plusieurs articles ont des gammes communes, on est amené à définir des références spécifiques de gammes
- ▶ La désignation de la gamme en clair
- ▶ La description sous forme de commentaire ou de renvoi vers un dossier techniques.
- ▶ Les conditions d'emploi (tailles maximales et minimales de lot, ...)
- ▶ La référence de la gamme de remplacement ou gamme secondaire éventuelle qui se substitue à la gamme principale.
- ▶ Les dates de création, mise à jour, validité, ...

Le corps de la gamme est constitué de la liste ordonnée des opérations et chaque opération sera décrite par:

- ▶ Un numéro d'ordre (par exemple 10, 20, 30, ...permettant d'insérer de nouvelles étapes) ;
- ▶ Les conditions de jalonnement (opérations parallèles, consécutives, ...) ;
- ▶ La référence du poste de charge concerné ;
- ▶ Les temps (ou durée) : le temps de réglage ou de préparation ; le temps unitaire d'exécution, c'est le temps nécessaire pour fabriquer une pièce, une fois que le poste est prêt (main-d'œuvre ou machine) qui, multiplié par le nombre d'articles, donnera le temps total d'exécution ; les temps technologiques comme un refroidissement ou un séchage ; le temps de transfert vers le poste suivant et le temps d'attente devant le poste.

La gamme opératoire est simplement un outil de gestion qui doit très souvent être accompagné d'autres documents plus précis et plus techniques (plan de détail, plan de montage, programme de machine à commandes numériques, la liste des outillages nécessaires, fiches particulières de fabrication, fiche de phase qui décrit la suite détaillée des opérations, ...).

EN-TÊTE DE GAMME				
Phase	Moyen	TEMPS		Mode Opératoire
		Prépa	Opér	
10	M 1	nn	nn	xx
20	M 2	nn	nn	xx
30	M 3	nn	nn	xx
40	M 4	nn	nn	xx
50	M 5	nn	nn	xx

Figure 35. Représentation simplifiée d'une gamme

Classification du temps :

Temps classé par nature

- ▶ Le temps manuel est le temps pendant lequel le travail correspond uniquement à l'action de l'opérateur ;
- ▶ Le temps technologique est le temps de fonctionnement du moyen de production sans intervention de l'opérateur.
- ▶ Le temps technico-manuel est le temps de fonctionnement du moyen de production nécessitant l'intervention de l'opérateur.

Temps classés suivant la fréquence

- ▶ Le temps de préparation ou temps de changement de série : est le temps de préparation et de libération du moyen de production. Ce temps est applicable une fois par lot de fabrication, quel que soit la quantité fabriquée ;
- ▶ Le temps unitaire est le temps nécessaire pour réaliser le travail prévu par la phase pour une pièce ;
- ▶ Le temps fréquentiel est la durée d'un travail exécuté en une seule fois pour n unités produites (exemple : contrôler une pièce sur cinq).

Unité de temps : Voici quelques unités de temps classiques : la minute, la seconde, le centième d'heure, le dix-millième d'heure, encore appelé dmh, le nombre de pièces/mn et le nombre de pièces à l'heure.

2.3. Les données d'activité de production

Le dossier de fabrication : regroupe tous les documents techniques permettant la réalisation de la quantité de produits souhaitée :

- ▶ La logique de fabrication ;
- ▶ Les plans,
- ▶ Les nomenclatures et gammes de fabrication ;
- ▶ Les schémas opératoires ;
- ▶ Les instructions de travail ;
- ▶ Les opérations de contrôle intervenant en cours de fabrication ;
- ▶ La liste des outillages ;
- ▶ La valeur des caractéristiques exigées et leur tolérance ; avec les critères d'acceptation ou de refus ;...

Le dossier de fabrication accompagne les produits au cours de leur évolution dans l'atelier.

Les ordres de fabrication (OF) : document donnant instruction à la fabrication de produire dans un délai fixé, une quantité donnée d'un article.

Autres données liées à l'activité de production : ces données sont intégrées dans :

- ▶ Commande Client ;
- ▶ Ordre d'Achat (OA) ;
- ▶ Bon de Sortie Magasins (BSM) ;
- ▶ Bon de Travail par opération (BT) ;
- ▶ Ordre de Sous-Traitance (OST) ;...

Les données techniques représentent les fondations de toute gestion industrielle. Elles touchent toutes les fonctions de l'entreprise en formant le cœur du système d'information de l'entreprise. Les meilleurs outils et méthodes ne donneront que de piètres résultats si les données techniques manipulées sont erronées ou mal structurées. Nous avons développé dans ce chapitre les principales données qui doivent être formalisées pour mettre en œuvre une bonne gestion de production telles que les nomenclatures, gammes, articles, clients, fournisseurs... Nous verrons dans les prochains chapitres comment sont manipulées ces données notamment dans le chapitre consacré à MRP.

Conclusion

Au-delà d'un vocabulaire particulier, de techniques multiples, la gestion de la production s'est forgée au quotidien et contribue à la structuration et à l'efficacité des entreprises. Devenue récemment gestion industrielle, elle poursuit sa mutation en redécouvrant, au-delà de la technique, l'importance de servir les hommes. Certes son évolution est marquée de nombreuses hésitations, de voies sans issue, d'effets pervers non désirés.

La fonction de production joue un rôle déterminant au sein des entreprises industrielles.

Introduction

La planification industrielle est un processus qui consiste à élaborer et à réviser un ensemble de plans interdépendants (ventes, fabrication, achats, trésorerie...) et qui doit permettre de garantir le meilleur équilibre possible entre l'offre et la demande en tout point de la chaîne logistique à tout moment.

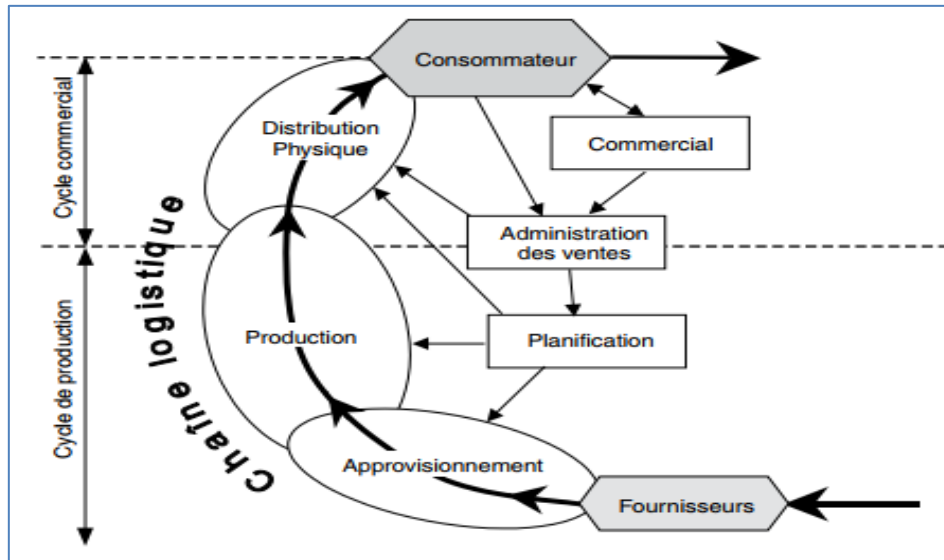


Figure 36. Place de la planification de production au sein de l'entreprise

La méthode MRP (*Material Requirement Planning* ou planification des besoins en composants) est la plus connue des techniques existantes en gestion de la production. C'est historiquement la première méthode dont l'usage est lié à celui de l'ordinateur, et elle est à la base des premières GPAO (gestion de production assistée par ordinateur).

Elle a été conçue à partir de 1965 par le Dr. Joseph Orlicky, américain d'origine tchèque. Il a créé en 1970 avec George Plossl et Oliver Wight le programme américain de gestion de la production par la méthode MRP.

Cette méthode calcule par éclatement de nomenclatures les quantités en composants nécessitées par le carnet de commandes, puis consiste à suggérer des quantités à acheter ou à approvisionner (MRP version1). J. Orlicky a été le premier à automatiser cette décomposition à l'aide de l'informatique.

La méthode MRP a bénéficié aux Etats-Unis dans les années 70 d'un soutien important de l'APICS (American Production and Inventory Control Society). Elle a évolué et s'est transformée en méthode MRP 2 (Manufacturing Resources Planning). Le calcul mis en œuvre dans la méthode MRP 1 est alors suivi d'une phase de planification de la charge, puis de calcul d'un plan valorisé d'approvisionnements et de charge.

En France, la méthode MRP a été introduite dans les grandes entreprises dans la deuxième moitié des années 70 et dans les PME dans la deuxième moitié des années 80. Il a été de bon ton entre 1983 et 1986 d'opposer la « solution globale MRP » à la « solution globale JAT » (voir chapitre 10). On s'est aperçu ensuite qu'il était préférable de bâtir une solution comprenant la méthode MRP et certains apports du JAT.

MRP 0 - Principe d'Orlicky - « Méthode de Réapprovisionnement de la Production »

En 1965, J. Orlicky a exprimé l'idée que les besoins qui portent sur les différents produits présents dans l'entreprise appartenaient à deux types différents et à deux types uniquement :

- ▶ Les produits à besoin indépendant (besoins aléatoires ou externes) : c'est un besoin issu des ventes d'ensembles montés ou de pièces détachées (produit fini, pièce détachée). Ce besoin s'exprime de façon externe et aléatoire à l'entreprise. Ce type de besoin ne peut être qu'estimé ;
- ▶ Les produits à besoin dépendant (besoins induits, ou internes) : c'est un besoin nécessaire à la réalisation d'un besoin indépendant (matière première, composant acheté, sous-ensemble fabriqué). C'est un besoin qui peut être calculé à partir des besoins indépendants.

Exemple : une voiture (produit fini) est un produit à besoins indépendants, alors que les composants de cette voiture sont des produits à besoins dépendants. Pour les voitures, il faut établir des prévisions de ventes pour estimer le volume de production. Pour les composants, il suffit de calculer, à l'aide de la nomenclature des voitures, les quantités à fabriquer en se basant sur le volume de production de voitures. Ce calcul s'appelle le Calcul des Besoins.

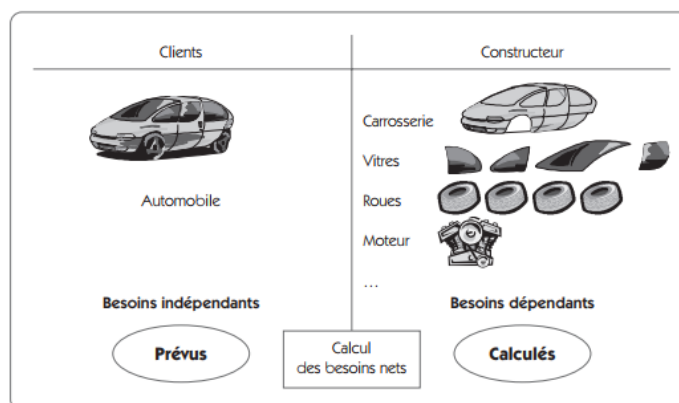


Figure 37. Besoins indépendants et besoins dépendants

Les besoins indépendants ne peuvent être, la plupart des cas, qu'estimés par prévision, alors que les besoins dépendants doivent être calculés

Ensuite, il a démontré qu'il était possible de prévoir le calendrier d'utilisation des produits du stock à partir de données techniques et de données commerciales. Il n'était plus alors indispensable de définir des approvisionnements sur des statistiques de consommations précédentes et de prévoir des stocks de sécurité importants. MRP0 permet de répondre à : Quel produit ? Pour quand ? Combien ?

MRP 1 - Méthode de Régulation de la Production (1971)

D'un point de vue général, la méthode MRP 1 consiste donc (d'après les descriptions faites par le cabinet Bill Belt, représentant Oliver Wight en France, en 1983) à :

- ▶ Préparer le programme de production avec un lissage global des charges ;
- ▶ Exprimer un échéancier, pour chaque article final, des quantités à fabriquer ;
- ▶ Dédurre par le calcul des besoins les quantités à produire pour chaque article ;
- ▶ Planifier les capacités à partir des propositions de lancement, en jalonnant à partir des gammes, charger les sections et lisser les charges par une méthode originale ;
- ▶ Contrôler l'exécution des lancements.

MRP1 permet de répondre à : Est-ce que j'ai la capacité de le faire ? (Sinon : boucle de retour et informer l'échelon supérieur). Avec quel délai ?

MRP 2 - Le management des ressources de la production

Joseph ORLICKY a développé MRP en 1965 mais c'est Oliver WIGHT et George PLOSSL qui ont ensuite transformé, en 1980, MRP en MRP2. On trouvera ci-dessous les noms d'origine anglais des différents modules de la méthode MRP2.

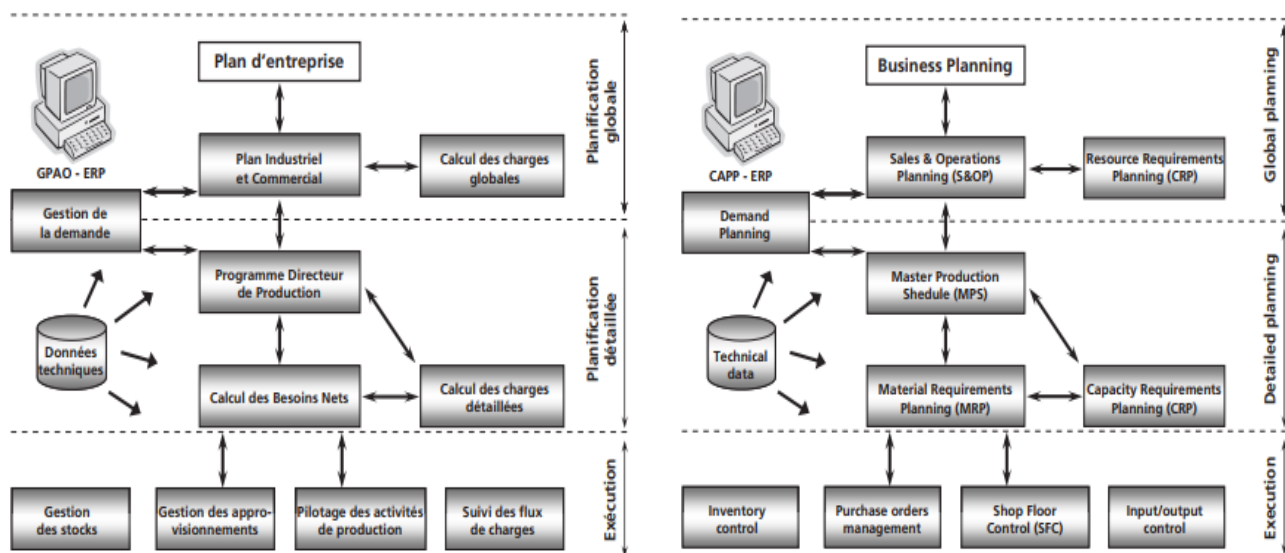


Figure 38. Modules du MRP [en français et en anglais] (Pillet et al., 2011, p. 230-231)

Dans MRP2, c'est l'intégration de la planification financière et comptable. Celle-ci est réalisée grâce à une boucle de validation des priorités de fabrication. MRP2 permet de répondre à : avec quelle priorité ? à quel prix ? Cette méthode permet la planification de l'ensemble des ressources d'une entreprise industrielle. Elle comprend trois niveaux de planification, avec un niveau de détail de plus en plus fin depuis le plan industriel et commercial, en passant par le programme directeur de la production vers le calcul des besoins nets. Cette planification prépare l'exécution. La planification est fondée sur une prévision de la demande, indispensable quelle que soit la typologie de vente (surstock, assemblage à la commande ou production à la commande) de l'entreprise.

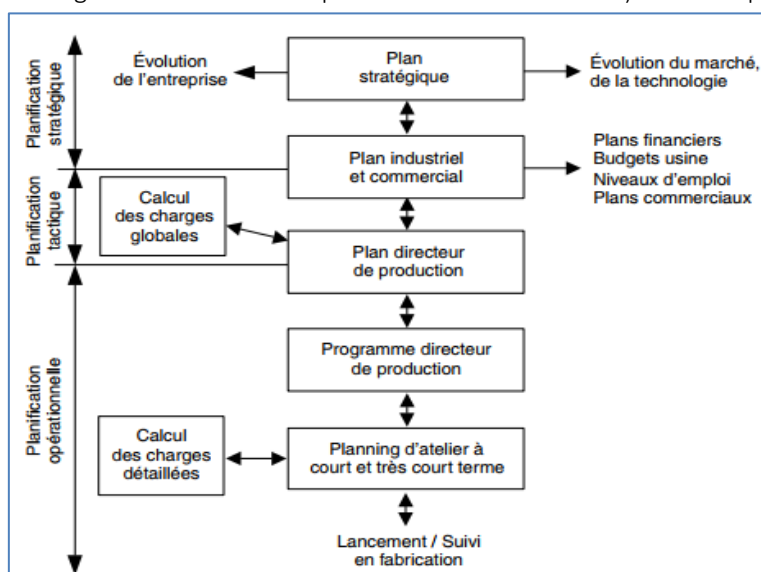


Figure 39. Enchaînement des plans dans l'architecture MRP2 (Javel, 2010, p. 151)

MRP est en fait un simulateur de fonctionnement de l'entreprise ayant pour objectif de définir les quantités suffisantes de produits à approvisionner et à acheter dans un contexte de juste-à-temps. Dans son développement, MRP est passé d'une simple méthode de réapprovisionnement à un véritable système complet, du plan industriel à la gestion de l'atelier.

