UNIVERSITE DE MONTREAL

TRANSFORMATION D'UN SYSTEME DE FABRICATION PAR LOTS EN SYSTEME JUSTE A TEMPS

par

Jean-Francois FONTAINE
DEPARTEMENT (ou INSTITUT) DE GENIE INDUSTRIEL
ECOLE POLYTECHNIQUE

MEMOIRE PRESENTE EN VUE DE L'OBTENTION
DU GRADE DE MAITRE ES SCIENCES APPLIQUEES (M.Sc.A.)

Mai 1989

c Jean-François Fontaine 1989

ational Library
Canada

Bibliothèque nationale
du Canada

anadian Theses Service

Service des thèses canadiennes

awa, Canada
A 0N4

he author has granted an irrevocable non-xclusive licence allowing the National Library f Canada to reproduce, loan, distribute or sell opies of his/her thesis by any means and in ny form or format, making this thesis available o interested persons.

he author retains ownership of the copyright his/her thesis. Neither the thesis nor ubstantial extracts from it may be printed or therwise reproduced without his/her per-ission.

L'auteur a accordé une licence irrévocable et non exclusive permettant à la Bibliothèque nationale du Canada de reproduire, prêter, distribuer ou vendre des copies de sa thèse de quelque manière et sous quelque forme que ce soit pour mettre des exemplaires de cette thèse à la disposition des personnes intéressées.

L'auteur conserve la propriété du droit d'auteur qui protège sa thèse. Ni la thèse ni des extraits substantiels de celle-ci ne doivent être imprimés ou autrement reproduits sans son autorisation.

ISBN 0-315-52719-6

anada

UNIVERSITE DE MONTREAL

ECOLE POLYTECHNIQUE

Ce mémoire intitulé:

TRANSFORMATION D'UN SYSTEME DE FABRICATION PAR LOTS EN SYSTEME JUSTE A TEMPS

présenté par: Jean-Francois Fontaine

en vue de l'obtention du grade de: M. Sc. A.

a été dûment accepté par le jury d'examen constitué de:

M. Kalyan Ghosh, Ph. D., président

M. Mario Godard, M. Sc. A.

M. Bernard Boire, M. SC. A.

SOMMAIRE

Le but de cet ouvrage est de proposer une méthodologie à appliquer afin de transformer un système de fabrication par lots en système de fabrication juste à temps. Afin d'appliquer la philosophie des systèmes de production juste à temps, une entreprise fabriquant des meubles a été choisie.

A l'aide des gammes de fabrication de tous les produits, les départements de fabrication et d'assemblage furent étudiés de manière à proposer un réaménagement sous forme de cellules de fabrication. De plus, une réduction des temps de mise en course a aussi été réalisée de manière à augmenter la flexibilité des cellules formées. Par la suite, un calcul d'implantation a permis de vérifier la validité de la solution suggérée compte tenu des contraintes physiques. Finalement, une étude de rentabilité fut élaborée suite aux changements projetés.

Cinq cellules de fabrication et une cellule d'assemblage furent créées. De plus, une réduction des temps de mise en course de 80 % a permis d'augmenter la flexibilité du système de fabrication. Par la suite, un système de planification hybride entre la philosophie des systèmes de fabrication par lots et de fabrication juste à

temps fut proposé. Compte tenu des contraintes imposées par la variété des composantes, ce système permet d'entreposer les composantes appartenant aux produits à haut volume de vente et de fabriquer sur commande les produits à faible volume de vente. Concrétisés sur papier, les changements suggérés ont ensuite permis de vérifier la validité de la solution. Finalement, l'étude de rentabilité a permis de constater la viabilité économique du projet, celui-ci présentant des performances telles un taux de rendement interne de 33 % et un délai de récupération actualisé de 3.2 années.

Suite aux résultats obtenus, on conclut donc que la méthodologie appliquée permet d'obtenir des performances qui sont plus qu'acceptables.

