

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

6/94

وزارة التربية الوطنية
MINISTÈRE DE L'EDUCATION NATIONALE

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
BIBLIOTHEQUE - المكتبة
Ecole Nationale Polytechnique

DEPARTEMENT *GENIE INDUSTRIEL*

PROJET DE FIN D'ETUDES

SUJET

*Analyse statique de flux, Contribution
à la réorganisation de l'atelier "Ferrures"
du C.V.1 en îlots de fabrication*

Proposé par :

*Mr. T. LAMRAOUI
Mr. A. MEKARNIA*

Etudié par :

*Mr. S. MOKHTARI
Mr. M. TIABI*

Dirigé par :

*Mr. T. LAMRAOUI
Mr. A. MEKARNIA*

PROMOTION

1994

E. N. P 10, Avenue Hassen Badi - EL-HARRACH - ALGER

RESUME

Cette étude consiste en une analyse statique de flux dans le but d'une contribution à la réorganisation de l'atelier "ferrures" du CVI en îlots de fabrication . Notre objectif est de savoir si l'atelier "ferrures" se prête à une décomposition en sous-ateliers où la gestion visuelle est facile et le flux de produits est moins complexe.

ABSTRACT

This work aims to the static flow analysis in the "ferrures" workshop of the CVI, in order to contribute to its reorganization. The purpose of this study is to establish if the "ferrures" workshop lend to a decomposition on the cells easily visually manageable where the parts flows is less complicated .

ملخص

هذا العمل يهدف إلى تحليل ساكن للتدفق من أجل
طساهمة في إعادة تنظيم ورشة "Ferrures" للمركب
الصناعي للسيارات بالروبية إلى ورشات صغيرة أين
يكون التسيير العيني سهل ويكون تدفق
المنتجات أقل تعقيدا مما كان عليه .

DEDICACES

à ma chère mère
à mon père
à mes frères et sœurs
à mes oncles Boumediène et Mohamed
à mon neveu Mohamed El Amin
à tous ceux que j'aime

Je dédie ce travail
Sid Ahmed

à la mémoire de mon grand père Saïd
à mes parents pour leur soutien
à mes sœurs
à mon frère
à toute ma famille

Je dédie ce travail
Merouane

Remerciements

Nous tenons à exprimer ici toute notre gratitude à Monsieur T. LAMRAOUI Chargé de cours au Département Génie Industriel et A. MEKARNIA Chargé de cours au Département G. Industriel pour avoir accepté de diriger ce travail, et pour le soutien et la confiance qu'ils nous ont accordé. Qu'ils trouvent ici l'expression de notre profonde reconnaissance.

Monsieur OUABDESSLAM, Professeur à l'Ecole Nationale Polytechnique a accepté de s'intéresser à notre travail et d'être président du jury de ce mémoire. Nous l'en remercions sincèrement.

Que Monsieur BOUZIANE, Chargé de cours au Département G. Industriel soit assuré de notre gratitude pour nous avoir honoré de sa présence au jury de ce mémoire.

Nous remercions également Madame Y. KERBOUA, Chargée de cours au Département G. Industriel pour avoir accepté d'examiner ce travail.

Nos remerciements sincères aux responsables du Bureau Méthodes et ceux de l'atelier "Ferrures" du Complexe des Véhicules Industriels pour leur précieuse aide.

Enfin, que tous ceux qui ont aidé à réaliser ce modeste travail trouvent ici l'expression de notre gratitude.

SOMMAIRE

INTRODUCTION :	1
----------------	---

chapitre I

DIFFERENTES TYPE D'ORGANISATION DU FLUX DE PRODUCTION

I.1 - Organisation de flux de production	3
I.1.1 - Organisation en section technique homogènes	3
I.1.2 - Organisation en flots	5
I.2 - Cadre de l'étude :	
Présentation de l'Atelier " Ferrures "	6
I.2.1 - Identification des machines	7
I.2.2 - Identification des pièces	7
I.2.3 - Description du processus de fabrication	8
1 - GAMME D'USINAGE	8
2 - Cheminement des pièces	9
I.2.4 Problèmes rencontrés dans l'Atelier	9
1 - Problèmes dûs aux manutentions	9
2 - Problèmes dûs à la complexité du flux de production	10
I.2.5 - Position du problème	11

Chapitre II

DIFFERENTES APPROCHES POUR LA FORMATION
D' ILOTS BASEES SUR L'ANALYSE DE FLUX

II.1 - Pourquoi la décomposition de	
système de production	13
II.1.1 - Définition du problème de	
formation d'îlots	13
II.1.2 - Les données de base du problème.....	14
II.2 - L'Analyse de flux de production	14
II.2.1 - Analyse dynamique de flux.....	14
II.2.2 - Analyse statique de flux	15
II.3 - Modélisation du problème de formation d'îlots.....	17
II.3.1 - Modélisation par la théorie du graphe.....	17
II.3.2 - Modélisation par	
la programmation mathématique	19
II.3.3 - Modélisation par	
l'Analyse des données	22
II.3.3.1 - Formulation mathématique	
du problème.....	22
II.3.3.2 - Resultats	25
A) La quasi-sériation	25
B) La sériation	26
II.3.3.3 - Complexité du problème	26
II.3.4 - Modélisation retenue	27

Chapitre III

COLLECTE ET ORGANISATION DES DONNEES

III.1 - Collecte des données	28
III.2 - Représentation des données	28
III.3 - Organisation des données	29
III.3.1 - Groupement par type de machine	29
III.3.2 - Identification des pièces usinées dans l'Atelier	29
III.3.3 - Nouvelle codification des pièces et des machines	30
III.4 - Flux actuel des pièces dans l'Atelier.....	30
III.5 - Degrés de sollicitation des machines	32

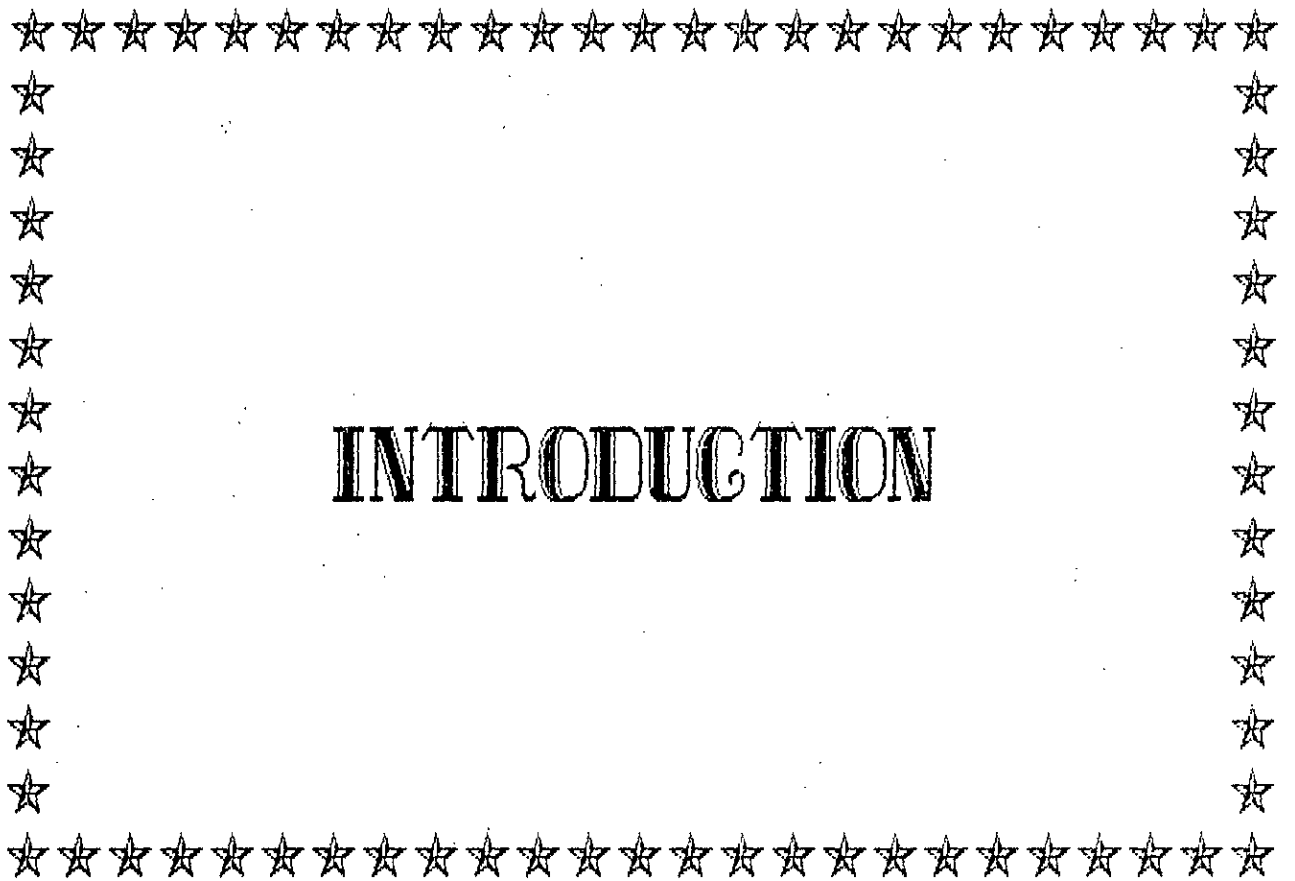
Chapitre IV

DEMARCHE DE RESOLUTION

IV.1 - Introduction	34
IV.2 - Présentation de l'outil de résolution (SAFIR)	34
IV.3 - Identification des familles des pièces et des machines	35
IV.3.1 - Les familles exceptionnelles.....	35

IV.3.2 - Choix du paramètre α	35
IV.3.3 - Determination des flots fonctionnels	38
IV.3.4 - Interprétation des resultats	40
IV.3.4.1 - Ilots auxquels un grand nombre de produit est affecté	40
IV.3.4.2 - Ilots ne travaillant que sur un nombre reduit de produits	41
IV.3.5 - Elimination des flots singletons.....	42
IV.3.6 - Décision concernant l'étape suivante.....	43
IV.4 - Procédure de réduction des échanges inter-flots	43
IV.4.1 - Notation et données nécessaires pour la résolution	44
IV.4.1.1 - Données nécessaires	44
IV.4.1.2 - Notation	44
IV.4.2 - Etude de charge.....	45
IV.4.3 - Première étape de la procédure	51
IV.4.3.1 - Similarité technique des machines.....	51
IV.4.3.2 - Gamme Variante	51
IV.4.3.3 - Résultat pour l'Atelier " Ferrures ".....	55
IV.4.4 - Deuxième étape de la procédure.....	56
IV.4.4.1 - Distribution des machines dans d'autres flots	56
IV.4.4.2 - Resultat pour l'Atelier " Ferrures ".....	57
IV.4.4.3 - Etude comparative	57
IV.5 - Nouvelle configuration de flux dans l'Atelier " Ferrures "	58

IV.5.1 - Methode des chaînons	63
IV.5.2 - Méthode MSP " Arbre de Poids Maximal ".....	66
IV.5.3 - Opportunité de la solution.....	70
CONCLUSION GENERALE.....	74
BIBLIOGRAPHIE.....	77
ANNEXES :	
- Glossaire des mots techniques.....	
- Annexe 1 : Carte de flux , suivant l'implantation actuelle de l'Atelier Ferrures.....	
- Annexe 2 : Principales méthodes d'implantation.....	
- Annexe 3 : Parc machines de l'atelier "Ferrures".....	
- Annexe 4 : Regroupement des 45 machines en 27 types distincts.....	
- Annexe 5 : Nouvelle codification des pièces.....	
- Annexe 6 : Matrice binaire regroupant les produits et les machines.....	
- Annexe 7 : Caractéristiques techniques des machines....	
- Annexe 8 : Résultat de la première quasi-sérialisation pour $\alpha = 0.5$	
- Annexe 9 : Résultat de la deuxième quasi-sérialisation pour $\alpha = 0.99$...	
- Annexe 10 : Opérations représentant les échanges inter-flots pour les flots fonctionnels....	
- Annexe 11 : Machines pouvant effectuer le même type d'usinage	
- Annexe 12 : Matrice résultante après application de la procédure de réduction des échanges inter-flot.....	



INTRODUCTION

INTRODUCTION

L'analyse historique des flux de production, montre au début de l'ère industrielle, deux grands types de flux de production. Le premier type est l'implantation en sections homogènes ou technologiques, rassemblant dans un même lieu géographique les machines pouvant réaliser le même type d'opérations. Ce type d'organisation a été privilégié dans la fabrication par lots en petites et moyenne séries.

A l'extrême, le deuxième type est l'implantation en ligne, souvent imaginée par " le travail à la chaîne " de HENRY FORD. Cette structuration optimise la production de masse en flux continu [5].

Suite au développement récent du concept de " technologie de groupe ", [4], [6], la recherche de performances meilleurs se poursuit aujourd'hui par la remise en cause de l'organisation de la production assurée par les fonctions techniques (implantation en section techniques), comme le disait J.L BURBIDGE dans [4], " une organisation obsolète qu'il faut remplacer ! ".

Au niveau des implantations d'atelier, l'îlot de production est une des formes d'application de la technologie de groupe. Le mot îlot est réservé à une structure physique de production groupant des moyens de production, pour la fabrication exclusive d'un groupe d'articles appelé famille [1].

Le but de notre étude est de voir une éventuelle possibilité de décomposer l'atelier "Ferrures " du C.V.I . (complexe des véhicules Industriels) en sous ateliers de fabrication et d'envisager une nouvelle configuration des flux de production .

Notre memoire comprend quatre chapitres :

Le premier chapitre apporte un complement d'informations utiles pour une meilleure comprehension du problème . Il précise les caracteristiques d'une organisation en sections techniques homogènes et celles d'une organisation en flots . Un constat de la situation actuelle de l'atelier va nous permettre d'identifier les problèmes , et de cerner les objectifs à atteindre .

Dans le deuxième chapitre , nous rappelons les principales approches de formation d'flots . Les différentes modélisations qui répondent aux problèmes d'identifications des flots , de fabrication et des familles d'articles seront traitées par la suite

Dans le troisième chapitre et afin de mener à bien notre application au sein de l'Atelier , nous avons procedé à une vaste collecte des données . Nous avons ensuite organisé ces données pour que le traitement soit aisé .

Le quatrième chapitre que nous avons appelé " Démarche de résolution " présente les différentes étapes poursuivies afin d'élaborer une configuration flotée de l'atelier " Ferrures " . Plusieurs méthodes seront utilisées pour évaluer l'opportunité de la solution obtenue .

Chapitre I

I.1 ORGANISATION DU FLUX DE PRODUCTION [1], [11], [8], [16].

I.1.1 ORGANISATION EN SECTIONS TECHNIQUES HOMOGENES :1 - DEFINITION :

Un système de production est organisé en sections techniques homogènes lorsque le principe suivant est respecté : Si une machine, quelle que soit cette machine dans le système de production, est capable techniquement de réaliser une opération sur un article quel que soit cet article ; alors cette machine peut être utilisée, si cela s'avère nécessaire, pour réaliser cette opération sur cet article.

2 - CARACTERISTIQUES :

C'est une organisation universelle, elle ne crée aucune relation stricte entre des moyens (machines) et des groupes d'articles car elle ne tient aucun compte des relations qu'introduisent les gammes de fabrication entre les différentes catégories techniques des machines .

C'est aussi l'organisation la plus flexible qui puisse exister :

Au moment de la définition du processus d'un article le gammiste peut choisir, pour chaque opération, la catégorie technique (machines de performances semblables) appropriée parmi

A decorative border of stars surrounds the text. The stars are arranged in a rectangular frame, with a single row of stars at the top and bottom, and vertical columns of stars on the left and right sides. The stars are small and evenly spaced.

CHAPITRE I

**DIFFERENTES TYPE
D'ORGANISATION DU FLUX
DE PRODUCTION**

1.1.2 ORGANISATION EN ILOTS (cellular manufacturing system) :

1 - Définition :

Un système de production est organisé en flots des lors que les moyens ont été scindés en groupes (= flots), chacun des groupes ayant l'exclusivité de la fabrication complète d'un groupe d'articles (=familles d'articles).

Remarquons que contrairement à une section technique un flot est hétérogène : toutes les catégories techniques (aussi diverses soient -elles) nécessaires à la fabrication d'une famille d'articles sont représentées dans l'flot associé à cette famille.

2 - caractéristiques :

Cette organisation est moins flexible que dans le cas d'une organisation en sections techniques :

- Au moment de la définition du processus d'un article nouveau, le gammiste doit affecter l'article à une famille; il ne doit utiliser que les catégories techniques représentées dans l'flot associé à cette famille.

Les moyens sont regroupés géographiquement par flot et, si un sens général de parcours des postes peut être défini, les moyens sont implantés conformément à ce sens. La figure 1.2 illustre ceci.

Par principe un lot de pièces ne traverse qu'un seul flot, (on verra que l'on pourra être amené à transgresser cette règle).

toutes les catégories techniques existant dans l'entreprise (sans préciser la référence d'une machine particulière) .

Au moment de l'élaboration du programme de travail, le système de gestion de production peut attribuer la réalisation d'une opération à n'importe laquelle des machines qui correspondent à la catégorie technique mentionnée sur la gamme.

L'implantation géographique des postes peut regrouper en une section tous les moyens correspondent à une même catégorie technique (ou a des catégories très voisines) , exemple : une section "tournage" peut regrouper dans un secteur d'atelier toutes les catégories de tours voisines, tour à décolleter-tours parallèles.... La figure 1.1 illustre ceci.

Cette organisation est très répandue; elle est surtout utilisée pour la fabrication diversifiées (plusieurs types de " pièces ") par lot unique ou par lots répétitifs.

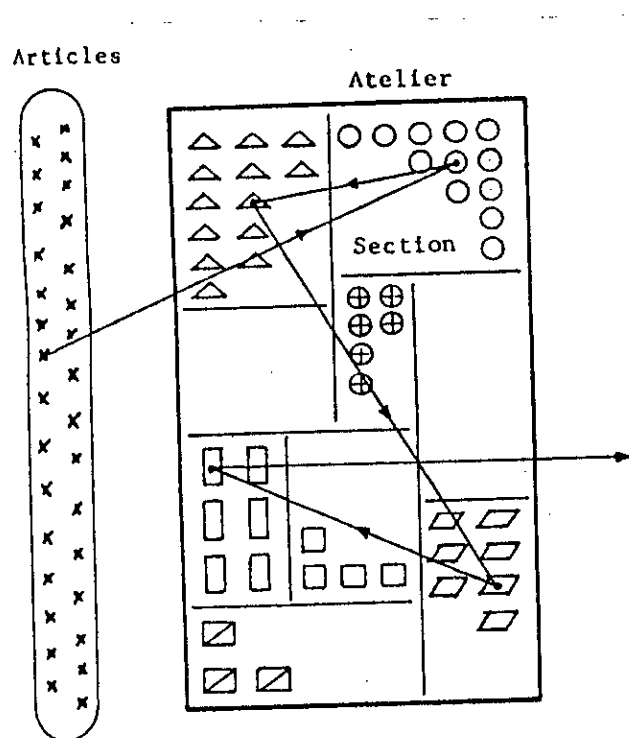


Figure 1.1
Organisation en SECTIONS TECHNIQUES

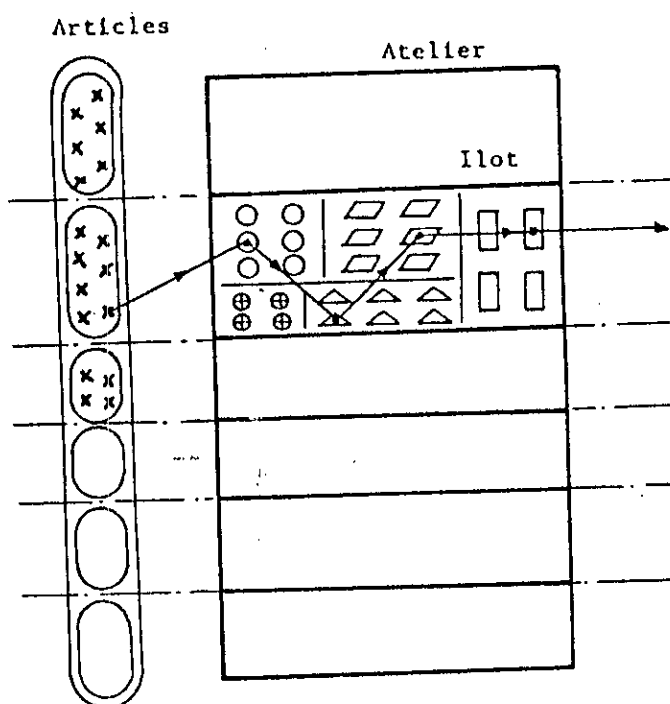


Figure 1.2
Organisation en ILOTS

I.2 CADRE DE L'ETUDE

DESCRIPTION DE L'ATELIER " FERRURES " :

L'atelier " ferrures " se situe au centre du bâtiment mécanique du complexe de véhicules industriels de ROUIBA, sa superficie est de 1487 m² .

Les machines sont groupées en trois lignes parallèles séparées par deux allées pour la manutention. Le parc se compose de quarante cinq (45) machines réparties comme suit :

03 Tours dont :

- 02 Tours parallèles,
- 01 Tour vertical.

11 Fraiseuses dont :

- 01 Fraiseuse a levier,
- 01 Fraiseuse verticale,
- 01 Fraiseuse universelle,
- 02 Fraiseuses Forest,
- 06 Fraiseuses Rouchand.

26 Perceuses dont :

- 06 Perceuses GSP 205 S,
- 04 Perceuses GSP 205 R,
- 02 Perceuses GSP 25 RB,
- 04 Perceuses Rochelet " multi-broches ",
- 02 Perceuses Trosseille,
- 06 Perceuses GSP 405 K 150,
- 02 Perceuses radiales.

01 Touret mape meule.

01 Machines à dresser.

02 Fraiseuses ALMO.

01 Fraiseuse alesense WOTAN a calculateur a commande numerique (C.N.C).

1.2.1 IDENTIFICATION DES MACHINES

Chaque machine est :

- Immatriculée par deux numéros,
- Codifiée.

Le premier numéro du matricule est composé de quatre chiffres, le seconde d'une lettre suivie de six chiffres .