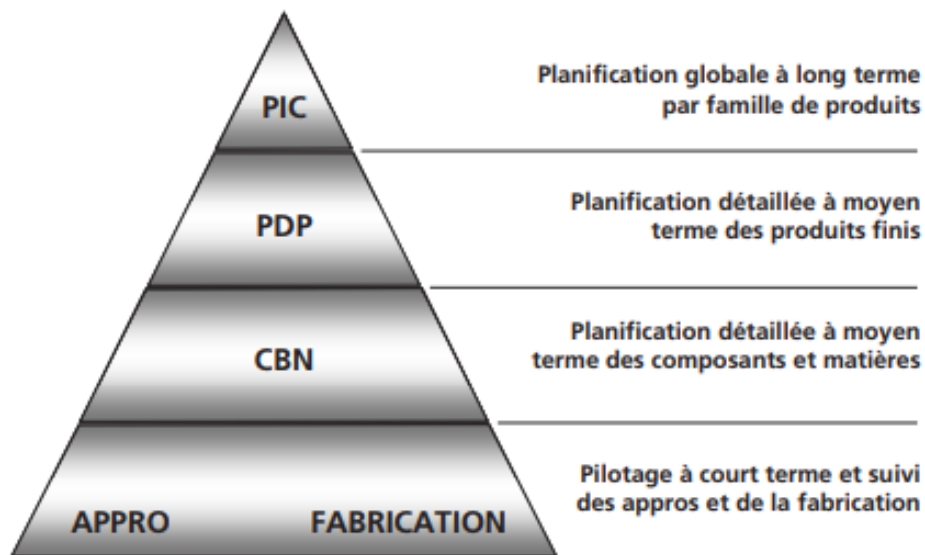


Figure 40. Pyramide MRP2 (Pillet et al., 2011, p. 232)

Les niveaux de la planification industrielle

Les prévisions d'activité d'une entreprise s'effectuent à différents niveaux d'agrégation et d'horizon¹ :

☒ La planification à long terme (planification stratégique) :

Elle couvre un horizon de 2 à 5 ans. Elle formalise la direction du développement de l'entreprise, ses grandes orientations stratégiques telles que les marchés à pénétrer, les technologies à maîtriser ou à développer, les augmentations de capacités de production, le chiffre d'affaire et le profit à réaliser... À ce niveau, la direction élabore la stratégie d'entreprise déployée en stratégie optimale de production, de financement et commerciale. Elle se présente sous forme d'un plan stratégique ou plan global obtenu à partir de prévisions commerciales agrégées, par grande famille de produits, et en cohérence avec la stratégie de l'entreprise.

☒ La planification à moyen terme : (planification tactique ou planification opérationnelle moyen terme)

Elle couvre un horizon de 3 à 18 mois et :

- ▶ Formalise l'objectif annuel de facturation,
- ▶ Permet d'élaborer un ensemble de plans interdépendants pour les services opérationnels,
- ▶ Planifie, analyse les ressources clés de l'entreprise afin de mettre en œuvre les actions nécessaires à la réalisation des objectifs (gestion de ressources critiques).

À ce niveau de planification, on élabore le plan industriel et commercial et le plan directeur de production moyen terme à partir de prévisions commerciales, du carnet de commandes, et en cohérence avec le plan stratégique. Cette planification est un facteur clé de succès de pilotage pour atteindre des objectifs de l'entreprise. De ce fait, cet exercice doit être répétitif et régulier. Généralement sa périodicité est mensuelle.

☒ La planification à court terme et à très court terme (planification opérationnelle ou ordonnancement) :

Elle couvre un horizon de la journée à un mois. Elle est située au plus près de l'activité quotidienne de l'entreprise, gère l'allocation des commandes et détermine le déploiement optimum des ressources et moyens de production pour satisfaire la demande immédiate. À ce niveau de planification, on élabore les plans par unités de production (plans directeurs court terme) à partir du carnet de commandes, et en cohérence avec le plan directeur moyen terme. Cela signifie une interdépendance à la fois des plans et des décisions prises à chaque niveau d'agrégation.

¹ Un horizon détermine l'espace total de temps sur lequel l'entreprise organise ses prévisions et le degré de détail (granularité) des informations.

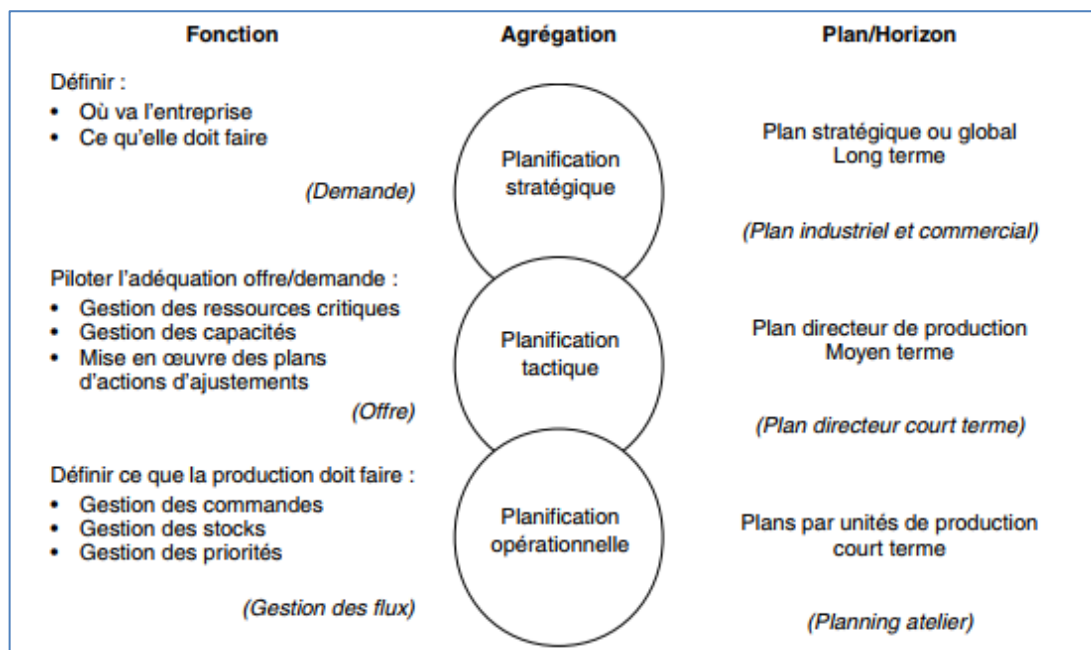


Figure 41. Intégration et hiérarchisation des niveaux de planification

Il précise, en outre l'indispensable gestion des charges et des capacités qui permet de valider chaque niveau afin de maintenir un degré de réalisme indispensable au bon fonctionnement du système. Pour y parvenir, le système comporte trois boucles fonctionnelles de régulation décrites ci-dessous :

- ▶ La première concerne les délais. Elle est double et relie les résultats de la planification des capacités aux deux niveaux constitués par le calcul des besoins nets et le programme directeur de production ;
- ▶ La deuxième suit les charges et capacités. Elle connecte le lancement des ordres à la planification des capacités par le suivi du flux des charges ;
- ▶ La troisième traite des priorités. Elle est située entre l'ordonnancement et le suivi à court terme, d'une part, et le calcul des besoins, d'autre part.

I. Le Plan Industriel Commercial (PIC) & PDP et CBN

Le calcul des besoins se trouve dans le maillon inférieur de la planification, alors que le PIC se situe au plus haut niveau du management des ressources de la production, juste en dessous du plan stratégique de l'entreprise. Le PIC est un contrat global entre le service production et le service commercial. La démarche qu'il propose repose sur l'établissement de prévisions de vente et de production.

- ▶ Les prévisions portant sur des familles plutôt que sur des produits.
- ▶ Le PIC permet d'anticiper les problèmes du type : inadéquation entre la capacité de l'entreprise et la charge induite par les besoins commerciaux.

Le document du PIC (Sales and Operations Planning S&OP) comporte trois tableaux : ventes, production et stocks. Par ailleurs, chacun de ces tableaux dispose, à gauche, d'une partie « passé » où nous trouverons des valeurs réelles et, à droite, d'une partie « futur » où ne figureront que des prévisions. En ce qui concerne le passé, des indicateurs permettent de comparer les prévisions et le réel. Ici, par exemple, sont mentionnés les écarts « réel-prévisionnel » et un écart en pourcentage (attention, pour le stock, il s'agit du pourcentage par rapport à l'objectif).

Le PIC est un échéancier mensuel résumant les activités, passées et futures :

$$\text{Stock}(M) = \text{Stock réel } (M - 1) + \text{Production}(M) - \text{Vente}(M)$$

Famille :

Unité :

Date :

Ventes	M - 3	M - 2	M - 1	M	M + 1	M + 2	M + 3	M + 4
Prévisionnel								
Réel								
Écart								
Écart en %								

Production	M - 3	M - 2	M - 1	M	M + 1	M + 2	M + 3	M + 4
Prévisionnel								
Réel								
Écart								
Écart en %								

Stock	M - 3	M - 2	M - 1	M	M + 1	M + 2	M + 3	M + 4
Prévisionnel								
Réel								
Écart								
% d'objectif								

Objectif de stock :

Tableau 9. Exemple de document du PIC

Lors de l'établissement du PIC, on peut choisir entre deux politiques extrêmes :

- La première où la production suit les variations des prévisions commerciales avec une nécessaire flexibilité.
- La seconde où, au contraire, la production est lissée, c'est-à-dire à niveau constant, ce qui entraîne des variations de stock (avec risque de stock élevé à certains moments et risque de rupture à d'autres).
- Naturellement, entre ces deux solutions, il est possible de faire un choix intermédiaire permettant de suivre dans une certaine mesure les variations de la demande et en modulant la capacité des ressources de production. C'est ce qui est fait dans les entreprises à caractère saisonnier prononcé, par exemple, celles fabriquant des matériels de sports d'hiver. On stocke avant la saison malgré une capacité réduite (horaire réduit avec congé) et on accroît la capacité (horaire lourd et embauche d'intérimaires) au moment de la forte demande.

1. Méthodes de prévision des ventes (prévision de la demande)

Planifier est une tâche importante de tout gestionnaire surtout lorsqu'elle doit s'appuyer seulement sur l'intuition. Lorsque les incertitudes sont présentes, la prévision est complexe

Les prévisions des ventes sont calculées sur la base des historiques à disposition de l'Entreprise (Commandes, ventes réalisées...), qui sont "nettoyés" des événements exceptionnels. La prévision peut concerner le long terme, le moyen terme ou le court terme. Il existe plusieurs méthodes de prévisions. De nos jours, l'informatique est un grand appui pour les prévisionnistes.

L'idéal pour une entreprise serait évidemment de produire exactement les produits que ses clients vont acheter mais, sauf dans le cas très spécial où l'entreprise commence à approvisionner et à fabriquer à partir de la réception de la commande du client, ce n'est pas du domaine du possible.

Il faut qu'elle anticipe un minimum les futures commandes de ses clients. Ainsi, afin de prendre les décisions relatives à son bon fonctionnement et à sa pérennité, toute entreprise, quelles que soient sa nature et sa typologie commerciale, doit s'appuyer sur un système de prévisions fiables. Selon le type de décisions à prendre, ce dernier devra être à long, moyen ou court terme.

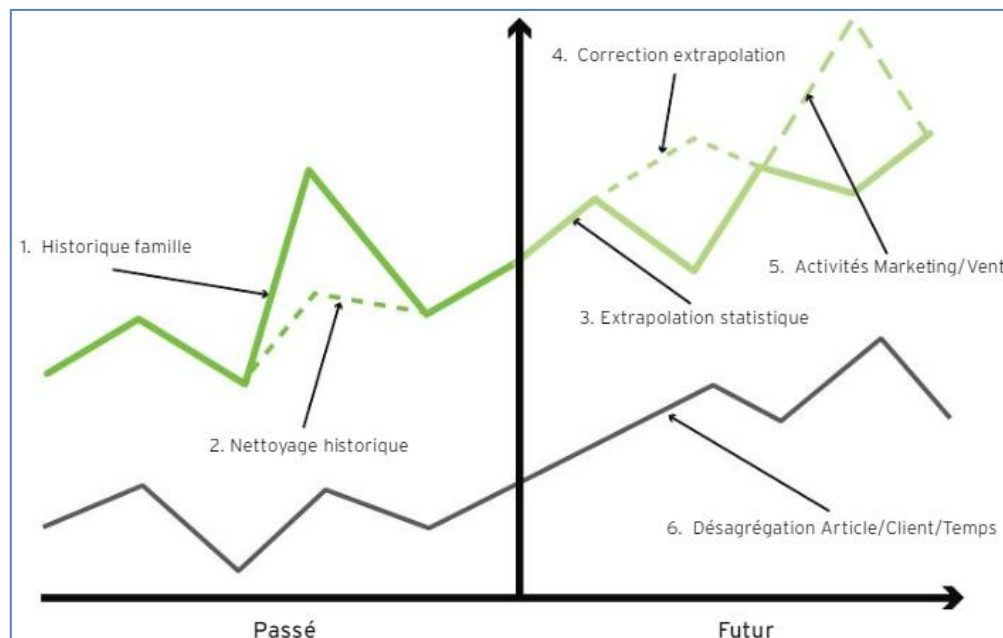


Figure 42. Les 6 étapes incontournables de construction d'une prévision

La prévision des ventes est utilisée par toutes les fonctions de l'entreprise aussi bien pour le long terme (de 1 à 5 ans), le moyen terme (de 1 à 12 mois), le court terme (de 1 à 12 semaines), que le très court terme (de 1 à 7 jours). Les besoins détaillés de chaque fonction n'étaient pas les mêmes, il est capital de partir d'un niveau agrégé validé par un décideur, qui engage le plus grand nombre de responsables opérationnels.

1.1. Objectifs de la prévision des ventes

Les prévisions à long terme (supérieur à trois ans) ont un rôle au niveau stratégique de l'entreprise : diversification, produits nouveaux, investissement en équipements, ...

À moyen terme (de l'ordre de six mois à deux ans), les prévisions permettront d'anticiper les besoins en :

- ▶ Acquisition de nouvelle machine,
- ▶ Embauche de personnel,
- ▶ L'approvisionnement d'articles à long délai d'acquisition, ...

Les prévisions à court terme (jusqu'à 6 mois) serviront à l'activité opérationnelle de production :

- ▶ D'une part, approvisionnement et gestion des stocks,
- ▶ D'autres part, charge des ateliers et ordonnancement.
- ▶ Plus les prévisions concernant le court terme, plus elles sont fiables car elles se réfèrent à un futur proche.

Au contraire, des prévisions à plus long terme seront plus incertaines. Remarquons que la notion de court, moyen ou long terme dépend du type d'activité et des produits de l'entreprise ; ainsi les durées ne sont-elles citées qu'à titre d'exemple.

L'activité de prévision est le point de départ de la planification. Toute activité de production est fondée sur des commandes fermes et des prévisions de commandes. Ces prévisions ont pour objet de définir ce qu'il faudra produire et quand il faudra produire.

Remarquons immédiatement que la notion de court, moyen ou long terme dépend du type d'activité et des produits de l'entreprise ; ainsi les durées ne sont-elles citées qu'à titre d'exemple.

Dans un environnement instable - comme - c'est le cas aujourd'hui, la prévision est difficile. Toutefois, mieux vaut prévoir même avec incertitude que de ne pas le faire !

1.2. Les sources de données

Les sources de données correspondent aux deux familles de méthodes de prévisions : celles fondées sur des données relevées dans le passé que l'on modélise pour faire une projection dans le futur et celles, purement prédictives, établies par des experts interrogés.

La source privilégiée de données est un *historique de données* concernant un produit. Cette base permet d'effectuer une prévision si, évidemment, on estime qu'il existe un lien entre l'évolution de la demande passée (données enregistrées) et celle de la demande à prévoir.

Les *autres sources de données* sont constituées par les études de marché, les avis d'experts, le suivi des commerciaux, les enquêtes auprès des clients... Mais ces données sont plus délicates à manipuler et à interpréter ; en revanche, elles constituent un complément sûr à un historique ; sans compter que, si l'on ne dispose pas d'historique, c'est la seule source utilisable.

1.3. Typologie de la demande

Les graphiques ci-dessous définissent schématiquement les caractéristiques de la demande :

- ❖ **Demande constante (A)** si elle oscille statistiquement autour d'une valeur moyenne constante dans le temps, la moyenne de $D = f(t)$ est une droite horizontale ;
- ❖ **Demande à tendance (B)** s'il y a oscillation autour d'une valeur croissante ou décroissante dans le temps, $D = f(t)$ est une droite à pente positive ou négative ;
- ❖ **Demande saisonnière (C)** si elle présente des variations nettement plus importantes, en hausse et en baisse, d'une manière périodique. Il peut s'agir d'un pic de la demande en hiver (lié à la neige par exemple) ou en été (vacances) mais il peut aussi s'agir de variations saisonnières plus subtiles (petit outillage électrique avec pics à la fête des pères et à Noël) ;
- ❖ **Demande saisonnière et à tendance (D)** si les pics et les creux sont disposés autour d'une droite non horizontale ;
- ❖ **Demande erratique** (non représentée sur la figure ci-dessous) si les valeurs sont totalement aléatoires dans le temps.