ABSTRACT

The aim of this work is to suggest a method to transform a batch production system in a just in time production system. To reach this goal, a furniture factory has been chosen in order to apply the JIT philosophy in a practical context.

The routes in the assembly and Fabrication departements have been studied in order to create a manufacturing cells. Further, setup time reduction has also been achieved in order to increase the flexibility of the new cells. Afterwards, a layout calculation has allowed the verification of the validity of the suggested solution, taking the physicals constraints into account. Finally, a profitability study has been elaborated.

Five manufacturing cells have been suggested. Furthermore a setup time reduction of 80 % has also permitted to increase the flexibility of the production cells. An hybrid planning system has been elaborated to accomodate the large variety of components. The system manufactures and stores the high selling products while the low selling products are manufactured and assembled to order. Subsequently a layout calculation has permitted to verify the validity of the solution. Finally, the

profitability study permit us to conclude that the project is more than acceptable with an actualised pay back of 3.2 years and an internal rate of return of 33 %.

REMERCIEMENTS

J'aimerais exprimer ma reconnaissance à tous ceux qui ont permis la réalisation de ce travail.

Principalement, je voudrais remercier le Centre National de Recherche du Canada qui a subventionné la réalisation de cet ouvrage. De plus, je voudrais exprimer toute ma gratitude à M. Mario Godard, directeur de recherche du projet, pour ses judicieux conseils donnés tout au long de la réalisation de cet étude. Finalement, je remercie l'entreprise de fabrication qui a bien voulu participer à la réalisation de ce projet.

TABLE DES MATIERES

Page

PAGE TITRE iii

SOMMAIRE iv

ABSTRACT vi

REMERCIEMENTS viii

LISTE DES TABLEAUX xv

LISTE DES FIGURES xix

LISTE DES ANNEXES xxi

INTRODUCTION 1

CHAPITRE I - COMPLEMENT THEORIQUE 5

1.1 Description du juste à temps 5

1.2 Description du processus d'implantation . . 7

1.2.1 Réaménagement sous forme de cellules . 7

1.2.2 Conception du système de planification . 8

1.3 Description du fonctionnement à long terme . 12

CHAPITRE II-- DESCRIPTION DE LA FABRICATION ACTUELLE DES PRODUITS. 14

2.1 Description des produits 14

2.2 Description du système de production 17

2.3 Limites de l'étude 20

CHAPITRE III-ETUDE DU DEPARTEMENT D'ASSEMBLAGE . . . 21

3.1 Etude de l'assemblage actuel 21

3.1.1 Assemblage des buffets 22

3.1.2 Assemblage des étagères 23

3.1.3 Assemblage des tables 26

3.1.4 Assemblage des chaises 28

3.2 Description de la méthode d'assemblage proposée 30

3.2.1 Concepts généraux 32

3.2.2 Assemblage proposé des buffets 33

3.2.3 Assemblage proposé des étagères 36

3.2.4 Assemblage proposé des tables 38

3.2.5 Assemblage proposé des chaises 38

3.3 Méthode à appliquer afin d'augmenter la flexibilité de l'assemblage 39

3.3.1 Assemblage des buffets et étagères . . . 39

3.3.2 Assemblage des tables 40

3.3.3 Assemblage des bases et des caisses . . 40

3.3.4 Pré-assemblage de bases et de caisses . 41

3.3.5 Assemblage des chaises 41

3.3.6 Assemblage des dossiers de chaises . . . 41

3.4 Description des nouvelles opérations de fabrication 42

3.4.1 Etude du perçage des composantes d'un buffet 42

3.4.2 Etude du perçage des composantes d'une étagère 43
3.4.3 Etude du perçage des composantes d'une table 44
3.4.4 Etude du perçage des composantes d'une chaise 44
3.4.5 Estimation des coûts de développement . 45
3.5 Description de l'aménagement proposé 46
3.5.1 Evaluation des temps d'assemblage . . . 47
3.5.2 Evaluation des temps de vérification . . 47
3.5.3 Evaluation du nombre de postes nécessaires 48
3.5.4 Evaluation des débits entre les postes . 51
3.5.5 Schématisation des flots 55
3.5.6 Présentation de l'aménagement proposé . 55

