

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

DEPARTEMENT GENIE INDUSTRIEL

Thèse

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
BIBLIOTHEQUE — المكتبة
Ecole Nationale Polytechnique

pour l'obtention du diplôme de
MAGISTER EN GENIE INDUSTRIEL

**Contribution à l'étude de l'impact de la Technologie de Groupe
sur le MRP par l'analyse orientée TG des nomenclatures
des produits finis.
Application: CVI-SNVI**

Présentée par :

Melle Samia BENCHALLA
Ingénieur d'état en Génie Industriel E. N. P.

devant le jury :

Pr A.OUABDESSELAM

Dr Z. HADDAD

Pr B.MUTEL

Dr O.BELMOKHTAR

Mr T. LAMRAOUI

Mr M. BOUZIANE - KHODJA

Mr H. BOUDJEMAA (SNVI- CVI)

Professeur à l'ENP

Maître de conférences à l'ENP

Professeur à l'ENSAI-Strasbourg

Maître de conférences à l'ENP

Chargé de cours à l'ENP

Chargé de cours à l'ENP

Président du jury

Rapporteur

Rapporteur

Examineur

Examineur

Examineur

Invité

1995-1996

E.N.P. 10, avenue Hacén Badi - El- Harrach - Alger

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
BIBLIOTHEQUE — المكتبة
Ecole Nationale Polytechnique

*A toute ma famille,
A toutes les personnes qui m'ont soutenues*

REMERCIEMENTS

Je tiens à exprimer toute ma gratitude et mes sincères remerciements à tous ceux qui m'ont aidée dans ce travail, en particulier:

Monsieur Z. HADDAD, maître de conférences au département Génie Industriel (ENP), pour avoir dirigé et être rapporteur de ce travail.

Monsieur B. MUTEL, Professeur à l'ENSAIS, pour avoir pris la codirection de ce travail, pour ses encouragements et pour le suivi du travail. Qu'il soit assuré de ma reconnaissance pour l'amabilité de l'accueil durant mes stages au sein du LRPS (Laboratoire de Recherche en Productique de Strasbourg), et pour la mise à ma disposition d'une riche documentation.

Monsieur A.OUABDESSELAM, Professeur à L'ENP, pour l'honneur qu'il m'a fait en présidant le jury de cette thèse.

Madame O.BELMOKHTAR, Enseignante au département Génie Industriel, pour avoir accepté d'être membre du jury, pour l'intérêt qu'elle a accordé à cette étude, pour son aimable disponibilité et pour le soin avec lequel elle a étudié le manuscrit.

Monsieur BOUZIANE, Enseignant au département Génie Industriel (ENP), pour sa participation au jury, pour ses remarques et suggestions.

Monsieur T.LAMRAOUI, Enseignant au département Génie Industriel, pour avoir accepté de faire partie des membres du jury.

Monsieur H.BOUDJEMA, Directeur à la SNVI pour son soutien et ses encouragements durant toute la réalisation de ce travail, pour le vif intérêt qu'il porte à l'intégration de nouveaux concepts dans l'entreprise Algérienne.

L'ensemble des professeurs du Département Génie Industriel, pour leur continuelle assistance.

Je remercie également Monsieur A.ELMHAMEDI, Enseignant Chercheur au LRPS, pour la richesse de ses suggestions, pour le temps qu'il a accordé à nos entretiens.

Enfin, je remercie tous ceux qui m'ont soutenue et encouragée, en particulier ma Famille.

SOMMAIRE

SOMMAIRE

INTRODUCTION GENERALE	1
-----------------------------	---

1- PROBLEMATIQUE ET CADRE DE L'ETUDE

1-1- Position du problème	4
1-2- Cadre industriel de l'étude	8
1-3- Présentation du mémoire	9

2 - GENERALITES SUR LES SYSTEMES DE GESTION DE PRODUCTION

Introduction	11
2-1- Définitions	11
2-1-1- La gestion de production	11
2-1-2- Le système de gestion	13
2-2- Objectifs de la gestion de production	16
2-3- les différents Systèmes de gestion de production	16
2-3-1- Gestion des stocks par point de commande	16
2-3-2 - Systèmes MRP et MRPII	17
2-3-3 - Système JIT	19
2-3-4 - Système OPT	21
Conclusion	28

3- TECHNOLOGIE DE GROUPE, DEFINITIONS ET APPLICATIONS

3-1 - Historique de la TG	30
3-2 Définitions sur la Technologie de Groupe (TG)	32
3-3 Applications classiques de la Technologie de groupe	34
3-3-1- Classification - Codification	35
3-3-1-1- Classification	35
3-3-1-2- Codification	36

3-3-1-3-Exemples de familles de pièces	37
3-3-1-4- Systèmes de codification - classification	39
3-3-2- Modelisation mathematique.....	43
3-4- Impacts des systèmes de classification-codification dans les fonctions du système de production.....	45
Conclusion.....	47

4- CONCEPT TECHNOLOGIE DE GROUPE ELARGI ET GESTION DE PRODUCTION

Introduction:	48
4-1- Quelques éléments d'intégration TG - MRP	48
4-2-Technologie de groupe et Méthode GRAI.....	49
4-3- Technologie de groupe et ordonnancement dans les ateliers	54
4-3-1- Organisation des ateliers de production	54
4-3-2- Les îlots de fabrication	57
4-3-3- Le problème d'ordonnancement dans les îlots.....	57
4-4- Technologie de groupe et comptabilité analytique	58
4-4-1- Intérêt de la comptabilité analytique pour la gestion de production.....	59
4-4-2- Calcul des coûts pour une fabrication en îlots.....	60
4-5- Concept famille et plan directeur de production.....	61
4-5-1- Plan directeur de production et le point de découplage de la commande client	63
4-5-2- Plan Directeur de Production.....	63
4-5-2-1- Structure Produit et Plan Directeur de production	64
4-5-2-2- Forme générale de l'ensemble des produits.....	65
Conclusion.....	67

5- PROCEDURE ANALCOM ET APPLICATION INDUSTRIELLE

Introduction	68
5-1- Procédure d'identification de la communauté composant entre produits finis	69
5-1-1- Analyse des similitudes de nomenclatures par la recherche de la communauté composant	69

5-1-2-Procédure ANALCOM.....	72
5-2- Application industrielle	74
5-2-1- Etat actuel de la gestion de production au CVI.....	74
5-2-2- Choix et description des produits finis à analyser	75
5-2-3 - Résultats concernant l'analyse des similitudes entre produits finis	82
5-2-3-1- Association communauté composant délai d'approvisionnement	84
5-2-3-2- Planification des besoins et la communauté composants	84
Conclusion.....	86
 CONCLUSION ET SUGGESTIONS	 90

ANNEXES

Annexe I : L'approche MRP

Annexe II : Compléments sur le logiciel OPT

Annexe III : Revue d'approches sur les méthodes de recherche des îlots

Annexe IV : Etude de cas sur les utilisateurs de la production en îlots dans l'industrie
 Américaine

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
BIBLIOTHEQUE — المكتبة
Ecole Nationale Polytechnique

INTRODUCTION GENERALE

INTRODUCTION GENERALE

Depuis plusieurs décennies, le monde économique connaît une compétition accrue et une évolution rapide des technologies. Cette situation impose à l'industrie de produire en qualité et en quantité pour répondre à la demande dans un environnement très concurrentiel. En termes d'objectifs, il s'agit:

- de fournir les quantités nécessaires au bon moment et à qualité constante,
- d'accroître la productivité et la flexibilité de l'outil.

Autrement dit, il devient important de tenir un marché, mais aussi de pouvoir en suivre l'évolution: diminution des coûts, complexité technologique croissante.

Le consensus est général pour diagnostiquer la nécessité d'une adaptation rapide de l'appareil productif afin de restaurer ou de maintenir une compétitivité vis à vis des concurrents. Le discours actuel oscille entre une réponse socio- organisationnelle et une réponse informatique mais insiste surtout sur le choix d'une technologie et d'outils de décision adéquats.

Dans le spectre des préoccupations de l'industriel, la gestion de production occupe une position importante. Elle représente le maillon qui doit assurer et pérenniser le lien entre le système de production et le client.

C'est pourquoi la gestion de production (GP) reste un thème de recherche d'actualités depuis plusieurs années, attestée par le grand nombre de publications scientifiques sur les différents sujets dans ce domaine. Wortmann [WORT90] définit la gestion de production comme étant la coordination des activités de production et d'approvisionnement dans les systèmes manufacturiers pour atteindre une flexibilité dans les livraisons spécifiques et une fiabilité des livraisons à des coûts minimums.

En pratique, il existe plusieurs concepts de gestion de production, particulièrement ceux basés sur une gestion matière coordonnée (tel que le MRP). Ils reposent essentiellement sur des applications informatiques permettant leur mise en oeuvre. Dans l'industrie occidentale, la diffusion du MRP a été acquise grâce à ces outils fondés sur ses principes. Plusieurs logiciels sont présentés sur le marché. Aujourd'hui, ce sont les solutions micro informatiques qui sont privilégiées.

Ces solutions à elles seules ne sont plus suffisantes pour satisfaire l'industriel. Le développement de nouveaux systèmes de gestion, l'introduction de nouvelles technologies à associer aux outils existants devient une nécessité pour améliorer le fonctionnement de l'entreprise

Aussi, pour assurer leur croissance, les entreprises industrielles ont toujours eu pour objectif d'augmenter la performance logistique, agissant sous des pressions multiples de l'environnement, particulièrement celle des clients. Cette performance peut être exprimée par le délai de livraison, par sa fiabilité et par les niveaux de stocks. Ces pressions ont appuyé une recherche continue sur les concepts évolués dans la conception du produit ainsi que dans la gestion du processus entier du développement du produit, des procédures d'achat, et des techniques de fabrication et de production. De cette recherche d'améliorations, ont résulté un élargissement des concepts existants de gestion de production et le développement de nouvelles notions.

Parallèlement à l'enrichissement des concepts de production, des nouveautés ont été élaborées particulièrement le concept de technologie de groupe (TG).

L'appellation «Technologie de Groupe» a été adoptée pour désigner le concept qui permet de valoriser les ressemblances entre les pièces, pour arriver à une meilleure gestion des plans et des gammes, et assurer un flux de processus plus fluide. Actuellement, pour les industriels et les chercheurs en productique, elle représente un moyen d'intégration de l'information et du savoir-faire au sein de l'entreprise.

Comme les concepts de gestion de production, la TG se propose aussi de contribuer à l'amélioration de la performance du système productif. En effet, la réalisation de meilleurs résultats dans la conduite de la production n'est-elle pas possible par une action conjointe des principes de GP et de TG. C'est dans ce sens que notre étude est orientée.

La contribution se proposant d'approfondir les impacts de la Technologie de Groupe sur la base de données techniques de production d'un système MRP: l'analyse orientée TG des nomenclatures de produits finis est le but principal de notre étude. Il s'agit précisément de rechercher les apports significatifs de la TG dans l'opération planification prévisionnelle des besoins, par l'analyse des structures de produits finis. Cette planification représente une fonction principale dans l'approche MRP (Material Requirements Planning).

Pour appuyer notre travail, nous avons exploré la question dans une industrie mécanique. Le cadre industriel est le système de production du Complexe des Véhicules Industriels (CVI-SNVI). La particularité de ce contexte réside non seulement dans la variété et la complexité des produits mais aussi dans le fait que le complexe sus-cité a adopté une application de gestion de production basée sur l'approche MRP.

Pour cela, ce travail se consacre à:

- Retracer l'état de l'art des travaux sur le concept technologie de groupe et la gestion de production,
- Mettre en évidence les interactions, à travers spécialement le concept MRP.
- Proposer un analyse expérimentale dans un environnement industriel, sur l'étude des produits finis selon le principe de technologie de groupe.

**PROBLEMATIQUE ET CADRE DE
L'ETUDE**

1- PROBLEMATIQUE ET CADRE DE L'ETUDE:

1-1- Position du problème:

Dans les années récentes , les industries manufacturières ont présenté une nouvelle tendance. Celle-ci est caractérisée par l'état d'un marché orienté vendeur après qu'il ait été marché orienté acheteurs [VAN92], [PROT92].

Durant les années suivant la deuxième guerre mondiale, l'économie était marquée par le phénomène de rareté, seul le prix était facteur de compétitivité. Ce n'est que plus tard que d'autres types de compétitivité sont devenus importants, notamment:

- La qualité des produits,
- Le délai de livraison.

Désormais ce sont les performances en termes prix, qualité et délai qui déterminent la force de l'entreprise industrielle.

La tendance actuelle est formulée par la nécessité de la flexibilité des produits, des processus et des organisations , dans les systèmes de production. [VAN92].

D'une part, les applications de GP, appelés habituellement les systèmes GPAO (Gestion de Production Assistée par Ordinateur) performantes sont de plus en plus requises pour atteindre ces derniers objectifs.

D'autre part, les systèmes d'informations, outils de ces applications deviennent complexes et difficiles à maintenir, par le nombre croissant de produits finis. Cette multitude de produits est générée par le souci de flexibilité du produit.. Les informations principales représentent essentiellement la description:

- Des produits,
- Des installations de production,
- Des processus de fabrication.

De nos jours, la majorité des systèmes de GPAO reposent sur le concept MRP (Material Requirements Planning) [VOLL87],[VAN92].

Par ailleurs, la TG est une conception fondée sur le principe de la recherche des similitudes entre objets dans le système de production, de telle manière que leur gestion soit améliorée.

Ainsi, l'objet de notre travail est orienté pour l'approfondissement du concept technologie de groupe au niveau d'un système de gestion de production. Il s'agit de prospector leurs interactions potentielles.

En général, les interrogations qui se posent, sont:

- Est-il possible d' aboutir à une synergie entre les deux concepts, essentiellement le concept MRP et la technologie de groupe?
- Quelles seraient les implications de la TG aux différents stades de fonctionnement d'un système de gestion de production (SGP)?
- Ces implications sont elles différentes d'un SGP à un autre?
- Est il possible de les traduire par des mesures qualitatives ou quantitatives?
- Quelles sont les modifications à opérer sur le SGP pour atteindre une complémentarité TG-GP?
- Cette intégration est elle adaptable quelque soit le type de production?

Cet ensemble de questions suggère plusieurs facettes à analyser. Toutefois, nous nous limiterons dans notre étude à l'interaction TG-MRP, à travers l'analyse orientée TG des nomenclatures de produits finis.

Souvent dans les productions à séries moyennes, le produit est composé d'un grand nombre d'articles formant une structure hiérarchique. Parmi ces composants, il existe un nombre d'articles pouvant être regroupés dans une même famille selon le concept de la technologie de groupe. Ces composants jugés similaires peuvent se trouver à différents niveaux de la structure du produit. Ceci peut conduire à un groupement des processus de fabrication à un poste de charge ou à un groupement dans l'assemblage.

Un des apports d'une gestion de production orientée îlots serait "l'élargissement des nomenclatures " ou selon la terminologie anglaise " the flattening of bills of material". Les opérations / machines étant liées, les pièces et sous ensembles sont directement acheminés à l'assemblage final. Ils ne sont plus considérés comme des articles différents dans la nomenclature, donc le nombre de niveaux dans la nomenclature va diminuer, les délais d'approvisionnement vont être réduits par l'élimination des opérations d'entrées et de sorties des composants du magasin. Nous schématisons ci dessous cette approche, selon la figure 1.1.

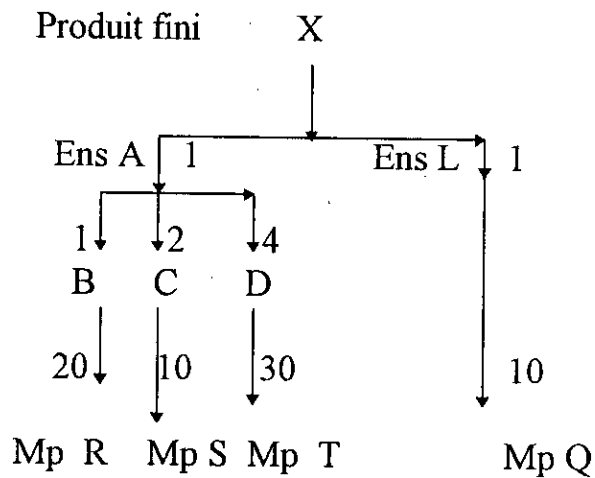


Figure 1.1: Nomenclature initiale

Par l'application du principe de regroupement des opérations, nous obtiendrons une nomenclature étalée en largeur (voir figure 1.2)

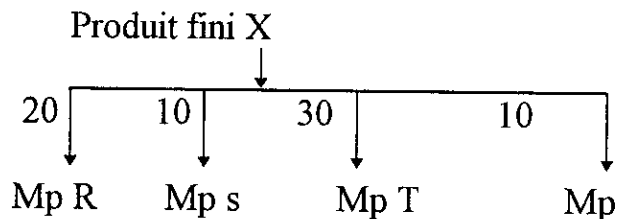


Figure 1.2: Nomenclature étalée en largeur

Par conséquent une réflexion poussée sur l'analyse de processus de fabrication et sur la restructuration des bases de données techniques pourrait amener à une valorisation du concept technologie de groupe dans un système de gestion de la production assistée par ordinateur, spécialement ceux basés sur le principe MRP.

De par ses applications initiales, essentiellement dans la réorganisation des moyens de production, la TG a investi des domaines variés et s'ouvre à d'autres. Son apport n'est pas limité à un domaine précis. Son introduction comme concept fondamental dans le système de production entier, exige d'une part la maîtrise de ses fondements, d'autre part les éléments conceptuels du système de production doivent être cernés. Cette connaissance permettra de trouver de nouveaux champs d'application dans l'entreprise.

Comme éléments représentatifs de l'évolution significative d'un concept, citons des exemples de nouveaux développements:

- Au niveau de la gestion des ressources humaines:

La gestion des compétences est un domaine qui retient l'intérêt des chercheurs, ente autres des managers en ressources humaines. La perception, l'identification des îlots de compétence est la préoccupation principale dont l'objectif reste la maîtrise du potentiel humain et de son développement. La construction sous forme condensée des individus par rapport à un spectre de leurs connaissances élémentaires permet d'extraire les noyaux de compétences denses ou élémentaires regroupés sur des groupes d'individus.

- Au niveau de la gestion des commandes:

Dans une sphère autre que celle liée à la gestion des compétences, le regroupement des commandes pour un meilleur service client est aussi un des terrains de prédilection de la TG. le service dans un entrepôt de distribution est l'objectif principal. Dans cet environnement, la TG préconise le regroupement des commandes selon la nature des besoins clients.

Par ailleurs, les systèmes de gestion de production sont multiples et sont pratiquement implémentés sous différents typologies de production (fabrication par lots, fabrication continue,...). Cependant le facteur commun des applications de Gestion de Production Assistée par Ordinateur (GPAO), suivant certaines caractéristiques de produits et de processus (par exemple l'existence de nomenclatures arborescentes pour les produits finis), est le noyau MRP, avec un ensemble de fonctionnalités complémentaire comme la gestion des données techniques [ORLI75], [VOLL88],[ZAPF]. C'est pourquoi analyser particulièrement la TG par rapport au MRP n'est pas un choix fortuit. Cette qualité du MRP en tant que composante centrale suggère de ponctuer ses réflexions sur les réactions potentielles TG - MRP.

Traditionnellement, escompter un meilleur apport de la TG dans le système de production implique une approche systématique, appliquée hiérarchiquement à la chaîne bureau d'études - bureau méthodes - ateliers de fabrication. Les objets analysés à ce effet sont toujours les pièces primaires.

Nous discernons deux manières d'intégration TG-MRP. D'abord, celle qui s'inscrit suite à un contexte d'organisation de la production en îlots où le mode de gestion doit subir quelques conversions conséquentes. Elle affectera principalement les règles d'ordonnancement de la fabrication, la détermination des tailles de lots et la gestion des capacités. Nous pourrons l'appeler intégration fonctionnelle.

Toutefois, généraliser le concept TG, ou autrement dit l'additionner au capital des préceptes de raisonnement dans le MRP peut être vu comme un élément nouveau d'intégration conceptuelle. C'est dans ce sens que nous orientons notre étude.

Dans l'application industrielle, nous considérons l'unité complexe de véhicules industriels de la Société Nationale des Véhicules Industriels, comme objet du travail de recherche

1-2- Cadre industriel de l'étude:

La Société Nationale des Véhicules Industriels (SNVI) est une entreprise organisée en plusieurs unités de production et de service. Le Complexe des Véhicules Industriels de Rouiba (CVI) représente l'unité la plus importante.

L'organisation est structurée selon la typologie des fonctions. Nous donnons l'exemple des structures suivantes: la direction de fabrication, la direction achats et approvisionnement, la direction technique, la direction financière etc...

Une variété de produits véhicules est offerte sur le marché. Elle est représentée soit par la gamme Camions soit par la gamme Autobus et Cars. Le camion K66 est l'un des produits les plus vendus sur le marché national.

Le volume de la production annuelle en véhicules tout types a oscillé entre 3200 et 4000 (statistiques sur les années 90-93).

Malgré sa position de monopole national dans la production de camions et de bus, en Algérie, le CVI subit actuellement la concurrence des fournisseurs étrangers relativement à leurs prix compétitifs. Dans ces conditions actuelles, il est plus adéquat de dire que c'est dans un environnement hybride (fabriquer pour le stock, fabriquer sur commande) que le CVI exerce ses activités de production, plutôt que dans une situation où le carnet de commandes dépassait largement les capacités de production.

- Les produits:

Le produit fini du CVI varie entre le camion K66, le bus 25L4 jusqu' aux véhicules lourds de transport routier ou camions destinés aux travaux publics. La gamme complète comprend un ensemble de 26 familles de produits, stabilisés actuellement à 20. Plusieurs paramètres doivent être connus pour identifier un produit fini. Ces paramètres représentent le poids brut du véhicule, le type de cabine, le nombre de roues motrices,...

Le cycle de production d'un véhicule englobe deux cycles:

- La fabrication des pièces mécaniques et des pièces de tôlerie et,
- Le montage des ensembles, des sous ensembles et du véhicule lui même sur la ligne d'assemblage final.

b- Les processus principaux:

Dans le processus de développement du produit, de nouveaux types de produits finis sont développés et des modifications sont apportées sur les types existants. Les besoins du marché déterminent la variété de produits finis qui doivent être conçus par les structures d'études (bureau d'études).

Ce processus apporte l'information sur les types de produits finis et leurs composants. L'information existe souvent sous forme de spécifications écrites, plans et nomenclatures.

Dans le but de structurer les types de produits et d'organiser le processus de sa modélisation, la structure standard du produit fini a été définie. Cette structure décompose par exemple le véhicule camion en unités fonctionnelles principales lesquelles sont à leur tour groupés en fonctions. Cette structure est standard dans un sens où chaque produit fini peut être décomposé en obéissant à ses règles.

2 - Présentation du mémoire:

Dans le but de faciliter la lecture et la compréhension de notre étude, nous avons structuré notre thèse comme suit:

Dans le premier chapitre nous donnerons une introduction générale au problème d'intégration de la technologie de groupe dans le système de gestion de production. De plus, la problématique sera présentée relativement au cadre industriel, en l'occurrence l'unité de production de véhicules industriels (CVI: Complexe des Véhicules Industriels), en présentant simultanément les produits et les processus qui la caractérisent.

Les chapitres 2 et 3 concerneront les notions relatives à la Gestion de Production et à la Technologie de Groupe:

- Dans le chapitre 2, nous évoquerons la définition et les objectifs de la gestion de production. puis nous montrerons les différents environnements de production et l'évolution des systèmes de gestion de production (MRP, MRPII, KANBAN, OPT).
- Dans le chapitre 3, nous introduirons le concept technologie de groupe par un historique et un ensemble de définitions utilisées dans la littérature puis nous mettrons en relief les principales implications classiques de la technologie de groupe dans l'entreprise industrielle.

Le quatrième chapitre apportera une revue des travaux sur les interactions entre la technologie de groupe et le système de gestion de production, et les tentatives d'intégration de la TG dans le système MRP.

Plusieurs types de développements témoignent de l'émergence de la TG dans l'entreprise. Particulièrement, la question ordonnancement dans un environnement TG, le calcul des coûts dans une production en îlots. De plus, quelques tentatives d'intégration TG-MRP sont élucidées tel que la question de la définition de la taille des lots, le problème de l'utilisation des capacités de production. Nous insisterons sur la fonction plan directeur de production et le concept famille qui introduira l'analyse des nomenclatures par la TG.

En effet, le cinquième chapitre abordera un nouveau champ d'investigation dans l'objectif d'intégration TG-MRP. Il s'agit d'entreprendre l'analyse des structures de produits finis par le principe de la TG. L'introduction de la communauté composant dans les nomenclatures produits finis est proposée.

Ce dernier chapitre est consacré à la présentation de la procédure de recherche de la communauté composant pour un ensemble de produits finis. Cette procédure a été écrite en langage Pascal, elle est implémentée sur un mini-ordinateur (HP3000). Les quelques résultats obtenus, après son implémentation sur un exemple de structures de produits finis sont présentés.

La conclusion générale récapitulera les résultats de l'analyse TG-Nomenclatures et les principaux points de notre étude et portera sur les suggestions et les extensions possibles de notre travail.

Un certain nombre d'éléments classiques relatifs à la technologie de groupe et à la gestion de production, en plus quelques données industrielles recueillies pour la réalisation de l'application ont été portés en annexes.

L'annexe I donne des détails complémentaires sur l'approche MRP.

L'annexe II apporte un complément pour le système OPT en décrivant la structure fonctionnelle du logiciel OPT.

L'annexe III représente une revue sur les approches de formation d'îlots de fabrication.

L'annexe IV donne un résumé d'une étude de cas sur les utilisateurs de la production en îlots dans l'industrie américaine. Elle s'appuie sur un sondage des modifications et des adaptations réalisées sur le système de production suite à une introduction d'une fabrication en îlots.

**GENERALITES SUR LES SYSTEMES
DE GESTION DE PRODUCTION:**

Introduction

La gestion de production est un vaste domaine dont l'intérêt est porté sur l'ensemble des décisions à prendre pour permettre d'assurer le bon fonctionnement d'un système de production. Les outils développés en ce sens permettent d'aider aux prises de décision aussi bien au niveau stratégique qu'au niveau opérationnel

Pour comprendre le concept de gestion de production, il est important de le situer relativement au système de production entier.