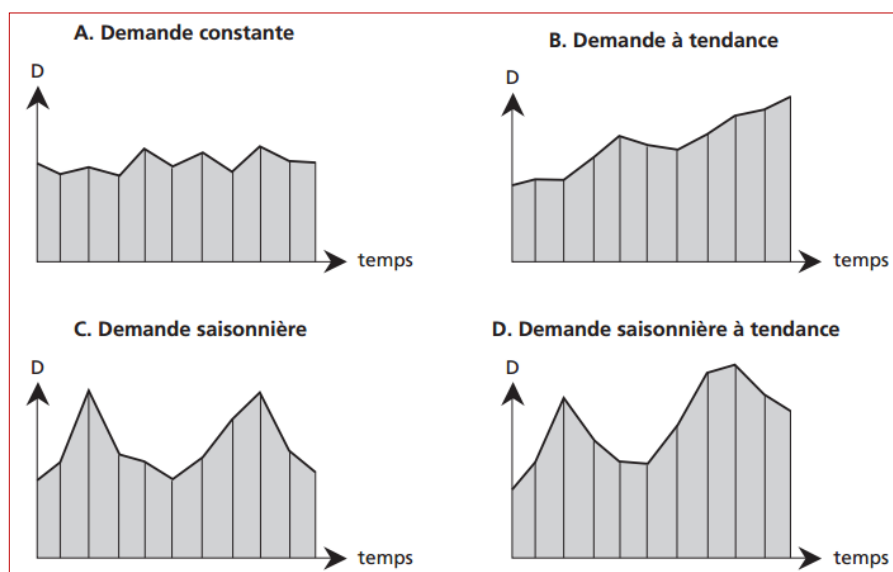


Figure 43. Typologie de la demande

Notons que pour détecter des variations saisonnières il faut au moins deux à trois ans d'historique.

1.4. Les étapes d'un processus de prévision

Globalement, une démarche « prévision » passe par les quatre étapes suivantes :

Identification des grandes caractéristiques du processus de prévision afin d'en déduire les ressources à mettre en œuvre. Il convient tout d'abord de sélectionner les articles à prévoir. Il faudrait concentrer les efforts de prévisions sur les produits ou composants les plus critiques de l'entreprise. Ensuite, il faut définir les caractéristiques des prévisions à réaliser : horizon à couvrir (long terme, moyen terme ou court terme), prévision par famille de produit ou par référence, la fréquence de mise à jour des calculs de prévisions, ...

Collecte de données et prétraitement : il faut collecter les données historiques relatives à la problématique de prévision identifiée et éliminer les données dites anormales, au sens où elles ne correspondent pas au fonctionnement classique de la variable à prévoir.

Choix d'une technique de prévision : en fonction des données du passé, on doit choisir le modèle permettant de prévoir au mieux les données futures.

Analyse des prévisions réalisées : Il reste à comparer prévision et réalisation, afin de tester la validité de l'approche.

1.5. Quelques méthodes de prévision (Voir TD n° 1)

On distingue deux grands types de méthodes de prévision : les méthodes qualitatives et les méthodes quantitatives.

Les techniques qualitatives font appel à une méthodologie non mathématique (mais elles peuvent impliquer des valeurs numériques). Alors que, **les techniques quantitatives** seront fondées sur des modèles mathématiques. De plus, ces techniques sont dites intrinsèques si les données manipulées sont celles du produit considéré. Elles sont extrinsèques s'il s'agit de données appartenant à des événements relatifs à l'article mais qui ne le concernent pas directement.

Les méthodes qualitatives sont principalement utilisées pour la prévision à moyen ou long terme. Elles sont avant tout destinées à des décisions de mercatique avec des données provenant d'études de marché ou d'intentions d'achats à travers notamment l'interrogation et le traitement de prévisions du réseau de distribution. Il s'agit de techniques excellentes dans ce domaine. Pour les utiliser à des fins de planification, il faudra être prudent et ne les utiliser qu'en complément d'autres informations.

La **méthode de Delphes** consiste à interroger des experts sur une question, et ce indépendamment les uns des autres afin d'éviter toute influence forte directe. Le coordinateur remet l'ensemble des réponses aux experts qui peuvent modifier et compléter leur proposition. Après deux ou trois cycles de ce type, on parvient à une proposition de consensus efficace, ou éventuellement à des divergences argumentées. Cette technique n'est pas adaptée à une prévision à court terme d'un article, mais au contraire à une décision de stratégie à long terme. Lorsqu'on doit prévoir la demande d'un nouveau produit, les données historiques n'existent pas. On peut alors utiliser les données existantes d'un produit analogue. Il faut évidemment considérer un produit au comportement suffisamment proche. Nous ajouterons à ces éléments **l'estimation du manager** fondée sur son intuition à partir de nombreux faits souvent peu formalisés, qui constituent son savoir-faire et sa connaissance du domaine. Si ce jugement subjectif ne peut remplacer une technique mathématique basée sur de bonnes données, en revanche, il peut rendre d'excellents services si les seules données sont de piètre qualité.

Par rapport aux techniques quantitatives de prévision, nous pouvons faire la distinction entre plusieurs méthodes :

- **La représentation graphique**

C'est un préalable simple et explicite aux autres méthodes. Elle présente l'énorme avantage d'être très visuelle car d'un coup d'œil elle permet de résumer la prévision et de mettre le bon sens en éveil.

- **La moyenne arithmétique** : sa version simple correspond à une somme de résultats divisée par le nombre de résultats.

- **La régression linéaire**

Cette méthode permet de prolonger dans le futur une série de valeurs du passé qui suivent une tendance en utilisant la méthode des moindres carrés. Le principe de cette méthode consiste à rechercher l'équation de la

droite qui passe au mieux dans le nuage des points constitué par l'historique. On appelle cette droite la droite de tendance. Elle a pour équation : $Y = a \cdot X + b^2$.

$$\text{Avec : } a = \frac{n(\sum x_i y_i) - (\sum x_i)(\sum y_i)}{n(\sum x_i^2) - (\sum x_i)^2} \text{ et } b = \frac{\sum y_i}{n} - a \frac{\sum x_i}{n}$$

- Méthode de décomposition

Le niveau de base de la demande est la moyenne de la série de données prévues à une date déterminée. Le principe de cette méthode consiste à rechercher :

- ❖ Une **tendance T** donnant l'évolution à moyen terme de la demande ;
- ❖ Des **variations saisonnières S** dues à des modifications périodiques de la demande liées à la nature du produit et à son utilisation ;
- ❖ Des **éléments résiduels R** dus à de nombreuses causes autres que les précédentes (modifications climatiques inattendues, épidémies, grève, apparition d'un nouveau client sur le marché, mode...).

La demande pour une période i peut alors s'exprimer sous deux formes :

- ❖ Une forme additive de ces différents éléments où $D_i = T_i + S_i + R_i$;
- ❖ Une forme multiplicative de ces éléments avec $D_i = T_i * S_i * R_i$.

- Méthode des moyennes mobiles : cette méthode a deux utilisations :

- ❖ Elle permet d'établir une prévision de la demande ;
- ❖ Elle sert également à lisser des données utilisées avec d'autres méthodes de prévision.

- Moyenne mobile pondérée

Lors d'une prévision, on peut affecter des poids différents aux données afin de favoriser les plus récentes au lieu de mettre sur le même plan les diverses valeurs.

- Méthode des moyennes échelonnées

C'est une méthode de prévisions très simple qui consiste à faire la moyenne des ventes d'un même mois de plusieurs années différentes.

- Lissage exponentiel simple

Cette méthode est probablement la plus connue pour la prévision de la demande des articles. La prévision pour la période n est celle de la période $n-1$ corrigée proportionnellement à l'écart $D_{n-1} - P_{n-1}$ entre la demande réelle et la prévision qui avait été faite pour la période précédente : $P_n = P_{n-1} + \alpha (D_{n-1} - P_{n-1})$; Où α (constante du lissage) est un coefficient compris entre 0 et 1. Si $\alpha = 0$, on considère que la prévision de n est la même que celle de $n-1$. Au contraire, si $\alpha = 1$, on prend comme prévision de la période n la demande réelle de la période $n-1$, en effet : $P_n = P_{n-1} + D_{n-1} - P_{n-1} = D_{n-1}$

Une valeur de α se rapprochant de 1 conduit donc à favoriser les demandes réelles récentes. On peut montrer aisément que cette méthode implique les demandes réelles passées :

$$P_n = P_{n-1} + \alpha (D_{n-1} - P_{n-1}) = \alpha D_{n-1} + (1 - \alpha) P_{n-1}$$

$$\text{Or } P_{n-1} = P_{n-2} + \alpha (D_{n-2} - P_{n-2}) = \alpha D_{n-2} + (1 - \alpha) P_{n-2}$$

$$\text{Donc } P_n = \alpha D_{n-1} + \alpha (1 - \alpha) D_{n-2} + (1 - \alpha)^2 P_{n-2}$$

De proche en proche on arrive à : $P_n = \alpha D_{n-1} + \alpha (1 - \alpha) D_{n-2} + \alpha (1 - \alpha)^2 D_{n-3} + \dots$

La méthode du lissage exponentiel effectue donc une moyenne mobile pondérée où les coefficients affectés aux données passées sont reliés par une loi de décroissance exponentielle. En pratique, la relation entre le coefficient α et une moyenne mobile à N périodes est approximativement donnée par $\alpha = 2 / (N + 1)$.

- Lissages exponentiels multiples

La méthode du lissage exponentiel peut être employée avec deux coefficients α et β si la demande est à tendance (lissage exponentiel double). Nous appellerons tendance instantanée la variation de révision d'une période à la suivante : $t_n = P_n - P_{n-1}$. On effectue alors un lissage exponentiel de la tendance : $T_n = \beta \cdot t_n + (1 - \beta) T_{n-1}$. Nous

² Sur Excel, les formules sont les suivantes : $a = \text{DROITEREG}(Y1:Yn; X1:Xn)$ et $b = \text{ORDONNEE.ORIGINE}(Y1:Yn; X1:Xn)$

n'entrerons pas plus dans le détail du lissage exponentiel double et nous demanderons au lecteur d'admettre que la prévision corrigée s'exprime par :

$$P_n^1 = P_n + \frac{1 + \alpha}{2\alpha} T_n$$

Il est également possible d'effectuer un lissage exponentiel des coefficients saisonniers en introduisant un coefficient γ . Le lissage exponentiel comporte alors trois coefficients α , β et γ . Il est ainsi appelé lissage exponentiel triple. Là encore, les modèles employés sont faciles à mettre en œuvre sur ordinateur et peu coûteux. Ils nécessitent, comme les précédents, de disposer de données historiques suffisamment étoffées.

- Droite de tendance évaluée par ajustement (méthode des moindres carrés)

Cette méthode consiste à choisir un modèle de prévision de la forme : $Y_t = at + b$. De nombreux autres modèles mathématiques plus complexes sont utilisés pour réaliser des prévisions. Actuellement de nombreux progiciels de prévision sont disponibles sur le marché. Même si l'on peut utiliser un tableur pour faire des prévisions, il existe des logiciels spécialisés, intégrés ou non aux ERP, qui permettent de gérer les historiques de ventes et les prévisions. Ces logiciels permettent d'utiliser plusieurs méthodes calculatoires différentes et, dans certains cas, proposent même de préconiser la méthode qui donne le meilleur résultat. Le principe consiste à appliquer différentes méthodes sur les données historiques sans prendre le dernier mois, et à regarder quelle méthode donne le meilleur résultat pour le dernier mois de l'historique.

2. Calcul global de charge au niveau du PIC

Pour que le management des ressources de la production donne des résultats qui puissent être appliqués au niveau de l'exécution, il est fondamental que, dès le départ, le niveau du plan industriel et commercial soit réaliste en termes d'équilibre entre charge et capacité. Si la charge dépasse la capacité de la ressource considérée, deux solutions extrêmes sont possibles : augmenter la capacité ou diminuer la charge.

Et là encore toute solution intermédiaire est envisageable. On peut remarquer qu'en règle générale, une entreprise préférera augmenter la capacité car la charge correspond, en principe, à une demande des clients. Dans le cas du PIC, le calcul global de charge sera effectué sur les ressources critiques de l'entreprise.

En cas de surcharge, les actions consisteront, par exemple, en : heures supplémentaires ; embauche de personnel à d'autres ateliers ; transfert d'activité sur d'autres ateliers ; embauche de personnel ; sous-traitance ; différé d'actions commerciales (promotions) ; mise en place d'équipes de week-end ; achat d'équipements ; achat de machines.

En cas de sous-charge, les actions consisteront en : réduction des heures supplémentaires ; prêts de personnel à d'autres ateliers ; arrêt de contrat de travail temporaire ; limitation de la sous-traitance ; relance d'actions commerciales ; suppression de machines (transfert, revente, arrêt simple) ; chômage technique.

L'horizon suffisamment « grand » doit permettre de déclencher ces mesures à temps, notamment quand elles demandent une préparation ou une mise en place importante (délai de livraison d'une grosse machine, formation de personnes embauchées). En établissant le PIC d'une famille, nous avons déjà évoqué ce besoin en capacité. Mais une certaine ressource sera a priori utilisée par plusieurs familles de produits. Il faudra donc établir l'équilibre charge /capacité à partir de tous les PIC impliqués (**Voir TD n° 2**).

Les ratios utilisés seront réactualisés une à deux fois par an selon la variation observée dans l'entreprise. Ajoutons que le calcul global de charge au niveau du PIC pourrait tout aussi bien porter sur la charge machine d'un atelier, mais le principe d'évaluation globale sur des produits « moyens » représentant les familles serait analogue. On comprend aisément l'utilité du PIC, outil simple d'utilisation mais puissant, pour établir la planification globale de l'activité. Et son grand intérêt est de permettre d'y procéder sous la forme d'un contrat entre les responsables des diverses fonctions de l'entreprise.

3. Le Programme Directeur de Production

Le programme directeur de production (PDP) est un élément fondamental du management des ressources de la production. Il établit une passerelle entre le Plan industriel et commercial et le Calcul des besoins. C'est un contrat qui définit de façon précise l'échéancier des quantités à produire pour chaque produit fini. Il est donc essentiel pour la fonction Commerciale qui veut satisfaire les clients de l'entreprise et pour la fonction Production car il va constituer le programme de référence pour la production. S'il est évident que l'idéal est de produire ce qui sera vendu, les contraintes industrielles existent et le PDP permettra d'en tenir compte. Un autre rôle important du PDP, c'est d'aider le gestionnaire à anticiper les variations commerciales.

Les principales fonctions du PDP sont :

- ❖ Il dirige le calcul des besoins, c'est-à-dire que, donnant les ordres de fabrication pour les produits finis, il induit l'explosion du calcul des besoins à travers les nomenclatures.
- ❖ Il concrétise le plan industriel (tableau Production du PIC) puisqu'il traduit en produits finis réels chaque famille du PIC.
- ❖ Il permet de suivre les ventes réelles en comparant les commandes reçues avec les prévisions.
- ❖ Il met à disposition du service Commercial le disponible à vendre qui est un outil donnant le nombre de produits finis disponibles à la vente sans remettre en cause le PDP prévu et donc sans déstabiliser la production.
- ❖ Il permet enfin de mesurer l'évolution du stock (avec niveau suffisant pour un bon service client et pas excessif pour raison économique).

Remarque : Alors que le plan industriel et commercial s'appuie sur des périodes mensuelles, le PDP recourt à un échéancier dont la période est généralement la semaine (ou même le jour).

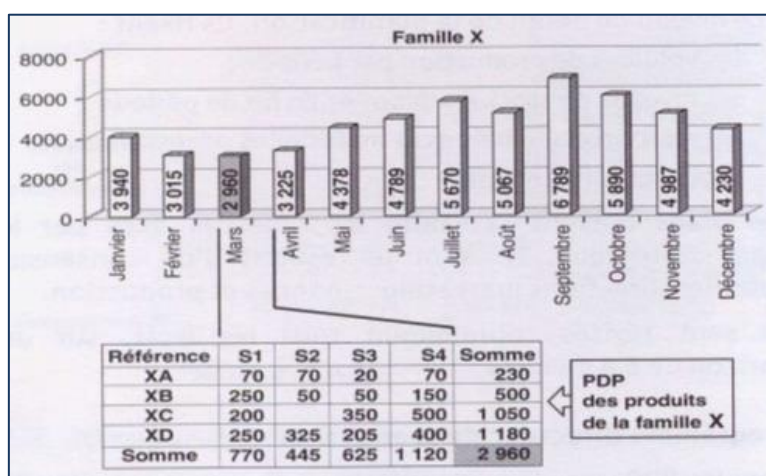


Figure 44. Exemple d'un PDP déduit d'un PIC

Le tableau ci-dessous donne un exemple de PDP.

$$St = 125 ; L = 100 ; D = 1 ; SS = 5 ; ZF = 4$$

		1	2	3	4	5	6	7
Prévisions de vente		5	20	30	40	45	50	50
Commandes fermes		35	20	15	5	2		
Disponible prévisionnel	120	80	40	95	50	3	53	3
PDP (date de fin)				100			100	
Disponible À vendre								
PDP (date de début)			100			100		

Tableau 10. Exemple d'un PDP

Les paramètres de gestion figurent en tête. Le besoin commercial est donné sur les deux premières lignes. On remarquera que les commandes déjà enregistrées décroissent vers le futur et que les commandes consomment les

prévisions : dans la période 1, par exemple, les prévisions initiales étaient de 40 mais 35 produits ont été commandés et on prévoit encore 5 commandes.