CHAPITRE IV-ETUDE DU DEPARTEMENT DE FABRICATION . . . 57
4.1 Processus de création de cellules de fabrication 57
4.1.1 Schématisation des flots entre les départements 58
4.1.2 Conception des cellules de fabrication . 63
a) Usinage. 64
b) Sablage 66

4.1.3 Analyse des flots de composantes 67

a) Cellule no 1 69

b) Cellule no 2 69

c) Cellule no 3 70

d) Cellule no 4 70

e) Cellule no 5 76

f) Aménagement général 76

4.1.4 Intégration de la perceuse à contrôle numérique. 77

4.2 Réduction des temps de mise en course . . . 80

4.2.1 Réduction des temps de mise en course de la perceuse 81

4.2.2 Réduction des temps de mise en course du profileur 88

a) Réduction des temps de mise en course de la catégorie 1 89

b) Réduction des temps de mise en course de la catégorie 2 97

4.2.3 Réduction des temps de mise en train de la scie générale 103

4.2.4 Réduction des temps de mise en train de la scie Wadkin 105

4.2.5 Réduction des temps de mise en course de la scie à angle 108

4.2.6 Estimation des coûts requis 111

CHAPITRE V-ELABORATION DU SYSTEME DE PLANIFICATION DE LA PRODUCTION 112

5.1 Fonctionnement du système de planification proposé 113

5.1.1 Planification des cellules de machinage et de sablage 117

5.1.2 Planification de la cellule d'assemblage 126

5.1.3 Planification du prochain cycle 130

5.1.4 Constatations suite à la proposition du système 132

5.2 Méthodologie de balancement des cellules de fabrication 134

5.2.1 Méthodologie de balancement des cellules de machinage 135

5.2.2 Méthodologie de balancement des postes annexes 144

5.2.3 Méthodes de balancement de la cellule d'assemblage 144

5.2.4 Comparaison du système proposé au système actuel 146

5.3 Description du système informatique requis . 149

CHAPITRE VI-DESCRIPTION PHYSIQUE DE L'IMPLANTATION . 153

6.1 Description de l'implantation générale . . . 153

6.2 Détails de l'aménagement proposé 156

6.2.1 Calcul du nombre de chariots 157

6.2.2 Calcul de l'espace nécessaire par cellule 162

6.2.3 Calcul de l'espace d'entreposage des matières premières devant les cellules nos 1 et 2 164

6.2.4 Calcul de l'espace d'entreposage des composantes 165

6.2.5 Calcul des espaces requis à l'assemblage 166

6.2.6 Présentation de l'implantation détaillée 167

CHAPITRE VII- ETUDE DE RENTABILITE 169

7.1 Description du programme d'implantation . . 169

7.2 Evaluation de la rentabilité obtenue 172

7.2.1 Rentabilité du système de fabrication proposé 173

7.2.2 Rentabilité de la méthode d'assemblage proposée 176

CONCLUSION 179

BIBLIOGRAPHIE 182

ANNEXES 183

LISTE DES TABLEAUX

Page

TABLEAU 3.1 Coûts de développement 46

TABLEAU 3.2 Temps d'assemblage et de production des produits. 47

TABLEAU 3.3 Temps de vérification et de production des produits. 48

TABLEAU 3.4 Nombre de postes requis par opération . . 49

TABLEAU 3.5 Postes de travail proposés 50

TABLEAU 3.6 Temps d'assemblage moyen des produits . . . 52

TABLEAU 3.7 Temps journalier moyen d'assemblage . . . 53

TABLEAU 4.1 Nombre de pièces incorporées à la séquence 68

TABLEAU 4.2 Opération de mise en course de la perceuse 82

TABLEAU 4.3 Description des nouvelles opérations de mise en course de la perceuse 86