2-1- Définitions:

2-1-1- La gestion de production: [ORLI75][PLOS85][VOLL88]

La gestion de production englobe les décisions qui, de près ou de loin, concernent directement l'efficacité de l'organisation de la production dans une entreprise, de biens ou de services.

Il est important de dissocier le système de gestion dans lequel circule un flux d'informations, du système de production par lequel transite un flux de matières, voir figure 2.1.

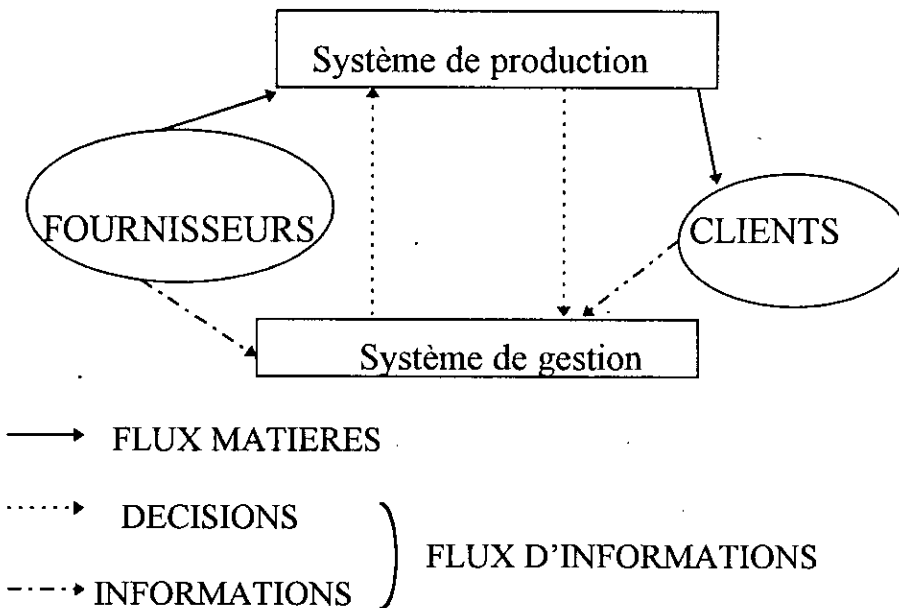


Figure 2.1 : Interactions entre système de gestion, système de production et leur environnement.

Le système de production se compose des ressources humaines et matérielles, qui permettent de transformer des matières premières en produits finis. L'ordonnancement des tâches, la gestion des moyens de stockage, et même parfois les opérations de distribution y sont intégrées.

Parmi les typologies caractérisant les systèmes de production, nous retenons deux:

Une première typologie qui sépare les systèmes dont la production est basée sur les commandes clients (production à la commande), de ceux dont la production peut s'effectuer sur une anticipation de demande d'un produit défini (production pour le stock).

a- Production à la commande:

Elle concerne principalement les entreprises qui proposent une grande variété de produits dont la demande est trop aléatoire, ou aussi les entreprises qui ne définissent leurs produits qu'à partir de demandes clients précises. Les sociétés de sous-traitance sont des exemples parfaits de la deuxième catégorie.

b- Production pour le stock:

Elle n'est possible que pour des entreprises dont la gamme de produits proposée reste relativement stable (peu évolutive), et surtout dont la demande de ces produits est suffisamment prévisible. Un tel type de production doit s'expliquer soit par un temps de fabrication par produit trop important (supérieur à la durée entre la prise de la commande et la date de livraison souhaitée), soit par des variations de la demande au cours de l'année qui ne nécessitent pas à elles seules une augmentation de la capacité de production.

Par exemple, la fabrication de véhicules ne peut s'effectuer sur demande, mais doit devancer celle-ci.

La deuxième typologie liée au type de production existe en quatre catégories:

- Production unitaire:

La taille du produit impose une production de faible quantité. La tâche principale consiste à réunir les moyens nécessaires au bon moment et même souvent au bon endroit. Ce type de production utilise les techniques de l'ordonnancement par projet.

- Production en petite et moyenne série:

De taille plus faible, le produit se déplace dans un atelier de production. Alors, le problème consiste souvent à minimiser, non pas le temps de fabrication d'un seul

produit, mais celui de l'ensemble de la production, objectif coïncidant souvent avec une minimisation des temps d'attente devant les ressources.

1) Production en grande série:

Dans le cas où le nombre de produits similaires à fabriquer dans les mêmes délais devient très important, ou parfois si le spectre des produits différents est restreint, il peut alors devenir rentable de constituer des chaînes de fabrication. A cet effet, les ressources sont placées dans un ordre précis et amovible. Celles-ci peuvent entraîner une diminution des temps d'attente devant les ressources ainsi que les temps de transfert entre les ressources. La constitution de chaînes équilibrées est un élément de réussite de ce type de production.

2) Production en continu:

La chaîne est dans ce cas obligatoirement continue, c'est à dire excluant toute possibilité d'attente entre deux ressources. Ce type de production concerne surtout une fabrication nécessitant la manipulation de matières liquides ou gazeuses. Là encore, la conception de la chaîne est souvent l'élément essentiel du bon fonctionnement de la production. L'industrie chimique, par exemple, est caractérisée par ce type de production.

2-1-2- Le système de gestion:

Habituellement, les interactions entre le système de gestion, le système de production et son environnement sont schématisés comme indiqué sur la figure 2.1.

D'un côté les fournisseurs alimentent le système de production suivant les décisions du système de gestion. D'un autre côté, les matières circulent dans l'atelier entre les ressources et les stocks disponibles. Enfin, les produits finis sont stockés jusqu'à la livraison aux clients. Le système de gestion inclut parfois les décisions concernant les transports de matériel en amont et en aval de la production.

Le système de gestion reçoit les demandes clients et en fonction de celle-ci il quantifie la production tout en prenant les contraintes des fournisseurs en compte. De plus, il gère le système de production en tenant compte des aléas par un retour d'informations.

Dans le système de gestion, les décisions prises sont de plusieurs types et s'appliquent à différents niveaux. Une classification de ces décisions s'avère intéressante.

Classification des décisions:

On sépare habituellement les décisions en trois niveaux, principalement suivant l'horizon temporel: niveau stratégique, niveau tactique et niveau opérationnel (voir figure 2.2).

- Niveau stratégique:

La conduite générale de l'entreprise est décidée à ce niveau et les décisions prises concernent la mise au point des installations de production telles que la taille et l'emplacement de nouvelles usines , l'acquisition d'équipements neufs, le choix de nouvelles gammes de produits, ...Ce sont de décisions pour plusieurs années (5 à 10 années) qui vont être mises en oeuvre dans les niveaux inférieurs.

- Niveau tactique:

L'allocation des ressources (définie au niveau stratégique) à des ensembles de produits est effectuée à ce niveau où on fixe le plan de production sur un horizon (6 à 18 mois) qui nécessite parfois une agrégation des produits en familles (quand le nombre de produits est trop important et la demande mal connue au niveau détaillé). Dans ce plan, les quantités à produire par période (semaine ou mois) sont calculées de façon à répondre au moindre coût, aux demandes client, selon les contraintes liées aux ressources critiques en capacité de production ou en budget.

- Niveau opérationnel:

Les décisions concernent la mise en oeuvre des moyens de l'atelier afin de produire, dans les délais, les quantités fixées au niveau supérieur. Ce qui nécessite une désagrégation du plan s'il a été construit en familles de produits.

Les types de problèmes que l'on rencontre sont :

- L'ordonnancement de la production;
- Le contrôle du stockage;
- Le cheminement des opérations et l'ordonnancement des produits.

Suivant le type d'entreprise, certaines décisions peuvent être prises plus ou moins tôt dans cette hiérarchie.

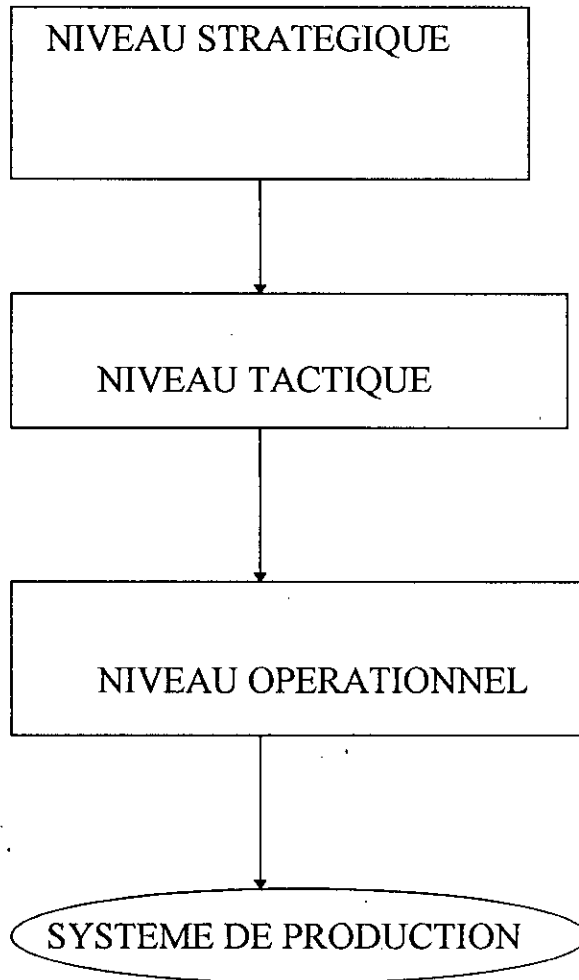


Figure 2.2.: Hiérarchie des niveaux de décision dans un système de gestion production.

2-2- Les objectifs de la gestion de production:

Les objectifs principaux des entreprises industrielles peuvent se résumer comme suit:

- Atteindre un service client maximum;
- Investir le minimum dans les stocks;
- Approcher un fonctionnement efficace (coût minimum) de l'unité de production.

Cependant, ces objectifs se révèlent nettement divergents, leur réalisation simultanée n'est pas possible.

La gestion de production se doit alors de fournir l'information nécessaire pour les décisions de jour en jour, afin de concilier ces différents objectifs dans le fonctionnement de l'unité de production.

La conciliation de ces objectifs dans une entreprise moderne, où les responsabilités sont finement divisées et où les managers sont encouragés à optimiser localement leurs mesures de performance, devient un problème important. Essayer de résoudre ce problème est une fonction première de la gestion de production [PLOS85]. Pour apporter des réponses à ces questions fondamentales, différentes réflexions issues particulièrement du milieu industriel ont permis d'apporter un ensemble de conceptions dans la gestion et le contrôle de la production. Notamment, le MRP est l'un des premiers systèmes que les entreprises manufacturières ont adopté pour améliorer la conduite de la production.

Pour différencier les différents systèmes de gestion de production nous présentons l'évolution de concepts de gestion de stock simples (système de gestion par point de commande) vers des concepts intégrés de gestion de production (MRP, MRPII, OPT,...)

2-3- Les différents systèmes de gestion de production:

2-3-1- Système par point de commande:

Il représente l'ensemble des techniques de réapprovisionnement de stock. Ces techniques, incluant le point de commande recherché statistiquement, le concept des niveaux min et max du stock et la maintenance d'une offre d'un nombre "N" de mois, représentent des variations d'un concept commun. Explicitement ou implicitement toutes partent d'une prévision de la demande durant le délai d'approvisionnement et suggèrent la prévision d'un stock de sécurité pour absorber les fluctuations de la demande.

L'inconvénient des systèmes basés sur le concept de point de commande est lié au fait que les hypothèses sur la demande soient moins précises. Ils tendent à interpréter mal le comportement de la demande observée et manquent de règles pour déterminer les spécifications de la demande future. Les inconvénients de ces systèmes se

manifestent dans les niveaux élevés des stocks, non nécessaires ou par des pénuries causées par la nature du système lui même.

Comparé au MRP, les systèmes de réapprovisionnement par point de commande sont orientés article : la quantité de réapprovisionnement est déterminée pour chaque article « stockable » séparément, le comportement historique de la demande d'un article est utilisé, isolé des autres articles. Le MRP, par contre, ignore l'aspect historique, mais il est plutôt défini à partir d'un plan directeur de production [ORLI75].

2-3-2- Système des flux poussées ou MRP:

1- Logique du MRP ("Material Requirements Planning")

Les demandes d'un grand nombre de matières utilisées dans les opérations industrielles sont générées par des décisions de produire quelques articles les contenant. L'analyse logique du processus d'approvisionnement de telles matières demande à répondre à certaines questions parmi lesquelles:

- Quand voudra t - on fabriquer tant d'un produit spécifique?
- Quels sont les composants nécessaires?
- Combien pour chaque composant, existe t- il d'« en commande »? Et quand serait-il réalisé?
- Quand doit-on les réaliser et de combien est le besoin net pour ces composants?
- Quand seraient-ils commandés?

J.Orlicky est l'un des premiers à avoir formalisé des réponses à ces questions par le concept MRP. Il lui a même consacré tout un ouvrage [ORLI75]

MRP traduit en français par PBC ou Planification de Besoins en Composants (PBC) est défini par le processus d'éclatement des demandes en produits finis en besoins composants, en tenant compte des stocks et des commandes en cours. C'est ainsi que le processus détermine, pour chaque article, les quantités de ses composants nécessaires pour satisfaire ces demandes jusqu'à définir exactement les besoins en matières ou en articles achetés (Annexe I).

Cette logique fondamentale du MRP est aussi bien applicable aux systèmes de fabrication pour le stock que pour les production sur commande telles que les constructions, la fabrication des machines spéciales, et la fabrication par lots périodique de moyens et grands volumes de produit, les industries à processus continu et les productions de masse répétitives.

1- Le MRP dans une production "Fabriquer sur commande (en anglais "Make to Stock")

Les industriels d'une production fabriquer sur commande « job shop », incluant particulièrement la fabrication de navires, avions, engins de construction ont une difficulté à développer un plan directeur de production conventionnel, leurs produits sont produits à petits volumes, et avec intermittence. Les structures des produits sont développées en fragments et ne sont souvent ni finalisées ni complétées que lorsque le produit est livré. Les changements techniques dans le produit sont fréquents [PLOS85]

En même temps, la majorité des industriels utilisent la notion de besoins bruts et des délais de livraison surestimés pour les articles achetés et les articles fabriqués. Cependant, ils reconnaissent que la logique MRP est utilisée mais n'arrivent pas à l'adapter à leur propre type de production.

L'application du MRP nécessite des structures génériques pour les produits, fabriqués répétitivement, même s'ils représentent des commande spéciales, L'utilisation commune des nomenclatures par les structures de conception, d'achat et de fabrication. Quand le délai client est significativement inférieur au délai total d'approvisionnement ou de fabrication des composants, ces derniers doivent être stockés.

2- Le MRP dans une production répétitive:

Les articles types fabriqués dans une production répétitive sont les voitures, les appareils électroménager, les postes de télévision, produits pharmaceutiques,... Ces types d'industries fonctionnent en terme de taux de production par jour. Le MRP s'y adapte en utilisant la notion d'ordres discrets pour les pièces fabriqués.

3- Le MRP dans les industries à processus continus:

Les opérations type processus continu varient d'un système de raffinage, où un équipement spécial est dédié pour la production d'une ligne de produits, à un système par exemple de type agro-alimentaire où un équipement général est affecté à la production de lots d'un large spectre de produits. Le MRP conventionnel est appliqué sans une grande adaptation de ses éléments fonctionnels à une fabrication intermittente. Quand un grand nombre de produits est fabriqué avec des interruptions non fréquentes sur des équipements implantés en ligne (papier, boissons), les programmes MRP discutés et modifiés dans un cadre d'industrie répétitive sont utilisés [PLOS85].

Système MRPII:

Le concept MRP a connu une évolution importante, il n'est plus limité au concept de calcul des besoins en composants. à partir d'un plan directeur de production mais s'intéresse aux changements des priorités des commandes et leurs impacts dans la faisabilité du plan de production. O.Wight a donné un autre sigle MRPII (Manufacturing Resources Planning) qui est traduit par la planification des ressources de production, englobant le MRP classique mais intégrant:

- En amont , la gestion du plan directeur de production et les ressources limites telle que l'enveloppe financière;
- En aval , l'analyse des ressources capacités des ateliers.

La plupart des systèmes actuels de GPAO reposent sur le concept MRPII [VOLL87] [PLOS85].

Pour un complément de détails sur le MRPII, nous invitons le lecteur à consulter les ouvrages spécialisés. [ORLI75][VOLL88]

2-3-3- Le système de production Juste A Temps (JIT):

Dans un contexte de production, le Juste à temps est une conception où les besoins en matières et composants dans le processus de production sont disponibles exactement au moment voulu.

Il est plus adéquat d'utiliser la notion de concept que de méthode de gestion de production. Le JIT véhicule le concept des flux tirés qui est généralement complémentaire à la méthode classique MRP. Il s'agit d'une approche visant à ne fabriquer que les pièces dont on a besoin, au moment où l'on en a besoin.

Les techniques de planification du type MRP appartiennent à la famille dite de production à flux poussés. En effet, elles permettent d'anticiper la demande de composants par une programmation prévisionnelle. D'autre part, il existe une autre logique, celle de la production à flux tirés ou tendus selon laquelle la production d'un composant est déclenchée par une demande des centres utilisateurs (flux tirés, flux tendus, production par l'appel par l'aval). Dans la littérature, nous la retrouvons sous le nom de production "juste à temps", toutefois, ce terme se rapporte aussi à un mode d'organisation générale de travail plutôt qu' à une technique seulement applicable à la production à flux tirés.

Pour pouvoir utiliser ce système d'organisation, une condition doit être satisfaite: il faudra que l'on soit dans le cas d'une production de masse visant à satisfaire des demandes relativement stables.

Par ailleurs, la compréhension du JIT est indissociable de son milieu d'apparition.

Environnement de production JIT:

Le juste à temps est apparu au JAPON. L'entreprise TOYOTA est l'une des premières à l'avoir adoptée. Il recherchait l'élimination de toutes les sources de gaspillage dans la production, en fournissant le bon composant au bon endroit et au bon moment. Elle est considéré comme une politique d'élimination du gaspillage relativement au stock, au non respect des normes de qualité et à l'utilisation du potentiel des travailleurs.

Le JIT est aussi caractérisé par l'esprit de réduction des temps de préparation. En effet, un temps de préparation faible conduit à un coût de lancement faible, ce qui implique des séries économiques courtes.

Il est important de signaler que les entreprises travaillant avec une production JUSTE A TEMPS sont généralement dotées d'une capacité excédentaire de production pour atteindre plus facilement l'objectif de flexibilité.

Le plan directeur du JIT:

Le plan directeur du JIT est établi sur un horizon prévisionnel ne dépassant pas habituellement trois mois. La production mensuelle de chaque article est rapportée à la journée. Cette production journalière sera fragmentée en lots "panachés" pour constituer une séquence répétitive de production.

Il est peu probable que la charge de travail qui découle de l'application de ce PDP corresponde aux capacités disponibles. Ce PDP est habituellement recalculé tous les mois ainsi que l'incidence de cette actualisation sur la gestion des flux..

Pour mettre en oeuvre le juste à temps dans le système de production, les japonais ont inventé le Kanban, un système d'informations qui sert pour gérer le flux des ordres de fabrication.

Le système KANBAN de gestion des flux:[VOLL88][PROT92]

Le système Kanban est un mode de gestion décentralisé des flux d'informations et des flux de production. Le caractère décentralisé et "manuel" de ce système montre son avantage sur les systèmes fortement centralisés qui s'appuient sur des logiciels axés sur le MRP. Pour mieux connaître le Kanban, nous expliquons son mode de gestion des flux de production.. D'abord, nous définissons ses documents utilisés (étiquettes).

- Etiquettes de production, étiquette de transfert:

Kanban, en japonais, signifie étiquette, carte ou ticket. A chaque article géré, est associé un nombre fixe d'étiquettes. Une étiquette correspond à un ordre de fabrication ouvert, émis par un centre utilisateur, à destination d'un centre producteur. Le lancement de la fabrication d'une référence est conditionné par l'envoi d'étiquettes par le centre utilisateur.

Dans le cas de production de plusieurs articles, le système d'informations Kanban n'emploie pas seulement les étiquettes de production mais aussi des étiquettes de transfert.

Le mode d'émission des kanbans est soumis à certaines règles qui gèrent leurs circulations.

- Circulation des kanbans

Les étiquettes de production circulent entre le centre de production et l'aire de stockage situé en aval de ce centre.

Les étiquettes de transfert circulent exclusivement entre l'aire de stockage et les centres de production demandeurs. Un nombre d'étiquettes de transfert est défini pour chaque centre de production demandeur. Pour procéder à l'envoi d'un conteneur de la zone de stockage à un centre demandeur, on retire une étiquette affecté à ce centre demandeur (E-T) pour la substituer à l'étiquette de production accroché au conteneur. Cette dernière étiquette (E-P) est alors envoyée en amont du centre de production de cette référence.

Le nombre de kanbans mis en circulation est calculé comme suit:

$$N = \frac{D(1+x)}{A} \quad \text{où,}$$

N : Nombre de kanbans

D: Demande par unité de temps de l'article

A: Capacité des conteneurs

x: Taux du stock de sécurité

2-3-4- Méthode OPT ("Optimized Production Technology")

OPT ("Optimized Production Technology) est une nouvelle méthode de gestion de production industrielle. Cet acronyme représente à la fois le logiciel et la philosophie qui revoient le système de production et les techniques de pilotage de la fabrication.

Elle a été développée par le Dr E.Goldratt. Il explique cette nouvelle philosophie d'une manière simple et romancée dans son livre intitulé « Le But » (Titre originel anglais: The Goal).

OPT emprunte à la fois aux méthodes MRP et aux principes de l'approche JIT ou plutôt aux systèmes des flux poussés et flux tendus.

Au MRP, elle prend le principe du plan de production éclaté et du plan de charge. Elle repose essentiellement sur le calcul des goulots d'étranglement. Ceux-ci sont chargés à capacités finies en mode progressif. Les autres postes de charge sont chargés à capacités infinies en mode régressif, en aval du goulot, mais en s'alignant sur la charge du goulot en amont de celui-ci.

Au JIT, elle maintient le principe de réduction des stocks d'en cours et des temps improductifs en tenant compte de la dynamique des goulots d'étranglement engendrés par de nouvelles contraintes (nouvelles commandes, maintenance des machines, absentéisme du personnel).

Pour OPT, tout ce qui concourt à la réalisation d'une production est une ressource qu'elle soit matière première, main d'oeuvre, machine, outillage, ou espace. Chaque type de ressource fait objet d'ordonnancement.

Pour une meilleure compréhension d' OPT, nous expliquons ses principes de base, leurs effets dans l'ordonnancement de la fabrication, puis nous aborderons brièvement les modules du logiciel OPT qui seront détaillés en l'annexe II.

-1- Principes de base de la méthode OPT:

PRINCIPE 1:

Il faut équilibrer les flux et non les capacités.

Le principe classique de réaliser un équilibre charge - capacité est remis en question par OPT qui admet que l'effort doit être concentré sur la synchronisation des flux de production pour limiter autant que possible les stocks

PRINCIPE 2:

Les goulots déterminent le débit de sortie et les niveaux de stock types de ressources

OPT distingue deux types de ressources différentes:

- Les goulots qui contraignent la production,
- les non goulots qui ont un surplus de capacité.

La relation entre ces deux types de ressources est examinée selon plusieurs cas (voir figure 2.3) Les différents cas qui y sont présentés montrent que les ressources goulots déterminent le débit de sortie et les niveaux de stock.

PRINCIPE 3:

Le niveau d'utilisation d'un non goulot n'est pas déterminé par son propre potentiel mais par d'autres contraintes du système.

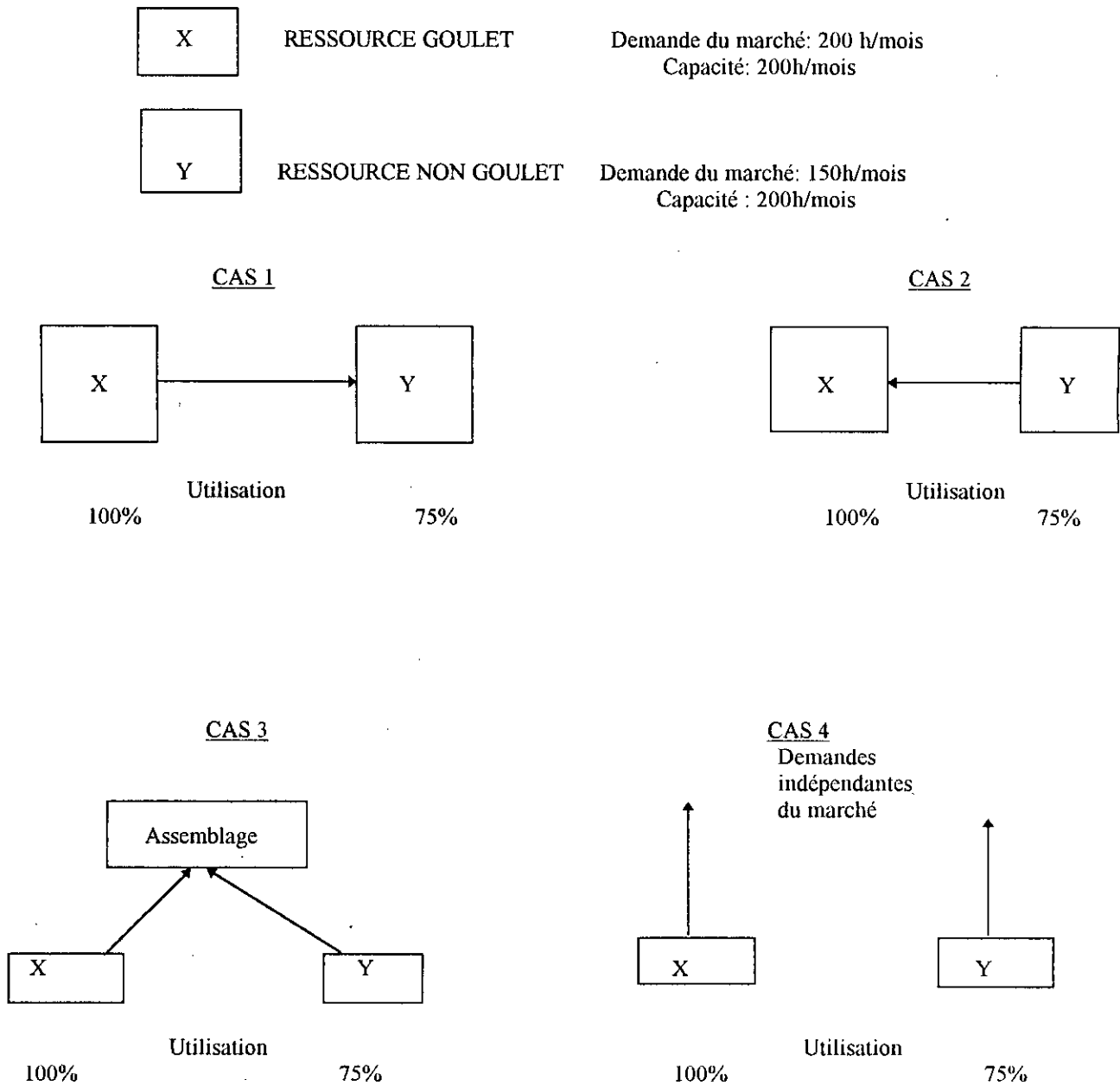


Figure 2.3: Cas possibles d'association de ressources goulets et non goulets.