Le code machine est composé de cinq chiffres, dont les deux premières désignent le genre de la machine. (Voir Annexe 4)

La liste des deux premiers chiffres . descodes et leurs signification est donnée dans le tableau suivant :

CODE	SIGNIFICATION
11 x x x	TOUR
31 x x x	FRAISEUSE
32 x x x	PERCEUSE
43 x x x	MEULE

FIG I.3 TABLEAU DES CODES ET LEURS SIGNIFICATION.

1.2.2 IDENTIFICATION DES PIECES

L'atelier " ferrures " est spécialisé dans la fabrication de pièces destinées à être monter sur des chassis de camions ou de bus Chaque pièce est immatriculée par un numéro de plusieurs chiffres. Nous distinguons 387 types de pièces usinées dans

l'atelier " ferrures " .

1.2.3 DESCRIPTION DU PROCESSUS DE FABRICATION :

La connaissance des mécanismes du processus de fabrication, nous permet de bien identifier les problèmes qui se posent actuellement dans l'atelier " ferrures " , au niveau de la fabrication et de la manutention.

La fabrication d'une pièce quelconque passe par les quatre étapes suivantes :

- Opération (usinage sur machine),
- Attente (stock intermédiaire),
- Transport (transfert entre les postes de travail),
- Contrôle.

1 - Gamme d'usinage :

C'est un document établi par le service méthodes, il définit l'ensemble des séquences d'opérations nécessaires à la réalisation de chaque type de pièce.

L'ordre des étapes d'usinage et de contrôle est déterminé par la gamme qui comporte :

- Toutes les opérations par lesquelles doit passer les pièces,
- Les types de chaque opération (tournage-fraisage,...),
- La machine et l'outillage nécessaire pour effectuer l'opération,
- Le temps nécessaire pour chaque opération.

Les quantités de pièces à fabriquer sont déterminées en réponse au besoins du centre montage.

2 - Cheminement des pièces :

Dans la fabrication par lots, les pièces suivent une séquence d'opération à travers différents postes de travail. Chaque type de pièce possède son propre cheminement en fonction de sa gamme de fabrication.

Pour définir le cheminement d'un type de pièce, il faut identifier ses opérations, et d'établir les postes où s'effectueront ces opérations.

1.3 PROBLEMES RENCONTRES DANS L'ATELIER

1.3.1 PROBLEMES DUS AUX MANUTENTION :

La centralisation du système de transport et aux limites de capacité de ce système (deux chariots élévateurs pour tout le bâtiment mécanique), provoque un allongement des cycles de fabrication. Les durées qui sont déclarées pour le transport entre deux postes de deux sections différentes sont grandes (souvent supérieur à la journée).

L'indisponibilité immédiate des moyens de manutention font qu'on a des arrêts fréquents dans la production d'un ensemble d'articles, Ces arrêts provoquent des encombrements au niveau des postes qui engendrent des difficultés de circulation des opérateurs, donc cela implique une baisse de la productivité .

1.3.2 PROBLEMES DUS A LA COMPLEXITE DES FLUX DE PRODUCTION :

Afin de donner une idée sur la complexité des flux engendrés par l'implantation actuelle de l'atelier " ferrures ", nous avons représenté sur une carte de flux a l'échelle (annexe 1) les gammes de quelques pièces sélectionnées arbitrairement. On voit le manque de clarté visuelle des flux de production, qui engendre, d'après les responsables de l'atelier, des difficultés de suivi de production. Le responsable d'atelier ne peut que maîtriser difficilement la complexité des relations entre les postes.

1.4 - POSITION DU PROBLEME :

En analysant les problèmes cités ci-dessus, nous constatons qu'ils sont dûs essentiellement à une implantation générant deux facteurs :

- Une complexité des flux de production, comme une conséquence logique d'une implantation, où les déplacements s'effectuent entre sections techniques,
- Des difficultés de suivi de production, suite à un manque de traçabilité des flux physiques.

Le problème, comme nous l'avons exprimé dans l'introduction consiste:

- En une analyse des flux de production dans l'atelier " ferrures "
- Voir la possibilité de réaliser une décomposition du système de production en sous systèmes, à savoir, définir conjointement des groupes de moyens (îlots) et des groupes d'articles (familles),
- Proposer une nouvelle configuration des flux qui soit gérable visuellement.

1.4 - POSITION DU PROBLEME :

En analysant les problèmes cités ci-dessus, nous constatons qu'ils sont dûs essentiellement à une implantation générant deux facteurs :

- Une complexité des flux de production, comme une conséquence logique d'une implantation, où les déplacements s'effectuent entre sections techniques,
- Des difficultés de suivi de production, suite à un manque de traçabilité des flux physiques.

Le problème, comme nous l'avons exprimé dans l'introduction consiste:

- En une analyse des flux de production dans l'atelier " ferrures "
- Voir la possibilité de réaliser une décomposition du système de production en sous systèmes, à savoir, définir conjointement des groupes de moyens (flots) et des groupes d'articles (familles),
- Proposer une nouvelle configuration des flux qui soit gérable visuellement.

Chapitre II

DIFFERENTES APPROCHES POUR LA
FORMATION D'ÎLOTS BASEES SUR
L'ANALYSE DU FLUX

Dans ce chapitre, nous rappelons les principales approches de formation d'îlot. On va d'abord définir le problème d'identification des îlots de fabrication des différentes modélisations qui répondent au problème d'identification seront traitées par la suite .

II.1 - POURQUOI DECOMPOSER LE SYSTEME DE PRODUCTION :

[04], [03], [14]

A l'heure actuelle, la réduction des délais de production est l'un des objectifs de tout système de production .

En effet , la maîtrise visuelle de l'en-cours de production permet au responsable de production de mieux maîtriser le flux devant chaque poste de travail. Cette maîtrise constitue le facteur prépondérant dans la diminution des délais de production .

Dans les implantations en sections homogènes le suivi de production est une tâche difficile pour un responsable d'atelier, suite à la complexité du flux à gérer,. Cette complexité ne peut être maîtrisée que par la décomposition du système de production en sous-systèmes indépendants ou faiblement liés [6]. Une telle décomposition permet [14] :

- La réduction des délais de production .
- La réduction des en-cours .
- L'amélioration de la gestion des ateliers .
- La réduction des coûts de manutention .

Au niveau des ateliers de fabrication mécanique l'îlot de fabrication est une forme d'application de la décomposition des systèmes de production .

Nous désignons par le mot îlot : l'ensemble des machines réunies dans une même zone pour produire une même famille de produit .

II.1.1/ Définition du problème de formation d'îlots : [6] [13]

Nous pouvons définir le problème de formation d'îlots de fabrication de la manière suivante :

"La décomposition des ateliers en îlots de fabrication consiste à regrouper des machines en sous-ensembles les plus indépendants les uns des autres possible chargés essentiellement de la production

d'un sous ensemble de produit" .

Il découle de cette définition que idéalement, un flot est un groupe de machines destinées à effectuer intégralement le processus de fabrication d'un type de produit déterminé .

II.1.2/ Les données de base du problème : [6] [3] [13]

Les données pour résoudre le problème de formation d'îlots de fabrication sont : [6] [3]

- Les références et désignation de chaque produit .
- Les références des machines disponibles .
- Gamme de fabrication qui comportent :
 - Les séquences opératoires pour produire un produit.
 - Les équipement des machines pour les opérations.
- Charge des machines pour les diverses phases de production

II.2/ L'ANALYSE DU FLUX DE PRODUCTION :

D'après l'association française de normalisation (AFNOR) [1], un flux correspond à une relation entre origine et une destination il traduit un mouvement .

En ce qui concerne les ateliers de production mécaniques , nous désignons par le mot "flux", les mouvements des pièces entre les différents postes de travail.

L'analyse de flux de production peut être effectuée de deux manières différentes :

- Une analyse statique .
- Une analyse dynamique .

II.2.1/ L'analyse dynamique de flux : [03]

L'analyse dynamique de flux de production permet d'étudier les comportements évolutifs d'un système de production en tenant compte de la variable "temps".

En raison de la complexité croissante des systèmes manufacturiers, il est de plus en plus difficile de prévoir leur comportement et leur performances sans faire appel aux modèles de simulation. Cette dernière et compte tenu du caractère dynamique et aléatoire des phénomènes réels, Elle est peut être à l'heure actuelle un des outils les plus efficaces. Elle permet comme toute expérimentation sur le modèle, la représentation de l'état futur d'un système (situation globale ou détaillée).

11.2.2/ L'analyse statique de flux : [3] [13] [19] [06]

L'analyse de flux peut être d'une manière statique en se fixant un horizon donné.

Une telle approche permet à l'homme de terrain de suivre et analyser sa production. Concernant le problème de formation d'îlots l'approche par l'analyse statique du flux permet d'envisager des partitions de produit-machines ou des processus de fabrication communs.

Exemple :

Pour partitionner les couples (produit-machine), on utilise une matrice produit/machine où l'on indique si un produit utilise ou non la machine (Fig II.1). Cette représentation se fait d'une manière binaire ou avec toute autre pondération représentant, par exemple, une charge de travail, la taille des lots de production.

	Machine			
	M1	M2	M3	M4
P1	0	1	0	1
P2	1	0	1	0
P3	0	1	0	1
P4	1	0	1	0
P5	1	0	0	0

FIG II.1 : MATRICE BINAIRE REPRESENTANT DES PRODUITS, DES MACHINES ET DES GAMMES

Les partitions sont obtenues à partir de la matrice (Fig II.1) en permutant les lignes et les colonnes afin de maximiser les "1" dans une famille et de minimiser les "0" à l'extérieur des familles en diagonalisant les blocs de "1" obtenus (fig II.2) .

	Machine			
	M2	M4	M1	M3
P1	1	1		
P3	1	1		
P2			1	1
P4			1	1
P5			1	

FIG (II-2) : PARTITION PAR SIMILITUDE D'OPERATIONS

Afin de classifier la logique des concepts d'analyse statique de flux pour la décomposition des ateliers en flots de fabrication; nous présentons une méthodologie à suivre :

- 1- Analyser les processus des produits à manufacturer.
- 2- Partitionner ces processus de façon à regrouper les produits suivant l'objectif suivant :

Veiller à former des familles de machines en minimisant les échanges de flux entre partitions formés .

- 3- Après avoir obtenu une partition acceptable suivant ce critère, le concepteur aura libre cours de s'orienter vers une étude d'implantation (agencement spécial) pour les familles obtenues .

Il existe plusieurs modélisations pour la décomposition des systèmes de production en ilots de fabrication basées toutes sur l'analyse statique du flux :

- Modélisation par la théorie des graphes .
- Modélisation par la programmation mathématique .
- Modélisation par l'analyse de données .

II.3 - MODELISATION DU PROBLEME DE FORMATION D'ILOT

II.3.1 - MODELISATION PAR LA THEORIE DES GRAPHES : [09] [06]

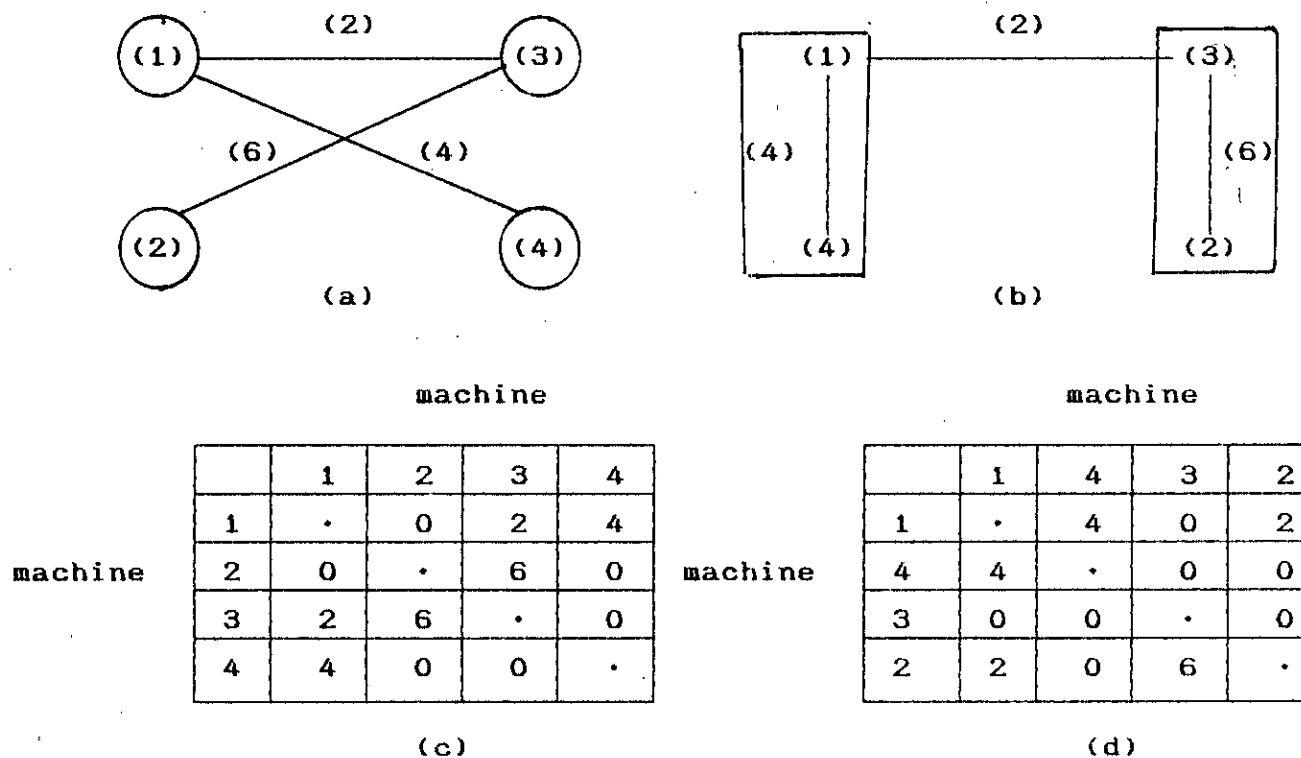
Les flux entre les postes peuvent être représentés à l'aide d'un graphe dont les noeuds sont les machines et les arrêtes traduisent la relation "Circule entre les machines" .

Le poids des arrêtes représente une mesure de flux entre les machines, cette mesure peut être la quantité de produits circulant entre les postes ou un nombre de lancement annuel ou toute autre mesure quantitative .

Le graphe peut être orienté ou non , conséquence : la matrice d'incidence de ce graphe est symétrique ou non .

La formation d'îlots consiste à partitionner ce graphe de façon à minimiser les flux entre les parties .

La figure 11.3 représente le flux des produits entre les machines à l'aide d'un graphe non orienté et la matrice d'incidence correspondante :



- (a) : Graphe initiale des flux entre machines .
- (b) : Graphe partitionné : minimisation des flux entre parties .
- (c) : Représentation du graphe (a) sous forme d'un tableau symétrique .
- (d) : tableau (c) partitionné : concentration des flux dans les blocs diagonaux .

FIGII.3 REPRÉSENTATION DU FLUX

II.3.2 - MODELISATION PAR LA PROGRAMMATION MATHÉMATIQUE :

[09][06][13]

La majorité des modèles de programmation mathématique développés considèrent la distance d_{ij} mesurée entre deux produits i et j . KUZIAK [9] a proposé un modèle qui relève de la programmation mathématique en nombres entiers (PLNE). Ce modèle est utilisé pour grouper n produits dans "p" familles de produits en utilisant la distance de Hamming définie comme suit :

Soit la matrice de données $A(a_{ij})$ fig(II.4), où chaque ligne correspond à un produit et chaque colonne à une machine :

		Machine			
		M1	M2	M3	M4
A =	P1	0	1	0	1
	P2	1	0	1	0
	P3	0	1	0	1
	P4	1	0	1	0
	P5	1	0	0	0

FIG II.4 : MATRICE DE DONNÉES INITIALES

- Notons par m : nombre de machines
 n : nombre de produits
 p : nombre de famille de produits

La matrice $D[d_{ij}]$ des distances de Hamming fig(II.5) est une matrice symétrique (Produit/Produit) calculée de la manière suivante :

$$d_{ij} = \sum_{k=1}^m Z(a_{ik}, a_{jk}) \quad \text{pour tout couple de produit } i, j$$

avec :

$$Z(a_{ik}, a_{jk}) = \begin{cases} 1 & \text{si } a_{ik} = a_{jk} \\ 0 & \text{si non} \end{cases}$$

autrement dit :

$Z(a_{ik}, a_{jk}) = 1$ si les produits i et j utilisent la même machine k

Et par conséquent $d_{ij} = 1$, signifie que les produits i et j utilisent à l'fois la même machine.

$$D = [d_{ij}] = \begin{array}{c} \begin{matrix} P1 \\ P2 \\ P3 \\ P4 \\ P5 \end{matrix} \begin{bmatrix} \begin{matrix} P1 & P2 & P3 & P4 & P5 \\ 0 & 0 & 4 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 4 & 3 \\ 4 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 4 & 0 & 0 & 3 \\ 1 & 3 & 1 & 3 & 0 \end{matrix} \end{bmatrix} \end{array}$$

FIG (II.5) : MATRICE DES DISTANCES DE HAMMING

Formulation du modèle :

A/ Les variables :

• Le modèle de KUZIAK utilise une variable de décision de type binaire définie comme suit :

$$x_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{si le produit } i \text{ appartient à la famille} \\ & \text{de produit } j \\ 0 & \text{si non} \end{cases}$$

• d_{ij} : distance de Hamming mesurée entre les produits i et j .

B/ La fonction objectif :

Le problème est de maximiser le nombre de fois que deux produits i, j utilisent la même machine :

$$\text{Max } Z = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n d_{ij} x_{ij}$$

C/ Les contraintes :

$$\bullet \sum_{j=1}^n x_{ij} = 1 \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (1)$$

$$\bullet \sum_{j=1}^n x_{ij} = p \quad (2)$$

$$\bullet x_{ij} \leq x_{jj} \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (3)$$

$$\bullet x_{ij} = 0, 1 \quad i = 1, \dots, n \\ j = 1, \dots, n \quad (4)$$

Interpretation des contraintes :

- (1) Assure que chaque produit appartient exactement à une famille de produit.
- (2) Spécifie le nombre des familles des articles .
- (3) Assure l'appartenance de l'article i à la famille j, seulement quand cette famille sera formée .
- (4) Assure l'intégrité des variables .

Modèle :

Il est important de noter que Dans la modélisation par la programmation mathématique : la définition préliminaires du nombre et de la taille des îlots que nous voulons obtenir . Ce nombre et cette taille étant inconnus, il serait difficile par la suite de parler d'une solution exacte du problème [14]

II.3.3 - MODELISATION PAR L'ANALYSE DES DONNEES :

[06] [03] [13]

Depuis quelques années les études ont été entreprises pour appliquer les méthodes d'analyse de données à la reconnaissance des flots de fabrication .

L'étape préliminaire à un tel procédé consiste à réorganiser dans un tableau les informations relatives au problème de formation d'flots. Ce tableau est alors traité pour rechercher des partitions de produits et de machines .

II.3.3.1 / Formulation mathématique du problème :

L'approche par l'analyse de données consiste en une modélisation du problème général sous forme de programmation linéaire dont la fonction objectif et les contraintes seront définies plus tard .

Modèle de représentation :

Sur un horizon donné, nous considérons l'ensemble des produits à manufacturer et l'ensemble des moyens (machines) nécessaires ou disponibles pour réaliser ces produits .

Les données sont représentées dans un tableau où chaque ligne correspond à un produit et chaque colonne à une machine.

La variable de décision utilisée (a_{ij}) est de type binaire, elle est définie de la manière suivante :

$$a_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{si le produit } i \text{ utilise la machine } j \\ 0 & \text{si non} \end{cases}$$

/ Formulation du problème : [10] [6]A/ L'objectif :

Etant donné la matrice des données A (a_{ij}), on note :

Z (z_{ij}) la matrice traduisant la relation de concordance "Appartenir au même flot" .

La variable z_{ij} est de type binaire, elle est mise à "1" si le produit i est la machine j appartiennent au même flot et mise à "0" ailleurs .

Le but est de mesurer le degrés de rapprochement de la matrice A à la matrice Z en comptant le nombre de concordance entre ces deux matrices .

Le problème revient à chercher la matrice Z maximisant la fonction objectif [6] :

$$F(Z) = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m [a_{ij} - (1 - \alpha)] z_{ij}$$

avec :

n : nombre de produits .

m : nombre de machine .

α : paramètre entre 0 et 1 ($\alpha \in [0 .. 1]$) qui impose la concentration minimale des "1" dans les blocs diagonaux .

La variation du paramètre α laisse les solutions naturelles émerger avec des tailles de famille variable, car la non

introduction de ce paramètre dans la fonction objectif donnera aux solutions une certaine rigidité .

B/ Les contraintes :

Les contraintes sur Z qui définissent la relation de sériation par block entre deux ensembles I et J sont :

$$z_{ij} + z_{i'j'} + z_{i'j} - z_{ij'} \leq 2 \quad (C_1) \quad \forall (i, i') \in I^2, \forall (j, j') \in J^2$$

$$z_{i'j'} + z_{i'j} + z_{ij} - z_{ij'} \leq 2 \quad (C_2) \quad \forall (i, i') \in I^2, \forall (j, j') \in J^2$$

$$z_{i'j} + z_{ij} + z_{i'j'} - z_{ij'} \leq 2 \quad (C_3) \quad \forall (i, i') \in I^2, \forall (j, j') \in J^2$$

$$z_{i'j'} + z_{i'j} + z_{ij} - z_{ij'} \leq 2 \quad (C_4) \quad \forall (i, i') \in I^2, \forall (j, j') \in J^2$$

$$\sum_{i=1}^n z_{ij} \geq 1 \quad (C_5) \quad \text{Pour tout } j \in J = \{1, \dots, m\}$$

$$\sum_{j=1}^m z_{ij} \geq 1 \quad (C_6) \quad \text{Pour tout } i \in I = \{1, \dots, n\}$$

$$z_{ij} = 0 \text{ ou } 1 \quad (C_7) \quad \text{Pour tout couple } (i, j)$$

Interpretation des contraintes : [14]

- (C1), (C2), (C3), (C4) : appelées contraintes de "Triade impossible", elles obligent un couple : i, i' de produit et un couple i, j de machine de ne pas tomber sur le seul cas d'irréalibilité suivant :

	j	j'
i	1	1
i'	0	1

Comme le '0' peut être dans n'importe quel sommet du carré (iijj') formé par les deux couples, le nombre de contraintes est de quatres :

- (C5), (C6) : appelées "contraintes d'affectation" elles forcent toutes les lignes et les colonnes à être classifiés .