TABLEAU 4.4 Description des opérations de mise en course de la catégorie 1. 90

TABLEAU 4.5 Description des nouvelles opérations de mise en course du profileur catégorie 1 . . 95

TABLEAU 4.6 Nouvelles opérations de mise en train du profileur catégorie 1 96

TABLEAU 4.7 Description des opérations de mise en course de la catégorie 2 97

TABLEAU 4.8 Description des nouvelles opérations de mise en course du profileur catégorie 2. .101

TABLEAU 4.9 Description des opérations de mise en train 103

TABLEAU 4.10 Description des opérations de mise en train de la scie Wadkin 105

TABLEAU 4.11 Description des opérations modifiées de mise en train de la scie Wadkin. 106

TABLEAU 4.12 Description des opérations de mise en course de la scie à angle. 108

TABLEAU 4.13 Description des opérations modifiées de mise en train de la scie à angle 110

TABLEAU 5.1 Répartition de la fabrication des tables .119

TABLEAU 5.2 Répartition de la fabrication des chaises.119

TABLEAU 5.3 Répartition de la fabrication des buffets.120

TABLEAU 5.4 Répartition de la fabrication des étagères 120

TABLEAU 5.5 Quantités des produits à haut volume fabriqués 121

TABLEAU 5.6 Horaire de fabrication des modèles à faible volume de vente 124

Tableau 5.7 Horaire de production consolidé des jours 6 à 10 125

TABLEAU 5.8 Horaire d'assemblage des tables 127

TABLEAU 5.9 Horaire d'assemblage des chaises 128

TABLEAU 5.10 Horaire d'assemblage des buffets 129

TABLEAU 5.11 Horaire d'assemblage des étagères . . . 130

TABLEAU 5.12 Horaire de fabrication de la cellule 2 jour 6 136

TABLEAU 5.13 Ordre de fabrication des lots fabriqués .139

TABLEAU 5.14 Matrice des temps totaux de fabrication par machine et par lot 143

TABLEAU 5.15 Main d'oeuvre requise pour les opérations de vérification et de remplissage et de sablage des champs . 144

TABLEAU 5.16 Niveau de main d'oeuvre pour assembler les produits prévus au jour 11 145