Montrons le déroulement du calcul, en soulignant les différences par rapport à un Calcul des besoins. Rappelons-nous notamment l'existence d'ordres fermes dans la zone ferme, c'est-à-dire d'ordres déjà placés précédemment par le gestionnaire (ici, 100 produits sont prévus dans un ordre ferme avec date de début en période 2 pour date de fin en période 3).

$$DP0 = St - SS = 125 - 5 = 120$$

$$DP1 = DP0 - PV1 - CF1 = 120 - 5 - 35 = 80$$

$$DP2 = DP1 - PV2 - CF2 = 80 - 20 - 20 = 40$$

$$DP3 = DP2 + PDP3 - PV3 - CF3 = 40 + 100 - 30 - 15 = 95$$

$$DP4 = DP3 - PV4 - CF4 = 95 - 40 - 5 = 50$$

Si, dans une des périodes précédentes, le disponible prévisionnel était devenu négatif, il y aurait eu un message avec proposition de solution de placer un ordre, mais pas d'ordre proposé car nous sommes dans la zone ferme. Au contraire, au-delà de ZF, le calcul est analogue à un calcul des besoins :

$$DP5 = DP4 - PV5 - CF5 = 50 - 45 - 2 = 3 ; DP6 = DP5 - PV6 = 3 - 50 < 0$$

Donc, ordre proposé PDP6 = 100 (avec début en 6 - D = 6 - 1 = 5) et DP6 = DP5 + PDP6 - PV6 = 3 + 100 - 50 = 53 etc. Poursuivons le même exemple afin d'expliquer le calcul du disponible à vendre.

Calcul du disponible à vendre (DAV)

$$St = 125 ; L = 100 ; D = 1 ; SS = 5 ; ZF = 4$$

		1	2	3	4	5	6	7
Prévisions de vente		5	20	30	40	45	50	50
Commandes fermes		35	20	15	5	2		
Disponible prévisionnel	120	80	40	95	50	3	53	3
PDP	(date de fin)			100			100	
Disponible	À vendre	70		78			100	
PDP	(date de début)		100			100		

Tableau 11. Calcul du DAV

Le DAV donne tout ce qui peut être encore promis à des clients. Une valeur est à donner en première période, puis chaque fois qu'il y a une nouvelle ressource, donc un ordre en PDP Fin : ici, en périodes 1,3 et 6. En période 1, le stock existant est de 125 (car tout le stock, y compris le stock de sécurité, peut être vendu... sinon à quoi servirait le stock de sécurité ?) ; or, tout ce qui est déjà promis à des clients jusqu'à la prochaine ressource (période 3) est de 35 + 20. $DAV1 = St - CF1 - CF2 = 125 - 35 - 20 = 70$

Remarquons que, s'il existait un ordre au PDP (ordre lancé figurant en PDP date de fin), il faudrait l'ajouter au stock. Pour les périodes autres que la première, on ne doit tenir compte que des ressources PDP, car tout le disponible prévisionnel a pu être vendu (il est inclus dans le DAV précédent).

$$DAV3 = PDP3 - CF3 - CF4 - CF5 = 100 - 15 - 5 - 2 = 78$$

$$DAV6 = PDP6 = 100 \text{ puisqu'il n'y a plus de commandes.}$$

Remarques : Nous avons fixé ici des conventions simples pour illustrer, tout d'abord, la consommation des prévisions par les commandes. Nous avons également divisé l'horizon de planification en deux zones ; elles peuvent être au nombre de trois : zone gelée (modification exceptionnelle avec accord de la production), zone négociable (modification possible après vérification de disponibilité des composants et de la capacité) et zone libre.

Le calcul des charges détaillées

Le réalisme du PIC est vérifié par un calcul des charges globales permettant de les comparer aux capacités globales: 'Calcul global de charge au niveau du PIC'. De même le PDP (programme directeur de production) est validé par un calcul des charges : 'calcul des charges globales et réalisme du PDP'. Le calcul des charges détaillées a pour objectif

de déterminer, de façon précise, l'échéancier des charges de chaque centre de charge de l'entreprise. Nous supposons qu'un centre de charge peut être une machine, un groupe de machines, un opérateur, un atelier, ... Le calcul des charges détaillées doit porter sur tous les ordres qui vont apporter une charge : ordre lancés, ordres planifiés fermes et ordres proposés. Pour chaque ordre i , on connaît la quantité de l'article et la date de fin de l'ordre. La gamme associée donne les échéances des opérations avec, pour chaque opération, le centre de charge j concerné, les temps de changement de série ou préparation et le temps unitaire d'exécution.

Le calcul de la charge résulte : Temps de Préparation + Temps Exécution \times Nombre

Exemples : Charge d'un ordre de fabrication sur un centre de charge

- ▶ Temps de changement de série : 0,5 h
- ▶ Temps unitaire d'exécution : 0,01 h
- ▶ Nombre d'articles à produire : 200
- ▶ Charge induite : $0,5 + 0,01 \times 200 = 2,5$ h

Charge totale sur un centre de charge EX002 sur la période 8

Période 8		Centre de charge EX002
Ordre de fabrication	Opération	Charge (h)
OF 257	20	18
OF 278	30	12
OF 327	20	25
OF 352	40	11
TOTAL		66

Tableau 12. Charge totale sur un centre de charge

L'échéancier des charges est souvent représenté sous la forme d'un profil de charge.







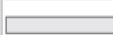

Périodes	Capacité (h)	Charge (h)	Charge/capacité (%)	100 %
7	120	90	75	
8	120	108	90	
9	80	105	130	
10	120	95	79	
11	120	120	100	
12	120	145	120	
13	80	90	112	
14	120	85	70	

Tableau 13. Profil de charge d'un centre de charge

Pour cette représentation, la charge de chaque période est calculée comme indiqué précédemment. Quant à la capacité, elle provient du fichier des centres de charge avec le calendrier associé. Le diagramme illustre les rapports charge/capacité de chaque période et repère les écarts à la ligne charge = 100 % (capacité).

Le profil de charge est une représentation très visuelle qui permet de mettre clairement en évidence les périodes de surcharge et de sous-charge. Il est alors aisé d'anticiper les problèmes et de prendre les mesures appropriées pour lisser la charge en respectant les dates de besoin. En cas de surcharge, deux solutions extrêmes consistent à augmenter la capacité ou réduire la charge, et toute solution intermédiaire est envisageable. Voici quelques actions sur la capacité : machine de remplacement, machine supplémentaire, heures supplémentaires, transfert de personnel d'un autre atelier, équipe de week-end, sous-traitance... et quelques actions sur la charge : avancer certains ordres, retarder certaines opérations (retard récupérable sur des temps d'attente), fractionner des ordres... Dans le cas de sous-charge, les solutions opposées s'appliqueront. Remarquons que la solution industrielle à ces problèmes devra gérer, d'une part, les contraintes du service client et de respect de la date de besoin et, d'autre part, des aspects économiques de coût.

Profil de charge d'un centre de charge

Le gestionnaire souhaitant résoudre un problème de surcharge peut consulter et analyser le détail de la charge

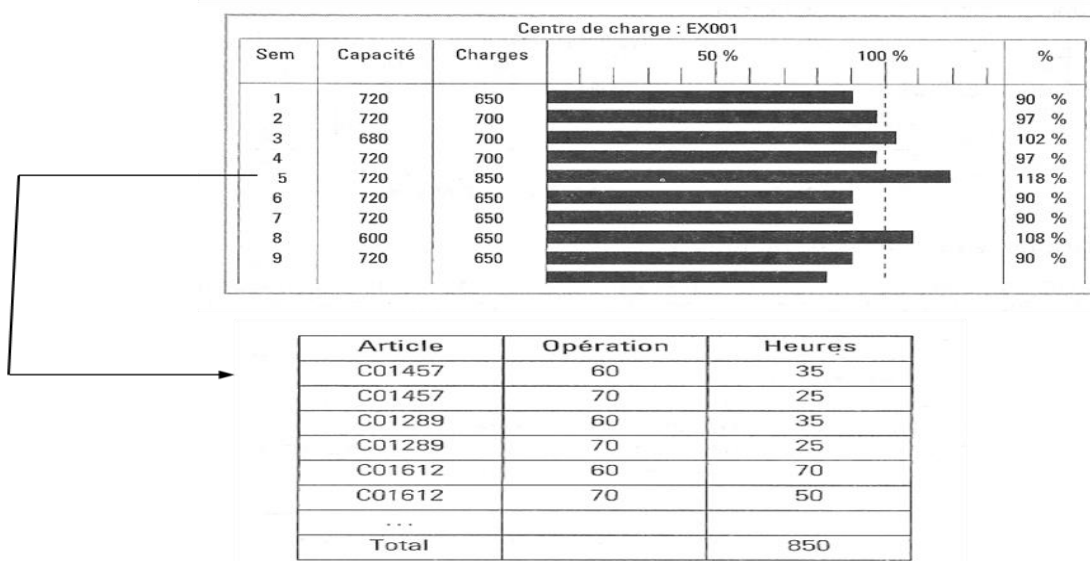


Figure 45. Profil de charge d'un centre de charge

4. Calcul des besoins Nets (CBN)

Pour effectuer un calcul des besoins, il faut connaître les quantités à fabriquer, positionnées dans le temps pour chaque produit fabriqué qui s'appelle le programme directeur de production (PDP). Pour chaque article, il faut connaître :

- La nomenclature décrivant ses constituants ;
- Le délai nécessaire pour le fabriquer, l'acheter ou l'assembler ;
- Le délai de fabrication est la somme des temps d'usinage ou d'assemblage (U), des temps de changement de série (S), des temps de transport (T) entre machines, des temps d'attentes (At), temps de traitement administratif (Ad).
- Dans le cas d'un produit acheté le délai est composé seulement du temps de traitement administratif de la commande et de la durée de la livraison. Dans certain cas, un délai de sécurité est ajouté pour tenir compte des aléas de production ou de livraison.
- Dans certains cas, un délai de sécurité est ajouté pour tenir compte des aléas de production ou de livraison ;
- La quantité actuellement en stock (d'où l'importance des inventaires pour disposer d'une valeur fiable) ;
- Les règles de gestion : la taille de lot de fabrication ou d'approvisionnement, le coefficient de rebut ;
- Les ordres de fabrication ou d'approvisionnement déjà lancés (articles en cours de réalisation dans l'atelier) ;
- Les ordres planifiés fermes (prévisions de fabrication figées par le gestionnaire).

Les résultats du calcul des besoins nets sont :

- Des ordres proposés, c'est-à-dire desancements prévisionnels en fabrication ou des approvisionnements prévisionnels ;
- Des messages proposant au gestionnaire les actions particulières à mener (lancer, avancer, reporter un ordre de fabrication) en vue d'une bonne gestion de la production prévue.

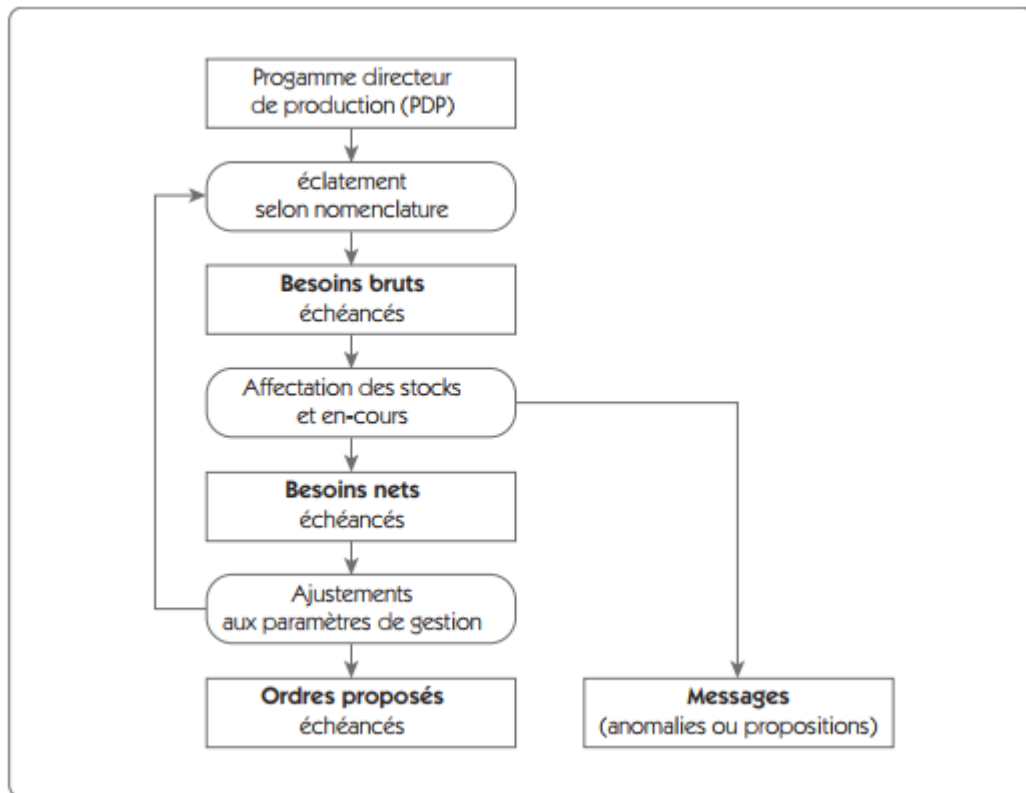


Figure 46. Logique du calcul des besoins nets

Le principe du calcul des besoins

Le calcul des besoins place les ordres de fabrication et les ordres d’approvisionnement au plus tard afin d’éviter des stocks inutiles. Ceci est un grand principe du calcul des besoins puisque l’on part du produit fini puis l’on remonte le temps pour obtenir les dates des besoins correspondants aux composants. Il s’agit d’un jalonnement (ou programmation) des opérations au plus tard ou « *Backward Scheduling* ».

- Besoins bruts : rassemble période après période les prévisions de consommation de l’article.
- Besoins nets : d’une période est déduit du besoin brut en lui soustrayant les en-cours de production qui doivent être terminés dans la période (ordres lancés) et les produits en stock à la fin de la période précédente (stock prévisionnel).
- Ordres lancés : indique les lots qui en cours de production ou les commandes qui sont en cours de livraison.
- Ordres proposés : ce sont les ordres de fabrication ou de réapprovisionnements que le logiciel va proposer en respectant le délai de production ou d’approvisionnement.
- La taille de la période peut être la semaine ou le jour.

$\text{Besoin net}(p) = \text{besoin brut}(p) - \text{ordre lancé}(p) - \text{stock}(p-1)$ Si ce résultat est < 0 alors $\text{besoin net} = 0$

$\text{Stock}(p) = \text{stock}(p-1) + \text{ordre lancé}(p) + \text{ordre proposé}(p) - \text{besoin brut}(p)$

Exemple de calcul des besoins (Voir annexe 1)

II. Ordonnancement de la production

L’ordonnancement d’atelier couvre un ensemble d’actions qui transforment les décisions de fabrication définies par le programme directeur de production en instructions d’exécution détaillées destinées à piloter et contrôler à court terme l’activité des postes de travail dans l’atelier.

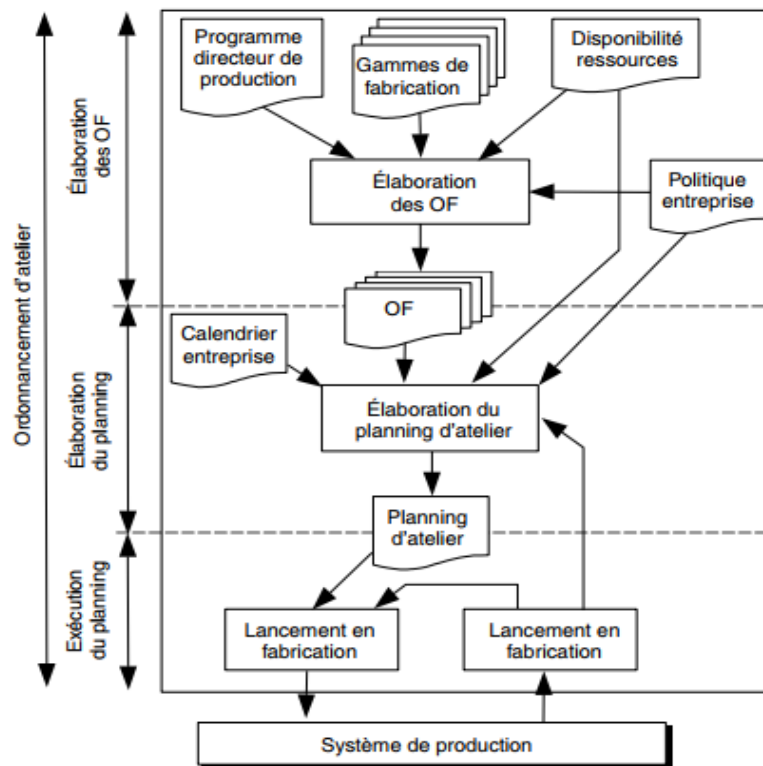


Figure 47. La fonction ordonnancement

1. Types d'ordonnancement- Pilotage de la production & fonction d'ordonnancement

L'objectif final de l'ordonnancement est avant tout de piloter la production de l'entreprise. Ce pilotage peut être : **Centralisé**, dans ce cas, il est réalisé par la fonction ordonnancement de l'entreprise. **Décentralisé**, dans ce cas, il est réalisé au pied de chaque poste de travail.

La fonction ordonnancement d'atelier peut être décomposée en trois sous-fonctions :

- **Une sous-fonction « élaboration des OF »** : cette tâche consiste à transformer les informations du programme directeur de production (suggestions de fabrication) en OF (Ordres de Fabrication) ;
- **Une sous-fonction « Élaboration du planning d'atelier »** : cette tâche consiste, en fonction de ces ordres de fabrication et de la disponibilité des ressources consommables (matières premières, composants) et partageables (postes de travail), à déterminer le calendrier prévisionnel de fabrication (cela revient à transformer les prévisions de fabrication à court terme en ordres d'exécution à très court terme) ;
- **Une sous-fonction « Lancement-Suivi »** : cette tâche consiste à distribuer aux postes de travail les documents nécessaires à la bonne exécution des fabrications (lancement en fabrication) et de suivre l'exécution des fabrications (suivi de production). Ces trois sous-fonctions s'enchaînent de la manière présentée à la ci-dessus.