Prenons l'exemple d'une succession de ressources non goulets alimentant une ressource goulet (voir figure 2.4). Le flux global de la production sera déterminé par la capacité de la ressource goulet. Par conséquent, il est inutile de lancer une quantité supérieure à la quantité de produits que peut traiter la ressource goulet. Le contraire conduira à créer des en-cours. Cela reste vrai même si le produit à fabriquer présente une nomenclature.

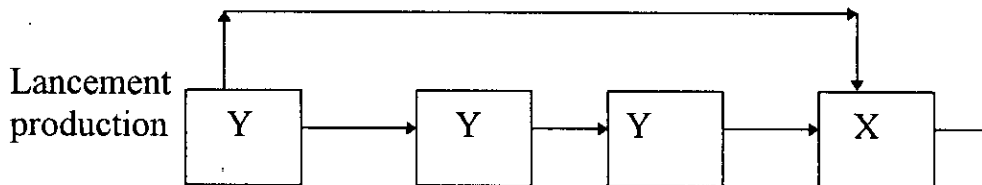


Figure 2.4: un cas de position de ressource goulet en fin de cycle de fabrication

Par conséquent, nous pouvons déduire que le niveau d'utilisation d'un non goulet n'est pas déterminé par son propre potentiel mais par d'autres contraintes du système. De plus l'activation et l'utilisation d'une ressource ne sont pas équivalentes. Il faudra planifier les ressources non goulets à partir des contraintes de capacité et non les ignorer.

D'autres règles peuvent être déduites de ce principe telles que:

- une heure perdue sur un goulot est une heure perdue pour tout le système,
- une heure économisée sur un non goulot n'est qu'un leurre.

PRINCIPE 4:

La capacité et la priorité doivent être considérées simultanément.

Les inconvénients de l'approche MRP dans le calcul des charges à capacité infinie sont mis en relief par le fait que capacité et priorité de production ne sont pas considérées simultanément mais en séquence. Les cycles de fabrication ne sont pas prédéterminés mais sont le résultat d'un ordonnancement.

-2- Logique d'ordonnancement de OPT:

Construction du modèle de production:

Le modèle de production est construit par la combinaison des données nomenclatures et gammes opératoires. Il contient aussi les demandes commerciales (commandes réelles et prévisionnelles) ainsi que les stocks des produits finis, d'en-cours et de matières premières.

Le résultat est un réseau produit où chaque article dans la structure produit a ses propres données associées au plan directeur de production. Un exemple est fourni sur la figure 2.5. Chaque opération y est définie en terme de ressource utilisée, temps d'exécution, temps de préparation. D'autres données spécifiques à OPT y sont incluses tel que:

- Stock maximum,
- Quantités minimales des lots,
- Gammes de remplacement,
- Contraintes sur la main d'oeuvre.

Représenter le processus de fabrication de tous les produits semble considérable. Il suffit de se concentrer sur les ressources goulets et sur les articles les plus importants (voir figure 2.5)

-3- Identification des ressources critiques:

Pour identifier les ressources critiques, OPT éclate les besoins à travers le modèle en supposant une capacité infinie. Le réseau global flux-ressources est subdivisé en deux parties (voir figure 2.5).

- l'une est constituée des ressources non goulets qui alimentent des ressources goulets;
- l'autre est constituée par les ressources dont l'activité est liée à celle des ressources goulets

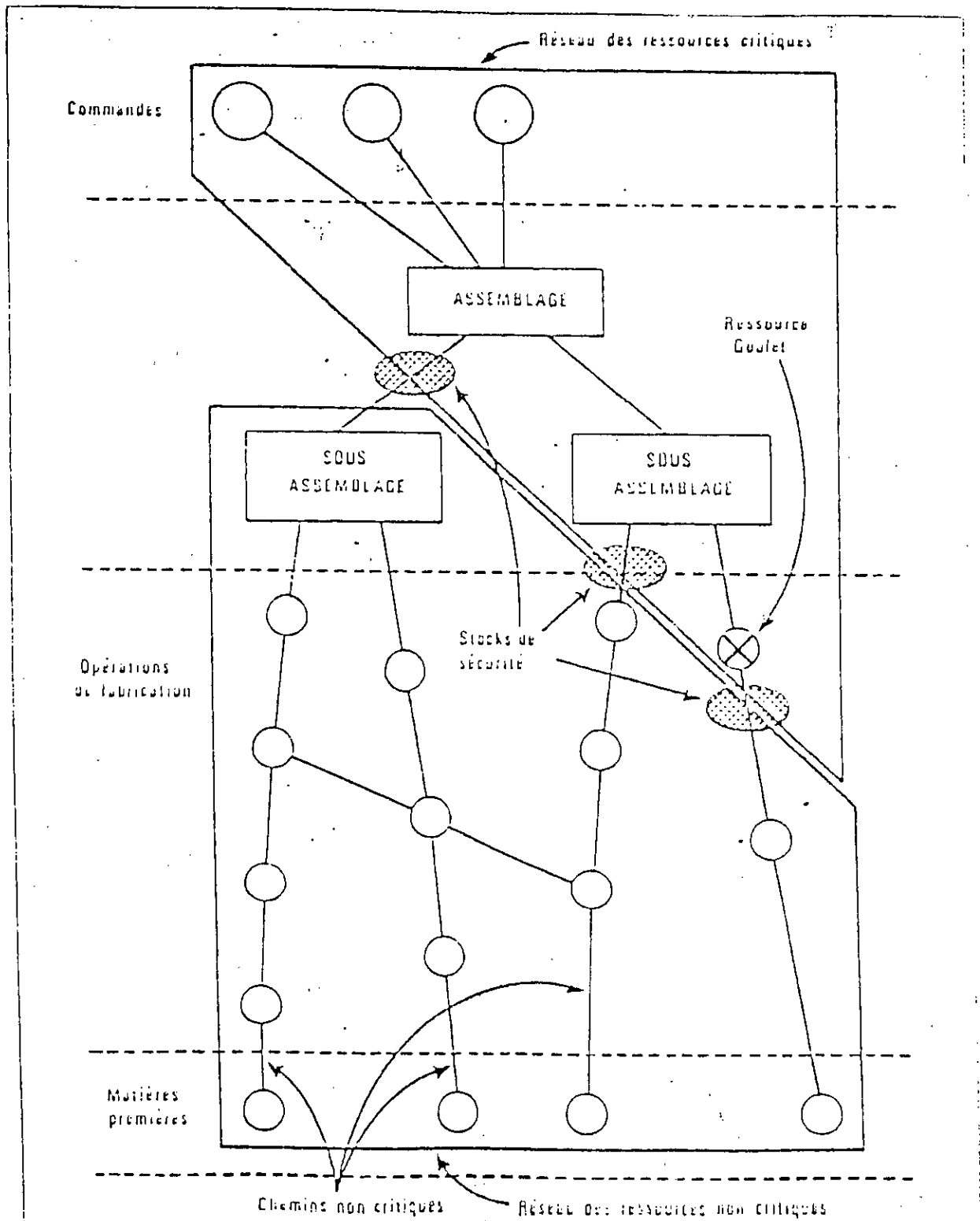


Figure 2.5 : Réseau produit d'OPT .

Pour optimiser le programme des goulets, OPT divise le modèle global: le modèle OPT et le modèle SERVE, nous retrouvons cette distinction bien explicitée dans le logiciel OPT.

- Le modèle OPT:

Il contient les commandes et les opérations sur les ressources critiques et une représentation simplifiée de leurs relations. OPT établit ensuite un ordonnancement synchronisé des goulets à l'aide d'un algorithme pour satisfaire au mieux la demande. Cet ordonnancement prend en compte simultanément les aspects priorité et capacité. L'utilisation des goulets est maximisée en les planifiant en aval.

- Le modèle SERVE:

Le planning des goulets est transmis au modèle SERVE. L'ordonnancement des opérations non critiques se fait au plus tard cherchant à minimiser l'en-cours. On distingue deux sortes de ressources: celles qui sont en amont des goulets et celles qui sont en aval. Pour celles qui sont en amont, la date de référence sera la date de besoin exprimé par le modèle OPT. Pour celles qui sont en aval, la date de référence sera la date de livraison du produit fini. Un des avantages du passage du MRP à OPT n'est pas seulement une utilisation pour orienter plus d'efforts pour la qualité et la production dans ces ressources, c'est aussi une contribution significative de la logique OPT pour varier la taille des lots pour augmenter la production pour les ressources limites et réduire les en-cours dans les ressources non goulets.

Conclusion:

Nous avons présenté dans ce chapitre l'évolution des systèmes de gestion de production d'une simple gestion des stocks par le point de commande à une approche intégrée de gestion industrielle reposant sur la notion de production synchronisée.

La gestion par point de commande est un moyen de planification des besoins seulement pour les articles à demandes indépendantes.

Les systèmes MRP, MRPII souvent implémentés grâce à un logiciel, s'intéressent à une planification coordonnée des besoins en composants, pour des produits possédant des nomenclatures de plus d'un niveau.

Le principe Juste à temps adopté dans la production est mis en opération à l'aide du système d'informations Kanban. Ce dernier servira pour émettre a moment voulu les ordres de fabrication d'articles dont les profils de demande sont stables.

Enfin, le dernier développement montré a été le principe OPT qui se consacre le plus à la partie pilotage de la fabrication. Celui-ci a apporté le concept de planification avec une capacité finie, contrairement au MRP, en plus du mode d'ordonnancement des ordres sur les deux types de ressources (goulets et non goulets).

Actuellement, un système de gestion de production performant s'identifie par un fonctionnement coopératif et simultané de toutes les approches de gestion de production. Le MRP va reproduire le noyau d'un système de gestion de production auquel se greffent la production JIT et la logique OPT.

Ce développement a été réalisé en parallèle avec l'apparition d'autres concepts tel que la technologie de groupe. Aussi, dans la partie suivante, les fondements de ce concept et son application dans le système de production seront détaillés

TECHNOLOGIE DE GROUPE
DEFINITIONS ET APPLICATIONS

3- TECHNOLOGIE DE GROUPE, DEFINITIONS ET APPLICATIONS:

Il est usuel que toutes les innovations nécessitent le choix d'un nom qui doit donner une bonne description du concept initial. Toutefois, avec le temps, le concept évolue et change. C'est le propre d'un concept vivant.

Le nom devient alors une description pauvre, mais reste toujours le meilleur nom possible. Son changement peut causer de la confusion [BURB75].

Le terme *TECHNOLOGIE DE GROUPE* a eu presque le même type d'historique, il est devenu un concept dans le management plutôt qu'une révolution technologique.

Aussi, dans cette première partie, nous commencerons par donner un historique, présenter quelques définitions relatives à la Technologie de Groupe et à la terminologie liée à ses applications. Nous relatons ensuite:

- Les deux courants méthodologiques pour la recherche des familles de pièces et des groupes de machines et,

- L'apport majeur de la construction des familles de pièces dans les différentes fonctions de production.

3-1- Historique de la TG:

Le concept de technologie de groupe consiste à regrouper des objets (pièces, dessins, gammes, outillages, postes de travail, etc...) en familles homogènes et distinctes pour concevoir et fabriquer des produits en tirant profit de leurs analogies et de l'expérience de l'entreprise. On associe souvent à la Technologie de groupe la notion de codification qui est l'expression condensée des caractéristiques essentielles d'un objet. Les impacts majeurs sont résumés comme indiqué sur la figure 3.1.

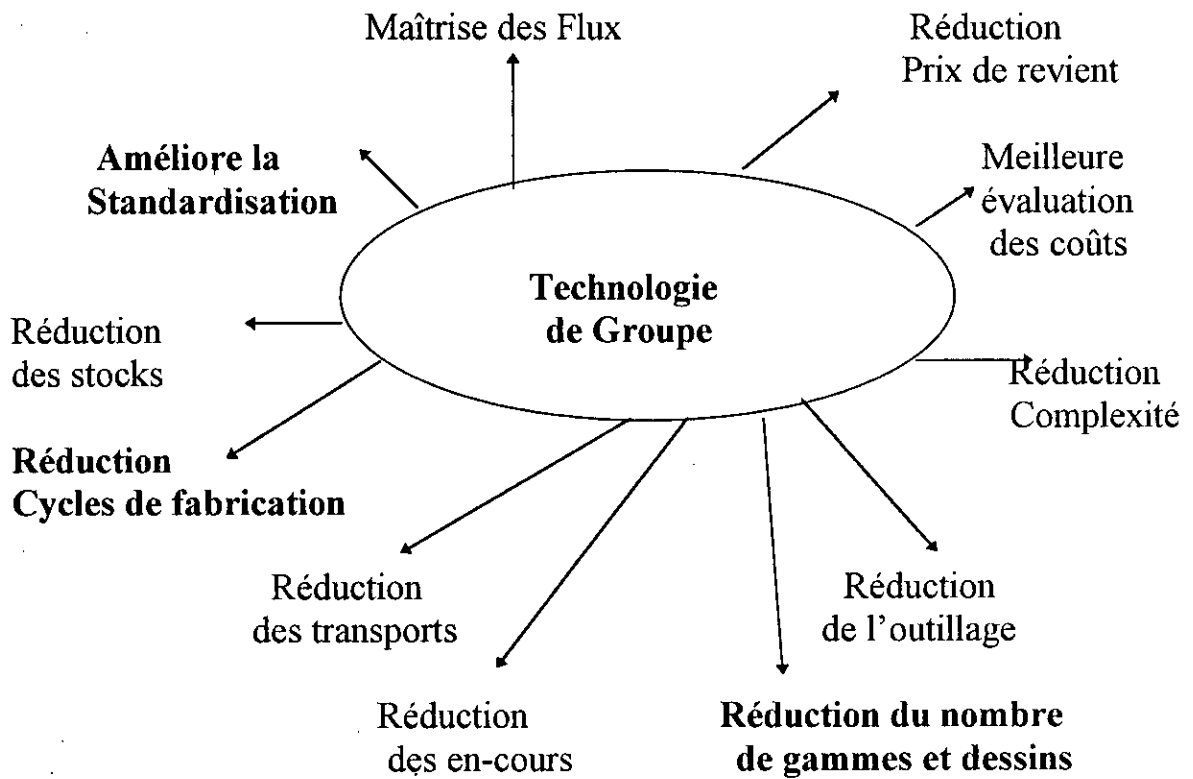


Figure 3.1: Les impacts de la TGAO

A partir de travaux réalisés principalement en Europe de l'est, d'analyse de moyens et des méthodes de fabrication des pièces mécaniques, présentant des analogies, S.P. MITROFANOV a présenté au début des années 50, le concept de Technologie de Groupe. Dès 1960, H. OPITZ généralise ce concept en proposant une démarche pour l'appliquer à tous les stades de l'industrialisation d'un produit. Ainsi, la recherche de l'analogie se fait systématiquement dès la conception d'une pièce par l'analyse de codes morphodimensionnels non bijectifs caractérisant celle-ci.

Au milieu des années 60, BURBIDGE (GRANDE BRETAGNE) a développé les concepts et les techniques de l'analyse des flux de processus des pièces dont l'objectif est de rendre l'atelier plus efficace, en concentrant les ressources spécifiques pour les divers types de flux résultant de l'analyse.

Dans les années 70, sous l'impulsion du TNO (Pays Bas), les démarches d'études d'implantation et d'exploitation de la Technologie de Groupe ont été définies, des progiciels de recherche d'analogies ont été réalisés.

A cette même époque, Le CETIM (FRANCE) a joué un rôle actif de sensibilisation à ce concept auprès des entreprises de l'industrie mécanique en apportant sa propre approche basée sur la notion de Groupement Analogique. En 1982, sous le patronage de l'ADEPA (Agence de Développement de la Productique et de l'Automatique, FRANCE), un groupe de concertation réunissant des industriels français tels que Renault, Legrand, Snecma, Thomson, Citroen a été créé en vue de partager l'expérience d'exploitation des logiciels de TGAO de la société OIR (ETATS UNIS).

3-2- Définitions sur la Technologie de Groupe (TG):

Le traditionnel intérêt de la technologie de groupe est la production en petits et moyens lots. La vue la plus commune de la TG est en conjonction avec l'environnement de fabrication en moyens et petits lots (JOB SHOP). En effet, le terme Technologie de groupe est rarement utilisé en association avec un autre environnement.

Les entités associées au système job shop telles que les pièces, machines sont le langage par lequel la TG est souvent décrite.

Nous examinons alors, dans cette partie quelques définitions de la Technologie de Groupe. Elles émanent d'auteurs différents.

a- « La technologie de groupe est une nouvelle approche de management dans la production qui cherche d'abord à obtenir des économies, dans les productions en petits et moyens lots, similaires à de relations de travail est facilement atteinte» [BURB75].

b- "...C'est une approche qui identifie des objets tels que des pièces, des processus, des équipements, des outils, des hommes ou des besoins de clients, par leurs attributs, analyse leurs attributs découvrant les similitudes entre eux et parmi ces objets, groupe ces mêmes objets en familles selon leurs ressemblances et enfin améliorer l'efficacité et l'efficacité de gestion de ces objets par la valorisation des avantages de l'existence de ces similitudes," [SHUN85].

c- « La TG est une technique de production de petits et moyens lots de pièces de mêmes processus opératoires, peut être de matières, géométrie et tailles différentes. Ces pièces sont fabriquées dans une cellule de fabrication constituée de machines réunies physiquement, spécifiquement équipées et planifiées comme une unité »[REMB87].

d- « La technologie de groupe est une philosophie de production orientée efficacité incluant un intérêt dans la recherche de catégorisation des données». [KINI87]

e- « La technologie de groupe est un moyen qui permet une concentration (capitalisation) de la connaissance au niveau de l'entreprise industrielle». [GOTT90]

f- « La technologie de groupe est une philosophie de production et de conception qui identifie les similitudes des pièces, équipements ou processus. Elle permet une recherche rapide des plans existants et anticipe une implantation des équipements de production de type cellulaire. (Définition de l'APICS: American Production and Inventory Control Society, 1987)». [APIC87].

Plusieurs définitions sont distinguées pour un même concept, mais elles se rejoignent quand même, autour de la notion de groupe, similitudes des objets d'un même groupe et l'existence d'un but de regroupement.

L'analyse de ces différentes définitions présentées précédemment sur la technologie de groupe , permet de révéler l'étendue actuelle du sens de l'appellation TECHNOLOGIE DE GROUPE qui est née par un souci de regroupement de gammes opératoires et est maintenant élargi à un concept de management et d'intégration dans la conduite de systèmes industriels.

Ce terme s'étend, maintenant au sens objets qui sont réunis en groupes selon des attributs, dans un but donné, tel que: améliorer la performance d'un système.

Il est aussi important de remarquer que les entités traditionnellement associées aux systèmes de production : les pièces, les machines sont le langage par lequel la TG est souvent décrite.

Cependant, relativement à l'ensemble de définitions sus - cités, celle de Shunk (1985) plaide en faveur de l'application élargie de la TG au delà du système job shop, et même au delà des entités pièces et machines, vers une application de base limitée seulement par l'imagination de l'investigateur.

Autres définitions:

Le long de cette partie, nous utiliserons une terminologie qui est associée aux applications de la technologie de groupe, nous en définissons quelques termes ci-dessous:

Attribut:

C'est une caractéristique de pièce (conception, fabrication) répertoriée pour servir à la classification des articles.

Code TG:

C'est un code qui n'identifie pas la pièce dans la gestion des matières mais représente une référence donnant une description de cette pièce par des attributs. Par contre, la référence d'un article sert à identifier d'une manière unique un composant, un produit, une matière première.

Selon Taube [KINI87], le code TG est une statistique (multi-variable) mesurant les niveaux de variété des attributs d'une pièce.

Ilot ou cellule :

C'est le lieu géographique où un ensemble de machines est affecté pour réaliser entièrement une famille d'articles.

TGAO:

C'est l'abréviation de Technologie de Groupe Assistée par Ordinateur; elle fait référence à l'existence d'un logiciel qui représente un système par lequel les applications de la TG seront réalisées au bureau d'études, bureau méthodes et atelier.

3-3- Applications classiques de la Technologie de groupe :

La technologie de groupe classique représente le concept de la décomposition d'un système manufacturier, en sous systèmes plus faciles à conduire et à gérer que le système entier. Elle permet:

- D'une part de construire des regroupements machines (cellules ou îlots) ;
- Et d'autre part de définir des familles d'articles.

Les travaux de recherche menés dans le domaine de la technologie de groupe peuvent être subdivisés en deux catégories:

- a- Etudes d'application de la TG (depuis les années 70),
- b- Etudes sur la méthodologie de décomposition (les années 80- Mosier, King).

Dans la recherche de familles ou de groupements, il existe deux courants méthodologiques

- La classification qui peut être soit visuelle soit par le moyen de la codification,

ou

- La modélisation mathématique

Nous examinons respectivement ces deux aspects méthodologiques.

3-2-1- Classification - Codification:

Une des premières étapes d'une mise en oeuvre d'une TGAO est la classification puis la codification des articles gérés. Cette codification peut être orientée:

- Soit pour l'industrialisation en partant de codes morpho-dimensionnels;
- Soit pour la production ou la gestion en s'inspirant des similitudes des phases opératoires, des matières premières, portes pièces, outils ,...

Les premières applications de la TG ont été basées sur la classification et la codification. Cette dernière n'est pas cependant essentielle pour être une étape initiale dans l'introduction de la TG. Des économies peuvent être obtenues sans adopter la classification-codification des pièces. [BURB75][WEMM90][WEMM91]

3-2-1-1- Classification:

Elle peut être définie soit par la division d'un ensemble de pièces en classes selon leur différences ou la combinaison de pièces dans des classes selon leurs similitudes. Elle peut être effectuée:

- Visuellement si le nombre de pièces est limité,
- Ou moyennant la codification.

Les critères de classification sont

- Les formes extérieures ou intérieures des pièces,
- Les dimensions des pièces (diamètre, longueur)
- Les méthodes de fabrication,
- La valeur des pièces,
- L'utilisation des pièces.

Cependant, la classification des pièces peut se baser sur l'ensemble entier ou une partie de ces attributs différents, selon les objectifs initiaux posés.

3-2-1-2- Codification:

La codification est l'assignation de symboles à des classes de telle façon que ces symboles représentent l'information concernant la nature des classes. Les objets de la codification sont soit des pièces fabriquées, soit des pièces achetées, des ensembles ou même des produits finis.

Ces codes peuvent être numériques, alphabétiques ou alphanumériques. Ils sont aussi classés selon leur mode de construction. Il s'agit de:

- Monocode;
- Polycode;
- Codes mixtes.

a- Monocode: C'est un code où chaque digit dépend de l'information donnée par le digit précédent. Il est aussi connu sous le nom de code hiérarchique.

exemple:

le code A 1 4 X

- A : Matière première;
- 1 : Forme de cette matière première;
- 4 : Type de processus de fabrication;
- X : Tolérances.

Dans ce monocode, pour chaque type de matière première existe une forme de cette matière première, et pour chaque forme est associée un processus de fabrication dont les tolérances sont bien spécifiées.

b- Polycode: C'est un code où chaque digit représente un attribut et est indépendant de tous les autres digits. Il est aussi connu sous le nom de code en chaîne.

Le code 1 2 1 3 2 est écrit sur 5 positions

1 : Classe de la pièce cylindrique $L/D = 0.5$

2 : Forme extérieure

1 : Forme intérieure

3 : Type de processus, nombre de trous à percer

2 : Tolérances d'usinage

Les attributs des 5 positions sont mutuellement indépendants

c- Code mixte: C'est un code adoptant conjointement les principes de monocode et de polycode.

Exemple de code TG:

Le code 1 2 1 4 X est une association des codes des exemples précédents

1 2 1 est la partie Polycode

4 X est la partie Monocode

1 : classe de la pièce cylindrique $L/D = 0.5$

2 : forme extérieure

1 : forme intérieure

4 : type de processus de fabrication

X : Tolérances

3-2-1-3- Exemples de familles de pièces:

Considérons l'ensemble des pièces de la figure 3.2, ce sont des pièces réalisées dans l'atelier Ferrures du centre mécanique du CVI, qui présentent:

- La même fonction (fonction levier),
- Des formes extérieures et intérieures presque similaires,
- Des dimensions géométriques proches.