TABLEAU 5.17 Situation proposée vs situation actuelle .146

TABLEAU 6.1 Espace occupé par cellule 163

TABLEAU 6.2 Espaces d'entreposage requis devant les cellules 1 et 2 165

TABLEAU 6.3 Espaces requis à la cellule no 6 . . . 166

TABLEAU 7.1 Rentabilité du système de fabrication proposé 174

TABLEAU 7.2 Rentabilité due à l'achat de la perceuse à contrôle numérique 178

TABLEAU A.1 Economies d'assemblage des buffets . . 184

TABLEAU A.2 Economies d'assemlage des étagères . . 184

TABLEAU A.3 Coûts de perçage des buffets 185

TABLEAU A.4 Economies de perçage des étagères . . . 185

TABLEAU A.5 Economies de perçage des chaises 186

TABLEAU B.1 Séquence d'assemblage des chaises . . . 187

TABLEAU G.1 Réductions de temps de mise en train des machines étudiées. 223

TABLEAU G.2 Coûts requis pour réduire les mises en train 224

TABLEAU H.1 Lots économiques des tables et des bases 225

TABLEAU H.2 Lots économiques des chaises 226

TABLEAU H.3 Lots économiques des buffets 227

TABLEAU H.4 Lots économiques des étagères 228

TABLEAU I.1 Nombre d'employés requis dans la cell.1. 229

TABLEAU I.2 Nombre d'employés requis dans la cell.3 230

TABLEAU I.3 Nombre d'employés requis dans la cell.4 231

TABLEAU I.4 Nombre d'employés requis dans la cell.5 233

TABLEAU J.1 Niveaux d'inventaires moyens actuels et proposés 234

TABLEAU J.2 Niveaux moyens des inventaires actuels 235

TABLEAU J.3 Niveaux moyens des inventaires proposés 235

LISTE DES FIGURES

Page

Figure 3.1: Schéma d'assemblage d'un buffet 24

Figure 3.2: Schéma d'assemblage d'une étagère . . . 25

Figure 3.3: Schéma de l'assemblage d'une table . . . 27

Figure 3.4: Schéma de l'assemblage d'une chaise . . 29

Figure 3.5: Schéma de l'assemblage proposé d'un buffet 35

Figure 3.6: Schéma de l'assemblage proposé d'une étagère 37

Figure 3.7: Schéma des flots de produits 56

Figure 4.1: Diagramme de cheminement 59

Figure 4.2: Diagramme de cheminement modifié 62

Figure 4.3: Aménagement de la cellule no 1 72

Figure 4.4: Aménagement de la cellule no 2 73

Figure 4.5: Aménagement de la cellule no 3 74

Figure 4.6: Aménagement de la cellule no 4 75

Figure 4.7: Aménagement de la cellule no 5 78

Figure 4.8: Aménagement inter-cellulaire 79

Figure 4.9: Schéma de modification de la perceuse . 87

Figure 4.10: Schéma de montage du profileur cat.1 . . . 91

Figure 4.11: Schéma de mod. du profileur cat. 1 94

Figure 4.12: Schéma de montage du profileur cat. 2 . . 98

Figure 4.13: Schéma de la scie générale 104

Figure 4.14: Schéma du système d'attachement du gabarit 107

Figure 4.15: Schéma de la scie à angle 109

Figure 6.1: Schéma du chariot de type A 160

Figure 6.2: Schéma du chariot de type B 161

LISTE DES ANNEXES

Page

ANNEXE A ESTIMATION DES ECONOMIES REALISEES A L'ASSEMBLAGE 184

ANNEXE B EXEMPLE DE SEQUENCE D'ASSEMBLAGE DE CHAISES 187

ANNEXE C LISTES DES MACHINES APPARTENANTS AUX DIFFERENTS GROUPES MAJEURS 188

ANNEXE D DESCRIPTION DES ROUTES A TRAVERS LE DEPT. DE MACHINAGE 189

ANNEXE E PROCESSUS DE CREATION DES CELLULES 197

ANNEXE F DESCRIPTION DES ROUTES A TRAVERS LE DEPART. DE SABLAGE 219

ANNEXE G COUTS REQUIS POUR REDUIRE LES MISES EN COURSES. 222

ANNEXE H LOTS ECONOMIQUES DES PRODUITS A FABRIQUER . .225

ANNEXE I CALCUL DU NOMBRE D'EMPLOYES REQUIS PAR CELLULE. 229

ANNEXE J CALCUL DES GAINS D'INVENTAIRE. 234

ANNEXE K CALCUL DES ESPACES 236

ANNEXE L DETAIL DES INVESTISSEMENTS ET DES GAINS . . 252

INTRODUCTION

Dans le contexte industriel actuel, les entreprises sont appelées à fabriquer des produits correspondant aux attentes des consommateurs. De plus en plus, ces entreprises doivent répondre rapidement aux exigences spécifiques de leurs clients. Ce changement d'attitude des consommateurs est à l'origine d'un nouveau besoin pour les entreprises. Celles-ci se doivent, pour demeurer compétitives sur les marchés, de fabriquer et de livrer rapidement leurs produits.

Ce document a pour but de proposer, à l'aide de la philosophie des systèmes de production juste à temps, une méthodologie permettant de transformer une usine traditionnelle fonctionnant par lots en une usine fonctionnant en juste à temps.