2. Les méthodes d'ordonnancement

2.1. Planning GANTT

Il s'agit d'un outil permettant de modéliser la planification de tâches nécessaires à la réalisation d'un projet. Il s'agit d'un outil inventé en 1917 par Henry L. GANTT. Cet outil permet de déterminer la meilleure manière de positionner les différentes tâches d'un projet à exécuter, sur une période déterminée, en fonction : des durées de chacune des tâches ; des contraintes d'antériorité existant entre les différentes tâches ; des délais à respecter ; des capacités.

Un planning GANTT se représente dans un plan orthonormé dans lequel :

- ✎ Les moyens sont représentés sur l'axe des ordonnées : soit par ordre alphabétique des moyens ; soit regroupés par section, centre de charge ou atelier.
- ✎ Le temps est représenté en abscisse : soit à partir de 0 ; soit suivant le calendrier d'ouverture de l'entreprise.

Chaque phase d'OF est représentée par un segment de longueur proportionnelle à la durée³.

Élaboration d'un planning : Flottement, jalonnement et chevauchement

Un flottement : correspond au temps de retard qu'on peut prendre sur une tâche particulière sans pour autant augmenter la durée globale de réalisation du projet. Ce sont des éléments de flexibilité qui permettent à l'entreprise de perdre un peu de temps sans que cela ne prête à conséquence

Le **jalonnement** des opérations est l'aboutissement d'une action d'**ordonnement** constitué par un ensemble de repères dans le temps (norme AFNOR NF X 50-310). Ce repère s'appelle **jalón**.

- ▶ Le diagramme de Gantt classique consiste à représenter les opérations en les faisant démarrer le plus tôt possible, ce qu'on appelle un jalonnement au plus tôt.
- ▶ Avec les préoccupations juste-à-temps, on a aujourd'hui plutôt tendance à faire commencer les opérations le plus tard possible de manière à respecter « juste à temps » les impératifs fixés par le client, et on procède à un jalonnement au plus tard.

Le chevauchement d'opérations : consiste à faire démarrer une opération alors que la précédente n'est pas terminée, ou à effectuer des opérations en parallèle, pour diminuer le temps global de réalisation du projet.

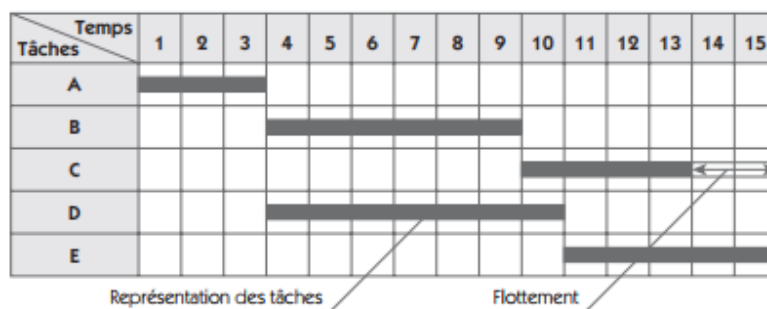


Tableau 14. Présentation du Gantt sur un exemple

2.2. La méthode Pert (Graphe PERT)

PERT ou « **Program and Evaluation Review Technique** » peut être traduit en français comme **Technique d'Elaboration et de contrôle des projets**. Cette méthode date de 1958 et vient des Etats-Unis où elle a été développée sous l'impulsion de la marine américaine. Elle s'attache surtout à mettre en évidence les liaisons qui existent entre les différentes tâches d'un projet et à définir le chemin dit « critique », constitué de l'ensemble des opérations critiques, c'est-à-dire des opérations sur lesquelles on ne peut pas prendre de retard sans modifier la durée de réalisation du projet.

Le graphe PERT est composé d'étapes et d'opérations. On représente les étapes par des cercles, les opérations ou les tâches à effectuer par des flèches (la longueur de la flèche n'a pas de signification).

- ▶ Deux tâches A et B qui se succèdent immédiatement se représentent par des flèches qui se suivent.
- ▶ Deux tâches simultanées, c'est-à-dire qui commencent en même temps.
- ▶ Deux tâches A et B convergentes, c'est-à-dire qui précèdent une même étape C.

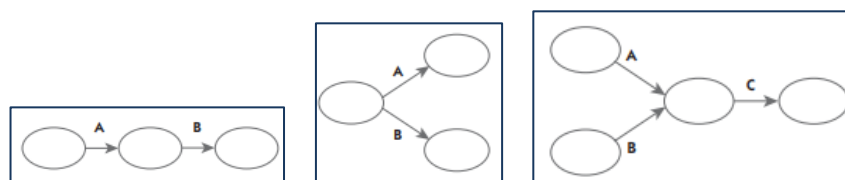


Figure 48. Tâches successives Vs T. Simultanées, Vs T. convergentes

Tâche fictive, représentée parfois par une flèche en pointillés (durée nulle), permet d'indiquer les contraintes d'enchaînement entre certaines étapes.

³ Ce type de modélisation est particulièrement facile à mettre en œuvre avec un simple tableur mais il existe des outils spécialisés : exemple : **Microsoft Project**.

Exemple : Supposons que nous ajoutons la condition supplémentaire A précède D. Il faut alors créer une tâche fictive X, de durée nulle, dont l'objectif est de modéliser cette condition d'antériorité nouvelle.

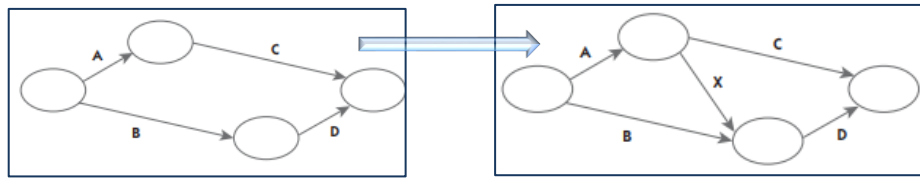


Figure 49. Tâche Fictive

III. La gestion d'atelier & gestion d'atelier par les contraintes

1. La gestion d'atelier

La planification à trois niveaux successifs (PIC, PDP et calcul des besoins), respectivement validés par les calculs de charges, a conduit à des ordres proposés. Le gestionnaire va maintenant devoir en lancer l'exécution, c'est-à-dire les transmettre à l'atelier pour réalisation. Le but de la gestion d'atelier est d'aider celui-ci à livrer les bons ordres de fabrication à la bonne date et notamment d'agir pour rendre disponible la capacité nécessaire.

La première finalité de la gestion d'atelier est de maîtriser les flux dans les ateliers de production de l'entreprise. Cette maîtrise des flux signifie une synchronisation adaptée des activités qui se déroulent dans les ateliers : de transformations, de déplacements ou d'attentes réalisées en fonction de processus définis. On se situe donc à ce stade au niveau le plus bas du processus de décision, en aval de la planification et de la programmation, au niveau opérationnel où l'ensemble des décisions vont devoir trouver leur application effective.

1.1. Les règles de priorité (TD n° 10)

Il y a en général plusieurs opérations susceptibles d'être affectées à une ressource à un moment donné. Il faut choisir laquelle d'entre elles est la plus urgente et doit être réalisée en premier. Ce choix résulte de l'application de règles de priorités, qui sont cohérents avec la stratégie ou la tactique de l'entreprise au moment considéré.

Les règles de priorité sont des critères sur la base desquels s'appuie la décision de lancer un ordre ou une commande parmi plusieurs qui sont en cours. Que se soit dans un atelier de fabrication ou dans le cadre d'un projet, un nombre réduit de ressources est utilisé pour réaliser un ensemble d'opérations parfois non rattachées à une même gamme. Lorsqu'une opération est terminée à un poste de travail, l'opérateur utilise une règle de priorité pour déterminer laquelle sera la suivante parmi celles qui sont en attente. Il s'agit en d'autres termes de définir la séquence des opérations au niveau d'un atelier ou poste de travail en s'appuyant sur une seule règle.

Exemples de règles de priorité :

- ▶ Premier entré, premier sorti (**PEPS**) ou en anglais First come, first served (**FCFS**)
- ▶ Réaliser en premier les ordres de fabrication qui a un délai de fabrication le plus court On parle aussi de (*Traitement par ordre croissant du temps opératoire*) ; en anglais (**DFC**) ou Shortest Processing Time (**SPT**)
- ▶ Réaliser en premier le travail le plus long. TFL (Temps de Fabrication le plus long) On parle aussi de (*Traitement par ordre décroissant du temps opératoire*) en anglais **LPT** (Longest Processing Time) ;
- ▶ Traiter en priorité le lot qui ira ensuite sur le poste dont la file d'attente est la plus courte.
- ▶ Traiter en premier l'ordre dont la date de fin est la plus proche (Délais de livraison le plus proche) : la priorité est donnée aux opérations/commandes dont la date de fin promise est la plus proche (*Traitement par ordre croissant du délai de livraison*) en anglais **EDD** (Earliest Due Date) ;
- ▶ La priorité est donnée aux opérations/commandes du client préféré en anglais **PCO** (Preferred Customer Order) ;
- ▶ Traiter en priorité les lots correspondants aux commandes de plus forte valeur.
- ▶ Traiter en priorité les lots correspondants aux commandes qui pourront être expédiées avant la fin du mois.
- ▶ Traiter en priorité le lot qui a la plus faible marge (la marge est l'écart entre le délai de fin de l'ordre et le temps de travail restant à réaliser sur cet ordre).
- ▶ Traiter en priorité le lot qui a la plus faible marge par opération.
- ▶ Traiter en priorité le lot qui a la plus faible marge relative (les marges sont relativisées par rapport au travail total restant à effectuer, et non par rapport au nombre d'opération. Cette règle commune, est appelée règle du « ratio critique ». On trouve différentes règles de calcul de ce ratio. L'une des règles utilisées est :
Ratio critique = délai restant / travail restant à effectuer, Un travail en retard a un ratio inférieur à 1.

1.2. Les techniques d'accélération des flux

Par rapport à ce qui résulterait d'un simple positionnement des opérations successives sur les ressources, il existe des techniques qui permettent d'accélérer les flux et de raccourcir les délais de réalisation à savoir : Le chevauchement et le fractionnement.

Le chevauchement d'opérations consiste à débiter une opération d'un lot sur une ressource avant que la ressource précédente ait terminé la totalité du lot.

Le fractionnement d'un lot consiste à réaliser une opération simultanément sur deux ressources au lieu d'une seule.

1.3. Le suivi des flux de charge

La charge est la quantité de travail à réaliser sur une ressource (poste de charge ou atelier)

La capacité est la quantité de travail que la ressource est capable de réaliser par unité de temps. C'est donc elle qui gouverne le débit de la ressource.

Un centre de charge peut être représenté d'une manière schématique par un entonnoir : les ordres de fabrication entrent, les réalisations sortent et le contenu de l'entonnoir représente le travail lancé mais en attente. La charge d'une ressource résulte de l'équilibre entre ce qui entre dans la file d'attente et la capacité, donc ce qui sort. Il y a une **augmentation de la charge** si les entrées sont supérieures aux sorties. Il y a une **diminution de la charge** si les entrées sont inférieures aux sorties.

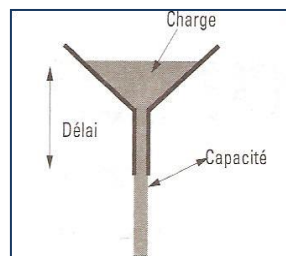


Figure 50. Charge/ capacité

Principe du suivi de charge en atelier : suivi des entrée /sortie

Le suivi de flux consiste à mesurer et contrôler le flux physique qui passe à travers un centre de charge (ou un atelier) pour une période donnée. Dans la période considérée : entrées et sorties sont d'une part prévisionnelle, c'est-à-dire programmées et d'autres parts réelles, c'est-à-dire constatées.

À chaque fois que l'en-cours se situe en dehors d'une fourchette prédéfinie : il faut agir sur la sortie (de la responsabilité de l'atelier) et/ou sur l'entrée (responsabilité du gestionnaire).

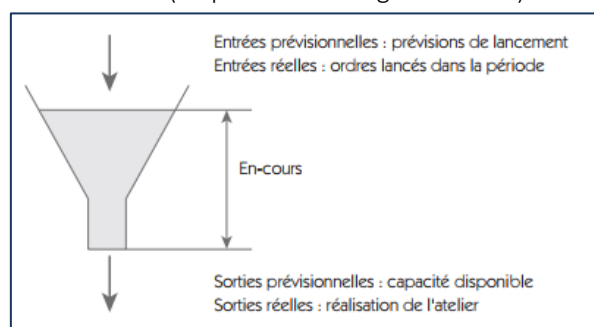


Figure 51. Principe du suivi de charge en atelier

2. La gestion d'atelier par les contraintes

Le concept de gestion par les contraintes a été développé dans les années 1970 par Eliyahu Goldratt et avait comme motivation principale de gérer les ressources « goulets » d'un système de production. La méthode appelée TOC (*Theory of Constraints*) a pour but de déterminer la cadence de production d'un atelier, d'un îlot de production ou d'une ligne de fabrication.

Cette méthode a été accompagnée d'un logiciel appelé OPT (*Optimized Production Technology*).

OPT apporte aux GPAO sur lequel il se greffe une planification à capacité finie fidèle aux objectifs du juste-à-temps.

L'OPT permet de faire un meilleur équilibrage des flux sur toute la chaîne logistique

- Les goulets sont des postes critiques qu'il convient de suivre attentivement. La capacité limitée d'un goulet conditionne la taille du flux qui traverse toute la chaîne. Un retard sur un goulet se répercute directement sur le délai de fabrication ou de livraison.
- Pour maintenir l'équilibre de toute la chaîne et réaliser des performances, il faut se focaliser sur les goulets et s'investir à améliorer leur capacité. En principe, la quantité de biens ou services produits ne peut augmenter que si l'on augmente la capacité des goulets. Les goulets ne sont qu'un type particulier de contraintes. Il en existe d'autres, de divers types : il peut s'agir de limites physiques, comme des contraintes dans l'approvisionnement d'un composant critique ou, plus simplement, dans la trésorerie mobilisable à un instant donné.

3. Du juste-à-temps au Lean Management

Dans le monde économique, le seul moyen pour une entreprise de subsister consiste à maintenir des marges bénéficiaires suffisantes. Toutefois, dans l'économie de marché, qui est l'environnement actuel, gagner plus en vendant plus cher est difficile à cause de la situation de concurrence ; il reste donc à dépenser moins en agissant sur les coûts.

En revanche, s'il est toujours possible de dépenser moins, encore faut-il qu'en fin de compte le client y trouve son compte et pour cela il faut que ce mouvement s'accompagne d'un niveau de qualité acceptable et accepté. Le concept du Lean Management repose sur la question suivante : peut-on réaliser des produits collant parfaitement aux attentes des clients, à des coûts exceptionnellement bas et d'une exceptionnelle qualité ? Deux idées maîtresses sont au cœur du Lean Management :

- ▶ La suppression de tous les gaspillages (**Annexe 2**) tout au long de la chaîne logistique et dans tous les processus de l'entreprise. Autrement dit, être économe dans l'entreprise et non vis-à-vis du client !
- ▶ Mettre l'homme au cœur du dispositif en exploitant toutes les capacités intellectuelles, dans toutes les structures de l'entreprise, à tous les échelons.

Le Lean Management a pour objectif d'améliorer la performance industrielle tout en dépensant moins. C'est le même problème que celui qui se pose à un sportif qui cherche à obtenir la performance maximale en réduisant le plus possible l'énergie consommée.

Pour illustrer cette comparaison, prenons le cas d'un débutant en ski de fond sur un « pas de skating ». Maîtrisant mal son équilibre, il va dépenser une énergie considérable qui ne se traduira pas en vitesse d'avancement et sera épuisé après quelques kilomètres. Au fur et à mesure de ses progrès dans la justesse de ses gestes, dans son équilibre, dans la lecture de la piste, il va pouvoir concentrer son énergie sur la seule performance utile : sa vitesse d'avancement. Au total, pour la même dépense énergétique, on peut facilement multiplier sa vitesse par un facteur 3 simplement en éliminant les gaspillages énergétiques. C'est le même problème pour les entreprises industrielles : comment améliorer notre performance sans consommer plus d'énergie ? Pour atteindre ce niveau dans une entreprise, on doit s'appuyer sur un certain nombre de points clés :

- ▶ La suppression de tous les gaspillages,
- ▶ Une production en flux tendus,
- ▶ Une gestion de la qualité favorisant l'amélioration continue et l'amélioration par percée,
- ▶ La réduction des cycles de développement des produits,
- ▶ Une attitude prospective vis-à-vis de ses clients.

La suppression des gaspillages

Pour dépenser moins, il faut se rapprocher le plus possible de l'optimum, ne dépenser que ce qui est indispensable pour apporter de la valeur ajoutée au produit. Illustrons ce principe par un exemple caricatural pris dans la vie de tous les jours. « Un client pressé se présente au bar d'un café et commande un café bien serré. Le restaurateur qui n'a plus de café disponible au comptoir va dans son arrière-boutique, cherche un paquet de café et renverse une boîte de sucre qui était mal rangée. Il revient au comptoir, fait le café, mais laisse trop couler l'eau. Mécontent, le client demande un nouveau café, plus serré. Le restaurateur, énervé, manipule mal sa machine déjà mal en point

et casse un élément du percolateur. Après une réparation de fortune, le restaurateur apporte le nouveau café mais oublie le sucre. Il est obligé d'aller chercher le sucre à l'autre bout du comptoir. Lorsqu'il revient, le client pressé est parti. »

Dans cette petite anecdote, on constate de nombreux gaspillages évidemment inutiles :

- ▶ Boîte de sucre renversée faute d'un mauvais rangement ;
- ▶ Nombreux déplacements inutiles ;
- ▶ Problèmes de qualité suite à une mauvaise compréhension des attentes du client ;
- ▶ Problèmes de fiabilité de la machine.