(C7) : assure le caractère binaire de la matrice Z .

II.3.3.2/ Les résultats : [06] [09] [10] [13] [14]

Deux cas peuvent se présenter après la décomposition en blocs diagonaux du tableau de données initial :

- La quasi-sériation .
- La sériation .

A/ La quasi-sériation d'une matrice :

En éliminant les contraintes (C5) et (C6) du modèle de formation précédent, un certain nombre de produits ou de machines peuvent ne pas être affectés à un flot.

Ces postes ou produits sont appelés "éléments exceptionnels" .

Une définition de ces éléments a été donnée dans [06] :

"Les éléments exceptionnels sont ceux qui, retirés du parc des machines, ou de l'ensemble des produits, permettent d'obtenir des éléments totalement indépendants". Notre matrice de quasi-sériation sera présentée comme suit Fig (II.6) .

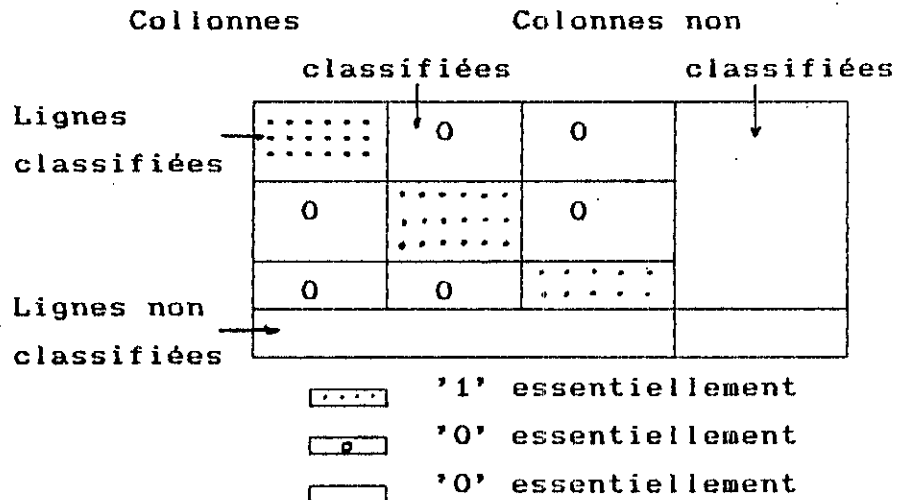


FIG II.6 : MATRICE DE QUASI-SERIATION

B/ La sériation :

La solution de la sériation est utilisée pour pallier à l'existence des familles exceptionnelles dans la solution obtenue par la quasi-sériation .

Dans une telle solution tous les éléments sont classifiés et la décomposition du système est dite totale .

Dans ce cas, les contraintes d'affectation (C5) et (C6) seront rajoutées aux contraintes (C1), (C2), (C3), (C4) et (C7) dans le modèle de formulation, et la matrice aura la configuration de la fig (II.5) :

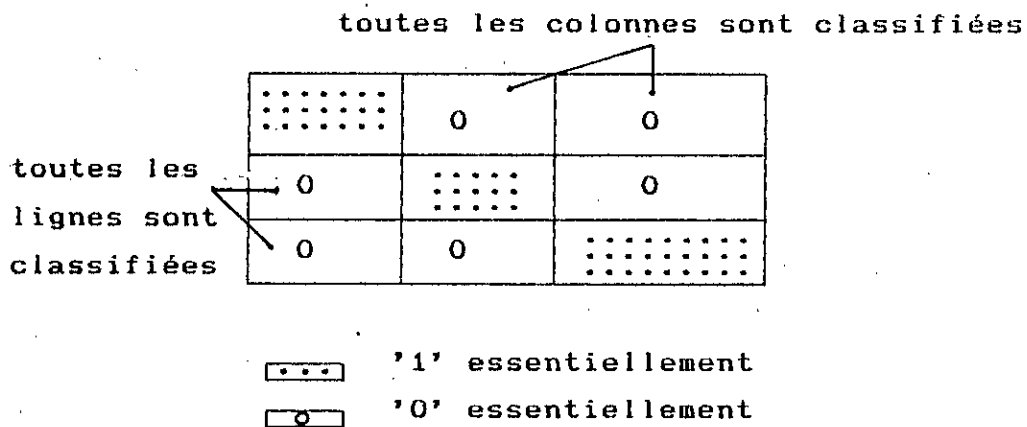


FIG (II.5) : MATRICE DE SERIATION

11.3.3.3 - COMPLEXITE DU PROBLEME : [6]

La résolution des modèles présentés dans ce chapitre relève de la programmation mathématique en nombre entiers.

Compte tenu de la grande taille du tableau de données à traiter (plusieurs milliers de produits avec plusieurs centaines de machines). La résolution des modèles doit faire appel à des heuristiques, car la solution exacte n'est jamais atteinte avec des problèmes de tailles industrielles [6].

METHODE RETENUE :

A partir du moment où l'analyse statique trouve une ou plusieurs solutions d'organisation physique de flux, l'analyse du comportement dynamique simule le comportement global d'un atelier de production avec plus de détail.

comme nous l'avons déjà mentionné notre objectif consiste à pré-diagnostiquer la possibilité de réorganiser le flux de production de l'atelier "ferrures" en îlots de fabrication. Toutes les approches décrites auparavant permettent de proposer des solutions en ce qui concerne le groupage des machines et des familles d'articles. les modélisation par la théorie des graphes et par la programmation mathématique sont utilisées pour résoudre des problèmes dont le critère d'optimisation est défini à l'avance.

le SAFIR basé sur l'analyse des tableaux de données n'impose aucune contrainte, ni sur le nombre d'îlots ni sur la taille des familles, ceci donne l'avantage de générer des solutions naturelles d'ilotage; ce qui convient le mieux pour nos objectifs .

Chapitre III

COLLECTE

ET ORGANISATION DES DONNEES

Pour pouvoir bien mener une bonne représentation du problème et déterminer les paramètres essentiels à l'analyse, il a fallu dans une première étape procéder à une vaste collecte de données auprès des différentes structures de l'atelier "Ferrures" .

III.1/ COLLECTE DES DONNEES :

C'est l'étape la plus difficile et la plus longue dans notre travail vu le nombre énorme des pièces qui sont usinées dans l'atelier "Ferrures". Ce nombre est évalué à 407 pièces au total . Pour la collecte des données, nous avons recueillis celles jugées utiles pour notre analyse soit :

- Le nombre et caractéristiques des machines disponibles.
- Le nombre des pièces usinées dans l'atelier .
- Les gammes d'usinage pour chaque pièce .
- Les charges machines .

III.2/ REPRESENTATION DES DONNEES :

Après consultation des gammes d'usinage des produits, nous avons regroupés les données dans une matrice [A], où les lignes représentent les produits et les colonnes représentent les machines . (voir annexe 6)

Chaque élément a_{ij} de cette matrice est défini comme suit :

$$a_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{si le produit } i \text{ passe par la machine } j \\ 0 & \text{sinon} \end{cases}$$

Il est à souligner qu'un produit peut être usiné plus d'une fois à une même machine (cas d'un rebroussement) .

Nous avons ensuite saisi l'ensemble des informations à l'aide du tableur QUATPRO sur micro-ordinateur . Nous nous sommes donc retrouvés en présence d'une matrice de dimension 407×27 , soit 10989 entrées .

III.3/ ORGANISATION DES DONNEES :

III.3.1/ Groupement par type de machine :

Comme déjà mentionné au chapitre (01), l'atelier "Ferrures" dispose d'un parc composé de 45 machines .

Ayant constaté qu'il existe parmi elles certaines machines parfaitement identiques nous les avons regroupées en 27 types distincts . (Voir Annexe 4)

III.3.2/ Identification des pièces usinées dans l'atelier :

Les pièces usinées dans l'atelier se présentent sous forme de deux catégories :

- 387 pièces dont l'usinage est effectué à 100 % dans l'atelier.
- 20 pièces dont l'usinage nécessite plusieurs opérations à l'extérieur de l'atelier .

Une analyse des pièces de la deuxième catégorie nous a amené à les éliminer du traitement à cause des facteurs suivants :

- Ces pièces ne représentent qu'un pourcentage faible dans la production , soit 4,9 % du total des pièces .
- Une consultation des gammes d'usinage de ces pièces, montre qu'elle ont toutes au plus une opération dans leurs processus de fabrication .
- Plus de la moitié de ces pièces (13 pièces) seront finis à l'extérieur de l'atelier "Ferrures" .

III.3.3/ Nouvelle codification des pièces et des machines :

Afin de simplifier les traitements nous avons adopté une nouvelle codification , cette dernière représente :

- Une machine par la lettre M suivie d'un indice i ($i = 1, 2, \dots, 27$) (Voir annexe 4)
- Un produit par la lettre P suivie d'un indice i ($i = 1, 2, \dots, 387$) (Voir annexe 05)

III.4/ FLUX ACTUEL DES PIECES DANS L'ATELIER :

Afin d'avoir un aperçu sur le flux ou le cheminement des pièces nous avons sommé les lignes de la matrice [A] , et avons constaté que sur les 387 pièces fabriquées dans l'atelier :

- 121 pièces soit 31,3 % n'utilisent qu'une seule machine dans leurs gammes d'usinage, elles représenteront la catégorie 1 .
- 266 pièces soit 68,7 % qui passent au moins par deux machines. Elles représenteront la catégorie 2 .

Nous avons constaté par la suite que sur les 266 pièces (catégorie2) la somme par ligne était comprise entre 2 et 10, soit une répartition en huit classes :

- 77 pièces qui passent par deux machines, soit 19,9 %.
- 47 pièces qui passent par trois machines, soit 12,2 %.

- 54 pièces qui passent par quatre machines, soit 13,9 %.
- 50 pièces qui passent par cinq machines, soit 12,9 %.
- 22 pièces qui passent par six machines, soit 5,8 %.
- 06 pièces qui passent par sept machines, soit 1,5 %.
- 09 pièces qui passent par huit machines, soit 2,3 %.
- 01 pièces qui passent par dix machines, soit 0,2 %.

Nous remarquerons en analysant les classes obtenues que :

- La première catégorie des pièces a une manutention nulle (en négligeant la manutention du poste réception vers la machine puis vers le poste expédition; sous l'hypothèse que c'est une opération commune pour toute les pièces).
- La majorité des pièces (266) ont des circuits longs et complexes.

Un tri descendant sur les pièces de la 2ème catégorie et en prenant comme critère le nombre de machines intervenant dans leur processus de fabrication a fait ressortir les 8 pièces ayant les plus longs circuits dans l'atelier, ces pièces sont : P₁, P₂, P₃, P₄, P₅, P₆, P₇, P₈. Les gammes de ces produit sont données sur la FIG (III.1)

Produit	Gamme
P1	M13 M21 M13 M16 M14 M16 M11 M24 M16 M14
P2	M13 M12 M13 M17 M23 M7 M17 M23
P3	M13 M12 M13 M7 M23 M7 M17 M23
P4	M13 M12 M13 M7 M23 M7 M17 M23
P5	M13 M12 M13 M7 M23 M7 M17 M23
P6	M10 M21 M10 M13 M23 M19 M23
P7	M13 M21 M13 M16 M11 M24 M14
P8	M10 M07 M01 M13 M12 M14 M22

fig III.1 : GAMME D'USINAGE DES DIX PRODUITS AYANT LES PLUS LONGS CIRCUITS DANS L'ATELIER

III.5 / DEGRES DE SOLLICITATION DES MACHINES :

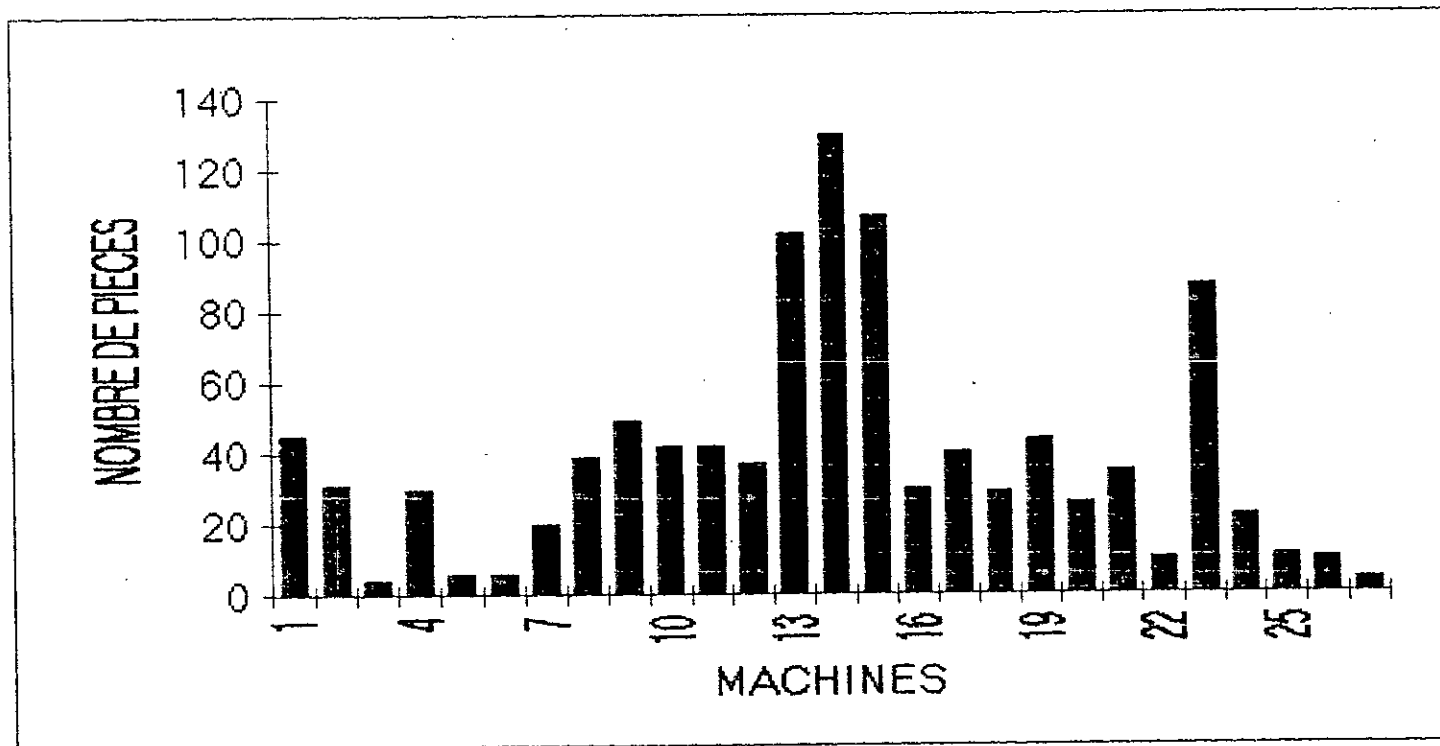
Pour définir les machines les plus sollicitées dans le processus de fabrication , nous avons sommé les colonnes de la matrice A et comptabilisé pour chaque type de machines le nombre de pièces qui y passant . Les résultats obtenus représentés sur le Tableau (III.1)

Machines	Nombre de pièces	Machines	Nombre de pièces	Machines	Nombre de pièces
M1	45	M10	42	M19	44
M2	31	M11	42	M20	26
M3	04	M12	37	M21	35
M4	30	M13	102	M22	10
M5	06	M14	130	M22	87
M6	06	M15	107	M24	22
M7	20	M16	30	M25	11
M8	39	M17	40	M26	10
M9	49	M18	29	M27	03

Fig III.1 : NOMBRE DE PIECES PASSANT PAR CHAQUE MACHINES

Il apparait qu'une grande partie de pièces passent par les machines M14 , M15 , M13 , M23 (voir fig III.1) :

En effet , cela est dû aux caractéristiques techniques de ces machines (voir Annexe 07) . D'autres part et pour les mêmes raisons certains machines ne sont utilisées que par un nombre réduit de produits , soit M3 , M5 , M6 , M27 .



NOMBRE DE PIÈCES PASSANT PAR CHAQUE MACHINES

Chapitre IV

DEMARCHE DE RESOLUTION

V.1/ INTRODUCTION :

Dans ce chapitre, nous utilisons le système d'aide à la formation d'îlot rationnel (SAFIR) . Cette application consiste en une décomposition de l'atelier "ferrures" en flots de fabrication et les pièces usinées en familles de pièces . Pour cela et en premier lieu nous allons présenté cet outil d'analyse .

Dans un deuxième temps, nous effectuerons une quasi-sériation de la matrice initiale afin d'obtenir les flots fonctionnels. Une analyse traitant les résultats obtenus aboutira à l'identification des flots opérationnels .

En dernier lieu , nous concrétisons les résultats de l'analyse en proposant une nouvelle configuration du flux de l'atelier "Ferrures" .

IV.2/ PRESENTATION DU SAFIR :

SAFIR (Système d'Aide à la Formation des Ilots Rationnels) est un outil d'analyse développé au laboratoire de recherche en productique de Strasbourg (L.R.P.S) .

SAFIR a à sa disposition des modules d'analyse et de recherche des flots. Ces modules s'inspirent du programme linéaire en nombres entiers (P.L.N.E) développé en III.3.3.2.

En ce qui concerne notre étude , l'application du SAFIR nous

a permis uniquement d'effectuer un premier ilotage de l'atelier "ferrures", puisque plusieurs modules d'analyse propres à SAFIR ne sont pas opérationnels dans la version disponible .

IV.3 - IDENTIFICATION DES FAMILLES DE PIECES ET DE MACHINE :

IV.3.1 - LES FAMILLES EXCEPTIONNELLES :

Il est important de noter que SAFIR propose le seuil $\alpha = 0.5$ par défaut . De ce fait et en utilisant le résultat que peut , nous donné la machine , le premier résultat de quasi-sérialisation proposé par SAFIR pour $\alpha = 0.5$ est donné en Annexe 8 .

Ce résultat nous a servi pour déterminer les familles exceptionnelles qui sont en fait les machines M03 et M27.

Ces machines n'interviennent que pour un nombre réduit de pièces qui nécessitent une très grande précision et par conséquent une charge considérable dans leur processus de fabrication .

Le résultat de quasi-sérialisation pour $\alpha = 0,5$ ne donne pas toutes les informations concernant les opérations intra et inter-ilots , pour cela nous avons opté à un choix du paramètre α .

IV.3.2/ Choix du paramètre α :

SAFIR laisse une marge à l'utilisateur industriel en ce qui concerne le choix du paramètre α , en effet en faisant varier ce paramètre, des solutions naturelles peuvent émerger avec des tailles d'ilots différentes .

Comme déjà indiqué précédemment le paramètre α influe sur la concentration minimale des '1' dans les blocs diagonaux de la

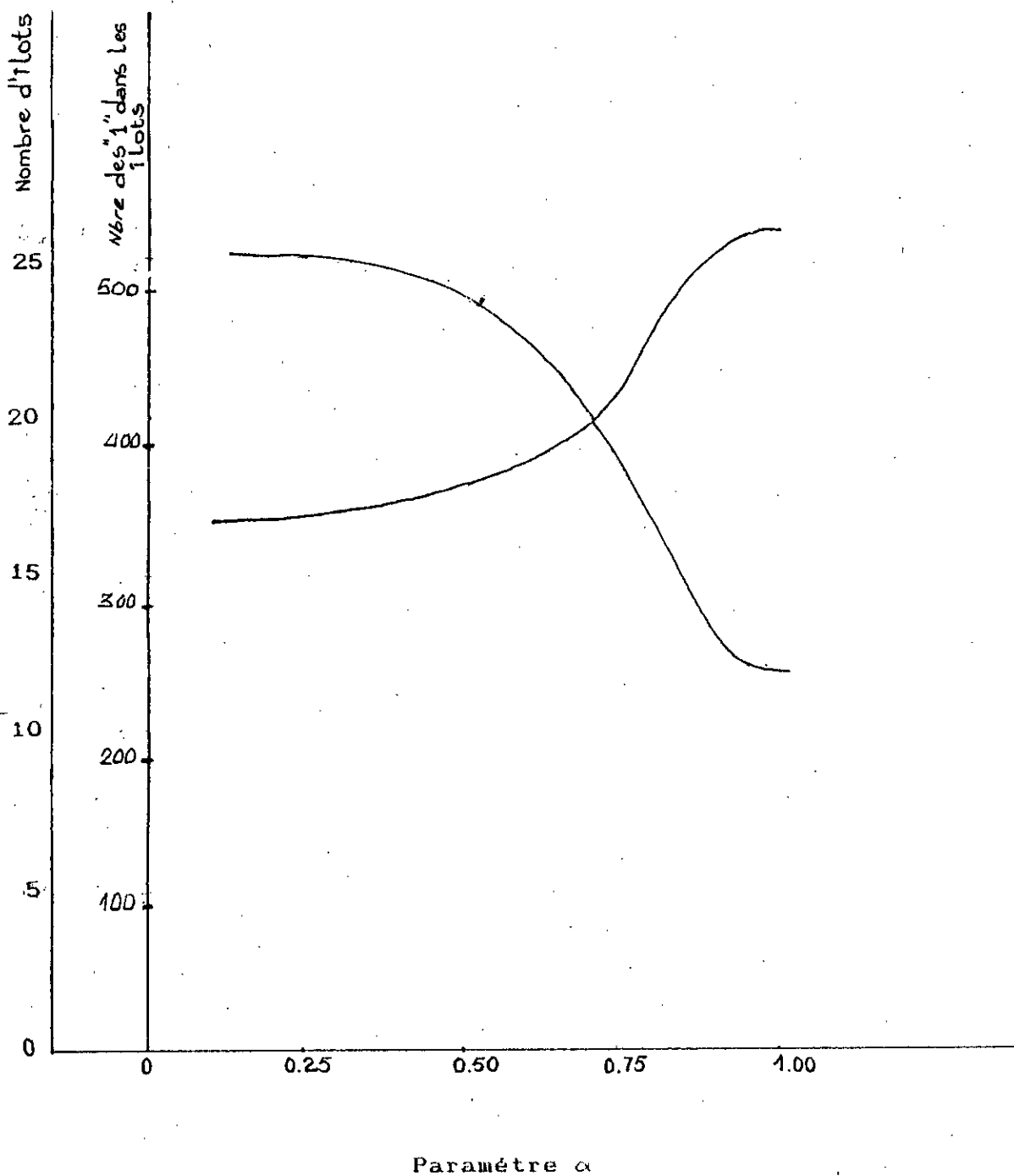


FIG (IV.1) : VARIATION DU PARAMETRE α AVEC LE NOMBRE D'ÎLOTS ET LE % DES '1' DANS LES ÎLOTS

matrice de quasi-sériation.