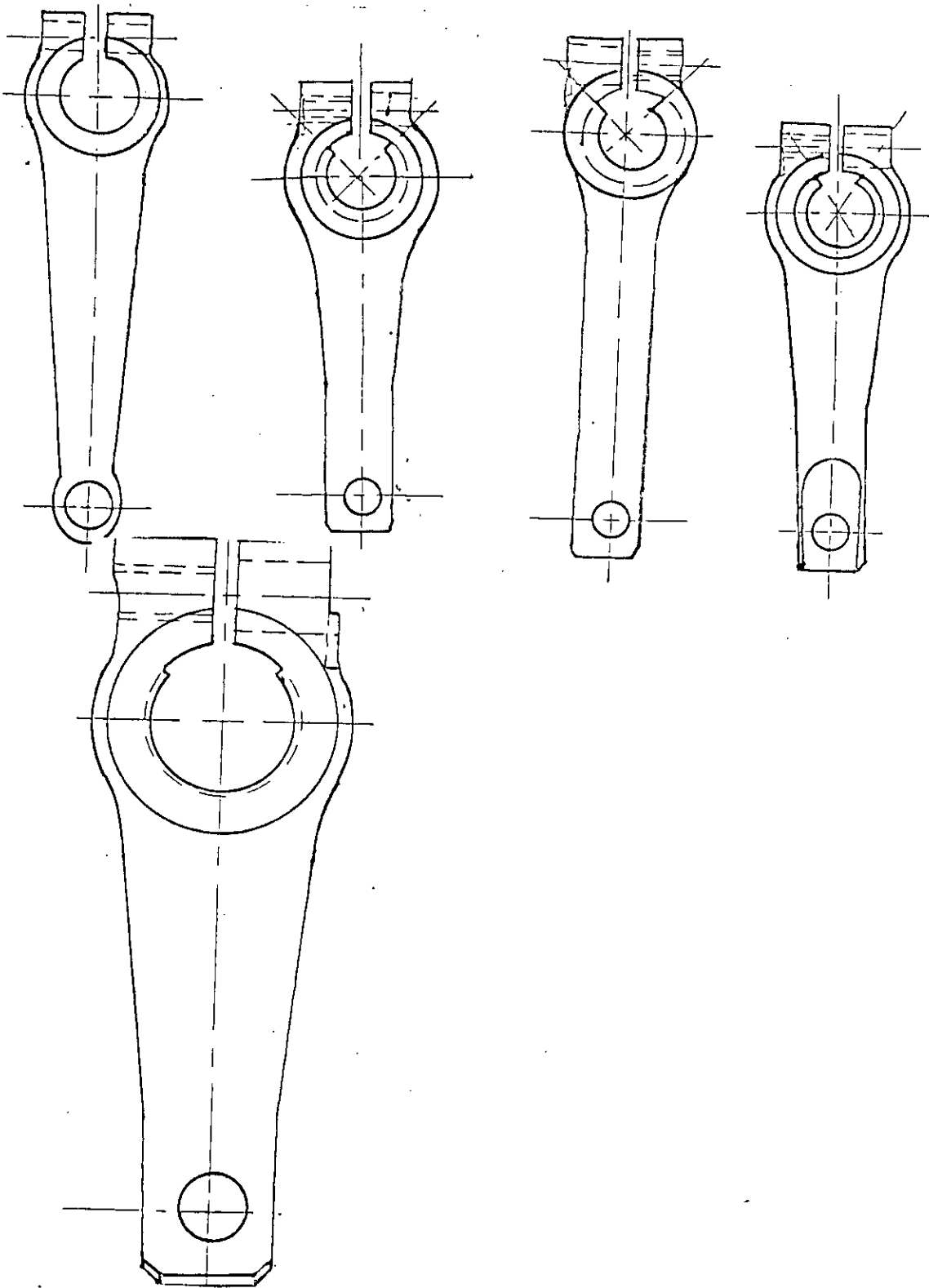


Figure 3.2 : Exemple de pièces regroupées selon les critères morphodimensionnels et les processus opératoires.

De plus, leurs gammes opératoires présentent une forte similitude, toutes les pièces passent par des phases de:

- Perçage,
 - Fraisage,
 - Ebavurage
-
- Ils empruntent les mêmes équipements de production,
 - Ils utilisent des outillages de préparation similaires,
 - Ils sont l'objet de procédures de contrôle identiques.

Selon les critères morpho-dimensionnels et les méthodes de fabrication, ces pièces fabriquées vont apparaître dans une même famille.

Un autre exemple de pièces regroupées selon leurs gammes opératoires est illustré par la figure 3.3.

Cependant, il existe des pièces qui peuvent solliciter les mêmes types de machines sans avoir des formes et des dimensions voisines, c'est le cas de la pièce représentée par la figure 3.4. Comparée aux pièces de la figure 3.2, cette pièce a la même fonction (fonction levier), sans avoir une forme extérieure similaire. Mais, cette même pièce sollicite presque les mêmes moyens de production.

3-2-1-4- Systèmes de codification - classification:

Le but des différents systèmes de Classification et Codification est d'apporter une méthode rapide et efficace de simplification de la conception et faciliter la recherche d'informations relatives aux dessins, plans de pièces.

La simplification peut être définie comme étant l'élimination de la variété non nécessaire. Le but ultime de la CC est la standardisation des plans et l'élimination continue de la variété non nécessaire.

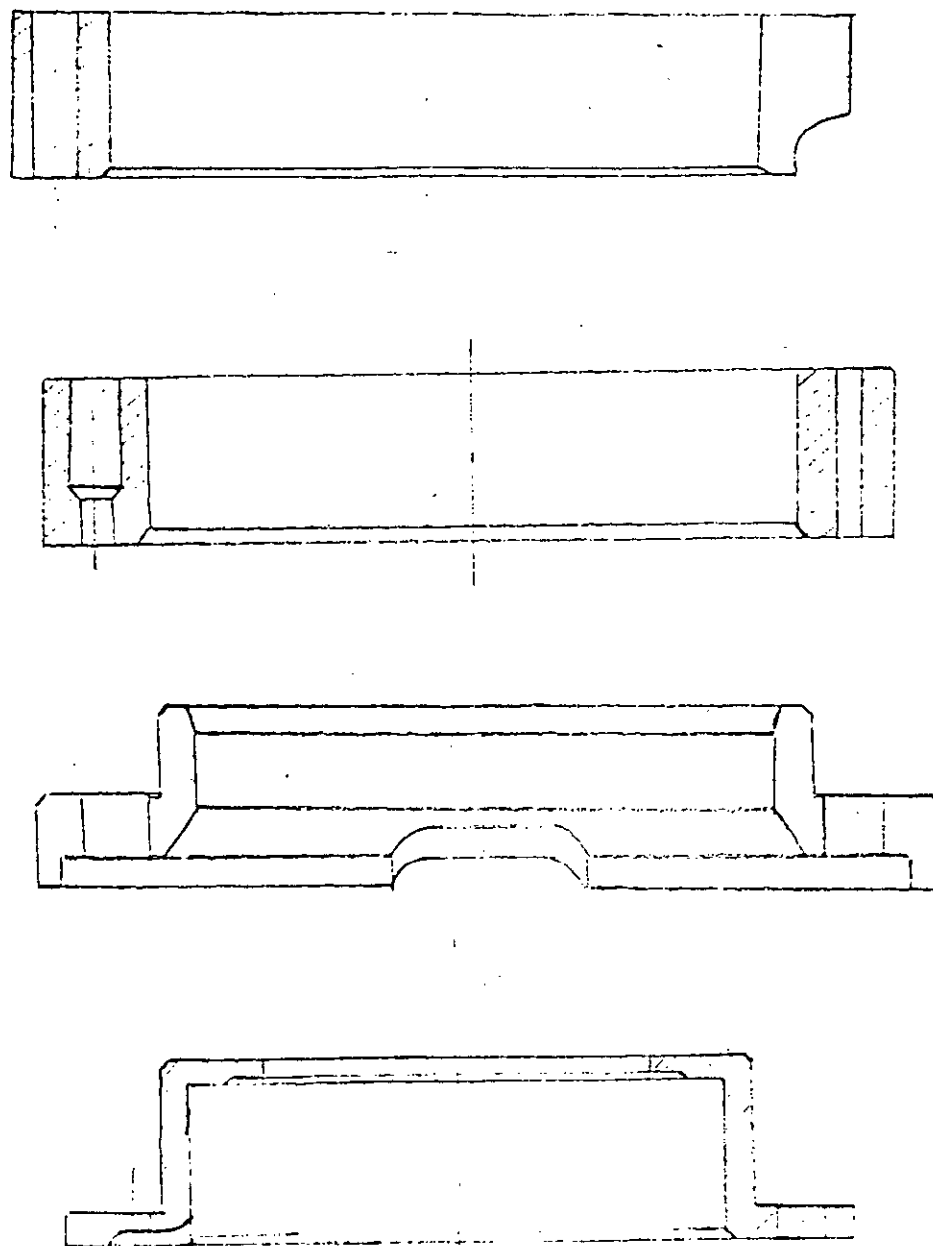


Figure 3.4 : Exemple de pièce non classable selon les critères utilisés pour les pièces des figures 3.2 et 3.3.

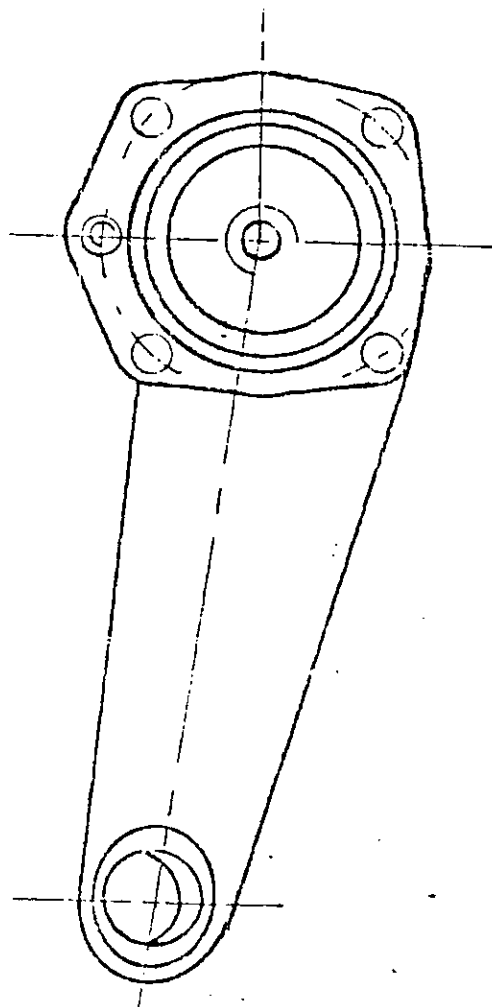


Figure 3.3 : Exemple de pièces regroupées selon les processus de fabrication.

Parmi les systèmes de classification, nous en énumérons: quelques uns.

- Système Optiz, développé en Allemagne;
- Système Brish Birn , développé en Grande Bretagne;
- Système Deere Tech, USA;
- Système Cetim, France;
- Système OIR (Organisation for Industrial Research);
- Système CimTelligence;
- Système DClass (Décision and Classification);
- Système micad.

Le processus de classification et codification peut être manuel ou assisté par ordinateur. Considérons les systèmes suivants:

- Le système OPITZ est un système de base qui peut être utilisé comme moyen manuel de codification ou comme composante d'un système de TGAO.
- Quant à OIR, il représente un produit TGAO complet et il comporte:
 - 1- un module pour la recherche des plans similaires MULTITREEVE
 - 2- un module pour l'analyse des processus opératoires MULTICAPP
 - 3- un module pour la construction des îlots de machines MULTIGROUP

Un système tel que MiClass est une autre solution TGAO où la codification est interactive.

U.Wemmerlov apporte une analyse détaillée sur la justification économique de l'adoption d'un système de TGAO, à travers des applications réelles dans l'industrie américaine [WEMM90],. [WEMM91].

3-2-2- Modélisation mathématique:

La recherche des familles de pièces par ce deuxième type de méthodologie se réalise par le groupement d'objets en groupes homogènes en se basant sur les caractéristiques des objets. la terminologie anglaise utilisée est Cluster Analysis (en français analyse des groupes). Celle-ci a été appliquée dans plusieurs domaines [RIBE91][STAN85][SRIN90]:

- Biologie
- Reconnaissance des données
- Médecine
- Reconnaissance des formes ("Pattern Recognition")
- Analyse des flux de production
- Sélection des tâches
- Systèmes experts (organisation des groupes de connaissances)

Par ailleurs, son application dans un système de production manufacturier aura pour but de construire:

- Des familles d'articles;
- Et des groupes de machines ou cellules.

et d'opter pour:

- une réimplantation physique des machines, ou
- une réimplantation logique des machines.

Ce deuxième type de réimplantation n'implique pas un changement de l'emplacement géographique des machines

En effet, la problématique de la détermination des familles de pièces (groupes de machines) a été modélisée sous plusieurs formes [RIBE91][SASS9]:

- Analyse de la matrice d'incidence (0 ou 1) [Machine, Pièce]
- Formulation par la programmation mathématique,
- Formulation par les graphes.

La littérature abonde de travaux relatifs à cette problématique, nous citons les premiers travaux de Burbidge (1971) basés sur l'analyse des flux de production (en anglais Production Flow Analysis), signifiant l'analyse de la séquence des gammes opératoires. Elle est appliquée à trois niveaux:

- Analyse des flux de l'usine,
- Identification et analyse des groupes de machines familles de pièces,
- Analyse de l'effet des groupes de machines sur l'implantation de l'atelier.

Nous illustrons ci-après l'approche de recherche des îlots par un exemple:

Soient:

I,II,III,IV,V,VI les pièces à fabriquer

1, 2, 3, 4, 5 les types d'opérations,

Leurs gammes:

I	2	4		
II	1	3		
III	4	5		
IV	1	3		
V	3			
VI	2	4	5	

La matrice d'incidence sera

	1	2	3	4	5
I	0	1	0	1	0
II	1	0	1	0	0
III	0	0	0	1	1
IV	1	0	1	0	0
V	0	0	1	0	0
VI	0	1	0	1	1

Après un réarrangement des lignes et des colonnes de cette matrice, nous obtenons la matrice suivante:

	1	3	2	4	5
II	1	1	0	0	0
IV	1	1	0	0	0
V	0	1	0	0	0
I	0	0	1	1	0
III	0	0	0	1	1
VI	0	0	1	1	1

La partition des machines donne :

deux (2) îlots 1-3 et 2-4-5 fabriquant respectivement les familles de pièces II-IV-V et I-III-VI.

3-3- Impacts des systèmes de classification-codification dans les fonctions du système de production:

Les bénéfices principaux fournis par un système de classification-codification s'étendent sur plusieurs domaines, en l'occurrence: [WEMM90]

- La spécification de l'équipement, l'implantation des ateliers,
- L'établissement des gammes opératoires,
- La gestion de production,
- La gestion de la qualité,
- La conception d'outils,
- Les procédures d'achat .

Généralement , ces avantages sont mis en évidence à travers les structures de conception des produits, de préparation des méthodes de fabrication, de réalisation des produits ainsi que d'autres services complémentaires à la fabrication.

a- Bureau d'études:

Au bureau d'études, l'adoption d'un système de codification-classification qu'il lui soit propre ou universel permet d'atteindre les buts ci-après:

- Réduction des pièces similaires;
- Elimination des pièces dupliqués;
- Identification des pièces coûteuses;
- Réduction des efforts dans l'établissement des plans;
- Recherche des pièces à fonctionnalités similaires;
- Identification des pièces de remplacement.

d- Service gestion de la qualité,

Par une classification des pièces, le responsable de la qualité atteindra les objectifs suivants:

- Une réduction des échantillons et des temps d'inspection;
- Une utilisation améliorée des instruments de mesure;
- Une facilité d'installation de procédure de contrôle de qualité;
- Une réduction du temps de détection de défauts.

e- Service achats:

Le service Achats, grâce à une classification de ses articles pourra:

- Réduire les pièces et types de matières premières;
- Faciliter la commande de matière en grandes tailles de lots;
- Mieux évaluer les fournisseurs;
- Utiliser des matières premières standards;
- Faciliter les décisions Produire ou Acheter.

Conclusion:

De Mitrofanov à Mosier et Shunk, le concept Technologie de Groupe a grandement évolué. Initialement, il introduisait la notion de groupements analogiques, l'application de code morpho-dimensionnel des pièces fabriquées ou achetées, l'adoption d'un système d'ateliers en îlots.

En effet, l'adoption d'un système de classification et de codification permettait une intégration hiérarchique de toutes les fonctions d'un système de production.

Actuellement, le sens TG est non seulement étendu à toutes les fonctions du système de production mais aussi à toute population d'objets dans d'autres systèmes autre que celui de la production.

L'évolution du concept est directement liée à l'étendue de ses applications. Celles-ci ne sont limitées réellement que par l'imagination de l'investigateur.

**CONCEPT TECHNOLOGIE DE
GROUPE ELARGI ET GESTION DE
PRODUCTION:**

Introduction:

Pour explorer les interactions potentielles du concept TG dans la gestion de production, il sera judicieux de les prospecter dans toutes les fonctionnalités d'un système de conduite d'une production. Nous présentons d'abord quelques éléments classés dans l'intégration TG -MRP, puis nous introduisons:

- La vision de la méthode GRAI sur la technologie de groupe,
- l'effet de la TG dans l'ordonnancement de la fabrication,
- l'impact de la TG dans le calcul des coûts des produits,
- et enfin le concept TG au niveau plan directeur de production.

4-1- Quelques éléments d'intégration TG - MRP:

Bien que le nombre de travaux sur les approches de création des cellules de production soit élevé, peu de recherche détaillée a porté sur les issues d'une telle organisation sur les modes de conduite et de contrôle de la production. Les travaux relatant de l'intégration TG-MRP donnent seulement un cadre général d'un système MRP orienté TG. C'est pourquoi l'intérêt d'établir des procédures d'exécution détaillées pour des systèmes MRP orientés TG se manifeste.[BURB75] [HYER78]

PBC (Period Batch Control) est une des méthodes proposées. Elle a été développée par Burbidge pour affiner le fonctionnement du MRP dans une fabrication en îlots.

En effet, certaines études ont proposé l'utilisation de la technique PBC (period batch control) comme politique de génération d'ordres, pour augmenter l'efficacité de la production dans les îlots de fabrication. [ZELE 88] [HYER78].

D'autres ont préconisé le développement de procédures pour l'ordonnancement et la définition des tailles des lots de production. [HAM85] [BURB75]

Plusieurs investigations sur les techniques de calcul des tailles de lot dans un environnement TG-MRP ont été réalisées.

Boucher [KYU94] a suggéré une fonction coût à minimiser, en supposant des taux de demandes constants, pour déterminer les tailles de lots.

Dorow et Gupta [KYU94] se sont intéressés au problème dynamique de la définition des tailles de lots, en considérant la dépendance entre les temps de préparation.

Kyu- Kab et al considèrent le problème de lotissement des articles de production comme une partie du développement d'un système de production orienté TG et basé sur le MRP. Les hypothèses considérées sont: Les temps et les coûts de préparation par groupe de pièces, et le coût direct de production. De plus, l'effet du temps de préparation sur la capacité de production est étudié.

Une résolution heuristique en deux étapes est proposée. La première consiste à réduire le coût total de production, la deuxième s'intéresse à l'adéquation de la charge - capacité dans la solution issue de la première étape.

4-2- Technologie de groupe et méthode GRAI :

Selon la méthode GRAI (Graphes de Résultats et Activités interreliés) [AFGI], les changements apportés par la technologie de groupe touchent: (voir figure 4.1)

- Les structures de transformation physique, c'est à dire la structure du produit dans son ensemble: articles, composants, pièces, etc...
- Les structures de processus,
- Et même les structures de personnel tant dans la distribution des fonctions que dans les niveaux de formation.

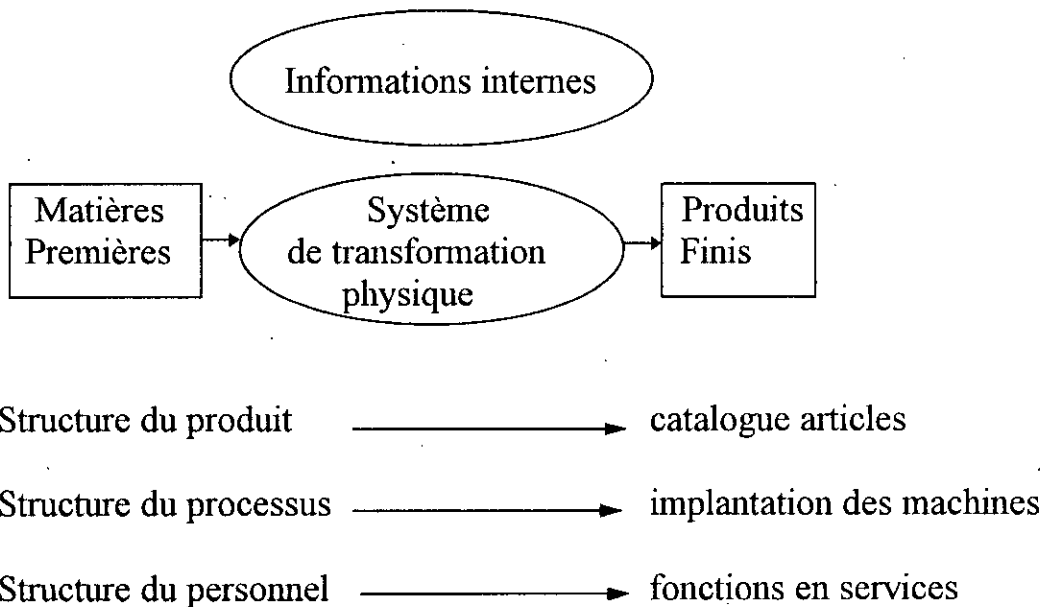


Figure 4.1: Eléments structurels du système de transformation physique

Le rapport marché produit présente une dynamique imposée au système de l'extérieur par les conditions du marché. Cependant, la réponse est fortement conditionnée par le système physique de production lui-même, c'est à dire par les décisions qui ont configuré un binôme produit-processus.

Ce rapport, pour les aspects concernant le produit, est exprimé par le catalogue de produits finis dans son adaptation permanente. Pour les aspects relatifs aux processus, ce rapport s'exprime dans les ressources et dans leurs structures.

D'autre part, il est clair que les caractéristiques des produits et des processus sont très différentes par rapport à leurs poids dans les décisions. On peut considérer que:

- Certaines sont plus permanentes (processus ou produits communs)
- D'autres sont spécifiques (processus ou produits uniques), c'est à dire qu'elles touchent de façon différente le cycle de décision ou plutôt qu'elles interviennent hiérarchiquement sur ce cycle (hiérarchie GRAI).

Cette hiérarchie s'exprime non seulement dans le système de décision mais elle se configure également dans le produit et dans le processus (voir figure 4.2).

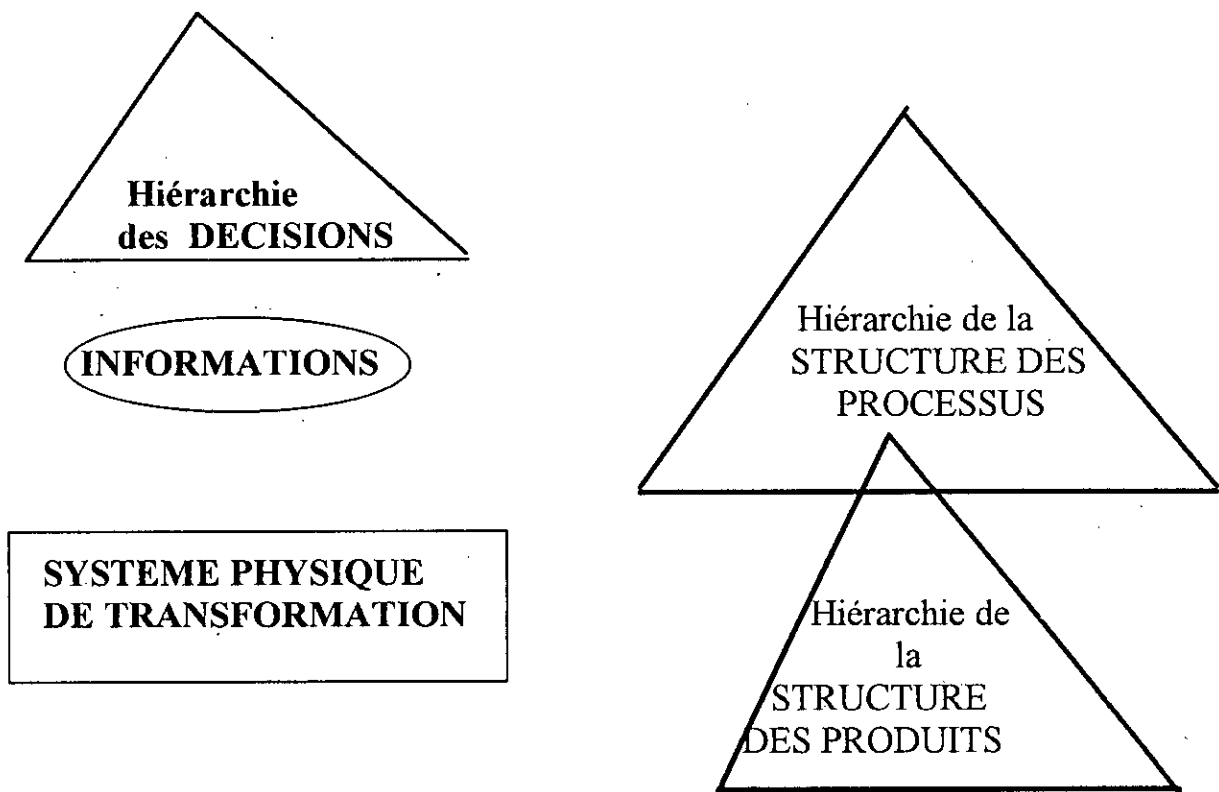


Figure 4.2 : GRAI et Technologie de groupe [GOTT90]

Pour des précisions complémentaires, nous explicitons les rubriques des différentes colonnes:

Première colonne:

La structure des décisions de planification est présentée suivant un ordre hiérarchique de l'horizon de planification. Celles-ci varient des décisions stratégiques sur le type de produit et type de processus à des décisions à court terme sur l'ordonnancement de la fabrication.

Deuxième colonne:

Sont présentés les niveaux structures de processus requis à chaque horizon de planification (long, moyen et court terme). Par exemple dans le long terme, l'intérêt est porté vers l'aspect ressources machines critiques.

Troisième colonne:

Elle relate la structure des produits, partant au niveau stratégique des aspects critiques du produit, la catégorisation des produits en familles selon les options offertes aux clients la configuration des articles en groupe jusqu'à la manipulation d'entités individuelles pièces.

Les filtres:

Ils représentent la structure des informations qui permet de modéliser et de catégoriser tout type de donnée technique. Nous donnons l'exemple de la définition de:

- Centres critiques de production,
- Et aspects critiques du produit,

à partir de données sur les produits et les processus.

Ainsi, la figure 4-3 résume l'aspect groupe technologique à tous les niveaux de planification d'une entreprise. Elle ne l'oriente pas seulement dans la gestion des ateliers.