Le Lean Management a pour objet la suppression de tous les gaspillages.

Le mode de vie occidental est en lui-même un obstacle majeur à la diminution des coûts car nous n'avons pas l'habitude de lutter contre les causes des problèmes. Devant chaque difficulté, nous trouvons toujours un moyen de contourner le problème, parade qui rend l'effet supportable.

Quelques exemples où la difficulté est contournée :

- ▶ Durée de changement d'outil – la formule de Wilson détermine un « lot économique » au lieu de chercher à réduire les temps de changement d'outils ;
- ▶ Pannes des machines- on constitue des stocks de sécurité ;
- ▶ Excès de stock- on développe les entrepôts de stockage ; on achète un magasin automatisé ;
- ▶ Manutentions longues et difficiles- on investit dans des systèmes de manutention sophistiqués.

Cette parade de contournement contribue systématiquement à augmenter le coût. Nous devons donc toujours garder en mémoire la maxime suivante : on ne doit pas gérer un handicap, on doit l'éliminer. Sur un poste de production, les 7 principales sources de gaspillage sont identifiées : on les appelle les 7 Muda (gaspillage en japonais).

- (1) **Surproduction** : on continue à produire alors que l'ordre de fabrication est soldé.
- (2) **Attentes** : l'opérateur passe un pourcentage de temps important à attendre la fin des cycles de la machine. Les temps de cycles ne sont pas équilibrés, les processus ne sont pas en ligne.
- (3) **Déplacements inutiles** : par exemple, lorsqu'une surproduction a été réalisée, on doit emmener le surplus dans le stock puis le ressortir, d'où deux déplacements sans apport de valeur ajoutée.
- (4) **Opérations inutiles** : tendance de tous les opérateurs à atteindre des niveaux de spécification qui vont au-delà des attentes des clients. Cela est spécialement vrai pour des défauts visuels. Cela augmente les temps de production, les retouches, les rebuts, et donc les coûts. D'où l'intérêt de parfaitement définir le niveau attendu pour chaque spécification et de se donner les moyens de mesurer correctement ces spécifications.
- (5) **Stocks excessifs** : outre les aspects coûts, les stocks excessifs conduisent à des gaspillages de temps pour retrouver la référence.
- (6) **Gestes inutiles** : par une mauvaise conception des postes de travail, on diminue considérablement l'efficacité de ces postes en imposant des déplacements, des gestes, des transports inutiles.
- (7) **Défauts** : le processus génère de la non-valeur ajoutée ; il faut attendre pour avoir de nouvelles matières premières, les défauts peuvent ne pas être vus alors que l'on passe à l'opération suivante.

Une production en flux tendus

Jean de La Fontaine avertissait : « Il ne faut pas vendre la peau de l'ours avant de l'avoir tué. » Le Lean Management nous dit au contraire : « Ne tuez pas l'ours avant d'avoir vendu sa peau, cela risque de faire du stock, la peau peut s'abîmer et vous n'êtes pas sûr de la vendre ! ». Cette petite boutade nous permet de bien saisir les différences fondamentales qui existent entre la gestion traditionnelle et le

Lean Management. Dans le premier cas, on fabrique puis on vend, dans le second, on vend puis on fabrique. En revanche, il faut organiser la production de façon qu'elle réponde dans un délai qui soit acceptable par le client.

La production en flux tendus permet à l'entreprise de réduire de façon considérable ses cycles de production afin de ne produire que ce que le marché demande. Cette tension des flux s'accompagne d'une accélération de la vitesse de circulation des produits sur le site de production.

Par analogie avec un cours d'eau, on peut associer la production traditionnelle à la Seine qui comporte beaucoup de méandres et un débit finalement faible compte tenu de la capacité du fleuve. Tendre les flux va consister à donner de la pente à ce fleuve et supprimer les méandres afin d'accélérer les temps de passage. Le débit sera alors considérablement augmenté sans qu'il faille pour autant modifier la capacité du fleuve.

La tension des flux consiste à réduire considérablement les délais de production afin de les rendre le plus synchrone possible avec les évolutions du marché. Cette synchronisation entre le marché et la production présente bien des intérêts.

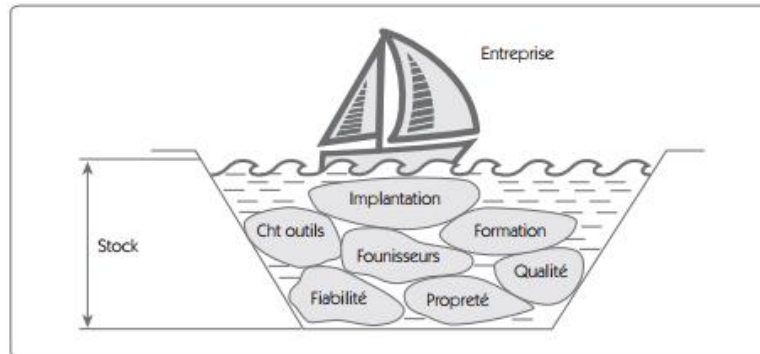


Figure 52. Les causes principales de la non-compétitivité

Conclusion

Le système Lean c'est la transformation des chaînes de valeur de fabrication de produits par amélioration continue (voir le petit dictionnaire) pour optimiser le ratio :

Valeur Ajoutée aux clients / Ressources Consommées

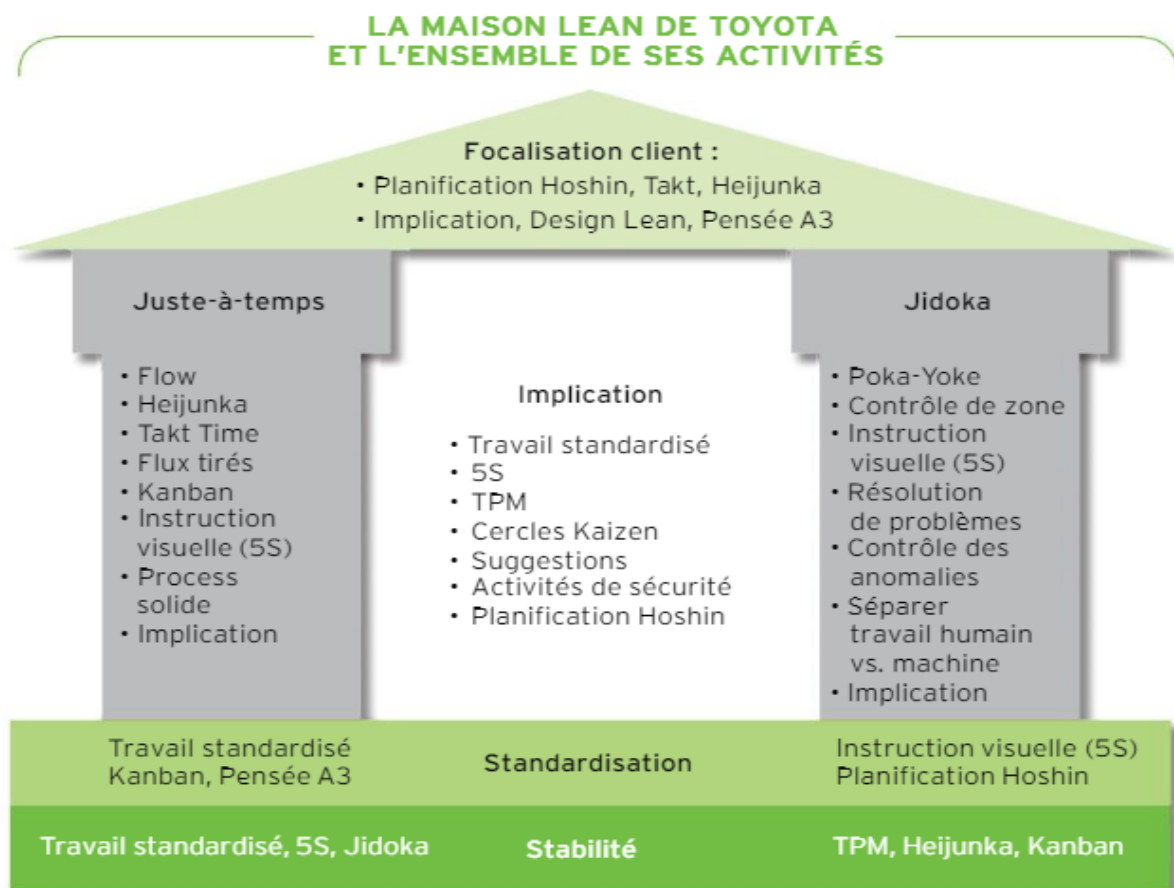


Figure 53. La maison Lean de Toyota et l'ensemble de ses activités (Dennis, 2016)

CONCLUSION ET PISTES DE RÉFLEXION

Le rôle d'un gestionnaire de production consiste à piloter et coordonner toutes les ressources (physiques, humaines et financières) d'une industrie conformément aux objectifs fixés par la direction dans un souci permanent de satisfaire les attentes des clients en termes de qualité, délai et coût.

Pour déterminer ce que l'on doit faire, il faut analyser plusieurs séries d'informations représentatives de l'état du système et de son environnement afin d'en dégager une synthèse permettant de justifier les actions à conduire. Piloter un système de production revient à prendre des décisions devant se traduire par des ordres d'utilisation des ressources.

L'ensemble des informations circulant dans l'entreprise constitue un système d'information (des informations statiques, ou lentement évolutives, tels que les produits à fabriquer, les nomenclatures, les moyens de production, les gammes de fabrication, et des informations dynamiques, ou à évolution rapide, telles que commandes clients, approvisionnements, état du stock, en-cours de fabrication, charges des postes,) ... Ainsi, le système d'information base du pilotage de la production

En gestion de production, il est de coutume de regrouper les informations de l'entreprise en fonction de leur nature:

- ▶ Les données commerciales regroupant les données de l'environnement (marché, clients, fournisseurs, ...)
- ▶ Les données techniques regroupant les données du système de production (articles, nomenclatures, postes de charge, gamme de fabrication, ordre de fabrication, calendrier industriel, ...)

Il faut être vigilant quant à la qualité de ces données car se sera à partir d'elles que toutes les décisions seront prises.

En somme, l'évolution permanente des technologies, des techniques de production ainsi que des produits, amène l'entreprise à s'adapter en permanence aux changements rapides de la demande et à la transformation de l'environnement social.

Elle doit donc être dans la capacité d'anticiper. Elle doit pouvoir se réinventer plus rapidement sans être ralentie par la rigidité de son système industriel. Elle doit être réactive, flexible et proactive.

Or, aujourd'hui, l'entreprise devient de plus en plus complexe dans son mode de fonctionnement. Les composants qui participent à la gestion et à l'amélioration de la performance sont plus nombreux et les interfaces deviennent de plus en plus compliquées.

L'entreprise a besoin d'avoir une bonne compréhension de son environnement afin d'agir avec efficacité. Il lui est nécessaire de maîtriser les interfaces et les échanges entre les fonctions, les services et les activités. Par ailleurs, dans un monde en perpétuelle évolution, soumises à des contraintes économiques fortes et confrontées à la mondialisation des marchés, les entreprises ont compris qu'il ne leur suffisait plus d'être performantes pour assurer leur pérennité.

Les exigences des clients sont si multiples et les intervenants si nombreux que l'entreprise se trouve en interdépendance avec des partenaires, des réseaux et des systèmes avec lesquels elle va devoir travailler, collaborer et échanger. Alors comment satisfaire le client et ses nouvelles aspirations ? Comment maîtriser cette dynamique des changements, des mutations et des évolutions qui ne feront que s'accélérer dans les prochaines années ? Quel type d'outils de gestion sera nécessaire demain pour accompagner et assurer la pérennité des entreprises ?

Le domaine de la gestion de production est riche, complexe et comme toute science de gestion a été peu à peu construit selon une démarche scientifique. De plus, étant une « science » ou « technique » pour laquelle la théorie est relativement neuve et n'ayant pas bénéficié, comme la comptabilité par exemple, des travaux et du cadre d'un « plan », la gestion de la production est un domaine dans lequel joue à plein la « magie du verbe », dont on essaiera de se défaire. C'est pourquoi nous tenterons de définir précisément le sens que nous donnons à chaque terme, ainsi que les autres significations qui peuvent lui être données.

Le processus de gestion : identifie un enchaînement d'activités. Sa fonction est de piloter les activités de gestion dans l'objectif de réaliser un produit/process, sa référence principale. La structure du processus de gestion peut être enrichie des vues, des ressources, de la qualité, de l'organisation et de l'informatique. Un processus de gestion est activé par un événement.

Flux : déplacement d'éléments (informations, données, matière, énergie, etc.) dans le temps et dans l'espace.

La production : consiste en une transformation de ressources (humaines et matérielles) en vue de la création de biens ou services :

La production d'un bien s'effectue par une succession d'opération consommant des ressources et transformant les caractéristiques de la matière. *Exemple :* Production de voiture.

La production d'un service s'effectue par une succession d'opérations consommant des ressources sans qu'il ait nécessairement transformation de matière. **Exemples :** La vente.

La Gestion Vs Management : Lebraty (1992) met en lumière les caractéristiques des deux concepts à travers les termes de management et de gestion, et rappelle que leur opposition se retrouve de façon constante dans la problématique des choix décisionnels (Fulconis & Paché, 2011).

Caractéristiques	Management	Gestion
Définition	Trouver une solution qui n'est pas forcément contenue dans les données du problème Découvrir le problème (par l'anticipation) où « Inventer » les données	Mettre en évidence la solution d'un problème qui, par construction, se trouve dans l'énoncé
Attitude	Oser refuser la fatalité du cadre donné et, donc, être apte à en imaginer un autre et à trouver les moyens de le réaliser	Être capable d'optimiser dans le cadre de contraintes
Objectif des décisions	Rechercher la solution d'un problème par la découverte des moyens de modifier ou de transgresser les contraintes	Rechercher la solution d'un problème par l'épuisement de la logique d'une situation
Ordre de pensée	Créativité (Logique d'ordre 2) Champ du qualitatif, du refus opportun des règles du jeu, de l'imagination, de l'intuitif voire de l'affectif	Calcul (Logique d'ordre 1) Champ du quantitatif, de l'obéissance à des règles du jeu
Type de pensée	Pensée latérale	Pensée verticale

La distinction management-gestion (Lebraty, 1992)

À partir du Tableau ci-dessus, il est aisé d'avancer que selon le mode stratégique de management, les décisions prises (ou à prendre) se rapportent davantage à des problèmes de gestion marqués par un niveau élevé d'incertitude et amenant les responsables à adopter des conclusions définitives qui engagent leur entreprise sur une longue période. En revanche, concernant le mode opérationnel de management, les décisions prises (ou à prendre) concernent des problèmes de gestion caractérisés par un faible niveau d'incertitude, l'objectif étant de respecter ou de se conformer, dans le court terme, à des procédures établies (processus de production, modes de distribution, etc.), à des normes plus ou moins implicites selon les secteurs d'activités, afin d'obtenir l'efficacité la plus élevée possible. Aussi peut-on affirmer qu'au-delà des différentes appellations utilisées pour différencier les diverses décisions (non programmables vs programmables, stratégiques vs opérationnelles) et pour préciser la notion de management (management vs gestion, politico-stratégique vs tactico-technique, mode stratégique vs mode opérationnel), les distinctions mises en évidence sont donc, de toute évidence, de même nature. Par ailleurs, elles font ressortir que, pour toute entreprise, la compétitivité s'appuie sur la mobilisation de deux types de

potentiels : les capacités « stratégiques » fondées sur la logique d'innovation et les capacités « opérationnelles » reposant sur la logique d'optimisation. La logique d'optimisation ne représente de ce fait que l'une des facettes du management et des processus de prise de décision qui le sous-tend.

La gestion de production : consiste en la recherche d'une organisation efficace et efficiente de la production de biens et services.

Le but est l'optimisation (*produire mieux et au moindre coût*) en fonction des contraintes et objectifs de l'entreprise»

- La gestion de la production consiste à : l'obtention d'un produit donné dont les caractéristiques sont connues en mettant en œuvre un minimum de ressources. Assurer de façon opérationnelle la combinaison des facteurs de productions pour réaliser les objectifs fixés à la fonction de production (quantité, qualité, délai, coût).
- La gestion de la production s'élabore sur deux axes : La gestion des priorités ; La gestion des capacités : il faut déterminer en fonction des priorités, quelle quantité de main-d'œuvre et quelle capacité matérielle (machines, matières, etc.) sont nécessaires pour réaliser les objectifs.