Le tableau (IV.1) illustre les différentes solutions obtenues en faisant varier α .

A ce propos, nous pouvons tirer quelques remarques :

(voir fig IV.1)

- 1) Le nombre d'îlots augmente progressivement avec la diminution de la valeur de α .
- 2) La concentration des "1" dans les blocs diagonaux diminue progressivement avec la diminution de α .
- 3) A partir d'un certain seuil ($\alpha \geq 0,95$), nous avons les mêmes résultats qui apparaissent.

Pour notre cas, le choix du paramètre α , est fondé sur les points suivants :

- Notre objectif, qui consiste à avoir une grande concentration des "1" dans les blocs diagonaux de la matrice.
- Avoir un nombre d'îlot acceptable et qui soit facilement gérable par un responsable industriel, car plus le nombre d'îlot est grand et plus la difficulté de gestion est importante.
- A partir d'un seuil ($\alpha \geq 0,95$) une certaine stabilité est remarquée (même nombre d'îlot (12)).

α Critère	0,25	0,50	0,70	0,95	0,98	0,99
Nombre d'flots	25	24	20	12	12	12
Nombre des '1' à l'intérieur des flots	387	403	443	591	593	594
Pourcentage des '1' à l'intérieur des flots	87,35	38,90	42,76	57,05	57,24	57,33
Pourcentage des '1' à l'extérieur des flots	62,65	61,10	57,24	42,95	42,76	42,67

TAB IV.1 : VARIATION DU PARAMETRE α

De ce fait , nous avons choisi : $\alpha = 0,99$.

IV.3.3/ Détermination des flots fonctionnels :

Les résultats de quasi-sériation du premier tableau analysé pour $\alpha = 0,99$ sont données dans l'annexe (9) .

SAFIR propose une solution en 12 familles appelées dans la littérature "flots fonctionnels". La séparation de chaque flot est visualisée par des traits continus .

Aucune famille exceptionnelle n'a été signalée, tous les produits et les machines sont affectés

Dans le tableau (IV.2) , nous donnons pour chaque flot fonctionnel formé par la première quasi-sériation :

- Le nombre de produits .
- Le nombre de groupes de machines .
- Le nombre de machines .
- Le nombre d'opérations intra-flots .
- Le nombre d'opérations inter-flots .

Ilot N°	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Nombre de pièce	134	65	54	35	22	15	23	23	03	05	04	04
Nombre de groupe de machine	7	4	4	2	2	2	1	1	1	1	1	1
Nombre de machines	13	10	08	03	2	2	1	2	1	1	1	1
Nbre d'opérations intra-flots	264	101	86	38	27	16	23	23	3	5	4	4
Nbre d'opérations inter-flots	114	90	58	41	30	16	55	16	6	4	8	4

TAB IV.2 LES ILOTS FONCTIONNELS AVEC $\alpha = 0,99$

Nous pouvons remarquer que l'ilot 1 accumule plus de produits et de machines, ce qui explique le grand nombre d'opérations à l'intérieur de cet ilot .

Plusieurs flots ne contiennent qu'une seule machine sont apparus après la quasi-sériation . Ces flots ne travaillent que sur un

nombre restreint de produits . Ils sont appelés "Ilots singletons".

Avant de tirer des conclusions sur les résultats de la classification et de décider de l'étape suivante, analysons les classes obtenues .

IV.3.4/ Interprétation des résultats :

Deux grandes classes ressortent de la première quasi-séciation (Voir TAB IV.3) .

Ilot	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Nombre de pieces	134	65	54	35	22	15	23	23	03	05	04	04

TAB IV.3 : NOMBRE DE PIECES AFFECTEES A CHAQUE ILOT

IV.3.4.1/ Ilots auxquels un grand nombre de produits est affecté :

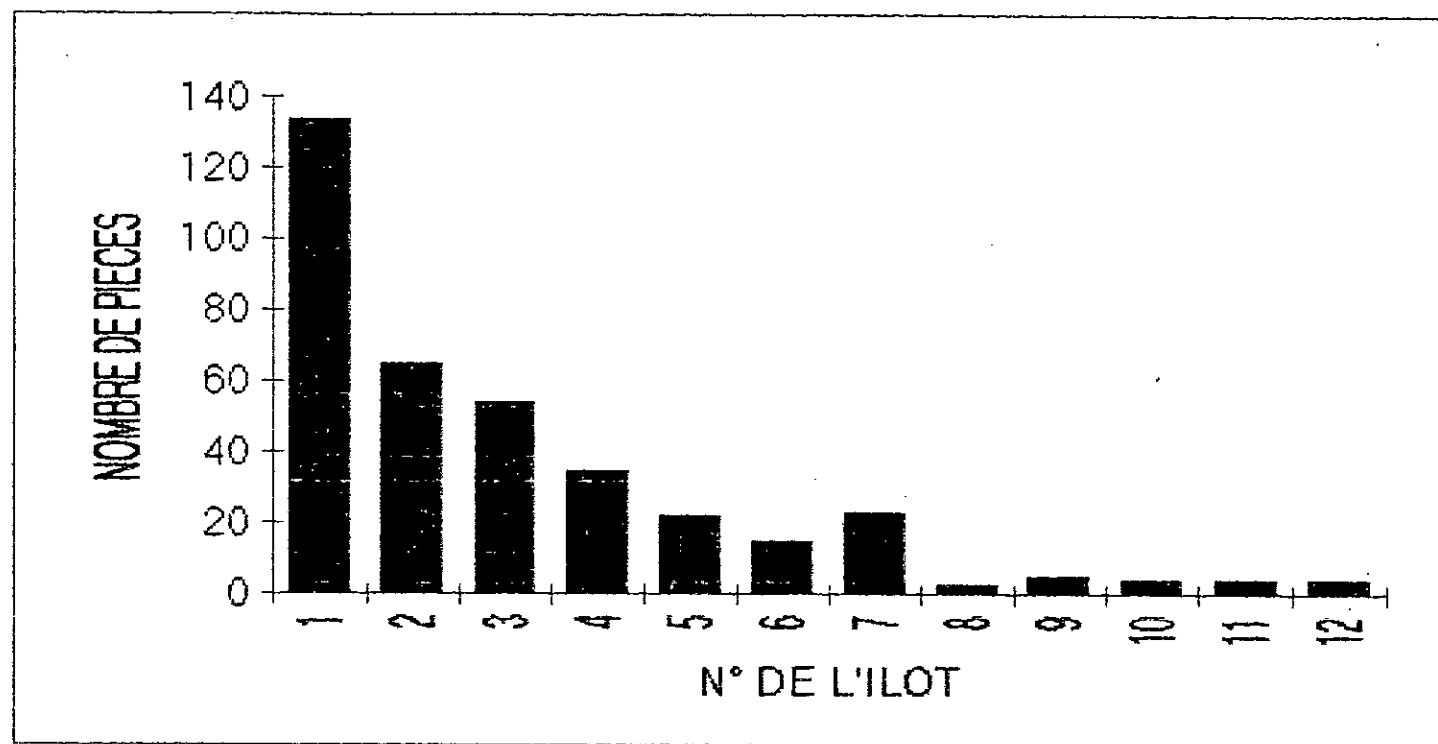
Sur la fig(IV.2) , nous remarquons que les ilots N° 1, 2, 3 sont utilisés par un grand nombre de produits .

Ce résultats est explicable dans le sens où ces ilots contiennent les machines les plus sollicitées dans l'atelier, ces machines sont

- M13 et M14 pour l'ilot 1
- M15 pour l'ilot 2
- M23 pour l'ilot 3 .

La discussion avec les responsables d'atelier était basée surtout sur l'ilot N° 1 qui d'après le chef d'atelier contenait un grand nombre de machines, ce qui le rend équivalent à une ligne de machines dans l'implantation en sections homogènes .

Pour cela, nous avons été amenés à décomposer cet ilot par le biais



NOMBRE DE PIÈCES AFFECTÉES A CHAQUE ILOT

d'une diminution de la valeur du paramètre α . En effet car la diminution de la valeur de α a un effet direct sur la diminution du nombre d'flots que nous voulons obtenir, Ceci étant fait n'a en rien divisé l'flot N°1.

Ce résultat s'explique : le bloc diagonal (1,1) de la matrice (A) après quasi-sériation est pratiquement un bloc idéal. Les produits de cet flot utilisent presque exclusivement les machines de ce bloc

IV.3.4.2 / flots travaillant que sur un nombre réduit de produit

Les flots 16, 19, 111, 112 qui contiennent les machines M3, M27, M5, M6 respectivement ne sont occupés que par un nombre faible de pièces. En effet, d'après les responsables industriels l'investissement dans les machines M03 et M27 (qualifiées de machines stratégiques) était surtout dans le but de se spécialiser dans la fabrication d'un certain nombre de produits qui, auparavant, faisaient des longs circuits dans l'atelier. Ces familles de produits sont : les "ferrures leviers" pour la M03 et les "ferrures pivots" pour la M27 en ce qui concerne les flots 11 et 12 qui contiennent

respectivement les machines M05 et M06 . L'analyse a montré que ces deux machines n'ont aucune contribution dans la production de l'Atelier à cause des pannes fréquentes qu'elles subissent

IV.3.5 / Elimination des flots singletons :

Comme nous l'avons déjà indiqué après identification des familles de machines et de produits, les flots N°9, 10, 11, 12 ont attiré notre attention vu les caractéristiques qu'ils portent :

A/ ILOT N°9 :

L'ilot 9 est spécialisé dans la fabrication des produits P64 P66 , P144 sur la machine M27 . Ces produits appartiennent tous à la même famille Morphologique " Ferrures pivots " . Cet ilot ne sera pas pris en considération par l'Analyse qui va suivre à cause des facteurs suivant :

- La charge considérable des pièces P64, P66, P144 qui est concentrée entièrement à l'intérieur de cet ilot .
- L'ilot 9 est un ilot parfait, puisqu'il ne contient qu'une seule machine spécialisée dans l'usinage des pièces de la famille "Ferrures pivots".

B/ ILOT N°10 :

Il contient la meule " M25" . Cet achine est utilisée pratiquement par toutes les pièces venant en état brut , en debut d'usinage pour la préparation de leur état de surface (opération de surfaçage) .

C/ ILOT N°11 et 12 :

Ces flots ne sont pas considérés par le traitement à cause des raisons citées dans (IV.3.4.2)

Nous nous sommes donc retrouvés en présence d'une matrice formée de huit flots en colonne, et de huit familles en lignes, soit huit blocs diagonaux .

IV.3.6 / Décision concernant l'étape suivante :

La solution proposée par SAFIR est dans l'ensemble acceptable Sauf qu'un grand nombre d'opérations est à l'extérieur des flots formés , soit 442 opérations d'inter-échanges, ce qui représente 42,67 % du nombre total d'opérations .

Pour remédier à ce problème , nous allons appliquer une procédure pour la minimisation des échanges inter-flots [6] , [13]

V.4/ PROCEDURE DE REDUCTION DES ECHANGES INTER-ILOTS :

Dans cet procedure le mot machine peut désigner plusieurs machines . La procedure comporte deux étapes

A/ Etape des gammes variantes :

Où nous effectuons un transfert des opérations inter-flots pour être usinées dans d'autres machines, sous l'hypothèse que ces deux machines peuvent effectuer le même type d'usinage (changement des gammes des produits) .

B/ Etape de distribution des postes :

L'algorithme distribue si cela est possible, les machines

dans d'autres flots, en respectant l'adéquation charge/capacité et en minimisant en premier le nombre d'opérations puis la charge des opérations extérieures aux flots .

IV.4.1/ Notation et données nécessaires pour la résolution :

IV.4.1.1 - Données nécessaires :

- Nombre des machines dans chaque flot .
- Nombre des machines dans chaque groupe de machines .
- Charges et capacité des groupes de machines .
- Nombre d'opérations à l'intérieur et à l'extérieur des flots déjà formés . Ce nombre est illustré dans l'annexe 10 sur lequel nous portons toutes les opérations d'échanges entre les huit flots fonctionnels .

• Les opérations intra-flots sont représentés sur la diagonale du tableau

• Les opérations inter-flots sont en dehors de la diagonale .

IV.4.1.2 - Notation : .

NBI : Nombre des flots .

l_k : L'flot N° k (k = 1, ... NBI)

$p(i)k$: Un produit affecté à un flot "k" .

$M(i)k$: Un groupe de machines affectées à l'flot "k" pouvant comporter plusieurs machines.

$NBM(i)k$: Nombre de machines dans le groupe de machine $M(i)k$.

$m(i)j$: Machine j (j = 1, ... $NBM(i)k$) du groupe de machine $M(i)k$

$Chom(i)k$: Charge des opérations de $M(i)k$.

$CaM(i)k$: Capacité du groupe de machines $M(i)k$.

$CapM(i)k$: Capacité d'une machine du groupe de machine $M(i)k$.

$Chointra(i)k$: Charges des opérations de $M(i)k$ appartenant à

l'flot "k".

Chomextra(i)k : Charge des opérations de M(i)k n'appartenant pas à l'flot "k".

M(i)k → M(i)l : Machine i appartenant à l'flot "l" peut effectuer le même type d'usinage que la machine i appartenant à l'flot "k".

IV.4.2/ Etude de charge :

Pour le calcul des nouvelles charges des machines, nous avons opté pour la démarche suivie par le bureau "METHODES" du C.V.I. Le tableau 5 illustre les charges machines en pourcentage :

Machines	Charge (%)	Machines	Charges (%)	Machines	Charges (%)
M01	98	M10	82	M19	55
M02	94	M11	100	M20	71
M03	08	M12	67	M21	93
M04	32	M13	137	M22	62
M05	03	M14	121	M23	145
M06	06	M15	107	M24	78
M07	68	M16	90	M25	/
M08	81	M17	87	M26	/
M09	72	M18	96	M27	60

TAB IV.4 : CHARGE MACHINES EN %

Ces charges ont été calculées de la manière suivante :

• Temps total d'usinage pour chaque pièce :

$$T_j = T_{0j} \cdot Q_{Aj}$$

T_j : temps total d'usinage de la pièce j .

TO_j : Temps opératoire de la pièce j .

QA_j : Quantité annuelle à fabriquer .

- Temps total de réglage pour l'usinage de chaque pièce :

$$TTR_j = TR_j \times N_j$$

TTR_j : temps total de réglage pour l'usinage de la pièce j .

TR_j : temps de réglage pour l'usinage de la pièce j .

N_j : Nombre de lancement

- Temps total d'usinage pour toutes les pièces :

$$TU = \sum_{j=1}^n T_j \quad n : \text{nombre de pièces}$$

TU : Temps total d'usinage pour toutes les pièces .

- Temps total de réglage pour toutes les pièces :

$$TTR = \sum_{j=1}^n TTR_j$$

TTR : temps total de réglage pour toutes les pièces .

- Potentiel brut de la machine :

$$PB = NO \times NH \times NE \times 60$$

PB : Potentiel brut de la machine .

NO : Nombre de jours ouvrables

NH : Nombre d'heure de travail par jour .

NE : Nombre d'équipe .

Remarque : Le 60 sert à convertir les heures en minutes .

Le potentiel brut est le même pour chaque machine .

pour un même groupe de machines , on multiplie le potentiel brut d'une machine par le nombre de machines .

- Ensemble de pertes :

$$P = TTR + TP$$

P : Ensemble des pertes .

TP : Temps perdu dû aux pannes .

- Potentiel net :

$$PN = PB - P$$

PN : Potentiel net

- La charge de machine en % : $C = TU/PN$

C : Charge machine (%)

Dès que la charge d'une machine dépasse 80 % il sera nécessaire soit d'investir en achetant une nouvelle machine , soit de diminuer le nombre de pièces fabriquées par cette machine et avoir recours dans ce cas à la sous traitance ou bien faire des heures supplémentaires .

L'ensemble des pertes sont portées dans le tableau (IV.5) sur lequel nous trouvons :

- Les pertes dues aux pannes .
- Les pertes dues aux réglages .
- Les pertes dues au nettoyage .
- Le potentiel brut de la machine .

Machines	Pannes	Reglages	Nettoyag	Pot brut	Tot.Pertes	Pot.Net
M01	24636	11230	1109	231072	36975.06	194097
M02	32129	23924	3201	231072	59253.915	171818
M03	2100	10250	2000	231072	14350	216722
M04	30150	18920	2930	231072	52000	569678
M07	20250	11250	8110	231072	39610	341309
M08	12709	12840	2820	462144	2869	433775
M09	4080	2109	3900	231072	6009	225063
M10	10398	9360	1692	462144	21450	597926
M11	2010	32040	4242	231072	33416.55	197655
M12	5950	4900	1492	231072	12542	332879
M13	34660	25940	1992	462144	59997.3	402147
M14	13963	23230	4230	924288	29321.1	894967
M15	13863	12420	4230	924288	53158.09	871130
M16	9242	3060	1410	462144	39791.37	422360
M17	10398	2910	1692	462144	6579.9	455564
M18	8087	2640	1692	462144	17819	444325
M19	2200	3004	3605	231072	8809	234677
M20	9210	2420	2950	231072	14580	216492
M21	232	104	95.2	231072	431.2	230641
M22	4900	2852.4	1200	231072	8952.4	222120
M23	30035	42350	7050	1386432	26196.8	1360235
M24	4621	7200	1974	462144	13795	656464

TABLEAU (IV.5) - LES PERTES MACHINES EVALUEES EN MINUTES

Notre relevé des pertes-machines ainsi que les charges des produits causant les inter-échanges a touché seulement les machines des flots : 1,2,3,4,5,6,7 et 8 puisque l'analyse portera sur ces flots seulement .

Etant donné les charges des machines , et le potentiel net nous pouvons calculer , le temps total d'usinage pour toutes les pièces passant par chaque machine (T.U) de la manière suivante :

$$TU = C.PN$$

Ce temps total d'usinage est composé d'un temps des pièces se trouvant à l'intérieur de l'îlot "k" noté $chomintra(i)_k$, et d'un temps des pièces se trouvant à l'extérieur de l'îlot "k" noté $chomextra(i)_k$, avec k un îlot quelconque .

En se référant à la notation précédente ,

TU n'est autre que $choM(i)_k$ $k = 1, \dots, 8$.

Sur le tableau suivant (tableau IV.06) nous présentons toutes les données nécessaires à l'application de l'Algorithme de réduction des échanges inter-ilots .

CHAPITRE IV : DEMARCHE DE RESOLUTION

Ilot	M(i)	NBM (i)	Chomintra(i)	Comextra(i)	ChoM(i)	CaM(i)	CapM(i)
I1	M1	1	177143	13072	190215	231072	231072
	M11	1	203431	13990	217421	231072	231072
	M13	2	521618.5	29322.5	550941	231072	462144
	M14	4	999969	82941	1082910	231072	924286
	M16	2	395695	5540	401235	231072	462144
	M21	1	186736	34270	221006	231072	231072
	M24	2	470772	41270	512042	231072	462144
I2	M7	1	211165	20925	232090	231072	231072
	M12	1	204444	18585	223029	231072	231072
	M17	2	400681	68550	4692.1	231072	462144
	M23	6	1483356	488985	1972341	231072	1386432
I3	M4	1	149536	32760.98	182297	231072	231072
	M10	2	401684	88615	490299	231072	462144
	M15	4	440781.4	491327.6	932109	231072	924288
	M22	1	181920	22430	204350	231072	231072
I4	M8	2	396946.5	5055492.5	452439	231072	462144
	M19	1	188362	20995	209357	231072	231072
I5	M09	1	4612.1	157606.9	132219	231072	231072
	M26	1				231072	231072
I6	M03	1	174874	29185	204059	231072	231072
	M20	1	159229	34164	193393	231072	231072
I7	M2	1	111890.5	649615.5	161509	231072	231072
I8	M18	2	493234.5	16412.5	509647	231072	462144

TABLEAU IV.6- DONNEES NECESSAIRES A L'APPLICATION DE LA PROCEDURE

IV.4.3 - Première étape de procédure :

IV.4.3.1 - Similarité technique des machines :

Nous désignons par l'expression " Similarité des machines " "La possibilité que deux machines peuvent effectuer le même type d'usinage " .

Cette information étant indispensable pour mener a bien l'application de l'Algorithme , nous avons consulté les documents indiquant les caractéristiques techniques des machines .

Cette consultation nous a aidé à identifier les machines qui présentent le caractère de similarité .

Les explications concernant ces machines sont données dans l'annexe (11) .

Nous avons posé le problème aux responsables du bureau méthodes qui ont confirmé les résultats donnés en annexe (11) .

IV.4.4.2 - Gamme variante [6]

A/ Principe :

Basée sur l'étude de similarité des machines , cette technique cinsiste à déterminer les machines pouvant effectuer le même type d'usinage .

En se référant à notre objectif qui est : la minimisation des échanges se trouvant à l'extérieur des flots . Nous allons effectuer un transfert des opérations inter-flots d'une machine à

une autre pouvant faire le même travail .

Nous expliquons cette procédure par l'exemple suivant :

		I1			I2		
		M1	M5	M3	M2	M4	M6
I1	P1	1	1			1	
	P3	1	1	1		1	
	P6	1	1	1			
I2	P2				1	1	1
	P5		1			1	1
	P4		1		1	1	1
	P7	1			1	1	1

FIG (IV.01) MATRICE DE QUASI-SERiation
 " ILOTS FONCTIONNELS "

Les opérations des pièces P1 et P3 usinées sur M4 , et des pièces P5 , P4 usinées sur M5 et de la pièce P7 usinée sur M1 sont des opérations d'inter-échanges entre les ilots 1 et 2 .

Nous constatons en consultant les documents des caractéristiques techniques des machines , que les machines M04 et M3 peuvent faire le même travail , de même pour les machines M1 et M2 .

La procédure consiste à transférer les opérations de P1 et P3 sur M4 pour être usinées sur M3 . Et les opérations de P5 , P4 et P7 sur M5 et M1 respectivement pour être usinées sur M2.