4-3- Technologie de groupe et ordonnancement dans les ateliers:

Le premier à proposer de manière formelle et scientifique la technologie de groupe a été le Soviétique Mitrofanov (1959). Les expériences menées dans ce sens avant cette date sont considérées comme " des exercices de la bonne pratique de l'ingénierie". Mitrofanov (1959) expose les concepts de base de la technologie de groupe spécialement le concept de la pièce composée (une pièce imaginaire qui présente tous les détails géométriques existant dans les pièces qui composent une famille). La première phase de développement de la TG est pour cela connue comme l'analyse des formes des pièces. Dans une phase ultérieure, le projet des îlots de fabrication prend en plus en compte les gammes d'usinage des pièces.

Ainsi, dans cette partie, nous considérons les types d'implantation d'ateliers et les avantages d'une production en îlots pour l'ordonnancement de la fabrication.

4-3-1 Organisation des ateliers de production:

Les ateliers de production peuvent être organisés de trois manières différentes:(voir figures 4.4).

- en ligne,
- par fonction,
- ou en groupe.

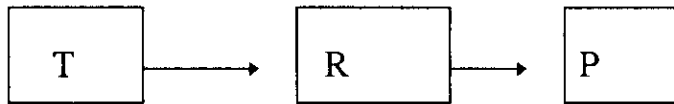
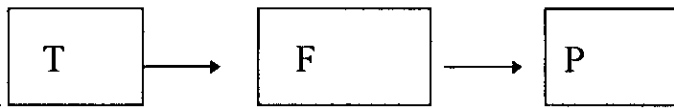
Dans l'atelier en ligne, la production passe par une suite de machines installées unes auprès des autres selon une procédure de fabrication fixée au préalable.

L'atelier par fonction est composé de sections homogènes où toutes les machines réalisent le même type de tâche.

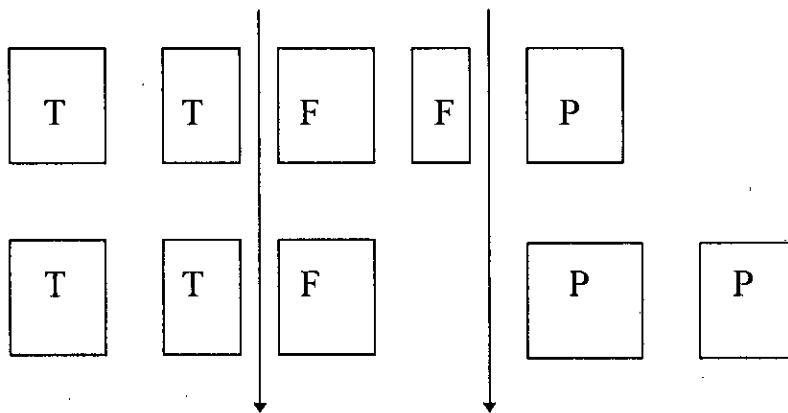
Dans l'atelier en groupe, la fabrication d'un ensemble de pièces est faite par un groupe de machines spécialement rassemblées en vue de cet objectif.

Ce dernier type d'atelier est un pas essentiel vers l'application de la T.G dans un atelier de production.

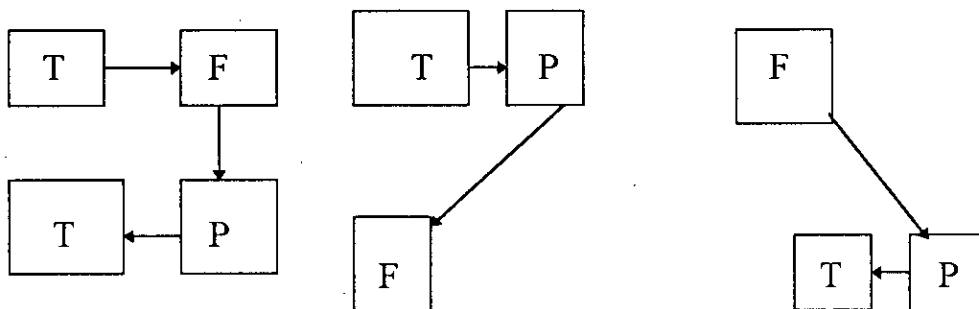
La ligne de production est essentiellement utilisée dans des secteurs d'industrie consacrée à la fabrication continue d'un même produit ou d'un ensemble de produits.



1- Atelier organisé en ligne



2- Atelier organisé par fonction (sections homogènes)



3- Atelier organisé en îlots

T: Tour; P: Perceuse; F: Fraiseuse; R: Rectifieuse

Figure 4.5: Représentation des types d'implantation d'ateliers.

4-3-2- Les îlots de fabrication:

Le projet des îlots de fabrication consiste à répartir les produits à fabriquer en familles et les machines disponibles dans l'atelier en groupe. Dans une famille, sont réunis les produits qui présentent des similitudes géométriques et (ou) des procédés de fabrication identiques. Dans ce groupe, sont regroupés des machines, outillages, outils capables de fabriquer entièrement les composants d'une famille. Les couples familles - groupes constituent des îlots (ou cellules) de fabrication. Il est aussi possible de parler d'îlot de machines dédié à la fabrication d'un ensemble de produits.

4-3-3 Le Problème d'ordonnancement dans les îlots:

La méthodologie d'ordonnancement d'atelier s'appuiera sur la structuration en îlots pour résoudre de façon décomposée le problème global de l'ordonnancement. Les travaux de recherche sur cette problématique sont aussi nombreux que les objectifs visés (Annexe III). Un ordonnancement des ordres de fabrication peut être réalisé pour:

- Minimiser le temps de séjour d'une commande dans un atelier,
- Maximiser le nombre de commandes réalisées,
- Ou bien, minimiser le nombre de commandes en retard

Pour des précisions complémentaires, nous orientons le lecteur vers des travaux de recherche spécifiques à ces problématiques [RIBE91][PANN90][LOGE77].

La structuration d'un atelier de production en îlots de fabrication permet d'identifier:

- Les opérations dont l'exécution ne nécessite que le travail des machines affectées à cet îlot;
- Ou celles qui nécessitent très peu le travail des machines affectées à d'autres îlots.

L'ordonnancement des opérations, autrement dit la recherche d'une séquence optimale des opérations, appartenant à ces ensembles (Ensemble d'opérations mutuellement indépendantes) peut être réalisé indépendamment sans qu'un préjudice quelconque soit porté à la qualité de la solution qui serait obtenue en ordonnant l'atelier globalement.

ILOTS TOTALEMENT INDEPENDANTS → ORDONNANCEMENTS INDEPENDANTS DES ILOTS

Si des mouvements inter-îlots subsistent dans la partition obtenue, l'ordonnancement des opérations ne peut pas se faire indépendamment dans chaque îlot sans que la solution en subisse des effets.

ILOTS PARTIELLEMENT DEPENDANTS → ORDONNANCEMENTS DEPENDANTS DES ILOTS

Alors à partir des objectifs cités avant, l'ordonnancement dans les îlots devra contribuer à:

- Diminuer le cycle de fabrication;
- Augmenter le taux de satisfaction des commandes.

En pratique, les conditions et les effets de la « cellulirisation » sont variables. Nous portons en Annexe IV une étude de cas sur les utilisateurs de la production en îlots dans l'industrie Américaine.

Ces améliorations, apportées par l'implantation en îlots auront aussi bien un impact sur les délais de fabrication que sur le coût de fabrication, un aspect que nous aborderons dans la partie suivante.

4-3- Technologie de groupe et comptabilité analytique:

Un des principes de base de la comptabilité analytique est qu'elle doit être en harmonie avec la structure de l'entreprise. Dans le cadre d'une structure fonctionnelle, elle doit donc fournir un coût au niveau de la fonction de production. Nous pouvons déterminer au sein de cette dernière:

- Des coûts variables, des coûts fixes,
- Des coûts directs et des coûts indirects

Pour explorer l'impact de la technologie de groupe dans le calcul des coûts, nous évoquons d'abord l'importance d'un système de comptabilité analytique dans la gestion de production.

4-3-1- Intérêt de la comptabilité analytique pour la gestion de production:

Il se manifeste sous trois aspects: (AFGI)

a- Du point de vue de la responsabilité, la comptabilité analytique permet:

- D'enregistrer les charges par centre de responsabilité;
- Et de suivre leur évolution par rapport au budget.

b- Du point de vue de la connaissance du processus de constitution des coûts, la comptabilité analytique se préoccupe de fournir l'état d'avancement en valeur des encours

c- Du point de vue de la gestion prévisionnelle, la comptabilité analytique fournira des données historiques pour l'élaboration:

- Des plans de charges,
- Des budgets,
- Et des plans.

La tendance actuelle dans le secteur industriel se focalise sur la conception de cellules équipées en machines, administrées par un système de gestion, par un personnel polyvalent et par tous les supports nécessaires pour réaliser des produits finis, sous ensembles ou composants.

De même, pour ces cellules, des mesures de performance et de comptabilité particulières sont associées.

La structure organisationnelle est élargie ("flattened") moins de niveaux, plus de travail de groupe et plus de coopération.

Cette tendance s'oppose à l'organisation traditionnelle: l'organisation fonctionnelle, qui est orientée vers la maximisation des outputs qu'ils soient demandés ou non.

4-3-2- Calcul des coûts pour une fabrication en îlots:

Plusieurs inadéquations liées aux procédures classiques de calcul des coûts pour les produits selon une organisation technologie de groupe ont pu être montrées grâce à une analyse conjointe des principes de la comptabilité analytique et la technologie de groupe.[VOLL87]

Selon les principes de la comptabilité analytique, les processus de production classique se rangent en deux catégories:

- Structure fonctionnelle;
- Ou structure par produit.

Pour recueillir les coûts à l'intérieur de ces structures, les comptables utilisent un système différencié, selon le type de structure. Mais aucune de ces deux méthodes ne peut s'appliquer telle quelle aux structures organisées selon le principe de la technologie de groupe.

Dans une structure fonctionnelle, les machines sont organisées par type de processus (ex: section de tournage, section de rectification). Tout comme les machines, les opérateurs sont essentiellement prévus pour une organisation fonctionnelle.

La comptabilité est initialement prévue pour une organisation par produit (Opérations d'assemblage, ou opérations en flux continu). La technologie de groupe par contre, exige une approche différente car le travail y est organisé en unités relativement autonomes, chacune est responsable de la fabrication d'une famille de produits.

La TG et plus spécialement son application dans une fabrication en îlots contribue à:

- La réduction des stocks,
- La compression des délais,
- L'augmentation de la capacité de réponse aux besoins clients,
- La polyvalence des travailleurs.

Ces caractéristiques vont agir directement sur les coûts. Or aucun de ces paramètres n'est introduit dans le système de comptabilité analytique. De plus, même l'approche d'utilisation des capacités, dans un contexte de fabrication en îlots, contribue à rendre moins précises les mesures de performances. [VOLL87]

La considération des catégories de coûts directs, la distinction entre coûts directs et coûts indirects n'ont plus d'utilité. Le coût est simplement associé au

travail. Cela indique qu'il faudra réfléchir pour approfondir les systèmes traditionnels de comptabilité analytique, et s'orienter vers une comptabilité activités.

Un autre aspect de la TG que nous allons explorer, partant de la définition généralisée du concept Technologie de Groupe, est l'impact du concept famille de produits finis sur le fonctionnement du Plan Directeur de Production.

4-4- Concept famille et plan directeur de production:

Une des caractéristiques par laquelle le flux de biens peut être classifié, du point de vue gestion de production est le point de découplage de la commande client. Pour décrire ce concept, il faudra distinguer deux types de stocks:

1) Stock anonyme:

L'objectif d'un stock anonyme est de découpler (séparer) le processus principal de production, des demandes clients, pour le protéger des fluctuations dans la demande. Un stock anonyme n'est pas dédié à une commande client particulière.

2) Stock dédié:

Ce type de stock est déjà dédié à une commande client particulière. Ces stocks sont le résultat des différences au moment précis d'un « disponible » et d'un besoin.

Le point de découplage de la commande client peut être comme le point de stock anonyme le plus proche dans le flux des biens. Il est supposé qu'aucun autre stock anonyme n'existe après ce point de découplage autrement dit tous les stocks existant après ce point sont dédiés à des commandes clients (figure 4- 6)

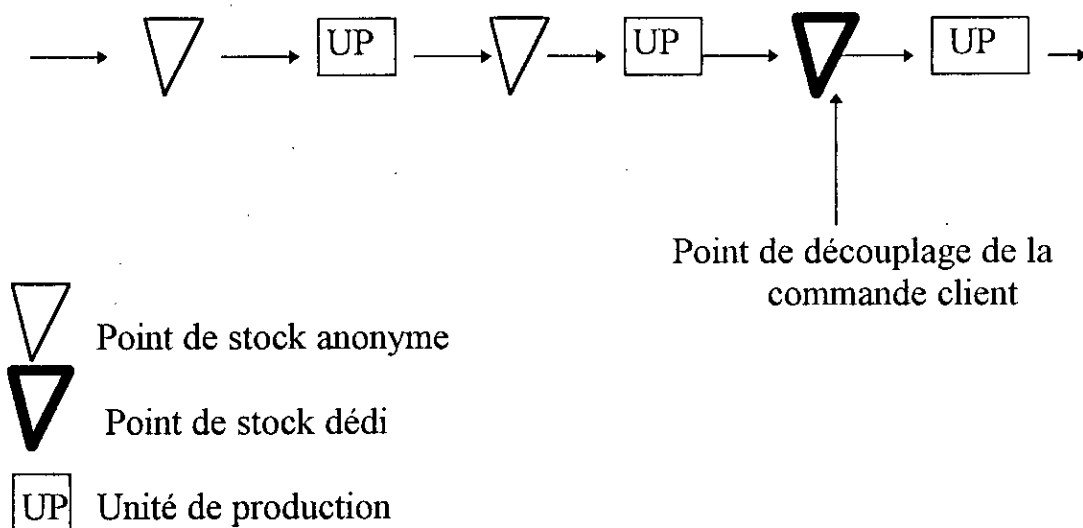


Figure 4-6- Position du point de découplage de la commande client [VAN90]

La position du point joue un grand rôle dans la gestion des flux des matières parce qu'il détermine:

- Quelle partie du processus principal de production est conduite par les demandes clients,
- Et quelle autre partie du processus principal est conduite par un plan qui est basé totalement sur les prévisions de demandes.

Cette différence affecte le type de gestion requis. Les concepts de gestion appliqués pour la gestion des flux, avant le point de découplage, se consacrent à minimiser les coûts (dus aux stocks, aux coûts de préparation), sachant qu'un certain niveau de performance est à réaliser. Par contre, les concepts appliqués, après le point de découplage, ont pour objectif la performance dans les délais de livraison relativement à la durée et à la fiabilité.

Faire déplacer ce point, dans les deux sens, induira soit un rallongement soit un raccourcissement dans le délai de livraison, ce qui représente une majoration des coûts. En supposant un délai de livraison à réaliser, on serait amené à minimiser le nombre de produits semi-finis qui vont devoir être offert au niveau point de découplage de la demande client. Ceci peut être atteint en structurant les produits et les processus de production de telle façon qu'un large nombre de produits semi-finis soit fabriqué ou acheté dans le délai de livraison client.

En adoptant comme hypothèse la définition de Shunk présentée au chapitre trois, nous pourrions y transposer les produits finis à la place du terme "entités" et nous obtenons le résultat suivant:

"Regrouper les produits finis selon leurs similitudes pour améliorer le niveau service client et aussi diminuer les coûts des stocks."

Evidemment, un produit fini 1 est similaire à un produit fini 2 s'ils ont des structures (nomenclatures) similaires.

Comme explication complémentaire, nous essayons d'établir la comparaison entre:

- La détermination d'une famille de pièces selon leurs processus de fabrication,
- Et la détermination d'une famille de produits finis selon leurs nomenclatures de fabrication.

En effet, le raisonnement technologie de groupe dans le plan directeur de production devra s'orienter vers:

La recherche des similitudes entre produits finis offerts sur le marché ou ce qu'on appelle le potentiel en composants communs. A ce propos, nous adoptons la traduction de l'AFGI (Association française de la Gestion Industrielle) Communauté du terme anglais "Commonality". La communauté d'un composant C qui est utilisé dans les produits finis et est égale au nombre des différents produits finis dans lesquels il est utilisé, divisé par le nombre total de produits finis.

$$C_i = \frac{\# \text{Total des produits utilisant } i}{i \# \text{ Total des produits finis}}$$

4-4-1- Plan directeur de production et le point de découplage de la commande client (PDP et PDCC)

Les objectifs de la gestion des matières au-delà et au deçà du point de découplage de la commande client sont différents. Des plans différents seront utilisés comme données d'entrée pour ces types de gestion. En analysant la relation entre le PDP et le PDCC, nous utiliserons la terminologie MRPII.

Pour assurer un contrôle des stocks, le PDP doit être formalisé en terme d'articles, représentant des produits « construisables ». Des structures additionnelles peuvent être définies pour supporter la fonction Plan Directeur de Production. A l'intérieur de ces structures, des articles sont introduits sans qu'ils soient des produits montables mais qui représentent un regroupement logique de produits d'un point de vue planification (ex: une famille de produits).

Pour distinguer les types de structures des différents environnements de production (vus précédemment), il est important d'évoquer en premier lieu la typologie de PDP dans ces environnements. En particulier, les relations entre la position du PDCC qui caractérise le type de gestion de production, doivent être analysés. D'un autre côté, les structures de produits dans les différents environnements seront explicitées.

4-4-2- Plan Directeur de Production:

Beaucoup de travaux ont été réalisés sur le problème d'établissement du plan directeur de production dans un environnement « assembler sur commande » [Orlicky, 1975]. Les discussions étaient focalisées sur les questions suivantes

- En quels termes le plan directeur doit-il être défini?;
- Comment le produit fini doit-il être structuré?

Dans [VAN91], Sari a bien montré que ces deux questions ne doivent pas être considérées séparément l'une de l'autre.

C'est pourquoi, il est important de discuter la structure produit et le PDP.

4-4-2-1- Structure Produit et Plan Directeur de production:

a- Structure Produit dans un environnement fabriquer sur stock

Dans un tel environnement, le plan directeur est établi en terme de produits finis et ce sont ces produits finis qui sont stockés. Généralement, la production se fait sur catalogue ou à partir de prévisions des ventes, l'exemple d'une fabrication de roulements ou de la visserie (produits standardisés) est bien approprié. Nous schématisons ci dessous la forme générale de la structure de produit.

b- Structure Produit dans un environnement assembler sur commande

Dans un environnement assembler sur commande, le plan directeur de production ne peut pas être présenté en terme de produits finis, simplement parce que le nombre des différentes variantes est très grand. Il devient impossible de représenter chaque produit fini par un numéro et lui définir sa propre structure. Cette caractéristique peut être spécialement reconnue dans certaines industries:

- industrie automobile,
- industrie électronique.

La variété augmente très vite et il devient impossible de définir l'assortiment produit en énumérant toutes les pièces.

D'un point de vue technique, les différents produits finis peuvent être similaires. Dans ce cas, les variantes peuvent différer pour quelques composants, mais sont les mêmes par rapport aux composants majeurs: par exemple pour le produit camion, le moteur, la transmission sont communs à toutes les variantes. La communauté des produits est un concept important pour la fonction Plan Directeur de Production parce qu'il est plus facile de prévoir les besoins sur les produits qui ont une grande communauté que ceux qui ont une faible communauté.

Supposons par exemple une famille de camions comprenant un spectre important d'options différentes. Estimer les prévisions des besoins pour chaque variante de camion individuellement sera difficile. Cependant, si chaque camion est équipé du même moteur, la prévision de la demande en moteurs peut être gérée: celle-ci sera directement déterminée par les prévisions totales de ventes pour la famille entière de produits.

La communauté des produits est aussi importante dans le cas où la technique KANBAN est appliquée, qui ne repose pas sur la fiabilité des prévisions mais sur une demande marché relativement stable. Plus est élevée la communauté des produits dans les niveaux inférieurs, moins est vulnérable la demande sur ces produits.

4-4-2-2- Forme générale de l'ensemble des produits:

Il est souvent supposé que la forme globale des structures dans un environnement assembler sur commande ressemble à un "sablier" (voir figure 4.8). Le point d'étranglement dans ce sablier représente le niveau de structure du produit au nombre de produits minimum, illustrant clairement le principe de différenciation retardée.

Moyennement, les produits situés au point goulot ont la plus haute communauté. Si les caractéristiques produit, système de production et marché le permettent, le PDP et le PDCC doivent être positionnés préférablement aussi bas que possible dans le "sablier". Il sera alors possible de couvrir un nombre maximum de commandes et approcher un nombre minimum de produits qui nécessitent des prévisions. Cependant, le PDP peut être positionné même au niveau du goulot s'il réduit le nombre des articles PDP. Evidemment, les structures des produits doivent être en adéquation avec la position d'établissement du PDP.

Enfin, il en ressort que la représentation des structures des produits devient très importante pour la fonction de planification. Elle peut être réalisée en montrant ou en cachant les ressemblances des produits semi-finis et des produits finis eux mêmes.

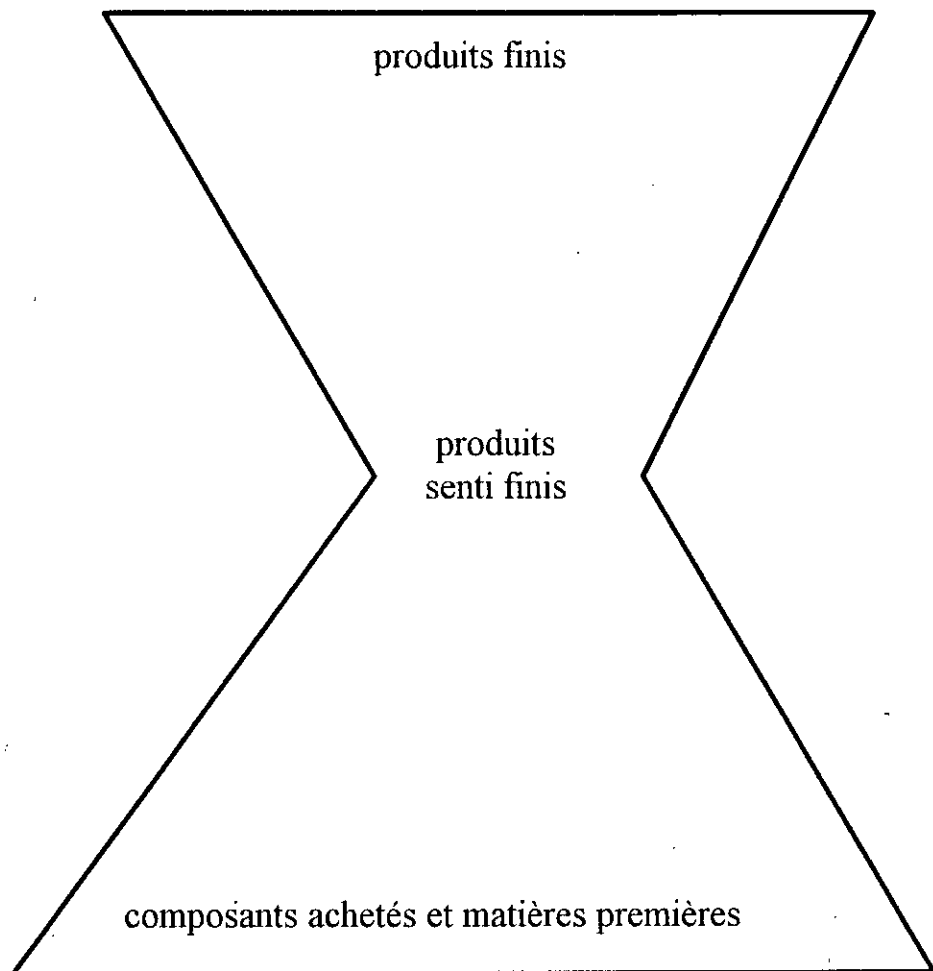


Figure 4.7 : Forme typique du total des structures produits dans un environnement de gestion de production assembler sur commande

Conclusion:

Dans cette partie, nous avons tenté de relater quelques éléments abordés d'intégration TG - MRP. A travers la vision GRAI, les relations possibles entre le concept TG et le système de gestion de production ont été montrés. Puis particulièrement l'impact de la fabrication en îlots sur les procédures d'ordonnancement et de calcul des coûts a été discuté.

Enfin, ont été retracées les premières réflexions sur l'aspect concept TG étendu au niveau planification des produits finis. A cet effet, la notion de communauté composant des produits finis, exprimant la similitude (au sens TG), a été introduite comme une première réflexion sur l'intégration TG au niveau gestion du plan directeur de production. C'est l'aspect sur lequel va s'orienter l'application.

**PROCEDURE ANALCOM ET
APPLICATION INDUSTRIELLE**

Introduction:

Dans toute entreprise où les opérations relatives à la fabrication et la commercialisation des produits croissent et deviennent de plus en plus complexes, le respect des objectifs commerciaux, la réalisation d'un certain profit, la connaissance exacte de ses plans d'approvisionnements doivent s'appuyer sur un système performant de gestion et de contrôle. Cette performance est réalisée grâce à la maîtrise des informations de production et à la fiabilité de leurs systèmes d'informations.

La maîtrise de ces prévisions en besoins, surtout ceux qui sont constants, ou autrement dit leurs quantités jalonnées dans le temps est importante. Cette prévision qui représente un capital de savoir faire, devient une nécessité pour la planification stratégique.

Un système de gestion et de contrôle débute par les plans stratégiques établis par la Direction de l'entreprise. Ils servent de données de base à une planification opérationnelle, qui doit déboucher sur des rapports et analyses de performances constituant une boucle de retour à l'exécution des plans opérationnels.

Cette structure hiérarchique conduisant à la planification des besoins matières, à elle seule n'est pas suffisante pour satisfaire les besoins actuels du manager industriel et les exigences de la concurrence croissante, d'autres fonctionnalités doivent lui être associées. Celles-ci vont représenter d'autres outils d'aide à la décision pour les différentes planifications quelle soit stratégique, opérationnelle ou tactique. L'adjonction de ces outils ne peut qu'apporter une contribution substantielle aux systèmes de gestion et de contrôle de production actuels (systèmes GPAO) et valoriser leurs potentialités inhérentes.