Le système de production : décrit l'ensemble du processus grâce auquel l'entreprise produit un bien ou un service apte à satisfaire une demande. Dans le cadre d'une entreprise, le système de production, outre sa finalité première qui est de produire un bien économique, cherche à satisfaire d'autres objectifs secondaires :

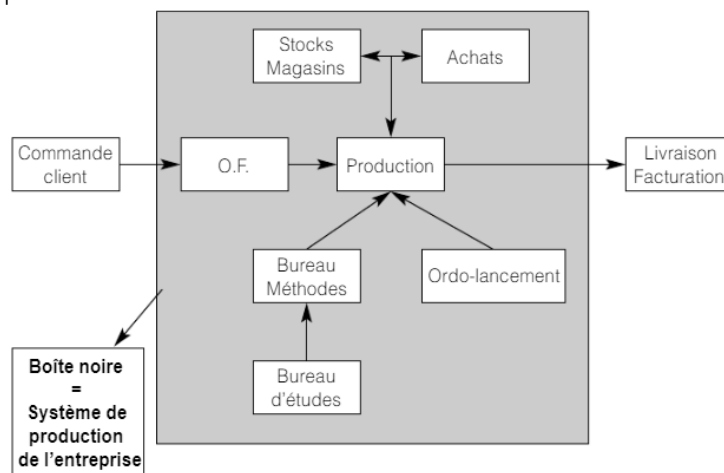
Objectif en termes de quantités produites : la fonction de production doit permettre à l'entreprise de satisfaire la demande qui lui est adressée ce qui suppose que l'entreprise adapte sa capacité de production au volume des ventes. Ceci passe par des actions visant à maintenir en l'état les capacités productives ou par la mise au point de plans d'investissements en capacité.

Objectif en termes de qualité : les biens économiques produits doivent être de bonne qualité, c'est-à-dire doivent permettre de satisfaire les besoins de la clientèle.

Objectif de coût : le système productif adopté par l'entreprise doit proposer les plus faibles coûts de production possibles de manière à garantir la compétitivité de l'entreprise.

Objectif de délai : le système de production doit certes produire, mais dans des délais raisonnables.

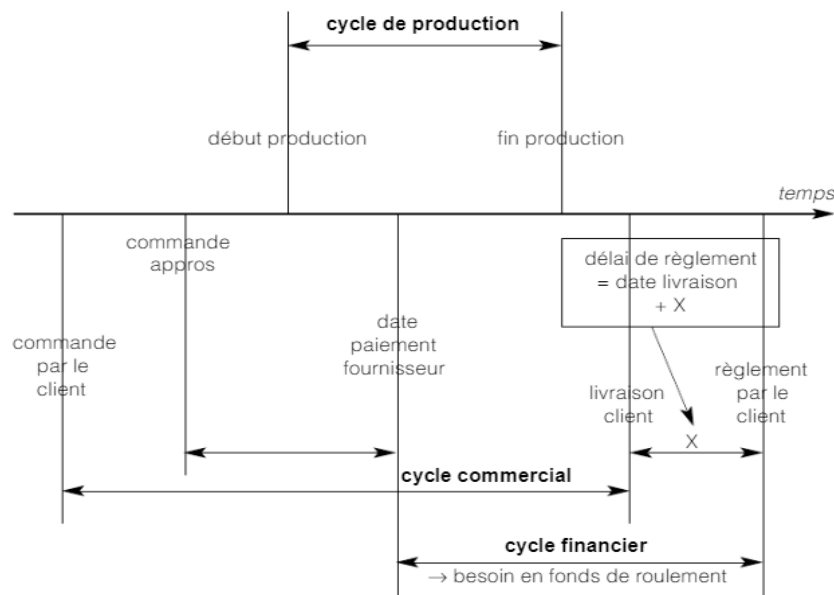
Objectif de flexibilité : le système productif doit être flexible pour plusieurs raisons : pour pouvoir s'adapter aux variations de la demande, pour tenir compte des évolutions de l'environnement productif de l'entreprise (innovations technologiques...), pour permettre une production simultanée de plusieurs types de produits différents en même temps.



Représentation simplifiée d'un système de production (Blondel, 2005, p. 4).

Les cycles et le temps

La langue anglaise définit entre autres les notions de *delivery date* de *due date*. Toutes les notions de délai sont qualifiées par rapport au mot date (voir donnée 2005 du dictionnaire ISO 7372), par opposition au lead time (cycle d'approvisionnement ou de fabrication). On dispose alors de la notion de date (événement ponctuel) par rapport à la notion de durée (suite de temps).



Les différents cycles (Blondel, 2005, p. 29).

Le processus de production

Un processus est : un système d'activités qui utilise des ressources (personnel, équipement, matériels, informations) pour transformer des éléments entrants en éléments sortants dont le résultat final attendu est un produit fini ou semi-fini.

Types d'article	Définition	Exemples
Matières Premières (MP)	Tout article acheté et transformé	Caoutchouc ; Lait ...
Composant ou Fourniture	Tout article acheté et assemblé sans transformation	Puce électronique ...
Pièce	Article transformé utilisant une seule MP	Clef...
Sous-Ensemble	Article transformé par montage de plusieurs pièces et/ou fournitures à un stade intermédiaire de l'élaboration du produit	Moteur, Boite de vitesses, Lecteur DVD
Ébauche ou Brut	Article souvent réalisé par un sous-traitant. En mécanique, l'ébauche sera forgée puis usinée. L'ébauche achetée devient donc pour l'entreprise une matière première.	Prothèse médicale Purée de fruits à l'industrie laitière
Produit semi-fini ou Semi-ouvré	Produit stockable dans un état intermédiaire de son élaboration.	Emballage marqué du sigle d'un client. Arôme alimentaire...
Produit fini	Article vendable dans cet état. Un même article peut donc être à la fois produit semi-fini (intégré dans un composé) et produit fini (vendu en pièce de rechange)	Batterie (Produit fini mais aussi semi-fini pour téléphone portable).

Types d'articles

Commande client : il s'agit de la commande par le client d'un certain nombre de produits pour une certaine quantité et pour une date de livraison (appelée délai) donnée.

Ordre de fabrication (OF ou lancement, ou commande interne) : est un document, ou ensemble de documents, qui donne ordre de fabriquer des pièces, ou produits, spécifiés dans des quantités données pour une date donnée. Dans certains cas, cet OF est matérialisé par le Dossier de Fabrication.

Ordre lancé ou de lancement (OL) : cette notion n'existe pas dans toutes les entreprises. Il s'agit des OF lancés en atelier et par là même difficilement modifiables.

Gamme de fabrication : Document émis par le Bureau des Méthodes qui indique, pour la fabrication d'une pièce ou l'assemblage d'un sous-ensemble ou d'un produit fini : la liste logique des opérations, les natures et les quantités des matières premières nécessaires, les machines, outillages et outils, les temps standards de préparation, de réglage et d'opération.

Opération de fabrication : Subdivision de la gamme opératoire. Une opération ne fait appel qu'à une seule machine.

Nomenclatures : est la « liste hiérarchisée et quantifiée des composants entrant dans la fabrication d'un produit ».

Outil / outillage / machines-outils

Outil : est un objet finalisé utilisé par un être vivant dans le but d'augmenter son efficacité naturelle dans l'action. Cette augmentation se traduit par la simplification des actions entreprises, par une plus grande rentabilisation de ces actions, ou par l'accès à des actions impossibles sans cet outil. Exemples : un marteau, une pince, un tournevis, un marteau arrache-clou

Machines-outils : machines fixes actionnées par un moteur, servant à façonner les matières solides et particulièrement les métaux. Exemples : les perceuses, les fraiseuses,

Outillage : Ensemble des outils et équipement propres à une activité

Cahier de charge : Document décrivant en termes de fonctions, de services ou de contraintes le besoin propre du demandeur ou celui qu'il est chargé de traduire.

Les moyens de production : est une machine, équipement ou endroit aménagé spécifiquement où peut être exécutée une opération donnée.

Poste de travail : est un moyen de production apte à exécuter une tâche. Il est composé d'un moyen de production et de l'(des)opérateur(s) nécessaire(s) à son fonctionnement. Il peut être fixe ou mobile.

Poste de charge : regroupe des postes de travail ayant des caractéristiques identiques ou quasiment identiques. Il est défini par des caractéristiques techniques indiquant les opérations qui peuvent être réalisées sur ce poste de charge.

Tous les postes de travail d'un poste de charge sont parfaitement substituables.

Centre de charge : regroupe des postes de charge susceptibles d'exécuter des opérations similaires d'usinage, de transformation ou d'assemblage. Tous les postes de charge d'un centre de charge ne sont pas toujours parfaitement substituables mais peuvent l'être, moyennant une révision du processus de réalisation. Cette agrégation permet de mesurer l'activité industrielle d'un système de production.

Fiche de stocks : On parle de fiches de stock quand, sur la même fiche, apparaissent des données relatives à l'identité de l'article et à ses caractéristiques permanentes, ainsi que l'historique récent des mouvements de stock effectués sur cet article. Le magasinier (appelé dans certains cas le « **fichiste** ») enregistre les caractéristiques des mouvements du stock au fur et à mesure qu'ils se produisent.

Les fiches de stock comportent au minimum les renseignements suivants : numéro de l'article, désignation de l'article, unité de comptage, date et nature du mouvement, numéro de bon, entrée, sortie et stock. Cependant, on peut y ajouter facilement d'autres éléments qui aident à la gestion du stock : commandes en cours, stock critique, stock de protection, unité d'emballage, repères pour placer des cavaliers de couleur si le stock critique est atteint, indice permettant de repérer les articles à approvisionner (si le stock de rupture est atteint), à épuiser ou à éliminer, calcul de la quantité à commander, consommation mensuelle prévue.

Il va de soi que la fiche manuelle en carton est le plus souvent remplacée par la consultation d'écrans équivalents et que les mouvements de stocks sont saisis de manière informatique, mais les fonctions remplies sont les mêmes.

Stock : est la conséquence d'un écart entre un flux d'entrée et un flux de sortie sur une période de temps. Un stock est une provision de produits en instance de consommation. Les produits peuvent être : Les marchandises : produits achetés pour être revendus en l'état, les matières premières : produits qui servent de base à la fabrication ; elles se retrouvent dans les produits fabriqués, les produits finis : produits fabriqués, prêts à la vente.

Articles en stocks : désignera tout élément constitutif du stock d'une entreprise. Deux articles sont distincts s'ils ne sont pas interchangeables du point de vue de l'utilisateur².

Unité de comptage 'C'est l'unité avec laquelle est comptée la quantité en stock : pièce, paire, dizaine, douzaine, kilogramme, litre, mètre, mètre carré, mètre cube, etc.'¹

Unité d'emballage : est la quantité contenue dans l'emballage normal du fournisseur : carton de 48 pièces, sac de 20 kg, etc.

Unité d'achat : est la plus petite quantité que l'on puisse acheter auprès du fournisseur : exemple : 100 kg de ciment en sacs de 20 kg.

Mouvement de stock : un stock est vivant, son niveau varie fréquemment ; il augmente par le jeu : des entrées (livraisons de fournisseurs, retours sur trop-sorti, rendu sur prêt, retour après réparation, ...) et des sorties (remise à un service, vente, perte, mali d'inventaire, casse, prêt, vol, ...)

Gestion des stocks : Gérer un stock, c'est faire en sorte qu'il soit constamment apte à répondre aux demandes des clients, des utilisateurs des articles stockés. Bien géré, un stock doit satisfaire, dans des conditions économiques, à cette exigence.

Les articles de consommation courante : la consommation est relativement régulière est continue, même si elle est saisonnière. Sont des articles de consommation courante :

- ▶ Les marchandises ;
- ▶ Les matières premières et les composants
- ▶ Les matières consommables (huile de graissage, ...) ;
- ▶ Les produits finis et les produits semi-fini ;
- ▶ Les emballages ;
- ▶ Les pièces de rechange d'usure, destinées à remplacer, sur un appareil ou dans une installation, des pièces qui s'usent en service normal ;

Les pièces de rechange de sécurité :

- ▶ Destinées à remplacer, sur une machine ou dans une installation donnée, des pièces qui risquent de casser et donc à parer aux conséquences d'incidents à caractère aléatoire.
- ▶ La présence dans le stock de ces pièces se justifie par le souci d'assurer au mieux la continuité du processus de production en évitant le délai d'approvisionnement de la pièce nécessaire et ainsi réduire le délai de dépannage.

Articles déclassés : des articles techniquement dépassés ou démodés.

Stock de récupération : Constitué d'articles provenant de dépose ou de démolition et en attente d'une remise en état permettant leur réemploi.

Le « Juste à Temps » est un principe d'organisation de la production qui répond aux Muda « Stocks excédentaires » et « Surproduction ». Ce principe modifie le flux production de sorte que la quantité de produit fabriquée corresponde « ni plus, ni moins » à celle demandée par le client (Shingo, 1983). Pour mettre en place ce principe, le déploiement de plusieurs sous principes est nécessaire. Par exemple, le One Piece Flow consiste à réduire la taille des lots des produits fabriqués jusqu'à atteindre, dans l'idéal, une production « pièce par pièce ». Un autre exemple: le Takt Time consiste à synchroniser toutes les opérations de production avec la cadence à laquelle le client « consomme » les produits fabriqués, afin de ne produire aucun surplus.

Le 5S est un outil d'animation collective qui permet de reconfigurer des lieux et postes physiques de travail en appliquant les cinq principes suivants : trier les éléments inutiles (Seiri), ranger les éléments restants (Seiton), nettoyer, standardiser les rangements définis et réaliser un suivi régulier du respect des standards (Chiarini, 2012).

Les 5S	Traduction	Application dans l'entreprise
Seiri	Ranger	S'organiser, c'est-à-dire, enlever l'inutile et garder le strict nécessaire sur le poste de travail. Exemple : un système de classification du type ABC permet de distinguer ce qui est d'usage quotidien : A, hebdomadaire : B, et rarissime : C.
Seiton	Mettre en ordre	Situer les choses, c'est-à-dire arranger, minimiser les recherches inutiles. Exemple : disposer les objets utiles sur un panneau d'outils de façon fonctionnelle et s'astreindre à remettre à sa place chaque outil, définir les règles de rangement sur le panneau...
Seiso	Nettoyer	Scintiller, c'est-à-dire nettoyer très régulièrement le poste de travail et son environnement afin de permettre une détection plus rapide des défaillances. Exemple : définir des objectifs au sein de l'atelier après l'avoir découpé en zones, identifier les causes de salissure, déterminer la fréquence de nettoyage...

Seiketsu	Standardiser	Formaliser : afin que les trois S précédents soient respectés, il faut les inscrire comme des règles ordinaires à suivre, c'est-à-dire comme des standards. Cette formalisation passe par la participation du personnel afin qu'il s'approprie le projet 5S. Exemple : affichage des objectifs et des résultats, effort de communication permanent entre responsables du projet 5S et acteurs sur le terrain...
Shitsuke	Suivre	Surveiller : pour obtenir les 4S précédents, il faut assurer un suivi régulier de leur application et en corriger les dérives. L'implication des acteurs est nécessaire. Exemple : création d'équipes de contrôle effectuant un suivi régulier, mise en place de Méthodes d'auto-évaluation sur la base de fiches d'évaluation chiffrées, audits, affichage des résultats.

La « **Standardisation** » est un principe qui cherche à réduire le Mura (variabilités) en uniformisant les modes opératoires selon plusieurs degrés de précision. Cette uniformisation peut définir un enchaînement global de tâches de travail ou bien détailler précisément une gestuelle à adopter (le « geste juste », (Bourgeois, 2012, p.141)).

L'« **Andon** » est un principe qui cherche à réduire le Muri (surcharge). Il consiste à donner la possibilité aux opérateurs de production de stopper le déroulement de la production dès qu'ils rencontrent un problème (exemple: au moyen d'un interrupteur à corde). L'objectif de ce principe est d'inciter le management à « faire face » au problème et à le résoudre. Ainsi, à moyen ou long terme, il est attendu que le problème ne survienne plus.

Le « **TPM** » (Total Productive Maintenance) est un principe qui vise à éliminer le Muda « Temps d'attente » en organisant une maintenance préventive des équipements de production avec le concours de chaque salarié (Bhasin & Burcher, 2006). La TPM est née en 1971 dans les usines du groupe Nippondenso, puis a été formalisée par **Seichi Nakajima**, membre du Japan Institute of Plant Management (JIPM).

Le TRS « **Taux de Rendement Synthétique** » : mesure la performance d'un moyen de production. Il permet d'identifier les pertes, il représente un excellent outil

AMDEC : l'Analyse des Modes de Défaillance, de leurs Effets et de leurs Criticités :

Genchi-genbushu ou **Quick Response Quality Control (QRQC)** est une attitude fondée sur les 3 réels en japonais :

- .1. Gen-ba : lieu réel.
- .2. Gen-butsu : pièce réel (avec les objets concernés).
- .3. Gen-jitsu : réalité (les faits mesurables) Principe de fonctionnement :
- .4. Parler avec des faits fin de mieux faire comprendre la réalité du terrain.
- .5. Aller sur le terrain, à l'endroit où les choses se passent vraiment, afin de comprendre ce qu'est la réalité. une méthode plus efficace que la simple lecture de rapport.
- .6. Voir la vraie pièce ou le vrai service rendu, bon ou mauvais et l'analyser en s'appuyant sur des faits.

Le « **Heijunka** » (lissage) est un principe qui cherche à diminuer les surcharges momentanées de production. Il répond ainsi à l'élimination du Muri (surcharge). Le Heijunka consiste par exemple à anticiper les commandes, à établir un planning prévisionnel et à lisser la charge de production (Monden, 2011).

Le **VSM (Value Stream Mapping)** est un outil technique de diagnostic, très utilisé, qui consiste à représenter graphiquement les activités de production en faisant apparaître les Muda, et plus précisément les opérations de production générant des temps d'attente, des stocks et des déplacements (Forno, Pereira, Forcellini, & Kipper, 2014). Cet outil permet, de manière rapide, d'identifier les Muda au sein des activités de production, de proposer des actions Lean et d'en mesurer les effets sous l'angle opérationnel.

Jidoka « contrôle autonome » : Système « intelligent » qui démarre ou cesse la production lorsque demandé et émet un signal lorsque nécessaire à l'aide d'un « **andon** ». Le travailleur peut ainsi surveiller plusieurs machines à la fois de manière plus efficace.