La matrice après application de la technique citée ci dessus est donnée sur la fig (IV.2)

		I1			I2		
		M1	M5	M3	M2	M4	M6
I1	P1	1	1				
	P3	1	1	1			
	P6	1	1	1			
I2	P2				1	1	1
	P5					1	1
	P4				1	1	1
	P7				1	1	1

Fig IV.2 : La matrice de la figIV.1 après application de la technique des gammes variantes

B - Procédure :

Etape (0) :

Soit l'flot l_k ; ($k = 1 \dots NBI$), NBI nombre d'flots
poser $k = 1$.

Etape (1) :

Trier par ordre décroissant les besoins en capacité de
l'flot l_k , pour les familles de pièces ; F_h

Tq $F_1 > F_2 > \dots > F_h > \dots > F_{NBI}$ et $F_h <> F_k$

poser $h = 1$

Etape (2)

Si $h > NBI$ aller à l'étape 4 si non :

Soit un groupe d'opérations de la famille h usinées sur une
machine (groupe de machines) $M(i)_k \in l_k$

tq $i = 1 \dots m_k$ (m_k nombre de machines (groupe de machines)
à l'intérieur de l'flot k)

affecter ce groupe d'opérations à une machine $M(j)_h \in l_h$

Si elle existe ;

et si le total des charges de ces opérations n'excèdent pas
le surplus en capacité de celle-ci ($M(j)_h$)

Si non

Trier les charges des opérations par ordre
croissant , et affecter les opérations
une par une jusqu'il y aura saturation de la
capacité de $M(j)_h$. aller à l'étape (3)

si non impossible d'affecter les opérations stop .

Etape (3)

Selectionner un autre groupe d'opérations et aller à
l'étape (2) .

Si tous les groupes d'opérations de la famille h , sont
traités , poser $h = h + 1$ et aller à l'étape (2)

Poser $h = h + 1$ et aller à l'étape(2)

Etape(4)

si $k > nbi$ stop
si non $k = k + 1$ aller à l'étape (1)

C/ Résultat pour l'Atelier " Ferrures " :

Après application de cette procédure , 122 opération d'inter-échanges ont été transférés voir (TAB IV.7)

Nombre d'opérations	famille	Usinées sur		Transférée à		Amélioration en nombre d'opérations
		machine	ilot	Machines	ilot	
18	2	M14	1	M17	2	18
5	3	M17	2	M14	3	5
7	5	M14	1	M29	5	7
15	2	M13	1	M12	2	15
18	1	M23	2	M24	1	18
12	2	M15	3	M23	1	12
19	1	M15	3	M16	1	19
12	1	M8	4	M11	1	12
11	1	M9	5	M11	1	11
5	3	M9		M10	3	5
Total						122

TAB IV.7 : TRANSFERT DES OPÉRATIONS SELON LA METHODE DES GAMMES VARIANTES

IV.4.4 - DEUXIEME ETAPE DE LA PROCEDURE :

IV.4.4.1 - Distribution des machines dans d'autres îlots :

Procédure :

Etape (0) :

Soit l'îlot l_k ; ($k = 1 \dots NBI$), NBI nombre d'îlots
poser $k = 1$.

Etape (1) :

Trier par ordre décroissant les besoins en capacité de
l'îlot l_k , pour les familles de pièces ; F_h

$T_q F_1 > F_2 > \dots > F_h > \dots > F_{NBI}$ et $F_h < F_k$
poser $h = 1$

Etape (2)

Si $h > NBI$ aller à l'étape 4 si non :

Soit un groupe d'opérations de la famille h usinées sur une
machine (groupe de machines) $M(i)_k \in l_k$

tq $i = 1 \dots m_k$ (m_k nombre de machines (groupe de machines)
à l'intérieur de l'îlot k)

affecter une machine $m(i)_k$ du groupe $M(i)_k$ vers l'îlot l_h
dans les conditions que :

Si la capacité de $M(i)_k$, après affectation de $m(i)_k$,
satisfait la charge totale des opérations restante (sans
les opérations du groupe sélectionné). Et Si $NBM(i)_k > 1$.

Alors Si la capacité de $m(i)_k$ permet l'usinage du total des
opérations du groupe d'opérations

Alors

transférer toutes les opérations vers l'îlot l_h

Si non

Trier les charges des opérations par ordre
croissant, et affecter les opérations
une par une jusqu'à saturation de la capacité
de $m(i)_k$. aller à l'étape (3)

si non $m(i)_k$ n'est pas distribuable stop.

Etape (3)

Selectionner un autre groupe d'opérations et aller à
l'étape (2).

Si tous les groupes d'opérations de la famille h , usinées
sur les machines de l'îlot l_k sont traités,
Poser $h = h + 1$ et aller à l'étape(2)

Etape(4)

si $k > nbi$ stop
si non $k = k + 1$ aller à l'étape (1)

Cet Procédure suppose l'hypothèse suivante: la charge des machines $M(i)$ telque ($NBM(i) > 2$) soit supérieure à la capacité de ces machines .

Or cette hypothèse n'est pas vérifiée pour les machines M13 M14 , M15 , M23 qui provoquent des inter-echanges considérables .

Pour cette raison l'application de la procédure n'a pas pris en compte les charges machines . La procédure prend comme critère le nombre d'opération .

IV.4.4.2 - Résultat pour l'Atelier " Ferrures "

Le résultat après application est donné sur le tableau (IV.8) sur lequel nous trouvons :

- Le groupe de machines concernés par la distribution (Le nombre de fois d'apparition d'un groupe de machine dans la première colonne est égale au nombre de machines transférés de ce groupe de machines) .

- L'flot d'origine .
- L'flot destination
- Nouveau code de chaque machine distribuée .
- Le nombre d'opérations transférées avec la distribution de chaque machine .

Le resultat est donné sur le tableau (IV.8)

Machine	Ilot d'origine	Ilot destination	Nouveau code	Amélioration de nombre d'opérations
M14	1	3	M28	11 Opérations
M14	1	5	M29	7 Opérations
M13	1	3	M30	13 Opérations
M23	2	4	M31	5 Opérations
M23	2	5	M32	7 Opérations
M23	2	7	M33	9 Opérations
M15	3	7	M34	11 Opérations
M15	3	5	M35	7 Opérations
M15	3	4	M36	6 Opérations
M8	4	2	M37	9 Opérations
TOT				85 opérations

TAB IV.8 : RESULTAT APRES LA DISTRIBUTION
DES POSTES

Notre solution s'est améliorée par l'élimination de 85 opérations d'inter-flots .

IV.4.4.3 - ETUDE COMPARATIVE :

La matrice résultante de quasi-sériation , après application de la

procédure de réduction des échanges inter-flots est donnée dans l'Annexe (04) .

Nous tenons à signaler que l'étape finale a fait apparaître un résultat important :

243 pièces soit 61 % sont usinées à 100 % à l'intérieur des flots .

- 144 pièces soit 39 % sont à l'origine des échanges inter-flots

Le tableau (IV.9) et (IV.10) nous permet de comparer entre les deux situations avant et après l'application de la procédure de réduction des échanges inter-flots .

Ilot N°	1	2	3	4	5	6	7	8	Total
Nombre de produits	134	65	54	35	22	15	16	3	370
Nombre de machines	13	10	8	3	2	2	1	2	41
Nombre d'opérations intra-flots	264	101	86	38	27	16	23	23	578
Nombre d'opérations inter-flots	114	90	58	41	30	16	55	16	420
Total des opérations intra et inter-flot	378	191	144	79	57	32	78	39	698

TABLEAU (IV.9): ILOTS FONCTIONNELS AVANT
DISTRIBUTION DES POSTES

Nous avons au total :

578 opérations intra-flots soit 57.9 %

420 opérations extra-flots soit 42.1 %

N° de l'îlot	1	2	3	4	5	6	7	Total
Nombre de machines	9	9	7	4	5	5	2	41
Nombre d'opéra intra-îlots	320	136	101	49	48	65	23	742
Nombre d'opéra inter-îlots	54	36	40	30	9	45	16	214
Total	370	172	141	79	57	110	39	956

TAB (IV.10) : ILOTS OPERATIONNELS APRES APPLICATION DE LA PROCEDURE

Nous avons au total

742 opérations intra-îlots soit 77.6 %

214 opérations inter-îlots soit 22.4 %

Le pourcentage de la diminution des opérations inter-îlots entre les deux cas est évalué à :

$$\frac{420 - 214}{420} \cong 49 \% .$$

Et par conséquent l'amélioration moyenne apportée au premier cas est presque 50 %

Remarque :

Le nombre des îlots fonctionnels est de "8" , alors que celui des îlots opérationnels est de "7" . En effet , après application de la procédure :

- Les flots fonctionnels N°6 et N°7 formeront l'ilot opérationnel N°6 .

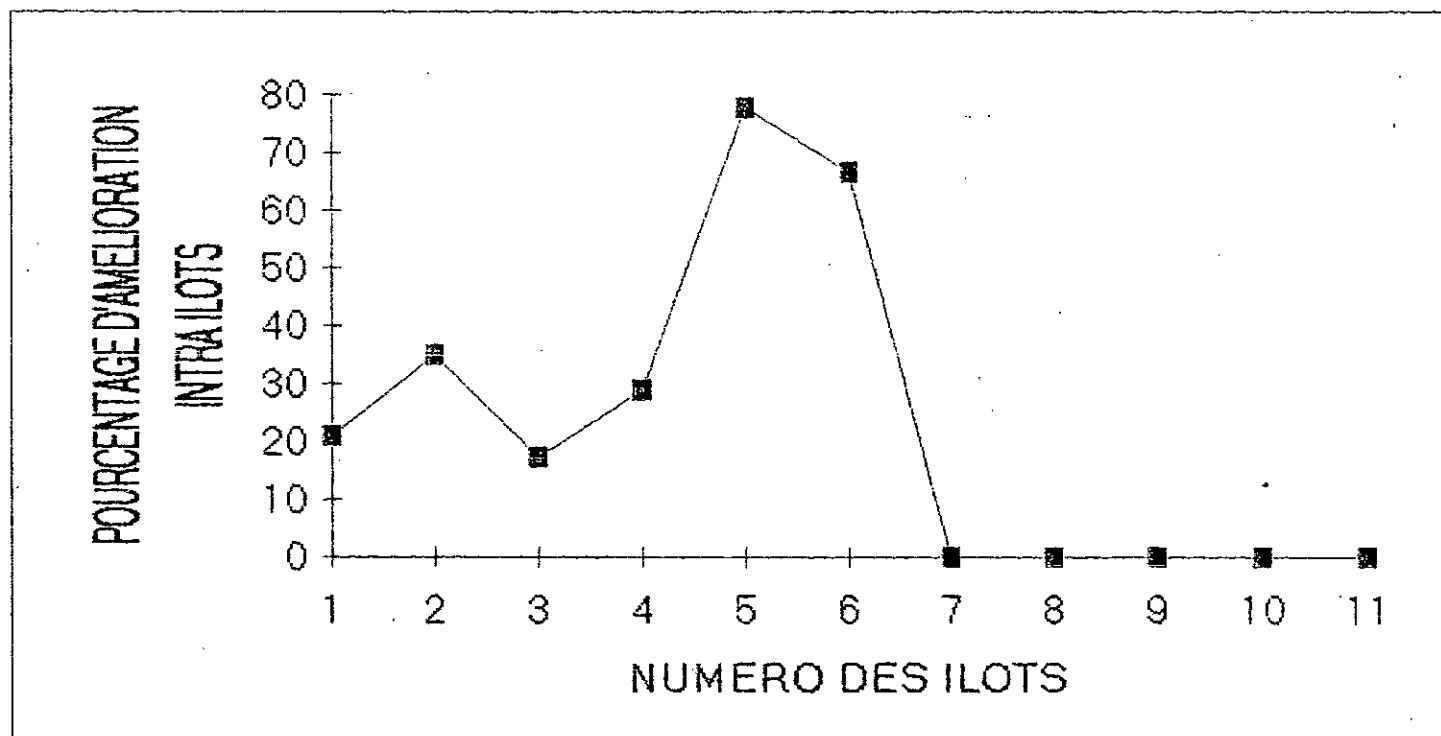
- L'ilot fonctionnel N°8 devient l'ilot opérationnel N°7 .

l'amélioration de la solution est illustrée sur le graphe de la fig IV.2

Nous pouvons remarqué l'amélioration portée aux flots 1, 2, 3, 4, 5, 6 .

Aucune amélioration pour l'ilot 7 , ceci s'explique :

L'ilot 7 est un ilot singletons , ce qui rend la procédure de distribution des machines impossible pour cet ilot . En plus la machine de l'ilot 7 (M18) ne représente aucune similarité avec d'autre machines .



POURCENTAGE D'AMELIORATION DES OPERATIONS INTRA ILOTS

IV.5 NOUVELLE CONFIGURATION DU FLUX DANS L'ATELIER " FERRURES "

Les flots opérationnels étant obtenus. Il reste maintenant à trouver la disposition théorique de ces flots et une meilleure configuration des flux, causés par les échanges inter-flots.

A ce stade là, nous avons utilisé deux méthodes. La première méthode qui est la méthode des chaînons a caractère qualitatif, et la deuxième méthode est celle de l'arbre de poids maximal qui relève de la théorie des graphes .

IV.5.1 METHODE DES CHAINONS

La méthode des chaînons est appliquée généralement pour réaliser l'implantation physique des machines d'un atelier.

Dans notre cas nous considérons chaque flot comme un poste élémentaire. Le flux qui circule, nous l'avons qualifié par le nombre de pièces échangées entre deux flots'

La table des chaînons (voir annexe 2) est indiquée sur la figure 11 .

	1	2	3	4	5	6	7
7	7	5	5	1	1	1	20/6
6	24	12	13	3	5	58/6	
5	8	5	1	4	24/6		
4	24	8	6	46/6			
3	31	18	74/6				
2	25	73/6					
1	119/6						

FIGURE 14 : TABLE DES CHAINONS

Il reste maintenant à placer les flots ayant le plus grand nombre de liaisons, l'un à côté de l'autre.

Le schéma de la figure 12, représente la disposition théorique portée sur le canevas de l'implantation.

Les arrêtes indiquent le flux qui relie deux flots.

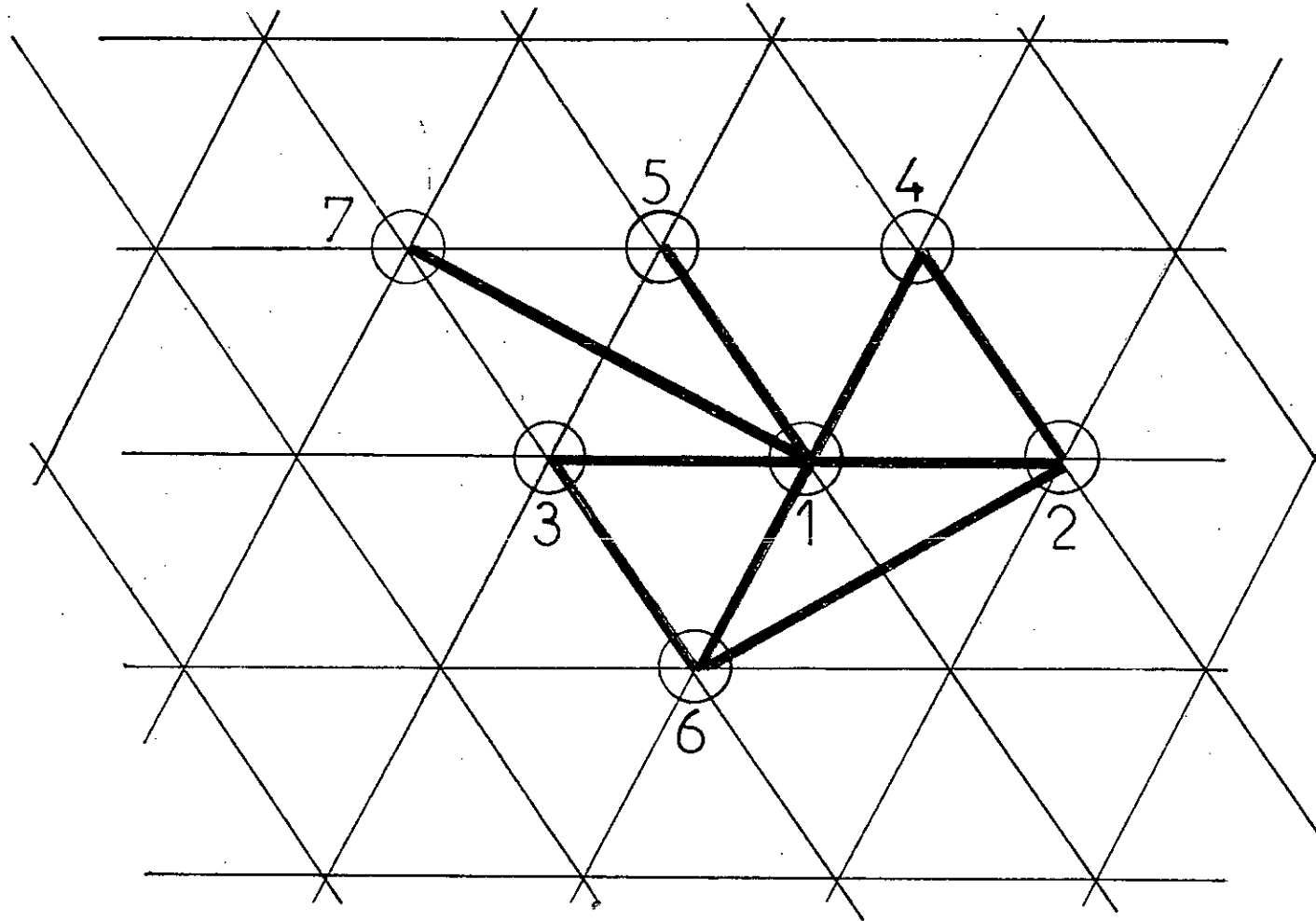


FIG 12 : Disposition théorique des îlots, porté sur le canevas d'implantation

IV.5.2 - METHODE DE L'ARBRE DE POIDS MAXIMAL :

L'application de la méthode, nous a servi pour identifier l'essentiel des flux parcourant les flots opérationnels.

Principe :

La résolution s'effectue à l'aide du logiciel STORM.

En premier lieu nous effectuons le calcul des coefficients de similarité mesurés entre deux flots. Le résultat est donné sur la matrice de la figure 13. Chaque élément de la matrice représente le nombre de pièces échangées entre deux flots, divisé par le nombre total de pièces circulant à travers l'ensemble des flots (199 pièces)

Nous tenons à signaler qu'une pièce peut être comptée plus d'une fois, si elle intervient entre deux flots.

flots	1	2	3	4	5	6	7
1	.	0.040	0.085	0.050	0.010	0.030	0.010
2	0.085	.	0.035	0.010	0.015	0.015	0.010
3	0.065	0.050	.	0.000	0.000	0.020	0.005
4	0.065	0.030	0.030	.	0.020	0.000	0.000
5	0.025	0.010	0.005	0.000	.	0.000	0.005
6	0.090	0.045	0.020	0.015	0.025	.	0.000
7	0.025	0.015	0.020	0.005	0.005	0.005	.

FIGURE 13 : MATRICE ASYMETRIQUE DES COEFFICIENTS DE SIMILARITE.

Resultat :

Le résultat donnant l'arbre de poids maximal pour la matrice de la figure 14 est illustré par la figure 15. Le poids total est égal à 0.375.

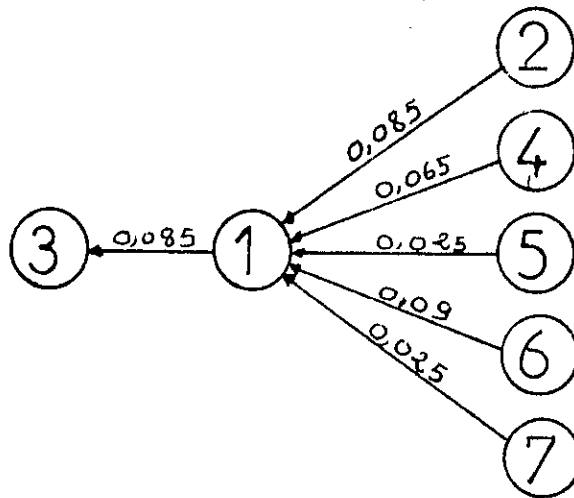


FIGURE 14 : L'ARBRE DE POIDS MAXIMAL.
(MATRICE ASYMETRIQUE)

Le nombre de pièces, empreintant les chemins définis par les arcs de la figure 2 est de 75 pièces; soit 37.5 % du total des pièces qui s'échangent entre les îlots opérationnels.

A fin d'illustrer ce resultat, nous avons indiqué sur la figure 18, la disposition des flots obtenue suivant la méthode des chaînons et l'essentiel des flux définis par l'arbre de poids maximal (en trait gras), ainsi que le reste des échanges inter-ilots.

Le nombre porté sur les arcs, correspond au nombre de pièces échangés par les ilots.

Le même traitement est effectué sur la matrice symétrique (figure 19). Chaque élément de la matrice est déterminé en additionnant deux valeurs symétriques à la diagonale de la matrice de la figure 16.