Particulièrement, la connaissance précise des besoins induits par les plans de production et de leur évolution probable est indispensable à l'optimisation de l'utilisation de ressources matérielles et humaines. C'est aussi une condition essentielle de la compétitivité et finalement de la croissance et de la pérennité de l'entreprise.

La maîtrise de la gestion prévisionnelle des besoins de l'entreprise est un moyen pour appréhender les problèmes de changements fréquents des programmes de production. Elle permet aussi une utilisation rationnelle des capacités financières. La réalisation d'outils permettant la gestion prévisionnelle sous entendra implicitement la considération de l'aspect humain: leurs développements dont l'évolution et la formation font appel aux objectifs ergonomiques dans l'amélioration des procédures de travail, et permettent d'accroître leur efficacité.

Dans cette perspective, nous avons tenté de réaliser une procédure qui approche une des facettes d'intégration TG - MRP. Elle se propose d'intégrer le principe TG dans l'analyse des nomenclatures produits finis et de discuter son apport relativement à la planification des besoins en matières et à la catégorisation des articles composants, dans l'entreprise industrielle. La procédure est développée en langage Pascal, elle est implémentée sur un mini-ordinateur de type HP3000.

5-1- Procédure d'identification de la communauté composant entre produits finis

Il est maintenant acquis que le concept de technologie de groupe se définit comme le concept relatif à la résolution de problèmes où l'analyste peut les regrouper selon leurs caractéristiques similaires, de telle façon qu'une solution commune puisse leur être trouvée, puis appliquée au groupe de problèmes.

Dans l'esprit d'intégration de la TG dans le système MRP, nous considérons particulièrement l'ensemble des produits finis d'une entreprise, par rapport à leurs nomenclatures (ou leurs structures en composants élémentaires). Ici, le produit fini représente l'article principal livré au client.

Dans un premier temps, nous élaborons une procédure générale de recherche de similitude entre produits finis par la recherche de la communauté composant. Au préalable, nous aurons défini la notion de communauté composant.

La procédure est différenciée sous deux aspects:

- Tenir compte du processus d'assemblage, autrement dit introduire la donnée sur le niveau d'assemblage ou de fabrication;
- Ignorer l'ordre dans le processus d'assemblage, c'est à dire supposer les niveaux d'assemblage ou de fabrication du produit fini inexistants

5-1-1- Analyse des similitudes de nomenclatures par la recherche de la communauté composant:

L'objectif d'intégration de la technologie de groupe dans les structures implique l'analyse des nomenclatures produits finis (ou structures). Dans notre application, elle est soulignée par l'évaluation du potentiel en composants communs.

Le moyen d'analyse est la matrice produits finis - composants.

La matrice d'analyse des produits finis par rapport à leurs constituants peut être construite à partir de données diverses. En effet, les entrées de cette matrice peuvent représenter:

1- Un code binaire 1/0

indiquer 1 si un composant donné est utilisé pour un produit fini donné

indiquer 0 si le composant n'est pas utilisé pour un produit fini donné
La matrice obtenue est une matrice en 0 et 1.

		Composants					
		a	b	c	d	e	f
P F	I	1	0	1	0	0	1
	II	1	1	0	1	1	1
	II	1	0	1	1	0	0
	I						

2- Le coefficient d'utilisation

Indiquer le coefficient d'utilisation d'un composant donné dans un produit donné (≥ 0).

Un composant peut être utilisé, avec égalité ou inégalité des coefficients d'utilisation dans tous les produits finis.

Les entrées deviennent:

		Composants					
		a	b	c	d	e	f
P F	I	1	0	4	0	0	1
	II	1	2	0	2	1	1
	II	1	0	4	2	0	0
	I						

3- Besoins Plan Directeur de Production:

Se focaliser seulement sur le coefficient d'utilisation peut ne pas montrer l'importance de certains composants, leur poids dans la nomenclature, ceci suggère d'utiliser le paramètre Besoin. Au lieu d'indiquer la quantité utilisée du composant, il est possible d'employer les besoins engendrés par le Plan Directeur de Production.

		Composants					
		a	b	c	d	e	f
P F	I	10	0	40	0	0	10
	II	20	40	0	40	20	20
	II	30	0	120	60	0	0
	I						

4- Coûts unitaires/ Coûts besoins PDP:

Une autre donnée technique peut représenter une entrée pour la matrice d'analyse, en l'occurrence le coût unitaire du composant ou bien le coût associé au besoin PDP.

		Composants					
		a	b	c	d	e	f
P F	I	5	0	60	0	0	30
	II	10	40	0	80	40	60
	II	15	0	180	120	0	0
	I						

De même une pondération des entrées de la matrice par les délais d'approvisionnement de chaque composant pour chaque produit fini peut être envisagée

Par ailleurs, la particularité de la donnée nomenclature suggère deux possibilités d'analyse. Celles-ci se résument en:

- L'analyse des nomenclatures à un niveau donné;
- L'analyse de la nomenclature en totalité, ou en d'autres termes ignorer le processus entier de production du produit fini.

De plus, le choix d'un niveau donné pour l'analyse des structures pose un autre problème:

A quel niveau faut-il cesser de modulariser les produits finis?

Ou plutôt à quel niveau des nomenclatures, devra t- on différencier entre les produits finis pour une meilleure représentation quant aux objectifs de gestion du plan directeur de production?

5-1-2- Procédure ANALCOM:

Les principes d'identification des similitudes entre produits finis, par rapport à leur composition se résument à:

- Définir un premier ensemble P de produits finis qui représente l'union des produits finis à analyser, livrés aux clients;
- Définir un second ensemble C comportant tous les composants fabriqués ou achetés, utilisés à un niveau donné, ou à tous les niveaux. Ces composants sont sollicités au moins par un produit fini de l'ensemble P.
- Construire une matrice produits finis - composants illustrant les quantités utilisées par chaque composant.
- Identifier la partie commune à tous les produits finis et leurs parties spécifiques correspondantes.
- Calculer la communauté de chaque composant de l'ensemble C.

Lorsque le nombre de produits finis est petit et leurs structures sont simples, l'identification des parties commune et spécifiques est aisée et peut même s'établir manuellement. Cependant si le nombre de produits finis et le nombre de niveaux de leurs nomenclatures augmentent, alors la recherche des similitudes nécessite une procédure programmée sur ordinateur, pour n'importe quel nombre de produits finis et de composants.

Pour cela , nous avons élaboré une procédure (ANALCOM) écrite en langage Pascal et développée sur un mini-ordinateur (HP3000). Un schéma global de la procédure est représentée par la figure 5.1.

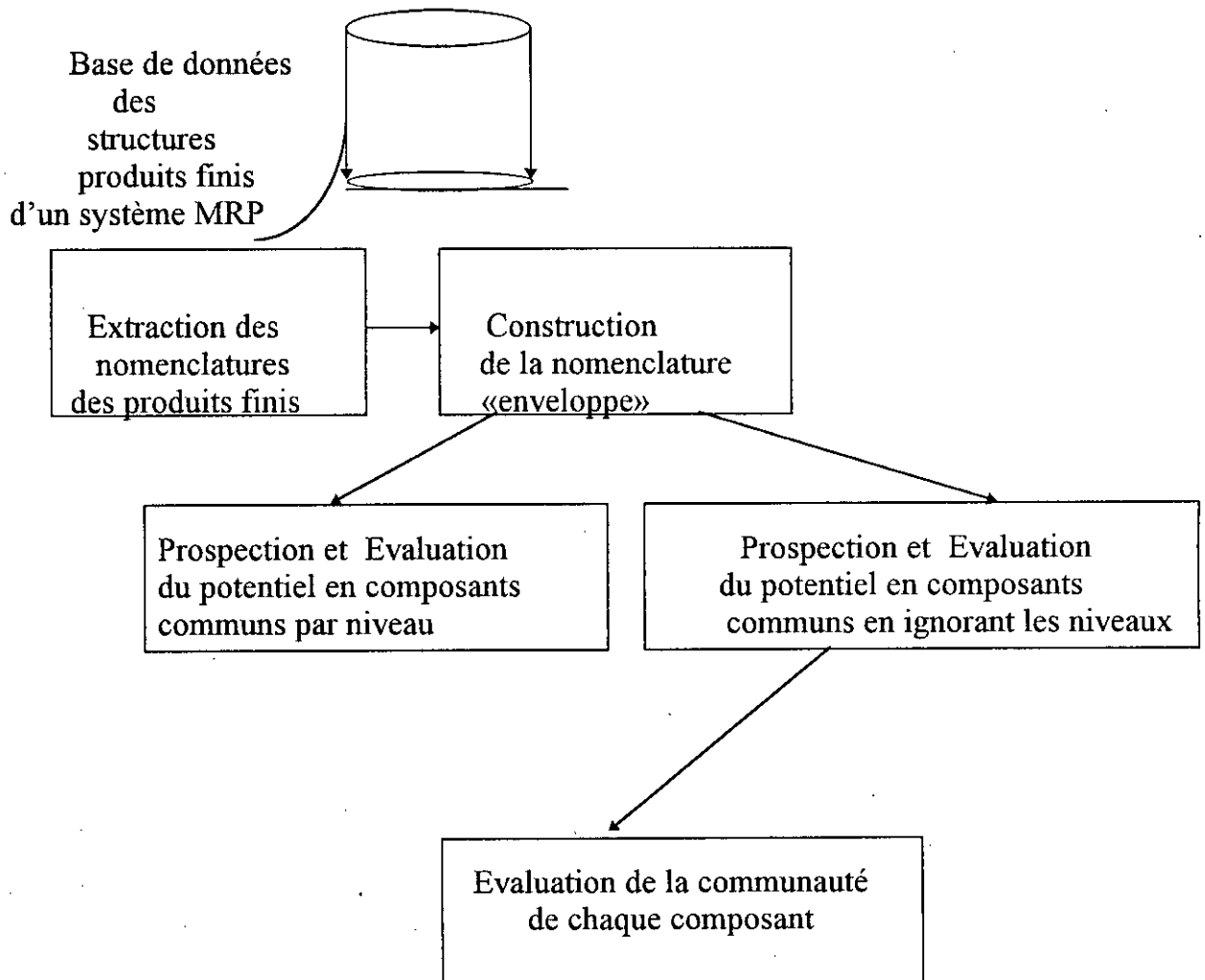


Figure 5.1 : Schéma global de la procédure ANALCOM.

5-2- Application industrielle

5-2-1- Etat actuel de la gestion de production au CVI:

L'historique du CVI, relativement au fonctionnement de la gestion industrielle, se résume en deux étapes principales. L'évolution d'une gestion semi informatisée et « en différé » à une gestion de la production totalement informatisée et « en temps réel » est propulsée par le souci d'améliorer et de rendre formel le système de gestion et de contrôle de la production.

Etape 1: 1974 - 1991

Elle est caractérisée par un système de gestion semi informatisée où les traitements d'informations sont sous-traités. En l'occurrence, les opérations de maintenance des données techniques et le calcul des prix de revient sont exécutées en différé. Particulièrement, le calcul des besoins matières s'effectuait suivant des périodes bimensuelles.

Le besoin d'un système formel, fiable et maintenu en temps réel, de gestion est l'exigence de l'environnement concurrentiel.

Etape 2: 1991 - présent

La transition vers une informatisation totale de la gestion de production est imposée par l'inadéquation de la première solution à la dimension de l'entreprise et les caractéristiques du couple produits - processus. Les nouvelles exigences du marché de l'environnement, surtout celles concernant la définition du volume financier en approvisionnement ont encouragé les responsables à adopter une application GPAO conduite en temps réel fondée sur l'approche MRP.

La mise en oeuvre de cette solution a été implémentée grâce aux deux progiciels MM3000 (Material Management) et PM3000 (Production Management) Ils sont liés par une interface et implémentés sur un mini-ordinateur de type HP3000.

- Le premier se consacre à la gestion des matières, ses principales fonctions sont:
- La gestion des données techniques telle que la maintenance des nomenclatures,
 - Le calcul des prix de revient des produits finis,
 - Le calcul des besoins nets en composants
 - Le Plan Directeur de Production et la gestion des ressources à long terme.

Les modules du second système complètent les fonctionnalités du premier, ses objectifs essentiels sont:

- La mise à jour des données sur les gammes opératoires des articles fabriqués, et les installations de production,
- La gestion des ordres de fabrication et des files d'attente au niveau des centres de charge,
- Les calculs global et détaillé des charges machines et main d'oeuvre.

Le souci d'acquérir de meilleures performances entraîne une action continue pour l'amélioration des procédures de gestion et de contrôle de la production. En particulier, la gestion prévisionnelle des besoins matières et son influence directe sur les ressources financières est une préoccupation majeure du manager.

Dans le contexte industriel du CVI, l'intégration TG-MRP est un élément qui contribue à perfectionner la planification des besoins. Elle tiendra compte de la propriété similitudes entre produits finis, en identifiant les composants communs dans leurs nomenclatures.

5-2-2- Choix et description des produits finis à analyser:

La disponibilité d'un système de GPAO au CVI a facilité l'extraction des données nécessaires pour le traitement des nomenclatures de produits finis. En effet, l'existence d'une base de données techniques rend possible le recueil de n'importe quelle structure de produit et toute donnée de production s'y rapportant.

Pour notre application, nous avons choisi la famille de véhicules (K66). Elle consiste en dix (10) options fabriquées. Cependant le nombre d'options conçues dépasse la dizaine.

Pour adopter ce choix de produit fini, qui sera le support de l'analyse de la communauté composant, nous avons tenté de classer les familles de produits finis, fabriqués au CVI (Complexe des Véhicules Industriels), selon le volume de ventes cumulé pour les années 90 à 93. Nous avons considéré dans ce classement les gammes:

- Camions et,
- Autobus et cars

Enfin, l'analyse produit- quantité (voir figure 5.2) révèle:

- L'importance des ventes pour la gamme camions,
- Le volume élevé des ventes cumulées des camions K66 et K120 relativement aux autres produits finis et,
- Une grande part des ventes se focalise sur le camion K66 et se répartit comme ci-dessous, au cours des quatre dernières années:

23%	1990
27%	1991
14%	1992
11%	1993

De plus, l'analyse du nombre d'options par famille de produit fini montre que c'est le camion K66 qui enregistre le plus grand nombre d'options (voir figure 5.3)

Figure 5.2 : Courbe produit-qualité

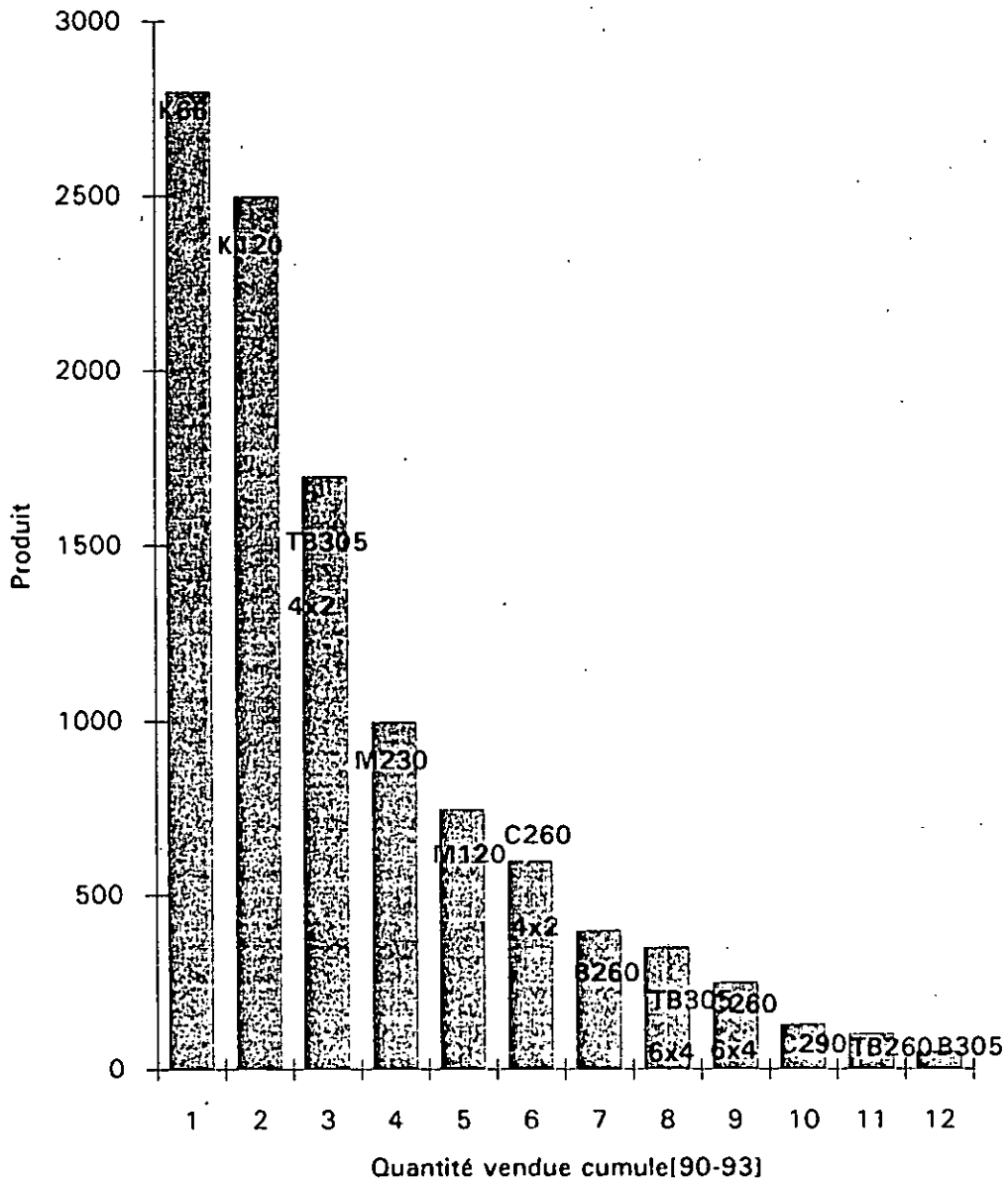
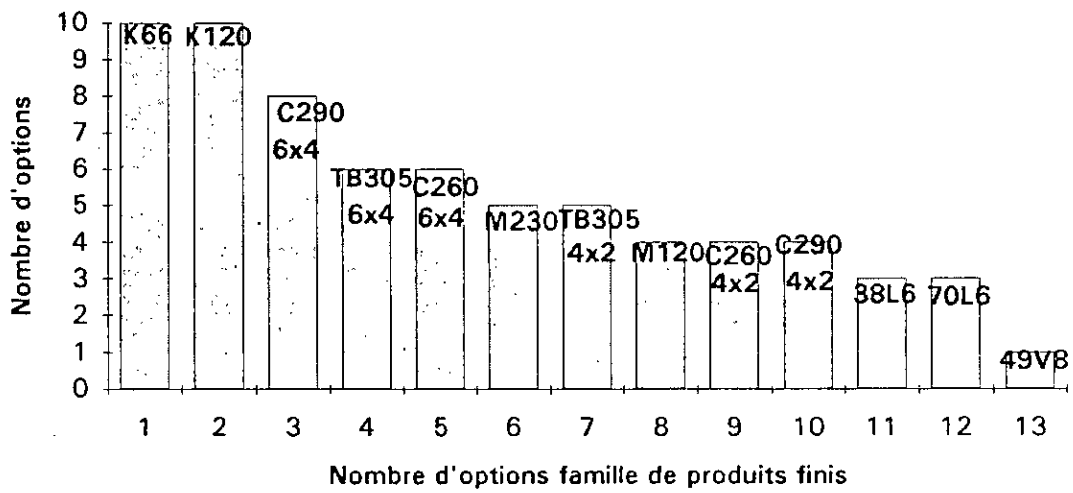


Figure 5.3: Graphique famille produit fini - nombre d'options.



Comparaison préliminaire des options du K66:

Chaque option K66 est identifiée par une référence et fait l'objet d'une planification séparée, autrement dit:

- Chaque option représente un article PDP et évidemment,
- Le nombre d'options est égal au nombre d'articles PDP

Pour introduire l'importance de la communauté composants des produits finis, nous réalisons une comparaison manuelle des structures des 10 options du camion K66. En effet, nous construisons un tableau où: (voir tableau 5.1)

- Les colonnes représentent les options réalisables,
- Les lignes indiquent les sous ensembles, les composants et les matières premières requis au premier niveau (i.e. à la ligne d'assemblage final)
- Les entrées indiquent le coefficient d'utilisation

Options K66

Composant		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1081000	A	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1081002	B	1	1			1	1				
1081004				1	1			1	1	1	1
1081010		1	1		1				1		
1081007	C			1						1	1
1092713						1	1	1			
1092668	D	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1095312		1						1	1		1
1080936			1	1	1					1	
1095306	E					1					
1095313							1				
5010212		1	1			1	1				
5010213				1	1			1	1		
5010433	F									1	1
80001092698	G	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
80001092691	H	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
80001092692		1	1								
80001092693				1				1			
80001092694					1				1		
80001095307	J					1	1				
80001094257										1	1

A: Type d'essieu
 B: Type de pont
 C: Type de moteur boîte
 D: Type de direction
 E: Type de cabine
 F: Type de châssis
 I: Type de lot pour le montage final
 G et H sont des lots de composants communs à toutes les options

Tableau 5.1: structures au premier niveau des options K66.

L'analyse matricielle de la représentation des structures est utilisée pour identifier les articles communs et les articles spécifiques et, créer de nouvelles familles basées sur la communauté. Il sera alors possible de grouper tous les articles communs pour des objectifs de planification.

Les composants communs sont :

- Ceux qui se retrouvent dans tous les produits finis d'une famille de produits finis;
- Et dont le coefficient d'utilisation est le même pour tous les produits finis de cette famille.

En analysant le tableau précédent, nous pourrions déduire la composante commune ou constante dans le produit K66, au niveau supérieur seulement de la nomenclature:

- L'ensemble essieu
- l'ensemble direction
- le lot outillage
- le lot commun de montage

Pour construire une structure de planification, les articles communs sont réunis sous un même numéro, le reste sera groupé par option.

Il est clair que le sens d'une colonne du tableau 5.1 s'accorde avec le mode de présentation du produit à vendre au marché, et non pas selon sa fabriqué?

La complexité de cette approche devient évidente quand:

- Le nombre d'options augmente (i.e. le nombre de colonnes)
- Le nombre de composants s'accroît, surtout si la notion de niveaux de nomenclatures est ignorée

De plus, l'identification des composants communs n'est pas totale sans:

- ignorer les niveaux intermédiaires entre le produit fini et l'ensemble matières premières et composants achetés.

Pour cela , nous considérons l'exemple suivant:

les entités 1081010 ens moteur boîte a/pmt
1081007 ens moteur boîte s/pmt

représentant des ensembles demandés au montage final. Seule l'existence de la pmt (prise de mouvement) les différencie. Ce sont des composants sollicités pour des produits finis planifiés séparément, mais ayant une grande communauté composant. Celle-ci ne réside pas totalement au niveau supérieur mais aussi à des niveaux inférieurs.

Ainsi, deux questions se posent:

- Comment explorer les communauté composant des produits finis et à quelle profondeur doit on poursuivre cette recherche?
- Faut-il mettre tout composant commun dans un lot de pièces communes?

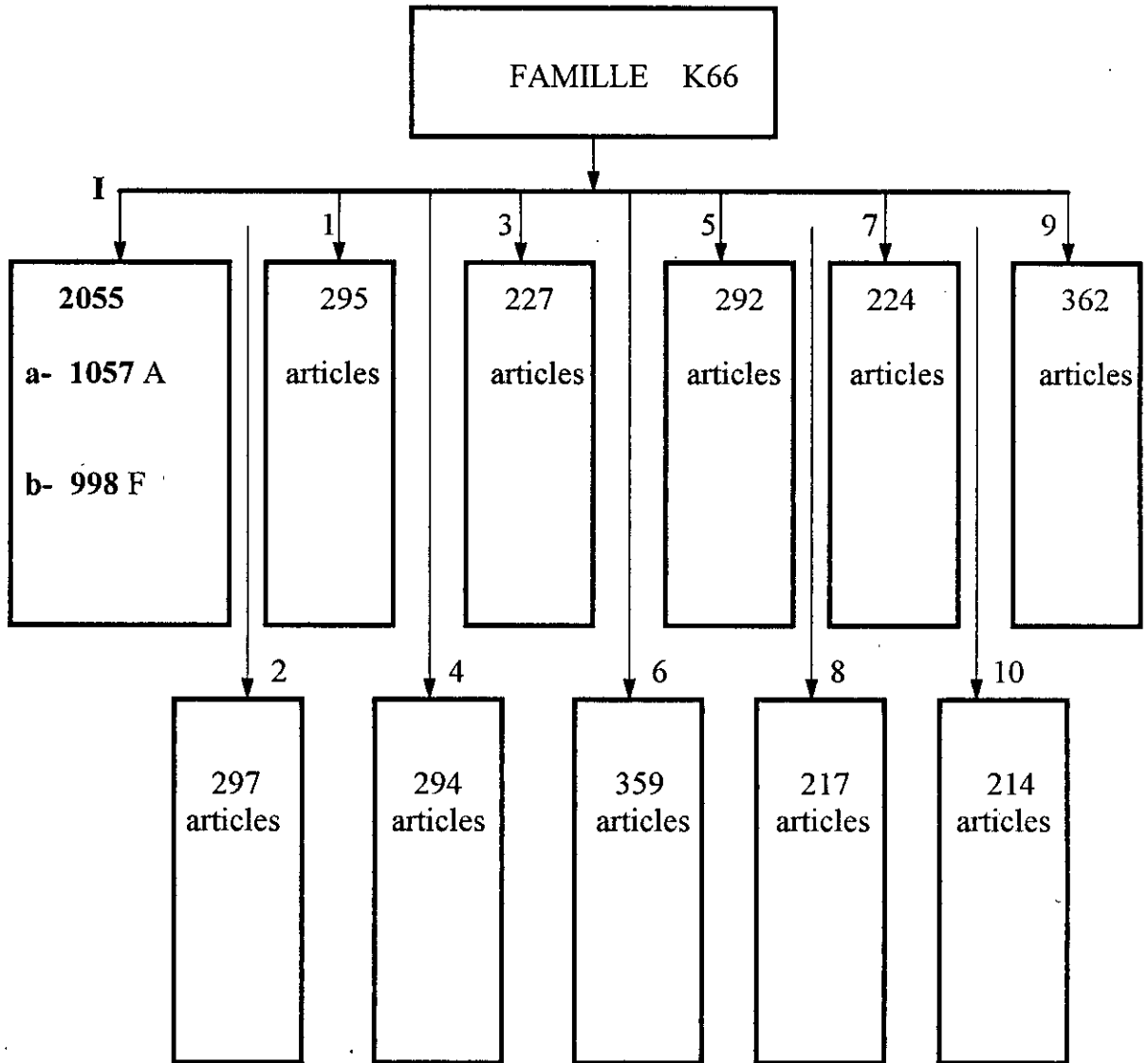
5-2-3 - Résultats de l'analyse des similitudes entre produits finis:

L'application de la procédure d'identification du potentiel communauté composant nécessite un certain nombre d'étapes d'analyse relatives au nombre de composants communs ou aussi au coût engendré par ces composants communs.