Poka Yoke « garde-fou » en japonais : Dispositif empêchant une erreur de se produire et tendant vers le zéro défaut. Système d'auto-contrôle permettant à l'employé de vérifier lui-même son travail, et complété par un système d'inspections successives permettant la détection des erreurs qui auraient pu se faire dans le ou les postes précédents.

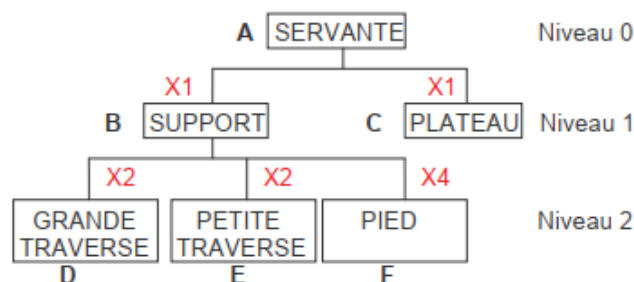
Annexe 1. Calcul des besoins nets – MRP

Objectif :

Le **MRP**, pour **Material Requirements Planning** a pour objectif de définir les besoins en composants pour satisfaire la consommation, sur une période donnée, de produits finis rassemblant ces composants. Nous nous limiterons, ici, à cet objectif.

Démarche à partir d'un exemple :

➤ Etape 1 : collecter les données



La **nomenclature** est une décomposition arborescente du produit. Elle est constituée de :

- composés et composants (articles),
- liens entre les articles,
- coefficient multiplicateur représentant la quantité d'un composant nécessaire pour la fabrication d'un composé,
- niveaux de nomenclature.

Plan Directeur de Production

COMPOSE	PERIODES				
	N° Semaine	4	5	6	7
	P.D.P.	100	50	100	200

Le but du **Plan Directeur de Production** est d'établir un échéancier des produits finis à produire en fonctions des prévisions commerciales, des commandes clients et du stock prévisionnel de produits finis.

Articles disponibles et en-cours en période 3

A	B	C	D	E	F
20	0	10	100	100	400

Dans l'exemple traité les **délais** d'assemblage de la servante et du support sont négligeables à l'échelle de notre étude. Le délai d'obtention du plateau est de 2 périodes. Les **délais d'obtention** des autres composants sont pour chacun d'une période.

➤ Etape 2 : Calculs

PERIODES		2	3	4	5	6	7
A	d0	BB		100	50	100	200
		AD	20	0	0	0	0
		BN		80	50	100	200
		OP		80	50	100	200
B	d0	BB	X1	80	50	100	200
		AD	0	0	0	0	0
		BN		80	50	100	200
		OP		80	50	100	200
C	d2	BB		80	50	100	200
		AD	10	0	0	0	0
		BN		70	50	100	200
		OP	70	50	100	200	
D	d1	BB		160	100	200	400
		AD	100	0	0	0	0
		BN		60	100	200	400
		OP	60	100	200	400	
E	d1	BB		160	100	200	400
		AD	120	0	0	0	0
		BN		40	100	200	400
		OP	40	100	200	400	
F	d1	BB		320	200	400	800
		AD	400	80	0	0	0
		BN		0	120	400	800
		OP	0	120	400	800	

♦ Les **Besoins bruts (B.B.)** du niveau 0 de la nomenclature proviennent du Plan Directeur de Production.

♦ Les **Besoins nets (B.N.)** sont exprimés par :
Besoins nets = Besoins bruts – Articles Disponibles

♦ **Ordre planifié (O.P.)** : c'est la quantité à approvisionner pour couvrir le besoin net. L'ordre planifié tient compte du délai d'obtention. Les délais sont indiqués dans la deuxième colonne du tableau de calcul (di).

Dans l'exemple traité les ordres planifiés sont égaux aux besoins nets, ce qui permet de ne pas générer de stock. Pour des raisons d'approvisionnement (groupement de commande, lots économiques, conditionnements, ...) les ordres planifiés peuvent être différents.

Annexe 2. Les sortes de gaspillages

Le centrage « production » de l'élimination des gaspillages consiste à déployer des actions *Lean* pour éliminer certaines opérations de production jugées inutiles. Ohno (1988) privilégie le centrage « production » du gaspillage.

De son point de vue, un gaspillage « *waste* » renvoie à tout élément qui ne crée pas de valeur ajoutée au sein des activités de production et qui augmente les coûts (« (...) "*waste*" refers to all elements of production that only increase cost without adding value — for example, excess people, inventory, and equipment. » (Ohno, 1988, p.54). L'auteur décrit sept types d'opération de production qui peuvent être qualifiés d'inutiles. Il utilise le terme japonais « *Muda* » (Ohno, 1988, p.20) pour faire référence à ces opérations qualifiées de gaspillage. Il propose la typologie suivante :

« **Surproduction** ». Ce *Muda* renvoie aux opérations de production qui fabriquent une quantité de produits supérieure à celle que le client demande. Deux situations peuvent, par exemple, conduire à ce type de gaspillage dans un contexte de production. Dans un premier cas, l'entreprise n'est pas capable de connaître précisément le nombre de pièces à fabriquer pour le client. Par sécurité, elle fabrique alors « en excès ». Dans un second cas, l'entreprise fabrique pour le client en anticipant sa demande, en se basant sur l'historique des commandes.

Dans les deux cas, cette pratique représente un gaspillage d'un point de vue économique du fait de fabriquer des produits qui peuvent ne pas trouver preneur. Ce type de gaspillage est considéré par Ohno (1988) comme le plus important des suivants.

« **Stocks excédentaires** ». Ce *Muda* renvoie aux opérations de production qui stockent une quantité de produit supérieure à la quantité demandée par l'étape du processus qui suit. Il peut s'agir, par exemple, de commander des matières premières en excès ou bien d'entreposer des produits en attente de traitement ou d'expédition (les « encours »). La présence de ces stocks constitue un gaspillage dans le sens où ils constituent une immobilisation comptable et où ils mobilisent l'espace de travail. La réactivité se trouve également affaiblie : tout changement de série se fait au détriment d'un temps de latence pour écouler les encours.

« **Temps d'attente** ». Il s'agit des périodes de temps qui ne créent pas de valeur ajoutée. Par exemple : attendre qu'un outil chauffe avant de pouvoir l'utiliser, attendre qu'un camion ait fini sa manœuvre avant de pouvoir le décharger. Selon Ohno (1988), l'inactivité apparente des opérateurs est un indicateur de ce type de *Muda*.

« **Produire des pièces défectueuses** ». Il s'agit de produire des pièces présentant des défauts puis de laisser circuler ces pièces vers les postes situés en aval. Ce type de gaspillage part du point de vue qu'il est plus économique d'extraire des pièces défectueuses en amont que de les rectifier en aval du processus. Exemple : passer du temps à retoucher un produit après une réparation déclenchée suite à un défaut constaté en bout de ligne.

« **Transports excessifs** ». Ce *Muda* renvoie aux déplacements de produit ou de matière, considérés comme inutiles, qui peuvent avoir lieu au sein des activités de production. Exemple : déplacer des produits semi-finis entre deux postes de travail.

« **Mouvements excessifs** ». Il s'agit des gestes et des déplacements réalisés par les opérateurs de production qui peuvent être considérés comme inutiles. Exemple : rechercher des outils sur un établi, prendre des informations.

« **Sur-process** ». Il s'agit d'opérations de production qui peuvent paraître démesurées au regard du résultat attendu. Exemple : réaliser un traitement anticorrosion sur la surface d'un produit non exposée à un risque d'oxydation avéré.

Liker (2012) propose de considérer un huitième *Muda* : la sous-utilisation de l'intelligence des opérateurs dans l'élimination des gaspillages. Ce *Muda* renvoie à un comportement managérial et non à une opération de production. Comme nous le préciserons plus loin, un des principes managériaux du TPS est de considérer que les salariés sont les mieux placés pour identifier et résoudre les problèmes quotidiens qui génèrent des gaspillages et donc des coûts.

Deux autres catégories de gaspillage sont évoqués par Ohno (1988, p.41) : les « Mura » et les « Muri ». Ils font référence à des événements d'ordre plus générique venant perturber les activités de production :

Les Mura (variabilités) font référence aux événements aléatoires qui peuvent se présenter en production et générer des gaspillages. Exemples : une variabilité dans la qualité de la matière première occasionnant indirectement des arrêts de machine, une variabilité des modes opératoires adoptés par les opérateurs pouvant provoquer des produits non conformes.

Les Muri (surcharges) font référence aux événements du processus qui sollicitent les salariés d'une manière évaluée comme démesurée. Exemples : le caractère urgent d'une demande d'un client qui provoquerait du stress pour les salariés, le poids trop important d'objets à manipuler.

Selon Womack (2006), les *Mura*, *Muri* et *Muda* ne jouent pas un rôle équivalent dans l'élimination des gaspillages : les *Mura* et *Muri* sont les causes racines des *Muda* et les *Mura* sont la cause des *Muri*. Ainsi, pour éliminer les *Muda*, il est nécessaire de réduire successivement les *Mura* puis les *Muri*. Liker (2012, p.145) utilise le terme de « 3M » pour nommer l'ensemble formé par les trois catégories de gaspillage (*Muda*, *Muri*, *Mura*).

Ces trois catégories de gaspillage renvoient à des finalités vers lesquelles la totalité des principes et outils ont été créés par Toyota.

BIBLIOGRAPHIE

- ▶ Arnould, P., & Renaud, J. (2008). *Guide de la gestion industrielle : Principes, méthodes et outils*. AFNOR.
- ▶ Azevedo, J., Sá, J. C., Ferreira, L. P., Santos, G., Cruz, F. M., Jimenez, G., & Silva, F. J. G. (2019). Improvement of Production Line in the Automotive Industry Through Lean Philosophy. *Procedia Manufacturing*, 41, 1023–1030. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2019.10.029>
- ▶ Baillargeon, G. (2001). Méthodes statistiques avec applications en gestion, production, marketing, relations industrielles et sciences comptables. Éditions SMG.
- ▶ Baptiste, P. (2005). Gestion de production et ressources humaines : méthodes de planification dans les systèmes productifs.
- ▶ Bhasin, S., & Burcher, P. (2006). Lean viewed as a philosophy. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 17(1), 56-72.
- ▶ Bittencourt, V. L., Alves, A. C., & Leão, C. P. (2019). Lean Thinking contributions for Industry 4.0: a Systematic Literature Review. *IFAC-PapersOnLine*, 52(13), 904–909. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2019.11.310>
- ▶ Blondel, F. (2005). *Gestion de la production : Comprendre les logiques de gestion industrielle pour agir* Ed. 4.
- ▶ Bourgeois, F. (2012). Que fait l’ergonomie que le lean ne sait / ne veut pas voir ? *Activités*, 2(9), 138-147
- ▶ Charles, J. (2014). *L’amélioration continue en 3 jours ! : Le Lean et la méthodologie Blitz*. AFNOR.
- ▶ Calvi, R., Blanco, É., & Koike, T. (2005). Coopérer en conception pour améliorer les supply chains de demain. *Revue Française de Gestion*, (3), 187–202.
- ▶ Courtois, A., Martin-Bonnefous, C., Pillet, M., & Pillet, M. (2003). *Gestion de production*. Les Ed. d’Organisation.
- ▶ Chiarini, A. (2012). Lean Thinking. In A. Chiarini, *From Total Quality Control to Lean Six Sigma* (p. 29-36). Milano: Springer Milan.
- ▶ Cuignet, R. (2018). *Management de la maintenance* Ed. 3.
- ▶ Demetrescoux, R. (2019). *La boîte à outils du Lean* Ed. 2. Dunod.
- ▶ Dennis, P. (2016). *Lean production simplified: a plain-language guide to the world’s most powerful production system* (Third edition). Boca Raton: CRC Press, Taylor & Francis Group.
- ▶ Fender, M., & Pimor, Y. (2016). *Logistique & Supply chain* Ed. 7.
- ▶ Fink, S., & Benz, F. (2019). Flexibility planning in global inbound logistics. *Procedia CIRP*, 79, 415–420. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2019.02.114>
- ▶ Forno, A. J. D., Pereira, F. A., Forcellini, F. A., & Kipper, L. M. (2014). Value Stream Mapping: a study about the problems and challenges found in the literature from the past 15 years about application of Lean tools. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 72(5-8), 779-790.
- ▶ Fulconis, F., & Paché, G. (2011). Entre innovation et optimisation : la décision en logistique à la croisée des chemins. *Management & Avenir*, 48(8), 158. <https://doi.org/10.3917/mav.048.0158>
- ▶ Giard, V. (2003). *Gestion de la production et des flux*. Economica Paris.
- ▶ Gratacap, A., & Médan, P. (2013). *Management de la production : Concepts. Méthodes. Cas*. Ed. 4.
- ▶ Gračanin, D., Ćirić, D., Lalić, B., Ćurčić, J., & Tasić, N. (2019). The impact of lean improvements on cost-time profile. *Procedia Manufacturing*, 38, 316–323. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.01.041>
- ▶ Guérin, F., & Brun, D. (2014). *La logistique : Ses métiers, ses enjeux, son avenir*.
- ▶ Hill, C. A., Zhang, G. P., & Miller, K. E. (2018). Collaborative planning, forecasting, and replenishment & firm performance: An empirical evaluation. *International Journal of Production Economics*, 196, 12–23.
- ▶ HILL A., HILL T., (2009). *Manufacturing Operations Strategy – Text and Cases*, Palgrave Macmillan, 3e édition révisée
- ▶ Javel, G. (2010). *Organisation et gestion de la production-4e édition: Cours, exercices et études de cas*. Dunod.

- ▶ Javel, G., Mebarki, N., & Corthier, I. (2017). Logistique industrielle et organisation : Cours, exercices et études de cas Ed. 5.
- ▶ Laurentie, J., Berthélemy, F., & Grégoire, L. (2013). Processus et méthodes logistiques : Supply Chain Management. AFNOR éd.
- ▶ Lebraty, J. (1992). Management et gestion : quel apprentissage? *Economie et Sociétés*, 131–159.
- ▶ Liker, J. (2012). *Le modèle Toyota : 14 principes qui feront la réussite de votre entreprise*. Paris : Pearson.
- ▶ Lu, E. H.-C., & Yang, Y.-W. (2019). A hybrid route planning approach for logistics with pickup and delivery. *Expert Systems with Applications*, 118, 482–492. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2018.10.031>
- ▶ Lyonnet, B. (2015). *Lean Management : Méthodes et exercices*. Dunod.
- ▶ Maskell, B. (2001). The age of agile manufacturing. *Supply Chain Management : An International Journal*, 6(1), 5–11. <https://doi.org/10.1108/13598540110380868>
- ▶ Michael, V. (2020). *Le modèle Tesla : Du toyotisme au teslisme : la disruption d'Elon Musk Ed. 2*. Dunod.
- ▶ Mocellin, F. (2019). *Gestion des stocks et des magasins : Pratiques des méthodes logistiques adaptées au lean manufacturing*. Dunod.
- ▶ Médan, P., Gratacap, A., & Labasse, O. (2008). Logistique et supply chain management: intégration, collaboration et risques dans la chaîne logistique globale. Dunod.
- ▶ Monden, Y. (2011). *Toyota Production System: An Integrated Approach to Just-In-Time*. (4ème édition). Boca Raton : Productivity Press.
- ▶ Moisdon, J.-C., & Nakhla, M. (2015). Recherche opérationnelle : Méthodes d'optimisation en gestion Ed. 1.
- ▶ Nakhla, M. (2006). L'essentiel du management industriel : Maîtriser les systèmes - Production, logistique, qualité, supply chain ...
- ▶ Ohno, T. (1988). *Toyota Production System. Beyond Large-Scale Production*. New York : CRC Press.
- ▶ Paladugu, B. S. K., & Grau, D. (2020). Toyota Production System – Monitoring Construction Work Progress With Lean Principles. In S. Hashmi & I. A. Choudhury (Eds.), *Encyclopedia of Renewable and Sustainable Materials* (pp. 560–565). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-803581-8.11512-7>
- ▶ Perrot, A., & Villemus, P. (2019). La boîte à outils de la supply chain.
- ▶ Pillet, M. (2013). *Gestion de production : les fondamentaux et les bonnes pratiques*. Paris : Eyrolles.
- ▶ Pillet, M., Martin-Bonnefous, C., & Bonnefous, P. (2011). *Gestion de production : Les fondamentaux et les bonnes pratiques Ed. 5*.
- ▶ Pimor, Y., & Fender, M. (2008). Logistique production, distribution, soutien.
- ▶ Pimor, Y., & Fender, M. (2010). Logistique : Production, distribution, soutien Ed. 5.
- ▶ Pillet, M. (2013). *Gestion de production: les fondamentaux et les bonnes pratiques*. Eyrolles.
- ▶ Rossini, M., Costa, F., Staudacher, A. P., & Tortorella, G. (2019). Industry 4.0 and Lean Production: an empirical study. *IFAC-PapersOnLine*, 52(13), 42–47. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2019.11.122>
- ▶ Roy, J., Beaulieu, M., & Véronneau, S. (2014). Stratégie logistique : aller au-delà des pratiques exemplaires. *Gestion, Vol. 39*(4), 11–20.
- ▶ Tanous, B. (2016). *Produire et manager par les processus : Méthodes et outils*. AFNOR.
- ▶ Shingo, S. (1983). *Maîtrise de la production et méthode Kanban : Le cas Toyota*. Editions d'Organisation.
- ▶ Womack, J. (2006). Mura, Muri, Muda ? <http://www.lean.org/womack/DisplayObject.cfm?=743>