$M(i)$ → Nombre de machines dans le groupe de machines $M(i)$

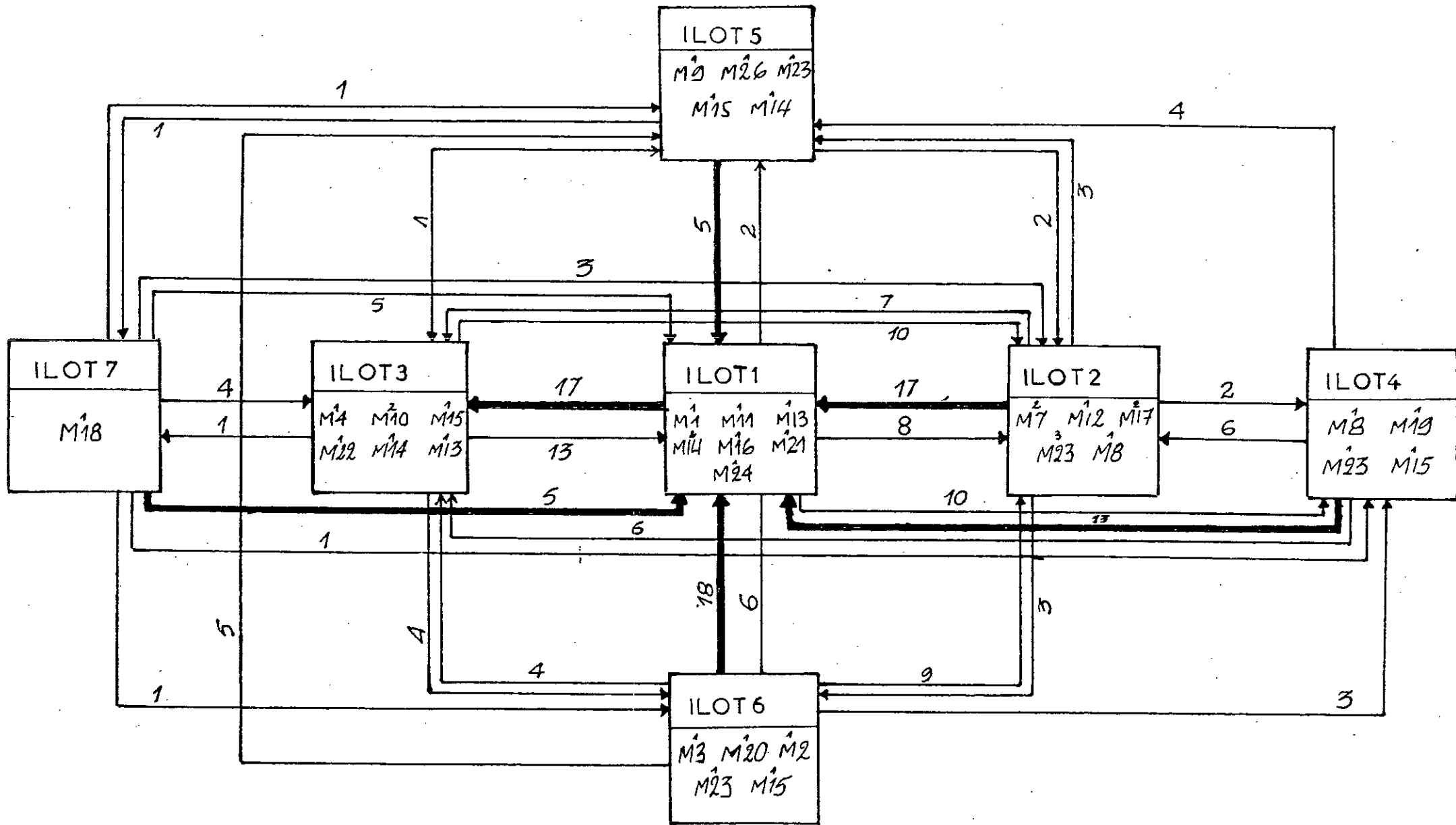


FIG15 : Arbre de poids maximal (matrice asymétrique)

llots	1	2	3	4	5	6	7
1	.	0.125	0.150	0.115	0.035	0.120	0.035
2		.	0.085	0.040	0.065	0.060	0.025
3			.	0.030	0.005	0.040	0.025
4				.	0.020	0.015	0.005
5					.	0.025	0.010
6						.	0.005
7							.

FIGURE 16 : MATRICE SYMETRIQUE DES COEFFICIENTS DE SIMILARITE

L'arbre de poids maximal est représenté sur la figure 17. Dans ce cas, les liaisons sont définies par des arrêtes et non pas par des arcs.

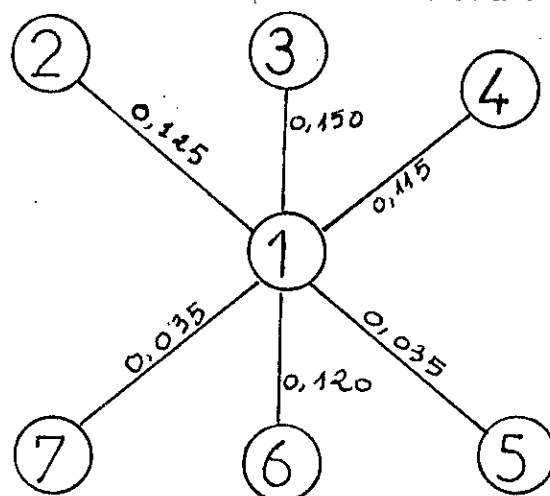
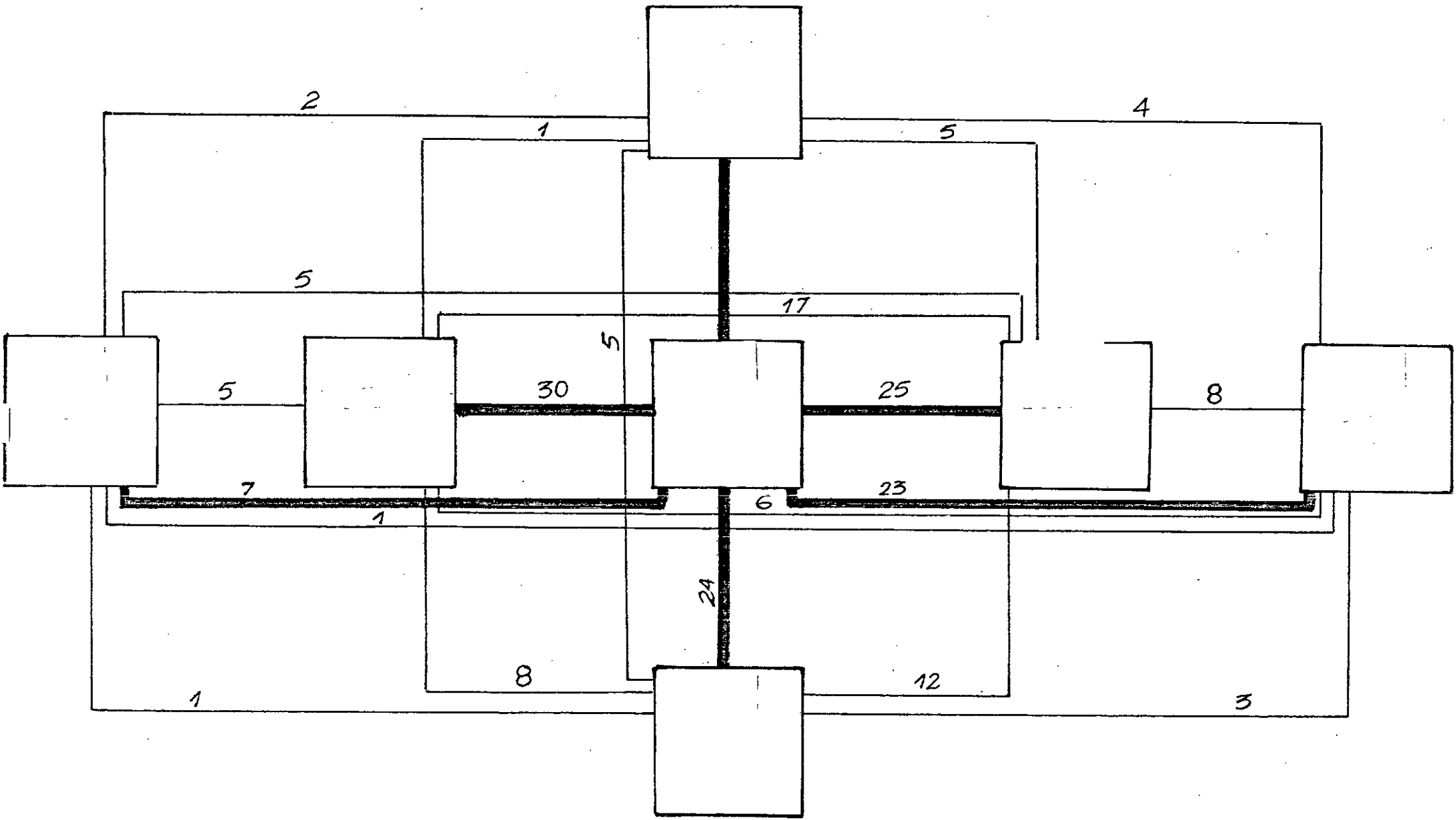


FIGURE 17 : ARBRE DE POIDS MAXIMAL (MATRICE SYMETRIQUE).



: Arbre de poids maximal (matrice symétrique)

Le nombre de pièces circulant a travers les arrêtes de la figure 17 est de 116 pièces, qui correspond au poids total de l'arbre, qui est de 0.58.

Le même résultat est porté sur un schéma (figure 18). Similaire au schéma de la figure 15.

IV.5.3 OPPORTUNITE DE LA SOLUTION

L'application des deux méthodes, la méthode des chainons et la méthode de l'arbre de poids maximal, nous a permis d'identifier la configuration des flux parcourant les îlots opérationnels. Une première constatation, nous indique le rapprochement significatif entre les deux configurations.

Deux résultats importants en découlent :

- 1 - 243 pièces; soit 61 % du total des pièces sont usinées à 100 % dans les îlots correspondants.
- 2 - La méthode de l'arbre de poids maximal nous a aidée de tracer le flux de 116 pièces parmi les 143 pièces qui sont à l'origine des échanges inter-îlots; soit 80.6 % .

A titre de comparaison, nous avons reproduit les gammes de huit pièces, ayant les plus longs circuits sur le schéma, illustrant l'implantation actuelle de l'atelier " ferrures " (figure 18). Chaque rectangle définit une section technique homogène, le chiffre porté sur celui-ci correspond à la référence de la section.

Nous avons reproduit les mêmes gammes sur le schéma correspondant aux îlots opérationnels (figure 19).

Le résultat montre que 3 pièces uniquement effectuent des sorties à l'extérieur des îlots, les autres pièces sont usinées entièrement à l'intérieur des îlots.

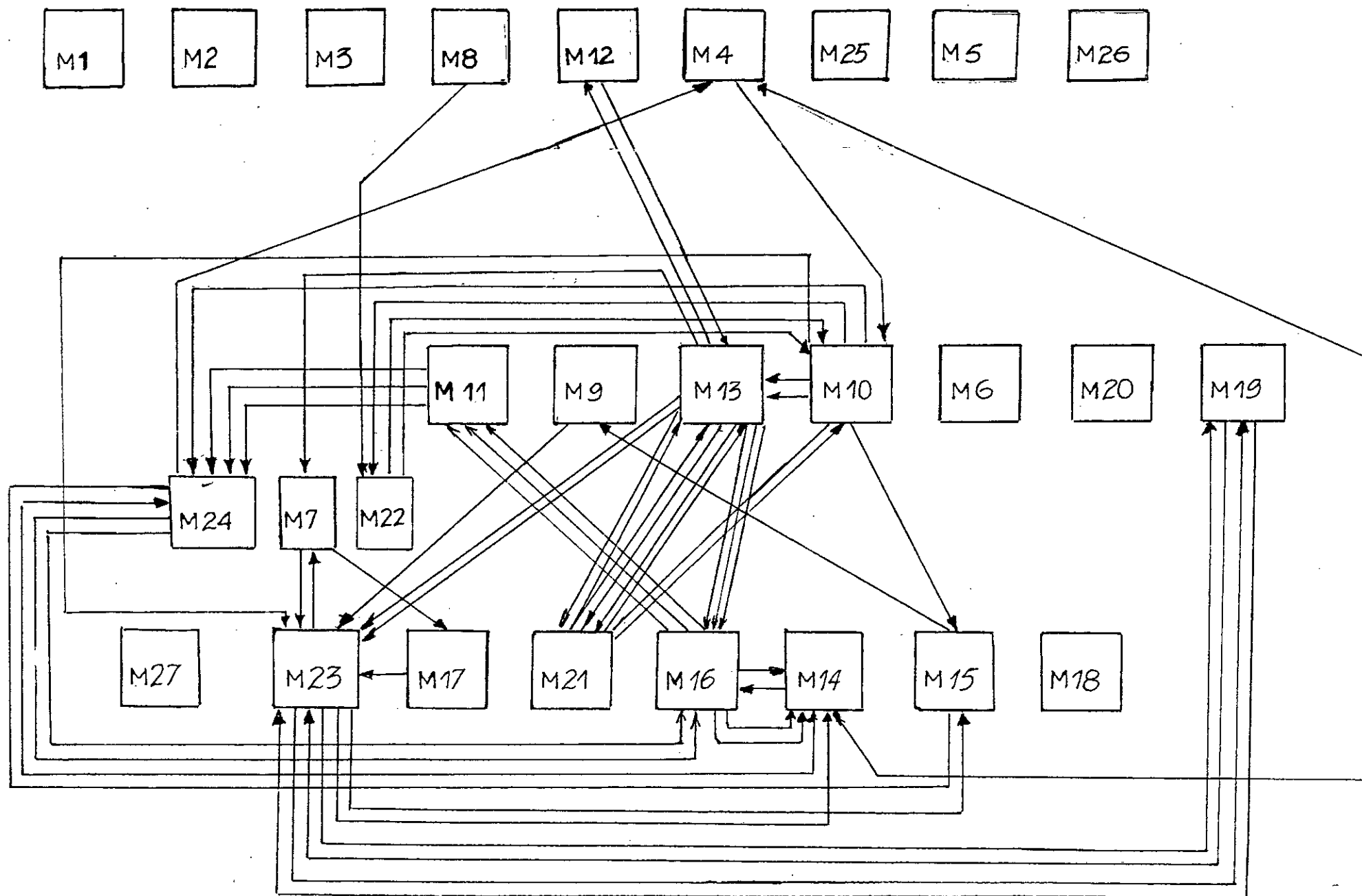


FIG 18.: PIÈCES AYANT LES PLUS LONGS CIRCUITS DANS L'IMPLANTATION EN SECTIONS HOMOGÈNES.

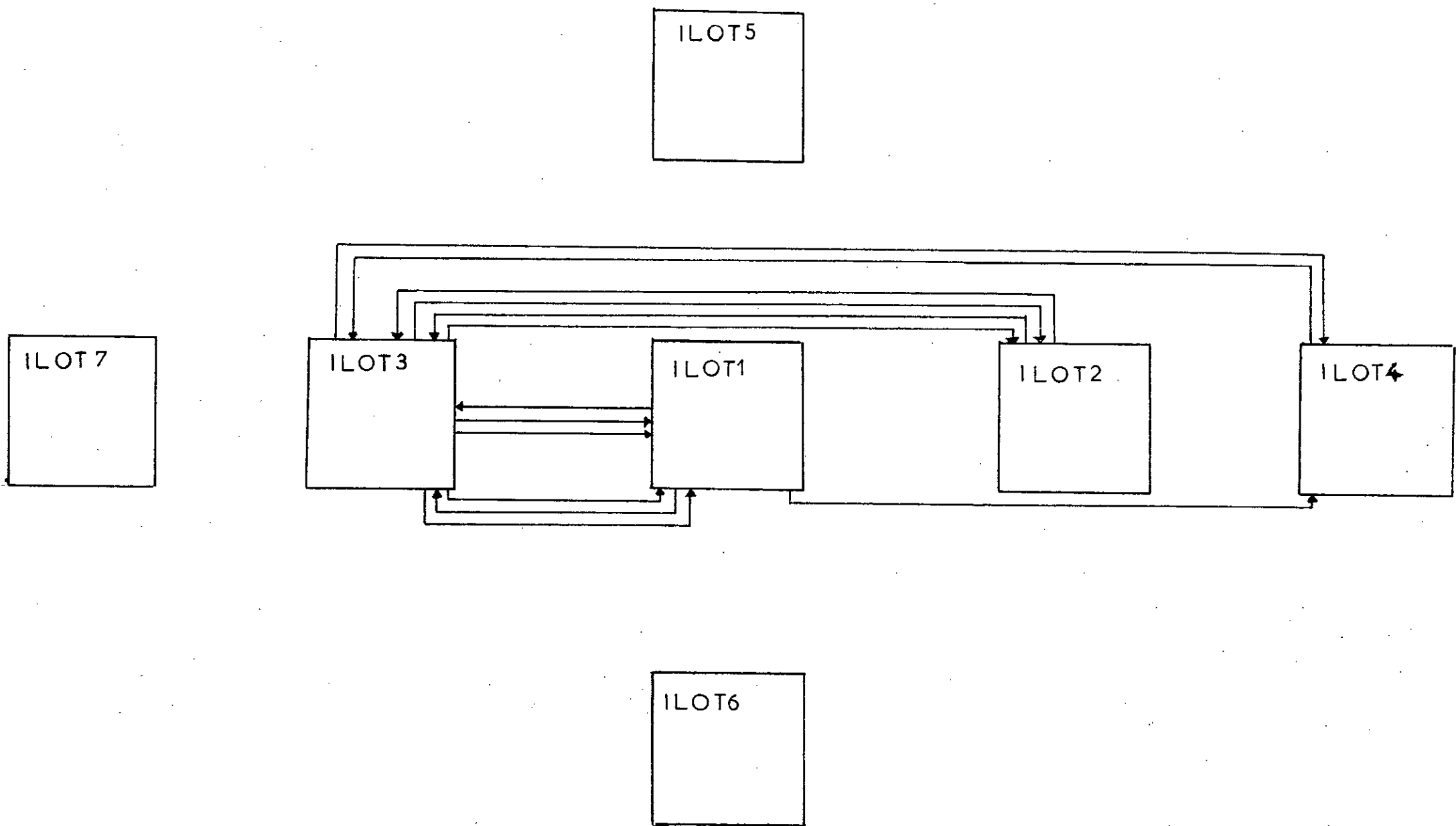


FIG 19 : GAMMES DES PIECES AYANT LES PLUS LONGS CIRCUITS SUIVANT LA NOUVELLE DISPOSITION DES ILOTS

CONCLUSION GENERALE

L'objet d'une étude d'organisation des systèmes de production (facilities planning) est complexe et nécessite la contribution de plusieurs spécialités (Génie civil , Génie mécanique , Génie électrique , ...) , ainsi qu'elle prend en considération plusieurs facteurs , techniques , humains et économiques [16] , [15] .

Le plus grand problème consiste à adapter une implantation théorique , aux contraintes physiques existantes , et surtout s'il s'agit d'une étude de réorganisation d'un système existant (exemple espace disponible - fluides - électricité - sol ...) .

L'étude réalisée se voit être la première en genre . Nous avons eu la chance d'appliquer de nouveaux concepts dans le domaine des industries manufacturières , à savoir la décomposition d'un système de production en cellules de fabrication . Les solutions obtenues par SAFIR (Système d'aide à la formation d'flots rationnels) nous ont permis de proposer de nouvelles configurations des flux de l'atelier " Ferrures " . Nous avons pris l'initiative d'utiliser deux méthodes , la méthode des chaînons à caractère qualitatif et la méthode de l'arbre de poids maximal qui relève de la théorie des graphes . Nous avons constaté le rapprochement considérable des résultats obtenus par les deux méthodes .

La configuration des flux ainsi proposée aboutit à l'intégration de 61 % des pièces , qui seront usinées à l'intérieur des flots correspondants . Ce résultat peut contribuer d'une façon considérable à réduire les distances de manutention .

Un autre résultat aussi important , est l'identification des flux de 80.6 % des pièces causant les échanges inter-flots . Ce résultat va dans le sens de l'amélioration de l'image visuelle du flux de production dans l'atelier Ferrures .

PERFORMANCE

Le facteur principal qui , à notre sens , contribue à rendre un système floté plus performant qu'un système organisé en sections techniques et le fait que l'on puisse affecté à chaque îlot un centre d'activités de gestion et de decision capable d'intégrés certains nombre de fonctions de conduite et d'assurer certaines responsabilités . (exemple : la fonction lancement-ordonnancement sera spécifique pour chaque îlot , avec une certaines harmonisation dans la gestion des échanges inter-flots) .

SUGGESTIONS :

Au terme de ce présent projet de fin d'études , nous sommes à même de proposer , outre celles qui ont été énoncées tout au long du travail, un certain nombre de suggestions qui peuvent constituer un point de départ pour une eventuelle poursuite de ces travaux . Nous ne manquerons pas de mentionner que ce domaine de recherche est loin d'être saturé .

1 / Réaliser une étude d'implantations physique des flots , ainsi qu'une implantations des machines à l'intérieur des flots . A ce stade , il est possible de définir une dominante dans la progression des lots de pièces sur les postes qui donne l'avantage à une organisation en lignes du flux à l'intérieur des flots .

2/ Définir un système de manutention adéquat , sur la base des schémas de flux ainsi obtenus .

3/ Elaborer un système de gestion de production " orienté flots " , qui pourra faire l'objet d'une étude à part entière .

Ce système doit tenir compte des objectifs suivants :

- Maximiser globalement la productivité des moyens , taux d'engagement des machines et de la main d'oeuvre .

- Minimiser la durée des cycles de fabrication des articles pour diminuer les en-cours de fabrication et pour diminuer la durée des cycles de production .

- Définir les ressources humaines dans une version orientée flots .

- Décentraliser les fonctions .

BIBLIOGRAPHIE

- 1 . ASSOCIATION FRANCAISE DE NORMALISATION (AFNOR),
" CONCEPTS FONDAMENTAUX DE LA GESTION DE PRODUCTION "
NF*50 - 310 DEC 1991
2. BUREAU INTERNATIONAL DU TRAVAIL
" INTRODUCTION A L'ETUDE DU TRAVAIL " , GENEVE , 1981
- 3 . BARTH M
" CONTRIBUTION METHODOLOGIQUE A LA REORGANISATION DES
ATELIERS DE PRODUCTION MECANIQUE "
Thèse de L'UFR en Genie des Systèmes Industriels de l'Institut
Normal Polytechnique de Lorraine - Dec 1991
- 4 . BURBIDGE J.L :
" CHANGE TO GROUP TECHNOLOGY , Processus Organisation is Obsolete"
INT.J.PROD.RES 1992 Vol 30
- 5 . DELFOSSE N.G
" LES IMPLANTATIONS ET LES MANUTENTIONS "
Entreprise Moderne d'Edition , 1974
- 6 . DE GUIO R
"CONTRIBUTION A L'ORGANISATION D'ATELIERS EN ILOTS DE FABRICATION "
Thèse soutenue en 1991 à L'Université Louis Pasteur De
Strasbourg .
- 7 . ENTREPRISE DE TRANSFORMATION DES PRODUITS LONGS ,
CENTRE DE FORMATION DES CADRES
" GESTION DE PRODUCTION " Fevrier 1991
- 8 . JABOT R .
" IMPLANTATION ET MANUTENTION DES ATELIERS "
Edition Homme et Techniques , 1977

9 . KERBOUA

MISE EN LIGNE DE FLUX DE L'ATELIER FERRURES

Thèse Magistère Soutenu à l'Ecole Nationale Polytechnique 1992

10 . KUSIAK A. CHOW W.S

" DECOMPOSITION OF MANUFACTURING SYSTEMS " I.E.E.E

Journal Of Robotics And Automation . October 1988

11. MUTEL B , DE GUIO R :

" RECOGNITION OF CELLULAR MANUFACTURING

UNDER MANAGEMENT CONSTRAINTS "

Janvier 1989

Annals of the CIRP Vol 38/1/1989

12 . MICHEL P

" IMPLANTATIONS ET MANUTENTIONS RATIONNELLES " 1975

13 . MENIA F , BERRACHED :

" MISE EN LIGNE DU FLUX DE PRODUCTION DANS L'ATELIER DU CVI "

PFE Soutenu à l'Ecole Nationale Polytechnique d'Alger ,

Département Genie Industriel , Juin 1988

14 . OSTROSI E .