Pour l'ensemble des produits finis de la famille considérée (K66), l'étendue du nombre de composants communs montre bien l'intérêt de cette première étape d'analyse, surtout dans la planification des besoins.

En effet, par rapport aux 10 produits finis (PF) de la famille considérée, le nombre moyen de composants s'élève à 2333 composants (matières premières, sous ensembles, ensembles). Sur ce nombre moyen, 80% s'avère représenter un ensemble commun , soit 2055 composants utilisés conjointement par les 10 PF. Nous résumons cette étendue de communauté par la figure 2, montrant la répartition des composants selon le mode d'approvisionnement par l'achat ou la fabrication pour:

- La partie commune pour tous les produits finis;
- Le partie spécifique pour chaque produit fini.



I -indique le nombre de composants communs;

a - indique le nombre de composants achetés;

b - indique le nombre de composants fabriqués;

Figure 5.4: Etendue de la communauté composant des produits finis de la famille des véhicules K66 et répartition des composants spécifiques pour chaque option.

5-2-3-1- Association communauté composant et délai d'approvisionnement:

D'abord, nous présentons la distribution de la communauté composant par rapport au nombre de composants:

Communauté composant x 100%	Nombre de composants
100%	2055
90%	9
80%	18
60%	111
50%	15
40%	37
20%	131
10%	5

Tableaux 5.2 : Evolution du nombre de composants selon la communauté composant

L'analyse de la communauté composant par rapport à son délai d'approvisionnement est scindée en deux parties:

- Pour les composants achetés;
- Pour les composants fabriqués.

Cette dernière est illustrée par le tableau 5.2. Celle-ci montre la concentration de la communauté au niveau des 60% et 20% respectivement. Un grand nombre de composants possède une communauté composant supérieure à 60% soit plus de 40% de l'ensemble des articles spécifiques pour la famille considérée.

Pour souligner l'apport du raisonnement sur la communauté composant, nous allons le montrer dans le contexte de la planification des besoins

5-2-3-2- Planification des besoins et la communauté composants:

Pour montrer l'importance de la communauté des composants dans la planification des besoins, nous l'analysons par rapport à leurs délais d'approvisionnement.

Dans l'entreprise considérée dans notre application, une variété de produits finis est construite à partir d'un ensemble de composants où il est important d'introduire une nouvelle considération. Elle concerne cet aspect de communauté qui permet d'offrir une large gamme de produits tout en maîtrisant les coûts.

En utilisant les résultats obtenus dans le traitement des nomenclatures ainsi que d'autres données, si nous la communauté en trois (03) catégories:

Forte [50%100%]
 Moyenne [30%.....50%]
 Faible] 0%.....30%]

De la même manière, si les délais d'approvisionnement des composants sont réparties en trois (03) parties:

Long [480j.....460j]
 Moyen [460j.....180j]
 Court]0j180j]

nous allons obtenir une grille de neuf (09) possibilités d'association communauté composant et délai d'approvisionnement, schématisée ci dessous:

	COURT MOYEN LONG		
FORTE	I	II	III
MOYENNE	IV	V	VI
FAIBLE	VII	VIII	IX

Chaque cas possible présente des caractéristiques propres aux composants. Toutefois, nous détaillons les principales ci-dessous:

Possibilité I :

Elle représente les articles qui ont une forte communauté et un délai d'obtention court. Pour le gestionnaire des matières, ce sont les articles à flux important vu le nombre de produits finis les utilisant et à flux libres dans l'atelier vu leurs courts délais

La prévision des besoins pour de tels composants est facilitée étant que le profil de la demande est stable.

Possibilités II et III:

La caractéristique de communauté forte, pour les composants satisfaisant ces possibilités, va permettre de faciliter les prévisions et de pouvoir les échelonner dans l'horizon de planification selon la durée du délai d'approvisionnement.

Possibilités VII, VIII et IX:

La communauté faible du composant implique qu'il est spécifique pour quelques variantes de produits finis. La prévision de la demande est difficile. De plus, son délai d'approvisionnement conditionne l'horizon de planification des produits finis, autrement dit, cet horizon est supérieur ou égal au délai d'approvisionnement le plus long.

Particulièrement les composants IX peuvent être qualifiés de critiques pour la production.

Possibilités IV et V:

Elles englobent l'ensemble des composants ayant une communauté moyenne et des délais d'obtention moyens (180j....460j). Les pièces sont utilisées dans plusieurs produits finis mais pas dans la plupart. Ils représentent dans le cas étudié un bon pourcentage de l'ensemble des pièces de l'entreprise. Les besoins peuvent être prévus mais pas de manière précise

Conclusion :

Nous avons présenté dans cette partie la procédure d'analyse des nomenclatures produits finis par rapport à leurs composants élémentaires. Vu les deux représentations possibles des PF (mono niveau, multi niveau), deux visions sont suggérées: analyser en profondeur la similitude en cherchant l'étendue des composants communs, ou étudier cette propriété par niveau de nomenclature..

Vu que la conception de cette procédure poursuit l'objectif de détermination de la composante commune dans un spectre de produits finis, l'impact sur le caractère d'incertitude dans la planification des besoins est examiné.

L'application de la procédure aux données industrielles du CVI a montré d'une part l'importance d'une telle approche et d'autre part son adéquation pour un environnement de production de cette entreprise

Les analyses fournies sont:

- L'étendue de la communauté composant et l'apport de son identification dans la planification prévisionnelle des besoins,
- L'association de la mesure communauté composant au délai d'approvisionnement, pour la catégorisation des articles.

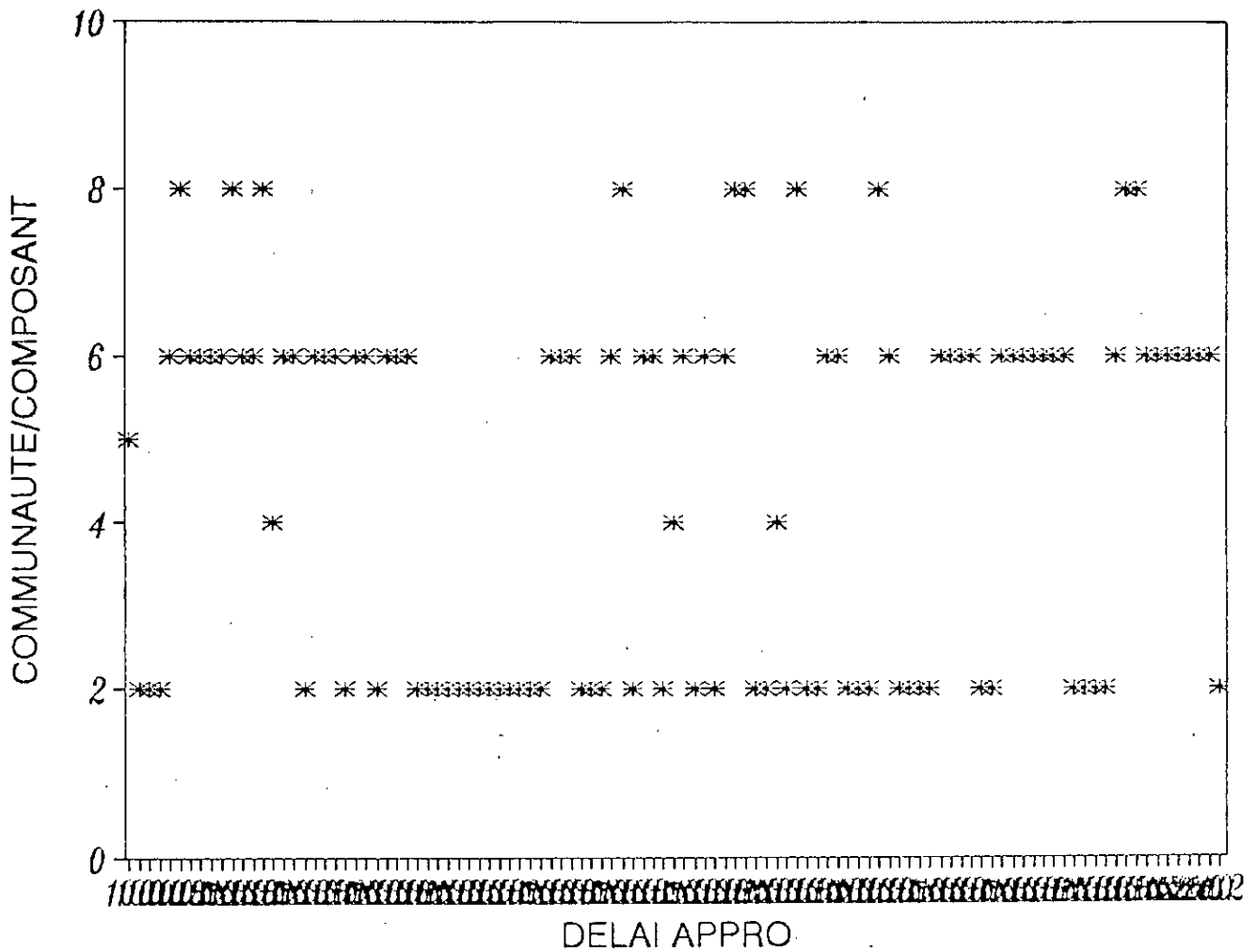


Figure 5.3 : Association Délai d'approvisionnement et communauté composant pour les articles achetés.

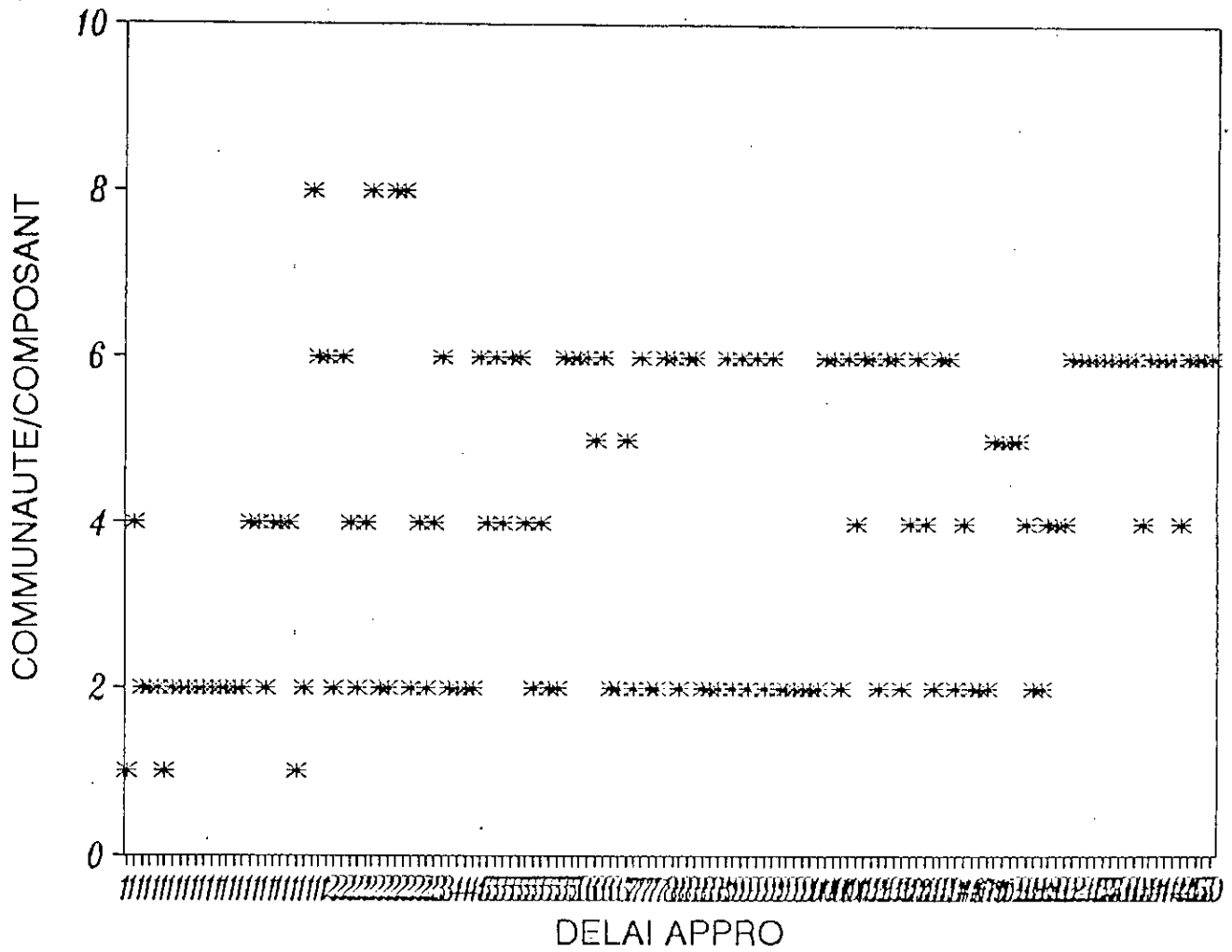


Figure 5.4 : Association Délai d’approvisionnement et communauté composant pour les articles fabriqués.

CONCLUSION ET SUGGESTIONS

CONCLUSION ET SUGGESTIONS:

Nous avons abordé un nouveau domaine d'investigation dans les applications du concept généralisé de technologie de groupe: L'analyse des structures des produits finis par la technologie de groupe. Pour cela, le potentiel commun en composants pour un ensemble de produits finis a été défini.

D'abord, nous avons montré l'étendue des interactions de la TG dans le système de production et particulièrement par rapport au système de gestion de production, dans son entité et dans ses composantes.

L'étude des interactions du concept TG sur le système de gestion de production représenté par le modèle GRAI est présentée sous la forme d'une grille associant les fonctionnalités GP dans les différents horizons. Celle-ci introduit une conception de l'intégration du principe des groupes technologiques et la gestion de production.

Relativement aux structures fonctionnelles dans le système de gestion de production (SGP), nous avons montré: l'effet de la TG dans l'ordonnancement de la fabrication par la décomposition du système de production en îlots de fabrication. Nous avons introduit brièvement son impact sur la valeur des coûts de production.

Par ailleurs, d'autres aspects sur l'intégration TG-MRP ont été aussi apportés:

- PBC et MRP;
- Règles de lotissement des ordres de fabrication;
- Gestion des capacités.

Néanmoins, le problème central traité est l'apport de la TG dans l'analyse des nomenclatures de produits finis fabriqués par rapport aux articles primaires les composant.

L'étude orientée TG des nomenclatures a été réalisée en montrant l'étendue de la similitude des produits finis, par le pourcentage des composants communs sur l'ensemble des composants utilisés pour la fabrication des produits finis. Pour cela une mesure de communauté composant est utilisée.

La procédure proposée représente un outil complémentaire pour le gestionnaire des structures, pour identifier exactement dans sa base de données techniques le potentiel de composants communs pour construire des produits finis (PF), pour toute la population des PF. Toutefois, il est possible de l'appliquer pour une catégorie choisie.

Dans la procédure ANALCOM développée, plusieurs possibilités sont offertes. L'utilisateur peut par exemple choisir d'analyser un sous ensemble de l'ensemble des PF commercialisés, ou bien une famille bien spécifiée. En plus, il peut vouloir étudier cet aspect sur quelques niveaux seulement, sans aller dans les profondeurs de la structure.

Les tests effectués sur la famille de véhicules K66 ont été conséquents (figure 5.2). Le plus intéressant a été l'analyse de l'apport de l'association de la communauté composant et le délai d'approvisionnement distinctement pour les composants achetés et pour les composants fabriqués. (figures 5.3 et 5.4). . Cette contibution apporte un nouveau principe dans la catégorisation des articles.(figures 5.3 et 5.4).

Le travail que nous avons présenté nous a permis d'une part d'aborder un domaine de recherche d'actualité, à savoir la Technologie de Groupe et son impact dans le système de gestion de production. D'autre part, le contexte industriel, à savoir une entreprise produisant des véhicules industriels (CVI) a permis de manipuler les caractéristiques les plus fréquentes dans les nomenclatures de produits finis.

Pour les responsables managers des entreprises Algériennes, particulièrement au sein du CVI, nous avons introduit une nouvelle technique, une nouvelle manière de raisonner sur les objets manipulés dans l'entreprise. Sans omettre de montrer les apports majeurs de la technologie de groupe classique dans l'intégration des activités de l'entreprise, l'application industrielle s'est centré sur les produits finis.

Toutefois, d'autres améliorations pourront apporter leurs contributions dans la valorisation et l'enrichissement de la procédure ANALCOM. Celles ci ajouteront d'autres fonctionnalités ou proposerons une extension de l'application en suivant les choix du gestionnaire. Nous les résumons comme suit:

- L'application de la procédure à la population entière de PF dans le contexte industriel pris en exemple va montrer aux managers et aux responsables gestionnaires plusieurs éléments d'information sur les structures de leurs produits. Notamment leur représentation générique mettra en relief les composants spécifiques des composants constants sans la distinction des familles de produits. Un autre domaine d'utilisation peut être introduit, il s'agit de la portée de la modularisation des produits sur la conception et sur la représentation des produits finis, au Bureau d'Etudes, dans un objectif de flexibilité.

- L'intégration de la procédure au système de gestion des données techniques d'un système MRP permet de créer une interactivité dans la recherche de similitude appliquée soit aux produits finis soit aux ensembles et sous ensembles.

- Vu que la procédure proposée offre la possibilité d'analyser la similitude des produits finis par niveau de nomenclature, l'étude du problème du choix du niveau de différenciation des produits finis mérite d'être discuté. Evidemment, cette autre question est posée afin d'améliorer la conduite du plan directeur de production.

- L'extension de la procédure à d'autres produits industriels, dans des entreprises du même secteur ou différentes et l'étude de son applicabilité méritent aussi d'être étudiées pour contribuer à enrichir ses effets et ses apports.

Enfin, dans l'industrie Algérienne, pour que la Technologie de Groupe ne reste pas un concept isolé, non intégré dans les démarches modernes de gestion de production, elle doit s'inscrire dans l'évolution générale des systèmes de production au même titre que les autres technologies. Sa diffusion, en plus de la sensibilisation des utilisateurs sont les premiers efforts à fournir pour une meilleure implémentation de ses applications classiques et de ses développements récents dont notre étude.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [AGLA91] Aglave B., Magda B.,
« Découverte de la TGAO »
Les éditions Fouchers, 1991
- [APIC87] American Production and Inventory Control Society, (APICS),
APICS' dictionary, sixth edition 1987,
- [BENH90] Benhabib B. Et al,
« CIM implementation for job shop environments »
Production planning and control vol 1 n°4,1990
- [BLAC92] Blacklock D.,
« La synchronisation des flux de composants pour la maîtrise de
l'assemblage »
Document Proconseil,1992
- [BUCK92] Bucki j., Pesqueux L.,
« De la flexibilité stratégique à la flexibilité dynamique »
Revue française de gestion, Sept,Oct 1992,
- [BURB75] Burbidge J.L.,
« The introduction of group technology »
Heinemann, London, 1975,
- [BURB93] Burbidge J.L.,
« Launch sequence scheduling (LSS) »
livre (pp129-138)
- [CHEN88] Chen, Yu.Tong, Young R.E.,
« PACIES: a part code identification expert system »
IIE transactions vol 20,n°2,1988
- [ELMH89] El Mhamedi A., Binder Z., Bodin R.,
« Sur l'analyse des systèmes de production »
Note du Laboratoire d'Automatique de Grenoble, mai 1989,
- [KINI88] Kini R.B., Taube L.R., Mosier C.T.,
« Part identification and group technology: a new approach »
Journal of Manufacturing Systems vol 10, n°2, 1988,
- [KUSI93] Kusiak A., Wang J.,
« Decomposition of the design process »
Journal of Mechanical Design vol 115, décembre 1993

- [GOLD84] Goldrath E.,
« Le But : l'excellence en production »
AFNOR gestion, 1986
- [GOTT90] Gottia J.I.,
« Technologie de groupe et méthode GRAI »
Revue Française de Gestion Industrielle, n°1, 1990
- [HAIP89] Haiping Xu., Hsu-Pin Wang.,
« Part family formation for GT application based on fuzzy
mathematics »
Int.J.Prod.Res, vol 27,9,1989,
- [HAM85] Ham I., Hitomi K., Yoshida T.,
« Group Technology »
Kluwer-Nijhoff Publishing, Boston 1985
- [HYER82] Hyer N.L., Wemmerly U.,
« MRP/GT: A framework for production planning and control of
cellular manufacturing »
Decisions Sciences, Vol 13, 1982
- [LOGE77] Logendron R., Sriskandarajah C.
« Group technology problem in a flowshop with blocking »
Annals of the CIRP's,
- [OFFO91] Offodile O.F.,
« Application of Similarity coefficient method to parts coding and
classification analysis in group technology »
Journal of Manufacturing Systems vol 10,6,1991
- [ORLI75] Orlicky J.A.,
« Material requirements Planning »,
McGraw Hill,1975
- [PANN90] Panneer SelvamR., Balasubramanian K.N.,
« Algorithmic grouping and o operation sequences »
Engineering Costs and Production Economics, 9, 1990,
- [PLOS85] Plossl G.W.,
« Production and Inventory Control, principles and techniques »
Prentice Hall, 1985
- [PRIM93] Primrose P.L.,
« Economics of batch manufacture »
Computer Integrated Manufacturing Systems, Vol 6, n° 2, 1993

- [PROT85] Proth J.M.,
« Regroupement en familles de produits en fonction des outils disponibles »
Rapport de recherche 370, INRIA, Mars 1985
- [PROT92] Proth J.M.,
« Conception et gestion des systèmes de production »
Edition PUF, juin 92,
- [RIBE91] Ribeiro J.F.F.,
« Constitution d'îlots et ordonnancement dans un atelier d fabrication »
Thèse, LAAS, Toulouse, 1991,
- [SART87] Sartor, M.
« Réorganisation des moyens en îlots et gestion de production dans les grandes entreprises à production diversifiée et fluctuante »,
Thèse, LAAS, Toulouse, 1987,
- [SASS90] Sassani F.,
« A simulation study on performance improvement of group technology cells »
Int.J.Prod.Res, vol 28, 2, 1990
- [STAN85] Stanfel L.E.,
« Machine clustering for economic production »
Engineering Costs and Production Economics, 9, 1985
- [SRIN90] Srinivan G., Narendran T.T., Mahadevan B.,
« An assignment model for the part families problem in group technology »
Int.J.Prod.Res, Vol 28,1, 1990
- [SULE91] Sule D.R.,
« Machine capacity planning in group technology »
Int.J.Prod.Res, Vol 29, 9, 1991
- [SURE90] Suresh Kumar C., Chandrasekharan M.P.,
« Grouping efficacy: a quantitative criterion for goodness of block diagonal forms of binary matrices in group technology »
Int.J.Prod.Res, Vol 28, 2, 1990
- [VAKH90] Vakharia A.J.,
« Designing a cellular manufacturing system: A material flow approach based on operations sequences »
IIE transactions Vol 22,1, 1990

- [VAN 92] Van Veen E.A., Wortmann J.C.,
« Generative bill of material processing systems »
Production Planning and Control, Vol 3, 3, 1992
- [VAN 92] Van Veen E.A. , Wortmann J.C.,
« New developments in generative BOM processing systems »
Production Planning and Control, Vol 3, 3, 1992
- [VAN 92] Van veen E.A.,
« Modelling products structures b generic bills of materials »,
PhD Thesis, Eindhoven, 1992
- [VOLL88] Vollmann T.E., Berry W.L., Whybark D.C.,
« Manufacturing planning and control systems »
Dow Jones - Irwin, Illinois, 1988
- [WEED87] Weeda P.J.,
« In similarities betwen lot sizing and clustering »
Engineering Costs and Production Economics, 12, 1987
- [WEMM90] Wemmerlov U., Hyer N.L.,
« Cellular manufacturing in the US industry: a survey of users »
Int.J.Prod.Res, Vol 28, 2, 1990
- [WEI89] Wei J.C., Kern G.H.,
« Commonality analysis: A linear cell clustering algorithm for group
technology »
Int.J.Prod.Res, vol 27,n°12, 1989
- [WEMM91] Wemmerlov U.,
« Economic justification of group technology software:
Documentation and anlysis of current practises »
Journal of Operations Management, Vol ,n°4,1990
- [WORT92] Wortmann J.C.,
« Flexibility of standard software for production / inventory control »
Production Planning and Control, Vol 4, 3, 1992
- [ZAPF93] Zapfel G., Missbauer H.,
« New concepts for production planning and control »
Europeean Journal of Operations Research, 67, 1993
- [ZELE88] Zelenovic D.M., Tesic Z.M.,
« Period batch control and group technology »
Int.J.Prod.Res, Vol 26,3, 1988

ANNEXES

Annexe I : L'approche MRP

Annexe II : Compléments sur le logiciel OPT

Annexe III : Revue d'approches sur les méthodes de recherche
des îlots

Annexe IV : Etude de cas sur les utilisateurs de la production
en îlots dans l'industrie Américaine

ANNEXE I

L'APPROCHE MRP (MATERIAL REQUIREMENTS PLANNING)

Le terme « material requirements planning implique des attributs bien définis, à savoir des données de stock associés au temps, le calcul des besoins nets, une longueur maximum pour la période de planification cohérente avec les délais et aussi la génération d'ordres de fabrication

Les objectifs du système:

Tous les systèmes MRP ont un objectif commun, qui est de déterminer les besoins (nets et bruts) représentés par des demandes par période pour chaque composant, de telle manière qu'il soit possible de générer l'information pour corriger les stocks. Cette fonction associe la proposition d'ordres d'achat et d'ordres de fabrication. Les données essentielles sont:

- L'identité du composant;
- La quantité de l'ordre proposé;
- La date d'échéance de l'ordre proposé
- La date d'émission de l'ordre proposé.