"CONTRIBUTION A LA DECOMPOSITION DU SYSTEME PHYSIQUE DE PRODUCTION"

Mécanique et Ingénierie .

Thèse soutenue en 1993 à l'Université Louis Pasteur

de Strasbourg , Laboratoire de Recherche en productique de
Strasbourg

15. BARTH M , DEGUIO. R , MUTEL

"AN HELP FOR SOLVING DILEMMAS EN CONTERED IN FLOW ANALYSIS

16 . TOMPKINS J.A

WHITE J.A , " FACILITIES PLANNING "

John Wiley & Sons . INC 1984

GLOSSAIRE DES MOTS TECHNIQUES

1 / ENCOURS POUR UN PRODUIT [1]

A un moment donné et pour un produit (A) donné , ensemble des matières constituantes de ce produit ne faisant plus partie d'un stock , mais n'ayant pas encore abouti à la réalisation complète de produit (A) .

2 / OPERATION : [1]

Action destinée à modifier les caractéristiques d'un produit ou d'un en-cours , pour aboutir à un nouvel produit ou à un nouvel en-cours .

3 / CHARGE : [1]

Quantité d'unités d'oeuvres correspondant à une demande , que l'on décide de réaliser sur un moyen de production déterminé (machine , Atelier , usine ...) .

4 / CAPACITE [1]

Quantité d'unités d'oeuvres susceptibles d'être réalisées par un moyen de production dans une période déterminée et dans le cadre de certaines hypothèses de travail .

5/ IMPLANTATION DES MOYENS [11]

Disposition des machines et des postes de travail , conforme à un plan établi en fonction d'un certain nombre de critères :

Flux matière , gamme de fabrication , infrastructures , etc .

6/ SUIVI DE PRODUCTION :

Ensemble d'opérations de mesure , de contrôle et de traitement, des informations réalisé dans le but d'obtenir une connaissance utile de l'état d'exécution des ordres de fabrication et de l'accomplissement des tâches .

7/ OPERATION INTRA-ILOTS :

Ensemble des opérations se trouvant à l'intérieur des blocs diagonaux de la matrice de quasi-sériation

8/ OPERATION INTER-ILOTS :

Ensemble des opérations se trouvant à l'exterieur des blocs diagonaux de la matrice de quasi-sériation .

9/ ILOTS FONCTIONNELS [6]

A partir des données sur les produits et les machines généralement représentées par une matrice , une application des Algorithmes de quasi-sériation permet d'obtenir les flots fonctionnel . Ces flots sont caractérisé dans la plupart des cas par un grand nombre d'opération d'inter-échange .

10/ ILOTS OPERATIONNELS [6]

Ces îlots sont formés à partir des îlots fonctionnels à l'aide d'une analyse des charges disponibles , par phase et par machine , et en tenant compte de la séquence des opérations , des gammes variantes , pour une éventuelle amélioration des îlots fonctionnels .

11/ ILOTS SINGLETONS [6]

C'est une famille de produit de petite taille usinée sur une seule machine ou groupe de machine .

PRINCIPALES METHODES D'IMPLANTATION PHYSIQUE

I - METHODE DE TRAVAIL POUR L'ETUDE

DE L'IMPLANTATION DES ATELIERS : [8] , [12] , [5]

Avant d'aborder une étude d'une implantation d'atelier, il faut comme toujours, bien poser le problème à résoudre , c'est à dire définir aussi exactement que possible les buts que l'on se propose d'atteindre .

1- Souvent l'objectif sera la réduction du prix de revient global des fabrications intéressées, on pourra donc jouer sur l'ensemble des facteurs (surface occupée , main-d'oeuvre employée , investissement à faire, etc...) pour trouver la meilleure solution.

2- Par contre, s'il s'agit d'introduire de nouvelles fabrications dans un atelier sans possibilités d'agrandissement , le but essentiel pourra être de gagner de la place .

3- Dans d'autres cas, l'implantation sera faite en vue d'utiliser au mieux des moyens de manutention existants (pont roulant, convoyeur, chariot élévateur, etc...).

Les objectifs visés peuvent être divers; les solutions correspondant aux uns ou aux autres seront différentes et parfois incompatibles .

Une fois le problème bien posé, l'étude d'une implantation d'atelier comporte les trois phases classiques de toute étude :

- 1- Une phase d'analyse : on rassemble toutes les informations disponibles sur le problème à résoudre :
 - nomenclature des articles à fabriquer ou à stocker ,
 - gammes d'usinage,
 - caractéristiques des machines prévues ,
 - etc ...

- 2- Une phase de synthèse : On recherche les diverses solutions :
 - Définir le schéma fonctionnel de déplacement des matières le long du cycle de fabrication des divers produits .
 - Concevoir une implantation théorique d'ensemble .
 - Elaboration des solutions à l'aide des méthodes d'implantation physique :
 - méthode des chaînons,
 - méthode des gammes fictives,
 - emploi des maquettes.

- 3- Choix d'une solution .
- 4- Réaliser l'implantation .
- 5- Maintenir et adopter l'implantation existante aux exigences du moment .

II- PRINCIPALES METHODES D'IMPLANTATION : (5) , (8)

Pour un atelier , la meilleure implantation sera le plus souvent celle qui entraînera le minimum de manutentions .

1 - METHODE DE CHAINONS :

La méthode de chaînons est basée sur la recherche du plus court chemin entre 2 postes successifs. En tenant compte des relations qui existent entre les postes, ces relations se caractérisent par les chaînons et leurs indice de circulation .

On appelle "chainons" la trajectoire de manutention réunissant deux postes de travail successifs .

L'indice de circulation de matières qui s'écoule entre deux postes. Il s'évalue en tonnes, en mètre cube, en nombre de pièces et d'unité de transport . On exprime dans la même unité les indices de circulation .

Pour l'établissement de cette table, nous aurons besoin des gammes et du programme de fabrication .

Illustrons cela par un exemple pratique :

Soit à implanter un atelier fabriquant cinq (05) produits :

P(1)		P(2)		P(3)		P(4)		P(5)	
P.S	CH.S	P.S	CH.S	P.S	CH.S	P.S	CH.S	P.S	CH.S
A	AT	A	AT	A	AP	T	TE	T	TF
T	TF	T	TE	P	PE	E	EP	F	FE
F	FP	E	EF	E	EM	P	PM	E	EC
P	PE	F	FR	M	MT	M	MF	C	
E	ER	R	RC	T	TE	F	FC		
R	RC	C		E	EF	C			
C				F	FR				
				R					

TAB 1 : DETERMINATION DES CHAINONS

P(i) : désigne le produit i .

P(s) : postes successifs .

CHS : Chainons successifs .

Etablissement de la table des chainons :

Cette table est composée, en ligne et en colonne, de postes dont l'ordre de succession est le même pour la ligne et la colonne, voir Tab2 .

Chaque case de la table est relative à (2) postes et représente le chaînon entre ces postes .

On obtient les chaînons réellement utilisés en parcourant chacune des gammes, on indique chacun d'eux dans la case correspondante en y portant l'indice de circulation l_c .

Exemple : Le chaînon A.T $l_c = 40$ (t, Kg, pièces, ...) .

A alimente T d'une quantité égale à 40 unités , les cases en bordure de la diagonale sont relatives chacune à un seul poste. Ces cases reçoivent le nombre de chaînons qui aboutissent à chaque poste et que l'on identifie en suivant la ligne et la colonne du poste .

Exemple : pour P , P relié à 4 postes, A, F, E et N donc le nombre de liaisons est égale à 4 .

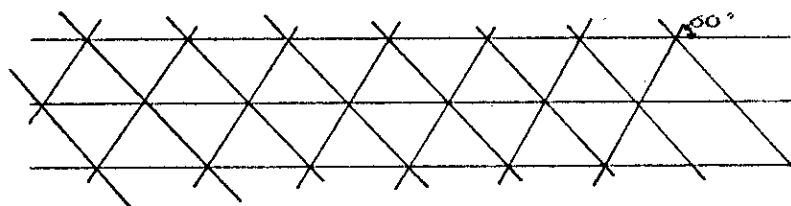
90 désigne l'indice de circulation cumulé .

	A	T	F	P	E	M	R	C
C			20		25		40	85/3
R			45		10		95/3	
M		15	20	20	15	70/4		
E		65	70	45	230/6			
P	15		10	90/4				
F		35	200/6					
T	40	155/4						
A	55/2							

TAB 2 : TABLE DES CHAINONS

Recherche de l'implantation théorique :

La table des chainons va nous servir à établir un schéma théorique d'implantation à l'aide d'une grille appelé "canevas" d'implantation en plaçant d'abord les postes ayant le plus grand nombre de liaisons avec les premiers et ainsi de suite jusqu'à l'implantation du dernier poste. Si un poste possède plusieurs liaisons il faudra l'implantation près du poste dont l'indice de circulation est le plus élevé .

Etablissement du canevas

La distance minimale entre deux noeuds est appelé "module" du canevas .

2 - METHODE DES GAMMES FICTIVES :

Elle est basée sur les analogies que présente les fabrications de différents produits. Elle a pour but de la mise en ligne des machines dans un atelier afin de fabriquer des pièces sans rebroussement .

Les étapes d'application de cette méthode sont :

a) Classification des gammes : en fonction de leurs importance en heures sur un graphique .

b) Examen des gammes : Les gammes homogènes sont regroupées pour faire apparaître les analogies , les autres gammes, appelées disparates sont isolées . La méthode des gammes fictives s'intéresse à l'implantation des machines relatives aux gammes homogènes. Les machines qui fabriquent les pièces des gammes disparates sont à implanter fonctionnellement .

PARC MACHINE DE L'ATELIER FERRURES

CODE MACHINE	NUMERO BERLIET	MATRICULE SONACOME	DESIGNATION	NUMERO CONSTRUCTEUR
11161	9101	C006251	Tour // a.m.c p240	11490
11191	9104	C008101	Tour // CAZNEUVE	19491.C14
11721	9106	C009601	Tour Vle Graffenstaden	22195
31131	9132	C003261	Fraiseuse à levier FH40	72185
31441	9158	C008121	Fraiseuse univers Gambin	13557
31851	9128	C003531	Fraiseuse Forest H500D0	220171.1086
31851	9129	C003131	Fraiseuse Forest H500D0	220171.1088
31852	9135	C006341	Fraiseuse Rouchaud FH80	73599
31853	9102	C009731	Fraiseuse Rouchaud FH80	74675
31853	9133	C006331	Fraiseuse Rouchaud FH80	73598
31854	9136	C006351	Fraiseuse Rouchaud FH80	73601
31951	9151	C003151	Fraiseuse Forest V500B0	1090
31952	9131	C006321	Fraiseuse Rouchaud FV80	7350
31952	9145	C008781	Fraiseuse Rouchaud FV80	7467
32151	9113	C006271	Perceuse GSP "205S"	859
32151	9114	C006281	---- - --	860
32151	9115	C011071	---- - --	952
32151	9156	C009861	---- - --	1010
32152	9116	C006291	---- - "205R"	861
32152	9117	C011081	---- - --	945
32152	9157	C009801	---- - --	1011
32152		C000931	---- - --	803
32153	9118	C003251	---- - "25RB"	679
32153	9152	C003241	---- - --	680
32161	9108	C006261	---- - "2407S"	108
32161	9109	C011061	---- - ---	117
32231	9125	C006301	Rochelet "4BRS"	
32231	9138	C010341	---- --	1209
32232	9134	C007771	---- "2BRS"	1154
32233	9100	C009721	---- "3BRS"	1193
32481	9127	C003161	Perceuse Trosseille	1.70Type M715ST
32482		C015951	---- -----	160002
32561	9111	C000721	---- GSP 405.K150	2109
32561	9112	C007641	---- -----	2227
32561	9121	C011091	---- -----	2156
32561	9122	C008631	---- -----	2226
32561	9123	C011101	---- -----	2228
32561	9153	C003111	---- -----	2021
32581	9124	C008111	---- Radiale 407.Q17	488
32581	9143	C011111	---- -----	493
43411	9137	C006361	Touret Mape meule Huaru	13044
43561	9140	C006371	Machine à dresser	2151.E212
31220		C030111	Fraiseuse Almo FH15	00010
		E000651	Marbre 2mx1	
		E000661	--- --	
13990		C3134	Fraiseuse Alaseur CNC WOTAN	Kom n°554676 /09037091.1 692703

GROUPEMENT DES MACHINES
EN 27 POOLS DISTINCTS

Nouveau Code	Code CVI	Nombre des machines identiques	Désignation
M1	11161	1	TOUR // AMC P 240
M2	11191	1	TOUR // GAZNEUVE
M3	11721	1	TOUR GRAFF A CNC
M4	31131	1	FRAIS ROUCHAUD A LEVIER
M5	31220	1	FRAIS UNIV ALMO FH 80
M6	31320	1	FRAIS UNIV ALMO FV 80
M7	31441	1	FRAIS UNIV GAMBIN
M8	31851	2	FRAIS H ^l ° FOREST
M9	31852	1	FRAIS H ^l ° ROUCHAUD
M10	31853	2	FRAIS H ^l ° ROUCHAUD
M11	31854	1	FRAIS H ^l ° ROUCHAUD
M12	31951	1	FRAIS V ^l ° FOREST V500
M13	31952	2	FRAIS V ^l ° ROUCHAUD FV80
M14	32151	4	PERC GSP 205 S
M15	32152	4	PERC GSP 205 R
M16	32153	2	PERC GSP 205 RB
M17	32161	2	PERC GSP 2407 S
M18	32231	2	PERC ROCHELET 4 BRS
M19	32232	1	PERC ROCHELET 2 BRS
M20	32233	1	PERC ROCHELET 3 BRS
M21	32481	1	PERC TROSSEILLE
M22	32482	1	PERC TROSSEILLE
M23	32561	6	PERC GSP RADIALE
M24	32581	2	PERC GSP RADIALE
M25	43411	1	TOURET MAPE MEULE
M26	43561	1	MACHINE A DRESSER
M27	13990	1	MACHINE WOTAN A CNC

NOUVELLE CODIFICATION DES PIECES

Nouveau Code	Code C.V. I	Nouveau Code	Code C.V. I	Nouveau Code	Code C.V. I
P01	1140452	P32	290180	P63	599415
P02	699101	P33	296736	P64	599418
P03	699102	P34	408542	P65	599452
P04	1089608	P35	444899	P66	599669
P05	1089609	P36	466207	P67	617514
P06	1089038	P37	476783	P68	617525
P07	1141084	P38	481301	P69	617526
P08	1141083	P39	482156	P70	630701
P09	1141538	P40	482176	P71	662441
P10	1141539	P41	485521	P72	662556
P11	551734	P42	487655	P73	665185
P12	744104	P43	499671	P74	665506
P13	1090234	P44	551715	P75	667477
P14	1090439	P45	551723	P76	667481
P15	1147618	P46	551735	P77	672110
P16	5010017	P47	551737	P78	672205
P17	163488	P48	551743	P79	672620
P18	192773	P49	551745	P80	672681
P19	163600	P50	551754	P81	672692
P20	163631	P51	551755	P82	672707
P21	173134	P52	551768	P83	672708
P22	190851	P53	551780	P84	672733
P23	191445	P54	551804	P85	672787
P24	191446	P55	551889	P86	672788
P25	192883	P56	594852	P87	673809
P26	192884	P57	594999	P88	680420
P27	192885	P58	599311	P89	680421
P28	108945	P59	599388	P90	680475
P29	1089452	P60	599389	P91	691963
P30	241665	P61	599390	P92	694190
P31	246061	P62	599414	P93	694191

Nouveau Code	Code C. V. I	Nouveau Code	Code C. V. I	Nouveau Code	Code C. V. I
P94	696102	P127	707599	P160	731779
P95	696559	P128	707790	P161	735040
P96	696560	P129	707811	P162	735041
P97	696718	P130	711365	P163	735045
P98	696732	P131	714914	P164	735382
P99	696732	P132	714915	P165	735720
P100	696882	P133	715700	P166	737247
P101	699055	P134	716235	P167	737250
P102	699056	P135	720098	P168	737724
P103	699103	P136	720107	P169	737723
P104	699104	P137	720108	P170	737729
P105	699165	P138	720109	P171	737825
P106	699174	P139	720247	P172	738049
P107	699227	P140	720456	P173	738050
P108	699228	P141	720919	P174	738122
P109	699242	P142	720966	P175	738160
P110	699250	P143	721305	P176	738888
P111	699264	P144	721309	P177	738972
P112	699497	P145	723129	P178	742166
P113	699645	P146	723805	P179	742203
P114	699830	P147	724296	P180	742316
P115	699839	P148	727032	P181	742317
P116	699840	P149	727061	P182	742318
P117	703412	P150	727135	P183	742673
P118	703697	P151	727285	P184	744152
P119	707215	P152	727577	P185	744197
P120	707261	P153	729456	P186	744237
P121	707429	P154	729970	P187	744323
P122	707430	P155	731005	P188	744384
P123	707590	P156	748856	P189	744391
P124	720454	P157	731029	P190	744395
P125	707588	P158	731049	P191	744397
P126	707789	P159	731680	P192	744298

Nouveau Code	Code C. V. I	Nouveau Code	Code C. V. I	Nouveau Code	Code C. V. I
P193	744503	P226	1090293	P259	1143126
P194	744566	P227	1090438	P260	1143149
P195	744571	P228	1090524	P261	1143148
P196	744609	P229	1140054	P262	1143205
P197	744714	P230	1140080	P263	1143293
P198	748913	P231	1140081	P264	1143298
P199	748914	P232	1140675	P265	1143332
P200	748916	P233	1140678	P266	1143469
P201	748945	P234	1140680	P267	1143683
P202	748946	P235	1140719	P268	1144809
P203	750874	P236	1140778	P269	1144999
P204	751647	P237	1141059	P270	1145379
P205	751648	P238	1141060	P271	1145520
P206	757186	P239	1141328	P272	1146310
P207	757286	P240	1141337	P273	1146652
P208	758029	P241	1141447	P274	1147140
P209	758184	P242	1141448	P275	1147196
P210	758417	P243	1141449	P276	1147784
P211	758554	P244	1141450	P277	1148901
P212	758631	P245	1140420	P278	1149329
P213	758969	P246	1141598	P279	1149754
P214	765952	P247	1141614	P280	1149972
P215	765953	P248	1141744	P281	1150992
P216	765954	P249	1141960	P282	1151443
P217	780008	P250	1142025	P283	5000773
P218	784114	P251	1142042	P284	5001698
P219	786701	P252	1142070	P285	5003004
P220	790750	P253	1142172	P286	5003007
P221	796254	P254	1142513	P287	5003025
P222	1089920	P255	1142655	P288	5003027
P223	1089921	P256	1142666	P289	5003028
P224	1089945	P257	1142812	P290	5003029
P225	1090065	P258	1143091	P291	5003047

Nouveau Code	Code C.V.I	Nouveau Code	Code C.V.I	Nouveau Code	Code C.V.I
P292	5003068	P326	5010594	P360	1149870
P293	5003070	P327	5010642	P361	50007488563
P294	5003086	P328	5010644	P362	11468878
P295	5003107	P329	5010991	P363	1146869
P296	5003108	P330	9201339	P364	1146877
P297	5003109	P331	9201424	P365	1146866
P298	5003122	P332	9201499	P366	1147165
P299	5003125	P333	9360271	P367	1147338
P300	5003128	P334	9610811	P368	1147281
P301	5010001	P335	369251470	P369	114887
P302	5010016	P336	369245978	P370	11472261
P303	5010024	P337	369492730	P371	5000704235
P304	5010025	P338	369682043	P372	1142494
P305	5010029	P339	369699082	P373	1140684
P306	5010031	P340	3699727579	P374	1145283
P307	5010032	P341	370483801	P375	1148192
P308	5010053	P342	5000653695	P376	150075
P309	5010054	P343	5000654855	P377	1151099
P310	5010057	P344	5000654856	P378	1151060
P311	5010066	P345	5000704197	P379	1151061
P312	5010071	P346	5000704229	P380	1151062
P313	5010130	P347	5000704729	P381	151063
P314	5010157	P348	5000705837	P382	11151064
P315	5010166	P349	5000711489	P383	1142609
P316	5010178	P350	5000715737	P384	1142610
P317	5010215	P351	5000721570	P385	145786
P318	5010256	P352	5000748855	P386	115100
P319	5010288	P353	5000748856	P387	1153328
P320	5010306	P354	5000761391		
P321	5010318	P355	5000782072		
P322	5010514	P356	5000782073		
P323	5010542	P357	1146291		
P324	5010569	P358	1141540		
P325	5010579	P359	1149906		

53	729970	1				1	1		1	
54	737728				1		1	1		1
55	738888				1		1			1
56	744152				1	1		1	1	
57	744609				1	1				1
58	744714		1		1				1	1
59	786701				1		1		1	1
60	790750		1		1		1	1		
61	1090293		1		1				1	1
62	1141059				1		1	1	1	
63	1141447		1		1	1			1	1
64	1141448		1		1	1			1	1
65	1141449				1		1		1	
66	1141450				1		1		1	
67	1142070				1		1			1
68	1147196				1		1	1	1	
69	1147784				1		1		1	
70	5003025		1		1		1	1		
71	5003047				1	1			1	
72	5003068		1		1		1		1	1
73	5003070				1	1	1	1	1	
74	503128				1			1		
75	5010016				1	1		1		
76	5010029		1		1		1	1		
77	5010030		1		1		1			1
78	5010066		1		1		1	1		
79	5010071		1				1	1		
80	5010130				1		1		1	1
81	5010288		1		1		1	1	1	
82	5000654855		1	1	1					1
83	5000704229		1				1	1	1	
84	5000705887				**	1		1	1	
85	5000761391							1	1	1
86	1141540				**			1	1	
87	1147165		1		1				1	1
88	163631		1				1	1		
89	190851				1	1		1	1	
90	191445		1					1	1	1
91	191446		1					1	1	1
92	1089451		1			1		1		
93	1089452		1			1		1		
94	487655				1			1		1
95	551715					1	1		1	
96	515780		1		1		1			
97	599388				1			1	1	
98	672184		1				1		1	
99	664191				1	1		1		
100	696718				1	1				
101	699056				1	1				
102	699103		1		1					
103	707789		1				1	1		1
104	714914		1		1		1	1		
105	720107				1	1	1	1		
106	720108				1	1	1	1		
107	720109				1	1	1	1		

108	720919	1				1				1	
109	720966	1				1	1			1	
110	729456					1	1		1	1	
111	5000748356					1	1	1			
112	731779					1	1	1			
113	735040					1	1				1
114	735041					1	1				1
115	737729					1		1			1
116	737825						1	1			**
117	744391						1	1	1		1
118	744571	1					1		1	1	
119	751647		1	1			1		1		
120	751648	1	1				1		1		
121	1089921					1	1	1	1		
122	1140660	1				1	1	1			
123	1142666					1	1	1			1
124	1143293			1		1	1	1			
125	1148901					1	1	1		1	
126	5003027					1	1	1			1
127	5003029		1	1					1		
128	5010001		1		1		1	1			
129	5010306	1					1	1		1	
130	5010991	1				1		1			
131	369492730	1					1		1		
132	5000653695	1	1				1	1		1	
133	5000711489	1	1			1		1			
134	5000748855					1	1	1	1		1
135	5000748856					1	1	1			
136	5000782072					1		1			
137	5000782073					1		1			
138	5000748856					1		1	1		
139	1147281	1					1	1			1
140	1147261	1					1	1			1
141	5000704235					1		1			
142	5000715734			1				1			
143	699104	1				1		1		1	
144	173134	1				1		1			
145	241665					1		1	1		
146	551754						1	1	1		
147	551889						1	1	1		
148	599418			1						1	1
149	599444						1	1	1		
150	599452			1						1	1
151	617526				1		1	1			
152	672110				1			1		1	
153	672620				1		1	1			1
154	699055						1	1		1	
155	699165						1	1	1		
156	699174						1	1		1	
157	699228			1			1	1			
158	699497	1					1			1	
159	699645						1	1	1		
160	723805						1	1	1		
161	731029						1	1	1		1
162	731049						1	1			
163	735720	1			1					1	

164	742317			1		1			1
165	744237					1	1		
166	784114			1					1 1
167	1089945	1		1			1		
168	1090524		1			1			1
169	1140575	1			1	1			
170	1140678	1			1	1			
171	1140719				1		1		
172	1141060			1		1	1		
173	1141337					1		1	
174	1143205		1		1	1			
175	1146310				1				1
176	1149529			1	1		1		
177	1150992				1	1			1
178	5003086				1	1		1	
179	5003107		1	1				1	
180	5003108					1 1			1
181	5010514	1	1					1	
182	5010594				1	1 1			
183	9360271				1	1	1		
184	1149870		1		1				1
185	1140684	1		1			1		
186	1145283	1	1				1		
187	1148192					1	1		
188	1151060	1			1		1		
189	1151069	1			1				1
190	758184				1		1		1
191	163600						1 1		
192	408542					1 1			
193	444899					1 1			
194	482156					1	1		
195	482176					1		1	
196	551745			1					1
197	599390	1					1		
198	599669					1			1
199	662441					1		1	
200	672692	1				1			
201	672787					1	1		
202	672788					1	1		
203	6673809						1		1
204	680420				1	1			
205	680421				1	1			
206	699227					1	1		
207	6699830		1					1	
208	703637				1				1
209	707215			1					1
210	707261			1					1
211	707588					1	1		
212	707790						1	1	
213	707811			1					1
214	731005						1		1

319	724296	1				
320	727032					1
321	727061			1		
322	727131			1		
323	727235			1		
324	727577				1	
325	731680					1
326	735045		1			
327	738049		1			
328	738050		1			
329	738122	1				
330	738160			1		
331	742166				1	
332	742230				1	
333	742318			1		
334	742675				1	
335	744197				1	
336	748945			1		
337	748946			1		
338	757186				1	
339	757286			1		
340	758631				1	
341	758969					1
342	765953					1
343	765954					1
344	1069920					1
345	1090065			1		
346	1090438				1	
347	1090439			1		
348	1140054			1		
349	1142172				1	
350	1142655				1	
351	1142812		1			
352	1143091				1	
353	1143129				1	
354	1143147					
355	1143148	1				
356	1143298					1
357	1143332					1
358	1143469					1
359	1145520				1	
360	1146652				1	
361	1147140			1		
362	1149754				1	
363	1149972				1	
364	5000773				1	
365	5001698				1	
366	5003004				1	
367	5010024			1		
368	711365				1	
369	1151443					1
370	5010025			1		
371	5010166	1				

372	5010178	1				
373	5010215			1		
374	5010256					1
375	1151100			1		
376	5010542			1		
377	5010569				1	
378	510642		1			
379	5010644			1		
380	9610811		1			
381	369251470				1	
382	369245978				1	
383	369699032	1				
384	370483601				1	
385	5000704729	1				
386	5000715737				1	
387	5000721570					1
388	1146866			1		
389	1148887			1		
390	1142494			1		
391	1150075	1				
392	11511099				1	
393	1151064					1
394	1142609				1	
395	1142610				1	
396	1145786					1
397	1151084			1		
398	163574				1	
399	185002					1
400	193956	1				
401	194005	1				
402	194102		1			
403	551713			1		
404	551714			1		
405	551722			1		
406	551764					1
407	599417					1
408	599480					1
409	599569			1		
410	599689				1	
411	599937			1		
412	599938			1		
413	617524					1
414	652881			1		
415	652882			1		
416	653161				1	
417	696229			1		
418	696721				1	
419	696834			1		
420	720255			1		
421	720542				1	
422	731004				1	
423	731761			1		

CARACTERISTIQUES TECHNIQUES DES MACHINES

Machines	Caractéristiques techniques
M ₁ , M ₂	Ces tours étaient auparavant universels . Ils sont devenus par la suite des machines de production , ce qui a augmenté la charge de ces machines .
M ₃	C'est un tour à CNXC spécialisé dans la fabrication des pièces qui nécessitent une très grande précision concernant les dimensions de leurs côtes
M ₄	C'est une petite fraiseuse spécialisée dans l'opération de sciage mécanique à l'aide d'une fraise dont l'épaisseur est très petite . Elle peut éventuellement faire des petites rainures pour n'importe quel type de pièces .
M ₅ , M ₆	Ces fraiseuses sont caractérisés par un taux de panne très élevé , ce qui rend leur utilisation très restreinte par la majorité des pièces .
M ₇	Le caractère universel de cette machine l'a rendu par utilisée . En effet elle est équipée d'une tête et d'une table se déplaçant dans n'importe quel sens ; de ce fait elle est loin d'être une machine de production .
M ₈ , M ₉ , M ₁₀ , M ₁₁ M ₁₂	Ces fraiseuses sont toutes semi-automatiques c-à-d une fois le réglage de l'outil effectué par l'opérateur , ce dernier n'intervient qu'après la fin de l'opération . Nous pouvons voir que ces machines sont utilisées pratiquement par le même nombre de pièces .

Machines	Caractéristiques techniques
M19	<p>Cette machine stratégique et la plus chargée dans l'Atelier . Elle est très utilisée vu le type d'usinage qu'elle peut effectuer .</p> <p>Cet usinage consiste en un enlèvement de la matière dans les quatre côtes sans changement d'outil . Ce type d'usinage est appelé " Cycle carré "</p>
M14	<p>C'est la machine la plus utilisée dans l'Atelier . Cela s'explique par le fait que les pièces qui passent par cette machine (équipée d'une table à mouvement fixe) n'ont qu'une seule opération simple de perçage (un seul trou par pièce) .</p>
M15	<p>Elle est moins utilisée que la M14 , pour la simple raison que cette machine est équipée d'une table à mouvement croisé (opérations moins rapide que celle effectuée sur la M14) .</p>
M16	<p>Même chose que la M15 sauf qu'elle est destinée par la fabrication des pièces de grande forme .</p>
M17	<p>Même chose que la M14 sauf qu'elle est destinée par la fabrication des pièces de grande forme .</p>
M18, M19 M20	<p>C'est des perceuses multi-broches peuvent effectuer plusieurs opérations de perçage mais dans un même plan horizontal puisque le foret (outil de coupe) ne change pas de position .</p>
M21, M22	<p>Ces machines sont sont identiques sauf que la M22 est une nouvelle machine , alors que la M21 est une machine ancienne et par conséquent nous avons moins d'opération usinées sur la M21 .</p>

Machines	Caractéristiques techniques
M23	Son chariot porte-foret peut faire une rotation ainsi qu'une translation autour de la table . Cette caractéristique technique fait que le grand nombre de pièces usinées sur cette machine nécessitent plusieurs opérations de perçage (plusieurs trous) en même temps et dans des plans différents .
M24	Même chose que la M23 sauf qu'elle est spécialisée dans l'usinage des pièces ayant grande taille .
M25	Petite meule spécialisée dans la préparation de l'état de surface (opération de surfacage)
M26	Elle est spécialisée dans l'opération de dressage-face , elle est équipée d'une grande meule positionnée horizontalement , mais très usée . pour cela elle n'est pas suffisamment utilisée par les pièces
M27	C'est un centre d'usinage destiné seulement pour la fabrication des ferrues pivots " , l'usinage de ce type de pièces nécessite une charge considérable sur la machine .

2	364	1146877			1	1													
2	380	1151062			1	1													
2	382	1151064					1												
2	385	1145786						1											
2	387	1153328		1					1										
2	192	744398	1			1													
3	8	*****								1	1	1	1						
3	9	1141538			1					1	1	1	1						
3	10	1141539			1					1	1	1	1						
3	11	551734		1					1	1	1	1		1					
3	19	163600			1							1							
3	22	190851						1			1	1		1					
3	34	408542		1								1							
3	35	444899		1								1							
3	36	266207										1							
3	48	551743		1	1						1	1	1					1	
3	60	599389		1								1	1		1			1	
3	61	599390	1									1							
3	69	617525										1							
3	85	672733		1					1			1	1		1				
3	107	699227		1								1							
3	118	703637				1						1							
3	123	707590										1							
3	124	720454		1								1	1					1	
3	142	720966						1				1	1					1	
3	158	731049		1								1							
3	166	737247				1				1	1	1	1		1				
3	169	737728			1	1						1	1						
3	170	737729				1						1	1						
3	180	742316		1								1							
3	181	742317				1						1	1						
3	186	744237		1								1							
3	200	748916		1								1							
3	214	765952		1								1							
3	218	784114							1		1	1							
3	220	790750		1	1				1		1	1							
3	225	1090065										1							
3	230	1140080		1								1							
3	231	1140081		1								1							

4	199	748914				1		1											
4	203	750874					1		1										
4	238	1141060				1		1		1									
4	241	1141447		1			1	1		1		1							
4	242	1141448		1			1	1		1		1							
4	286	5003007							1		1								
4	291	5003047		1						1	1	1							
4	300	5003128		1		1					1								
4	302	5010016		1			1		1		1		1						
4	324	5010569									1								
4	331	9201424				1					1								
4	338	3,7E+08	1								1								
4	341	3,7E+08									1								
4	357	1146291		1			1		1		1								
4	358	1141540		1					1		1								
4	377	1151099									1								
4	383	1142609									1								
4	384	1142610									1								
5	16	5010017		1	1			1			1	1							
5	38	481301										1							
5	42	487655					1	1				1	1						
5	78	672110		1				1				1							
5	133	715700		1			1	1				1	1				1		
5	156	5E+09		1					1			1							
5	161	735040		1								1	1						
5	162	735041		1								1	1						
5	209	758184						1		1		1							
5	211	758554								1				1					
5	235	1140719								1			1						
5	258	1143091										1							
5	260	1143147										1							
5	268	1144809						1				1							
5	327	5010642										1							
5	345	5E+09						1				1							
5	353	5E+09		1					1			1							
5	355	5E+09		1								1							
5	356	5E+09		1								1							
5	361	5E+09		1					1			1							

5	371	5E+09			1	1							
5	379	1151061	1	1		1							
6	18	192773	1	1	1			1	1				
6	23	191445	1	1	1				1				
6	24	191446	1	1	1				1				
6	40	482176			1			1					
6	143	727032						1					
6	114	699830		1				1					
6	128	707790			1			1					
6	143	721305						1					
6	204	751647	1	1	1			1					
6	213	758969						1					
6	215	765953						1					
6	216	765954		1				1					
6	330	9201339						1					
6	73	662556						1					
6	336	3,7E+08						1					
7	20	163631	1		1					1			
7	21	173134	1		1					1			
7	28	1089451	1		1			1	1				
7	29	1089452	1		1			1	1				
7	62	599414								1			
7	95	696102	1	1		1				1			
7	103	699103	1		1			1	1				
7	104	699104	1		1			1	1				
7	126	707789		1	1					1		1	
7	141	720919	1		1					1			
7	165	735720			1			1		1			
7	193	744503			1					1			
7	194	744566		1						1			
7	195	744571	1	1	1	1				1			
7	239	1141328	1	1	1	1				1			
7	261	1143148								1			
7	322	5010514	1		1					1			
7	342	5E+09	1		1			1	1				
7	343	5E+09			1	1		1		1			
7	344	5E+09	1		1	1		1	1	1			
7	349	5E+09		1	1	1		1		1			

7	360	1149870		1	1			1				
7	374	1145283	1		1			1				
8	32	290180							1			
8	57	594999							1			
8	71	630701							1			
8	72	662441	1						1			
8	74	665185							1			
8	75	665506							1			
8	76	667477							1			
8	130	711365							1			
8	149	727061							1			
8	150	727135							1			
8	153	729456	1		1			1				
8	157	731029	1					1		1		
8	178	742166							1			
8	183	742673							1			
8	206	757186							1			
8	227	1090438							1			
8	240	1141337	1		1				1			
8	271	1145520							1			
8	319	5010288	1	1	1	1			1			
8	332	9201499			1				1			
8	340	3,7E+08					1		1			
8	350	5E+09							1			
8	354	5E+09		1	1				1			
9	64	599418		1		1				1		
9	66	599452		1		1				1		
9	140	720456		1		1				1		
10	67	599669	1								1	
10	88	673809			1						1	
10	155	731005				1					1	
10	159	731680									1	
10	177	738972				1					1	
11	132	714915	1	1		1						1
11	163	735045	1		1							1
11	325	5010579				1						1
11	262	114205	1		1							1
12	173	738050										1
12	172	738049										1
12	290	5003029		1				1				1
12	195	744571				1		1				1

OPERATIONS REPRESENTANT LES ECHANGES INTER-ILOTS
POUR LES ILOTS FONCTIONNELS

Ilot	Familles	1	2	3	4	5	6	7	8
1	M1	34	4	2	1	1	0	2	1
	M11	37	1	0	0	0	0	4	0
	M13	60	15	13	3	3	0	6	1
	M14	78	18	11	6	7	2	2	3
	M16	21	1	5	0	1	2	0	0
	M21	21	8	2	3	0	0	0	0
	M24	13	3	5	1	0	0	0	0
2	M7	2	12	0	2	0	3	0	0
	M12	2	31	1	2	0	0	0	1
	M17	4	21	5	2	2	3	3	0
	M23	18	38	4	5	7	0	9	2
3	M4	8	5	11	2	1	1	2	0
	M10	9	3	23	3	0	0	1	1
	M15	19	12	43	6	7	5	11	3
	M22	0	0	8	1	0	0	0	0
4	M8	12	9	0	12	0	0	2	0
	M19	10	2	0	26	0	0	1	1
	M9	11	3	5	4	2	0	5	1
	M26	3	0	0	02	7	0	0	0
6	M3	0	0	0	0	0	3	1	0
	M20	3	2	0	0	0	13	5	1
7	M2	3	1	4	0	0	0	23	0
8	M18	2	2	1	0	1	0	0	23

MACHINES POUVANT EFFECTUER LE MEME TYPE D'USINAGE

M8,M9 M10,M11	Les quatre machines peuvent effectuer le même type d'usinage pour toutes les pièces correspondantes . Sauf pour la M18 où il suffit de standariser (opération simple et rapide) .
M12,M13	La fraiseuse verticale " Rouchaud " peut faire le même travail que la fraiseuse M12 . mais la reciproque est fausse .
M14,M17 M15,M16 M23,M24	Les opérations de la M14 peuvent être usinées sur la M17 mais la réciproque est fausse . De même pour la M15 et la M16 . Les opérations usinées sur la M14 , M17 , M15 et M16 ont toutes la possibilité d'être usinées sur les machines M23 ou M24 .
M18,M19 M20	Les deux machines M19 , M20 peuvent remplir la même fonction . Les opérations usinées sur ces deux macines peuvent être usinées sur la M18 (la réciproque est fausse) .
M21,M22	Les perceuses TROSSEILLE M21 et M22 sont parfaitement identiques et peuvent accomplir la même tâche .

2	269		1 1							1144999
2	278		1 1	1						1149329
2	282			1						1151443
2	299		1 1							5003125
2	306	1	1 1 1 1 1							5010031
2	307		1 1 1 1 1							5010032
2	308	1	1 1 1	1 1						5010053
2	310	1	1 1 1 1 1							5010057
2	313	1	1 1 1							5010130
2	314	1	1 1		1			1		5010157
2	351			1						5E+09
2	352		1 1							5E+09
2	359			1						1149906
2	362		1 1							1146878
2	364		1 1							1146877
2	380		1 1							1151062
2	382			1						1151064
2	385			1						1145786
2	387		1 1							1153328
2	192	1	1							744398
3	8				1 1 1 1					*****
3	9	1			1 1 1 1					1141538
3	10	1			1 1 1 1					1141539
3	11			1	1 1 1 1					551734
3	19	1				1				163600
3	22			1	1 1					190851
3	34					1 1				408542
3	35					1 1				444899
3	36					1				266207
3	48	1			1 1 1 1			1		551743
3	60				1 1 1 1			1		599389
3	61	1				1				599390
3	69					1				617525
3	85			1	1 1 1 1					672733
3	107					1 1				699227
3	118	1				1				703637
3	123					1				707590
3	124				1 1 1 1			1		720454
3	149			1		1 1		1		790906

4	59	1	1			1	1													599388
4	77						1													667481
4	79						1													672205
4	102						1													699056
4	105		1		1		1													699165
4	117						1													703412
4	144						1													721309
4	55	1					1		1											551689
4	152						1													727577
4	163						1													735045
4	168				1		1													737724
4	179						1													742203
4	185						1													744197
4	198					1			1											748913
4	199					1			1											748914
4	203						1		1											750874
4	238				1		1		1											1141060
4	241				1		1		1		1									1141447
4	242				1		1		1		1									1141448
4	286								1		1									5003007
4	291	1					1		1		1									5003047
4	300	1			1				1											5003128
4	302	1			1		1				1	1								5010016
4	324								1											5010569
4	331				1				1											9201424
4	338	1							1											3,7E+08
4	341								1											3,7E+08
4	357	1			1				1		1									1146291
4	358	1							1		1									1141540
4	377								1											1151099
4	383								1											1142609
4	384								1											1142610
5	16				1		1				1	1		1						5010017
5	38										1									481301
5	42				1						1	1	1							487655
5	78										1	1	1		1					672110
5	133				1						1	1	1		1					715700
5	156	1									1			1						5E+09
5	161										1	1		1						735040

5	162					1	1	1					735041
5	209					1	1	1					758184
5	211					1	1	1					758554
5	235					1	1	1					1140719
5	258					1							1143091
5	260					1							1143147
5	268					1	1						1144809
5	327					1							5010642
5	345					1	1						5E+09
5	353	1				1	1						5E+09
5	355					1		1					5E+09
5	356					1		1					5E+09
5	361	1				1	1						5E+09
5	371					1	1						5E+09
5	379	1				1	1						1151061
6	18	1			1			1	1	1			192773
6	23	1			1			1		1			191445
6	24	1			1			1		1			191446
6	40							1		1			482176
6	148							1					727032
6	114				1			1					699330
6	128							1		1			707790
6	143							1					721305
6	204	1			1	1		1					751647
6	213							1					758969
6	215							1					765953
6	216				1			1					765954
6	330							1					9201339
6	73							1					662556
6	336							1					3,69E+08
6	20	1							1	1			163631
6	21	1				1			1				173134
6	28	1						1	1	1			1089451
6	29	1						1	1	1			1089452
6	62							1					599414
6	95	1				1			1	1			696102
6	103	1						1	1	1			699103
6	104	1						1	1	1			699104
6	126				1			1		1			707789

6 141	1					1 1					720919
6 165					1	1 1					735720
6 193						1 1					744503
6 194		1				1 1					744566
6 195	1			1		1 1					744571
6 239	1				1	1 1	1				1141323
6 261						1					1143143
6 322	1					1	1				5010514
6 342	1					1	1	1			5E+09
6 343			1		1	1 1					5E+09
6 344	1		1		1	1 1 1					5E+09
6 349		1			1	1	1				5E+09
6 360				1		1 1					1149870
6 374	1					1	1				1145233
8 32								1			290180
8 57								1			594999
8 71								1			630701
8 72	1							1			662441
8 74								1			665135
8 75								1			665506
8 76								1			667477
8 130								1			711365
8 149								1			727061
8 150								1			727135
8 153	1		1					1			729456
8 157	1							1	1		731029
8 178								1			742166
8 183								1			742673
8 206								1			757186
8 227								1			1090438
8 240	1		1					1			1141337
8 271								1			1145520
8 319	1		1	1	1			1			5010233
8 332								1			9201499
8 340						1		1			3,7E+08
8 350								1			5E+09
8 354			1	1				1			5E+09
9 64			1		1				1		599418
9 66			1		1				1		599452

9 140		1		1				1			720456
10 67	1								1		599669
10 88			1						1		673809
10 155				1					1		731005
10 159									1		731680
10 177				1					1		738972
11 132	1	1		1						1	714915
11 163	1		1							1	735045
11 325				1						1	5010579
11 262	1		1							1	114205
12 173										1	738050
12 172										1	738049
12 290		1				1				1	5003029
12 195				1		1				1	744571