Les actions suggérées peuvent être résumées comme suit:

- L'augmentation ou la diminution de la quantité de l'ordre;
- L'annulation de l'ordre;
- L'avancement de la date d'échéance;
- Retarder la date d'échéance.

Le système MRP atteint ses objectifs en calculant les besoins nets pour chaque article inventorié, et en déterminant les cadences de couvertures de ses besoins. Ainsi, la fonction de base pour le MRP est la conversion des besoins bruts en besoins nets pour satisfaire ses derniers, au moment adéquat par des ordres de fabrication ou par des ordres d'achat. L'exemple suivant schématise ce calcul.

Besoins Bruts	120
Stock	25
En commande	50
Besoins Nets	$45 = 120 - (25+50)$

La particularité des besoins nets calculés est qu'ils sont associés à des dates ou à des périodes. Aussi les suggestions de replanification des besoins dans le temps sont permises.

L'approche MRP représente actuellement un outil hautement efficace pour la gestion et le contrôle de la production, pour plusieurs raisons en l'occurrence:

- L'investissement dans les stocks est minimisé;
- Un système MRP est réactif;
- Le système permet une vision dans le futur de l'évolution des besoins dans le temps pour chaque article;
- Par les principes MRP, la gestion des stocks est guidée par les actions plutôt que par des écritures de mise à jour

Fonction centrale du MRP: L' 'EXPLOSION DES BESOINS

L'outil essentiel ou la clé principale pour le processus entier de planification et de replanification des besoins est la **liaison composé - composant**. Il existe un seul lien logique entre articles à des niveaux successifs de la structure des produits.

Le composé planifie l'émission de l'ordre pour le composant. Ceci se fait en complète synchronisation, car les composants doivent être planifiés pour être disponibles au moment où l'ordre pour le composé est émis pour la production; c'est le moment pendant lequel le composant va être consommé.

Ainsi, le processus de calcul des besoins appelée aussi explosion des besoins, à **partir d'un plan directeur de production** vers les besoins matières et composants est guidée (assuré) par la **liaison avec l'état des stocks de chaque composant**. Pour déterminer les besoins nets, les besoins bruts sont comparés avec au stock existant et au « en commande » pour être présenté sous la forme d'ordres planifiés. A son tour, la quantité et l'échéance d'ordres émis détermine les quantités et échéance des besoins bruts des composants. Cette procédure est réalisée en mode répétitif suivant les niveaux inférieurs jusqu'à la rencontre d'un composant acheté ou à ce niveau le processus d'explosion s'achève.

Le processus entier est arrêté si toutes les chemins dans les liens structures produit sont visités.

Grâce à l'aspect « temps », le système MRP génère des données en sorties s'adaptant comme entrées à d'autres systèmes , en particulier l'ordonnancement des ateliers, les systèmes de gestion des ateliers, les systèmes de planification des besoins en capacité.

Les inputs et outputs du système :

Tous les outputs d'un système MRP sont produites par le traitement de données issues des ressources ci - après (illustré par la figure 1):

- Le plan directeur de production (en P.F)
- Commandes externes .
- Les niveaux de stock de chaque article
- Les structures de produits

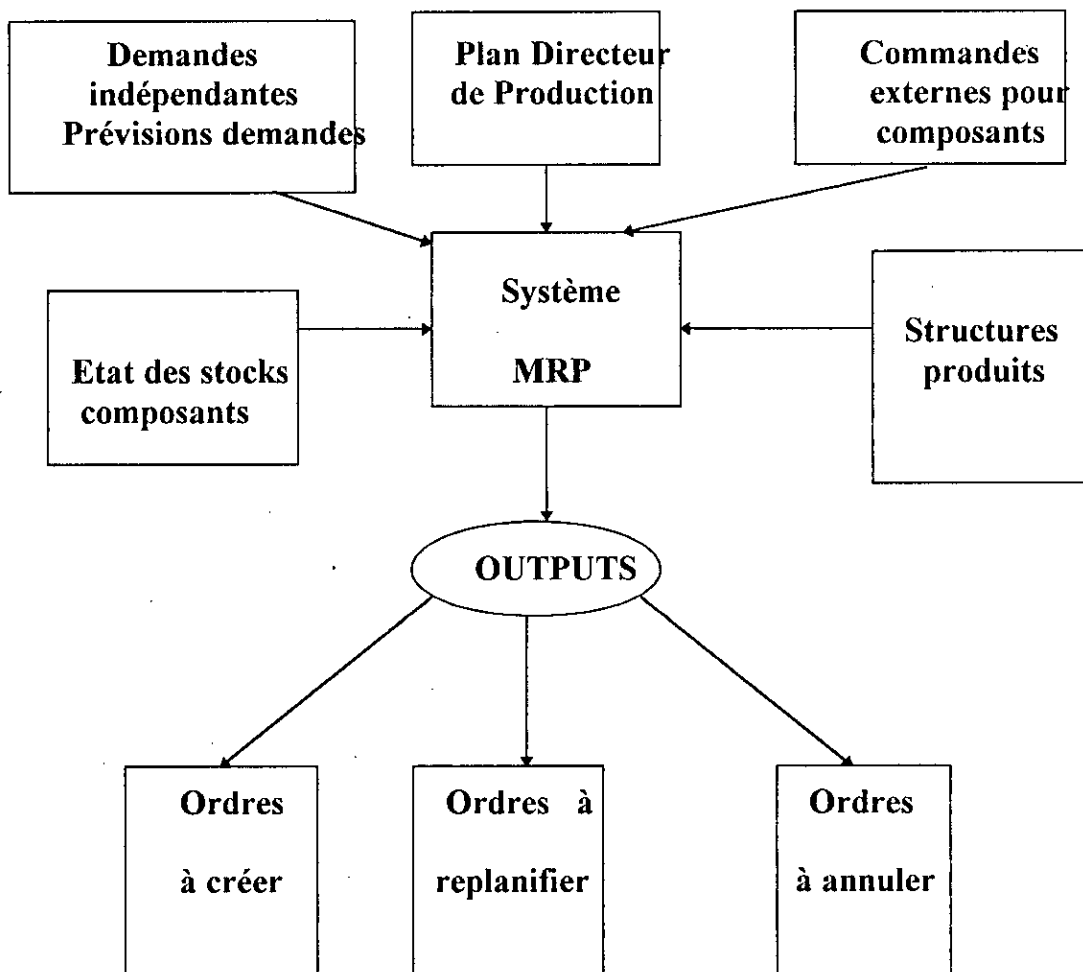


Figure 1: Inputs et outputs dans un système MRP

Quelques notions sur le MRP II

Le management des ressources de production est une amélioration et une extension du MRP .

Le MRP II est une extension des caractéristiques du MRP pour supporter d'autres fonctions de production au délai de la planification des besoins, gestion des stocks, la maintenance des nomenclatures de produits . Ces extensions consistent en :

- Plan stratégique des affaires
- Plan directeur de production
- Planification globale des capacités
- Gestion de la fabrication

MRPII (Manufacturing Ressources Planning) a été défini par l'APICS comme suit:

« Une méthode pour une planification efficace de toutes les ressources pour l'entreprise manufacturière. Idéalement, elle préconise la planification opérationnelle en unités, la planification financière en dollars, elle permet aussi la simulation pour répondre à des scénarios différents. Elle comporte une variété de fonctions reliées entre elles : planification stratégique , planification de la production, plan directeur de production, planification des besoins en composants; planification des besoins en capacité et le système de gestion des capacités et des priorités.

Les sorties issues de ces systèmes sont intégrées avec des rapports financiers, notamment le plan affaires, rapport achat, budget de livraison, volume des stocks de production en argent.

La figure 2 donne une schématisation globale des fonctions du MRP II.

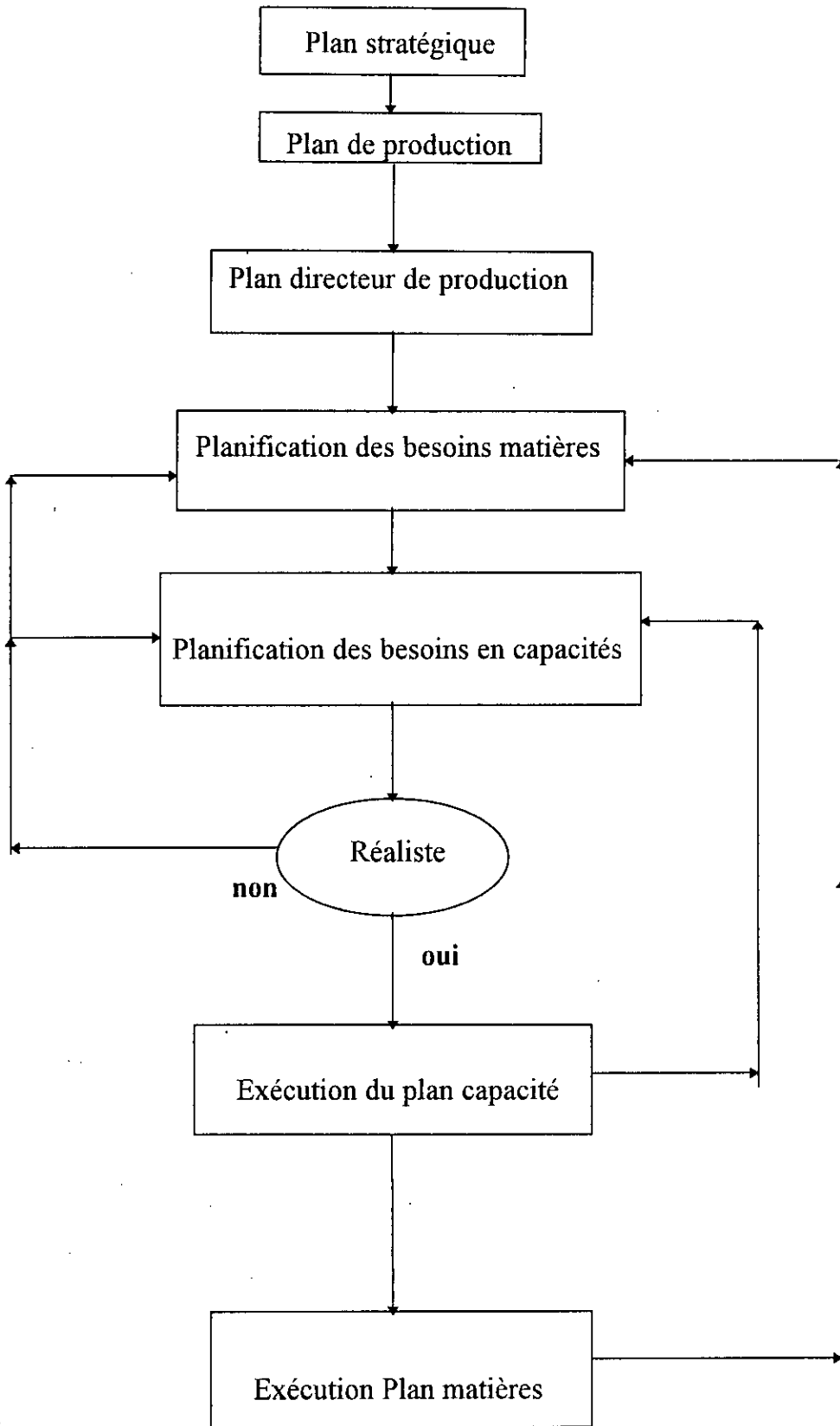


Figure 2: Structure du MRPII

ANNEXE II :

Structure du logiciel OPT

Le logiciel OPT est un produit de Creative Output, ce n'est pas un logiciel complet de GPAO. Il ne contient que les programmes nécessaires ... la planification de la production et non pas les programmes de gestion des données techniques.

Le logiciel contient quatre modules principaux:

- BUILDNET,
- SPLIT,
- OPT,
- SERVE.

Ces modules sont complétés par divers autres modules de service:

PROB pour interroger rapidement les en cours

REPORT pour éditer des états

REFINE pour préciser l'ordonnancement au niveau de la machine clé

Nous expliquons ci-dessous la fonction de ces modules

BUILDNET:

C'est le module qui permet de construire le réseau produit et le réseau ressources.

Le premier est élaboré à partir de:

- Articles et nomenclatures
- Gammes de fabrication
- Outillages nécessaires
- Etc,...

Le second décrit les ressources et les besoins:

- Commandes clients
- Stocks (Matières premières, en cours, produit fini)
- Sous-traitants
- Achats
- Etc,...

Il suffit d'entrer dans le détail uniquement les ressources goulets.

SPLIT:

Il a pour fonction de diviser le réseau global qui représente l'usine en deux réseaux destinés l'un au module OPT (OPTNET), l'autre au module SERVE (SERVENET). Pour cela, il utilise la liste des ressources qui ont été qualifiés de critiques. C'est l'analyste qui doit choisir de qualifier chaque ressource de goulet ou non goulet. Pour faire ce choix, le module SERVE sera tourné en considérant toutes les ressources non goulets. Le profil des charges obtenu permet de valider que ces ressources sont des ressources goulets.

Il sera possible de modifier l'attribut de ces ressources pour indiquer qu'elles sont critiques et faire tourner le système entier pour qu'OPT fasse l'ordonnement de la fabrication dans les goulets.

Des paramètres de contrôle de l'ordonnement sont introduits dans SPLIT pour être utilisé par SERVE et OPT.

OPT:

C'est le module qui effectue l'ordonnement des ressources critiques capacité finie. Il se fonde sur un algorithme gardé secret par les concepteurs. Bien que l'ordonnement soit un problème combinatoire, le module OPT est extrêmement rapide même dans un réseau complexe. Les principaux paramètres utilisés:

- Taille maximum des lots de transfert;
- Taille maximum des lots de fabrication;
- Niveau du stock désir,;
- Importance relative du respect des dates de livraison par rapport aux autres facteurs.

SERVE:

Il planifie les ressources non goulets selon la méthode de la capacité infinie comme le fait MRP. Il utilise les résultats d'OPT (dates de départ). Il permet la mise jour de l'avancement de la fabrication pour les fichiers d'en-cours.

D'autres modules comme PROBE et REPORT permettent des interrogations en ligne et des mesures d'impact ou éditer un ensemble d'états (Prévisions trimestrielles d'utilisation de ressources, état des flux matières valorisés. COMPDS établit l'état des retards prévisionnels par commande et calcule la performance en quantité et en pourcentage.

ANNEXE III

Revue d'approches de formation d'îlots de fabrication

Plusieurs approches ont été établies pour former les îlots de fabrication. Elles diffèrent par le critère d'optimisation. Les objectifs peuvent être distingués comme suit:

- Minimisation du nombre de mouvements inter-îlots dans l'atelier;
- Minimisation du nombre d'îlots;
- Minimisation de la duplication des machines en différents îlots;
- Minimisation du coût de fabrication.

Etant donné son caractère combinatoire, la non existence d'algorithme de résolution polynomial et la taille des exemples, le nombre d'heuristiques ou algorithmes de recherche qui sont proposés est considérable.

Dans King-Nakorchai(1982), Ballakur-Studel(1987), Kusiak(1987), on peut trouver une revue de ces travaux. Dans Wemmerlov-Hyer, une étude sur 32 entreprises américaines utilisant la TG est présentée.

L'emploi des coefficients de similarité entre les lots de pièces et/ou machines comme critère pour l'obtention des îlots de fabrication est à la base d'une heuristique assez répandue. On peut citer Rajagopalan (1975), Wagodekar (1984), Srinivan (1990), Gupta, Seifodini (1990).

McCormick-Schweitzer-White (1972) proposent l'algorithme BEA (Bond Energy Algorithm) pour la recherche d'un optimum local du problème d'affectation quadratique proposé pour réarranger les lignes et colonnes d'une matrice.

King (1980) propose dans l'algorithme ROC ("Rank Order Clustering") de considérer les lignes et les colonnes d'une matrice comme des mots binaires que l'on représente par leur équivalent décimal et que l'on classe par ordre croissant de manière à faire apparaître des blocs de "1".

Ballakur-Steudel (1987) proposent l'algorithme WUBC ("Within cell Utilisation Based Clustering") où les familles de lots de pièces et les groupes de machines sont formés en, même temps, en affectant les machines aux îlots selon la charge de travail et les contraintes de dimension des cellules, et les lots de pièces aux îlots de telle façon que la plupart de leurs opérations soient réalisées dans les îlots choisis.

Dans Kusiak (1988), les îlots de fabrication sont obtenus par le système expert EXGT-S ("A Knowledge Based System for GT"). Quattan (1990) résout le problème d'obtention des îlots par l'application de la méthode de séparation et évaluation initialisée sur une machine choisie comme noyau initial.

ANNEXE IV:

Etude de cas sur les utilisateurs de la production en îlots, dans l'industrie américaine [WEMMER90].

La concurrence croissante auquel ont fait face les industriels américains, depuis les années 70, a permis de les rendre plus réceptifs à toute idée permettant d'augmenter leur compétitivité. Le juste à temps (JIT) fut l'un de concepts qui a été le mieux accepté. Les principes du juste à temps s'articulent autour de l'élimination des déperditions et l'amélioration continue des processus.

Une attention particulière a été accordée à la réduction des temps de préparation, aux systèmes de production à flux poussés ainsi que la philosophie de la technologie de groupe plus spécifiquement son application dans la conduite des systèmes manufacturiers.

La fabrication en îlots représente une application de la TG ou une partie du système manufacturier est convertie en cellules. Une cellule de fabrication est un groupe de machines différentes / processus différents regroupés pour réaliser une famille de pièces. Ces pièces sont similaires vu leurs besoins immédiats dans la fabrication (type d'opération, tolérances, capacité des machines outils). Le but de la fabrication en îlots est de réduire les temps de préparation (en utilisant le regroupement d'outillages et de gammes), le temps de séjour de la pièce dans l'atelier (réduire les temps de transfert, d'attente et de préparation), et diminuer la taille des lots.

Une étude statistique a été faite par U.WEMMERLOV et N.L.NANCY, elle retrace l'expérience de l'industrie américaine dans l'utilisation de la technologie de groupe, spécifiquement la fabrication en îlots.

Pour cela, un questionnaire (200 items) a été envoyé par courrier à 53 companies. Le questionnaire relatait de la typologie du système de fabrication de la compagnie sous l'aspect type de processus, type de produits finis, type de système de gestion de production ainsi que le type d'organisation des ateliers de fabrication.

Nous tentons de résumer les aspects importants de cette étude.

1-Population des entreprises industrielles étudiées:

Sur une population de 53 companies sondées, seulement 32 ont répondu au questionnaire, représentant une grande variété de lignes de produit:

- Fabrication de machines outils;
- Equipement d'agriculture et de travaux publics;
- Equipement médical;
- Produits pour la Défense (missiles, avions);
- Pièces standards (roulements, visserie).

La majorité des entreprises considérées se classent dans les industries de transformation de métaux. le produit moyen des revenus de vente est de 296 millions \$. La force de travail est moyennement de 577 indirects/ 566 directs. le nombre de lignes de produits variait de 1 a 6. Le nombre de produits finis était large s'étalant de 3 a 80.000. Le produit le plus simple comprenait 4 composants, le plus complexe en avait 5000. le produit moyen contient 956 composants.

2- Raison d'établissement des cellules de fabrication:

Les différentes réponses ont évoqué la réduction des stocks d'en cours, des temps de préparation, des temps de livraison et l'amélioration de la qualité des sorties. D'autres raisons ont été citées, il s'agit de réduire les coûts indirects, du concept de la fabrication en îlots et la philosophie du management du travail en groupe.

3- Procédures utilisées pour former les îlots:

60% des utilisateurs de la FI ont indiqué que le processus de formation des cellules de fabrication a commencé par le regroupement de pièces similaires sans tenir compte de leurs gammes. D'autres approches s'appuyant sur les gammes ont été utilisées invoquant la raison de diminution du nombre de machines dans une cellule dans le cas d'un changement de gamme:

- Approche par machine clé;
- Regroupement selon la matrice pièce/ machine;
- Tri des gammes et l'utilisation des coefficients de similarité pour machines ou pièces.

4- Support informatique dans la conception des cellules

Des companies ont invoqué la réalisation des analyses suivantes grâce à l'appui des moyens informatiques:

- Estimations des temps de livraison;
- Analyse des gammes opératoires
- Analyse des charges

De plus, l'existence des données sous forme de fichiers a permis de faire tout type de tri .

5- Description statistique des cellules de fabrication

5-1-Types et âges des cellules:

Parmi les entreprises étudiées, le type de cellule varie d'une cellule entièrement manuelle (le plus bas degré d'automatisation et une grande intensité de travail humain) à des cellules totalement automatisées. Ces cellules sont soit d'assemblage ou de fabrication. Le degré de mécanisation de la manutention est généralement faible dans les îlots entièrement conduit par le travail humain. D'un autre côté, presque toutes les companies à cellules automatisées ont développé des familles d'outillages de pièces.

La création de cellules se fait pour les équipements existants sauf pour les cellules automatisées qui résultent d'un investissement dans un nouveau équipement.

5-2-Extention de la "cellularisation":

Le degré de cellularisation est mesuré par la fraction du total annuel d'heures machines passées dans les cellules ou îlots. Pour les 27 entreprises avec C.N.A , ce facteur varie de 0.2% à 88%. Cependant, pour la majorité des companies, la fabrication en îlots est une activité relativement marginale. Par exemple, 13 sur les 27 companies (48%) ont noté qu'au moins 5% du volume horaire machine annuel est réalisé dans ces cellules.

48% -----> 5% de l'activité annuelle

63% -----> 15% au moins

74% -----> 25% au moins

Cette fraction représente pour les C.A, pour certaines companies (05) est de l'ordre de 1%, 2%, 4% et 11%.

5-3- Taille et indépendance des cellules

Sur l'ensemble de la population étudiée, la plus petite cellule contient 2 machines, par contre la plus grande en comprend 40. La taille moyenne est de 6.2 machines. Pour les entreprises contenant seulement des C.A, la taille moyenne est de 4.7 machines.

Quant à l'indépendance de ces îlots, il a été noté que 20% des companies a C.N.A et 14% de celles a C.A montrent que les machines sont partagées entre les différents cellules. Le tableau 1 reflète donne des statistiques reflétant le niveau d'indépendance des cellules.

Question	C.N.A	C.A
1-Est ce que les machines ou processus sont partagés entre les cellules?	O:6 N:24	O:1 N:6
2-Indiquer pour les pièces réalisées dans les cellules le % moyen du temps machine passé dans les cellules	MOY:78.3% MIN:10% MAX:100% MED:90% Nbr Rep:29	66.7% 10 % 100 % 75 % 6
3-Indiquer le % moyen du nombre total d'opérations nécessaires devant être complété dans les cellules	MOY:74.2 MIN:10 MAX:100 MED:82.5 Nbr Rep:30	65.7 10 100 80 7

6- Impact de la fabrication en îlots dans les procédures de gestion de production

Par l'établissement d'un système de fabrication orienté îlots, les procédures de planification vont vraisemblablement changer. Les systèmes de gestion de production utilisés dans la population étudiée varie d'une entreprise à une autre:

- 28 ---> 90.3% utilisent le système MRP;
- 1 utilise le système par point de commande ROP;
- 1 ROP et MRP;
- 3 système tiré (par le KANBAN) et MRP;
- 1 OPT et MRP
- 2 Systèmes non spécifiés

Certaines ont réclamé l'introduction de nouveaux systèmes suite à l'implémentation des îlots de production. Cependant, celles-ci ne concernent que la partie planification. Par exemple, 2 companies ont indiqué qu'elles ont révisé leurs systèmes MRP pour l'orienter vers un système des matières achetées (ce qui peut être interprété que le MRP atelier va être remplacé par un système tiré).

Toutefois, des modifications à réaliser dans un système de gestion de production existant peuvent être réalisées dans le but de mieux servir la fonctionnalité des cellules, ces types de changements sont:

Application de la technologie de groupe à d'autres domaines:

* La TG dans les achats et les ventes:

Sur l'ensemble des entreprises sondées, il en existait 16 qui utilisaient la technologie de groupe pour rationaliser les fonctions d'achat et de vente. Toutes sauf deux seulement appliquaient les codes TG dans ces domaines. Les companies n'utilisant pas des codes mettaient à jour des listes ou seulement mémorisaient pour identifier les articles similaires. Il a été noté aussi qu'une telle application dans les achats permet de repérer les articles à forte similitude, réellement achetés ensemble, ce qui induit à des facilités de remise sur un grand volume de demande (ceci peut être atteint par un effort de standardisation dans la conception pour consolider plusieurs articles en un seul.

Certaines usines ont réalisé des économies représentant 10% du coût total d'achat des articles. D'autres usines utilisaient un code de matière première large (wide corporate raw material code) pour l'achat d'articles utilisés à plusieurs sites. D'autres répondants appliquaient la technologie de groupe dans le service Achats pour mesurer l'impact du changement de prix de matières premières.

Dix entreprises utilisaient la TG dans le domaine des ventes pour identifier les articles qu'ils peuvent substituer tels qu'ils sont ou avec modification, pour les commandes de clients. Sur un site sondé, cette pratique a permis une croissance de la satisfaction des clients et une réduction de 30% du surplus matière.

* La TG dans l'estimation des coûts:

Quelques entreprises utilisaient les codes TG pour accéder à des informations sur les coûts de fabrication. Certains développaient et mettaient à jour, dans la base de données des codes TG, des informations sur les coûts standards pour chaque famille de pièces. D'autres ont créé des données sur les coûts standards pour chaque gamme standard qu'ils enregistraient dans le fichier gamme. Pour estimer le coût de production d'une nouvelle pièce, l'analyste utilise un code pour retrouver (directement ou via la gamme opératoire) des informations sur les coûts pour des articles similaires. Les avantages majeurs sont la rapidité et la précision des estimations de coûts, ce qui pourrait faciliter l'introduction de nouveaux produits.

*** Autres applications:**

- Stockage des outillages (jigs and fixtures);
- Déterminer les numéros corrects pour des articles non identifiés ni dans l'atelier ni dans le magasin;
- Analyse de la dimension d'un nouveau équipement.