L'objectif de ce mémoire est donc d'adapter le système de planification et de fabrication d'une usine selon la philosophie du juste à temps, de manière à :

1- Réduire les inventaires de produits finis
2- Réduire les inventaires de produits en cours
3- Réduire les délais de fabrication

Afin d'atteindre ces objectifs, il a été décidé de réaliser la recherche en milieu industriel dans un environnement à l'intérieur duquel aucune adaptation juste à temps n'a été réalisé : le meuble exclusif. On entend par meuble exclusif la réalisation d'un meuble "design" en petite série.

L'entreprise choisie, dont le nom ne sera pas divulgué, est spécialisé dans la fabrication d'ameublement de salle à diner. Principalement, celle-ci manufacture des tables, des chaises, des buffets et des étagères.

La problématique qui a permis de justifier le choix de cette entreprise se situe au niveau du genre de produits fabriqués. En effet, compte tenu du côté "design" des meubles manufacturés, les produits appartenant à une même famille (ex: tables) ne sont pas fabriqués de la même manière. De plus, ces mêmes produits peuvent aussi être fabriqués à partir de composantes de formes différentes, d'où la difficulté d'adaptation de l'entreprise à la philosophie juste à temps, qui demande un certain niveau de standardisation du processus de fabrication.

Cet ouvrage se divise de la manière suivante:

Premièrement, afin de bien situer le lecteur, le premier chapitre se veut un complément théorique traitant de la philosophie juste à temps. De plus, le deuxième chapitre décrit le fonctionnement actuel de l'entreprise.

Par la suite, les chapitres III et IV traitent des modifications physiques à apporter aux départements d'assemblage et de fabrication afin de permettre à ceux-ci de fonctionner en juste à temps. Essentiellement, c'est un réaménagement sous forme de cellules qui est proposé, chacune étant spécialisée dans la fabrication de certains types de pièces. De plus, une réduction des temps de mise en course est aussi réalisée sur certaines machines critiques de manière à réduire les lots de fabrication et augmenter la flexibilité du système de fabrication.

Une fois le réaménagement sous forme de cellules accompli, le V ième chapitre propose un système de planification permettant d'exploiter judicieusement le nouvel aménagement. Ce système doit être conçu de manière à permettre une gestion relativement simple des opérations, tout en respectant les contraintes inhérentes aux genres de produits fabriqués.

Le chapitre VI présente ensuite la description complète du nouvel aménagement. De plus, on explique le fonctionnement proposé du système de fabrication en interaction avec le système de planification.

Afin de rendre opérationnel le nouveau système de production, la première partie du chapitre VII décrit sommairement de quelle manière la transformation du système de fabrication actuel en système de fabrication juste à temps doit être réalisée. Ensuite, la deuxième partie du chapitre évalue la viabilité financière de la solution proposée.

Finalement, on conclut sur la pertinence de l'implantation d'un système juste à temps au sein de ce type d'entreprise.

CHAPITRE I

COMPLEMENT THEORIQUE

Le but de ce chapitre est de permettre au lecteur de bien se situer par rapport à la théorie utilisée dans ce document. Cette section se veut ainsi un résumé de la philosophie des systèmes de production juste à temps publiée à l'intérieur d'ouvrages spécialisés (ref: 1 et 2).

1.1 Description du juste à temps

Principalement, l'application de la philosophie juste à temps a pour but d'améliorer la situation de l'entreprise dans son ensemble. Ainsi, une usine fonctionnant en juste à temps est capable (théoriquement) de fabriquer au bon moment et en quantité requise seulement les produits vendus. Sommairement, l'implantation d'un tel système de fabrication permet de réduire simultanément : les délais de fabrication, les inventaires de produits finis et en cours, et le nombre d'arrêts de fabrication dûs à des pannes de machinerie ou à un manque de matière première. De plus, l'implantation permet aussi d'augmenter la capacité du système de fabrication, tout en fabricant des produits de qualité

supérieure par rapport aux produits fabriqués à l'aide du système de fabrication existant (celui-ci fonctionnant généralement par lots).

Le lecteur peut donc entrevoir les bienfaits de l'application de cette philosophie au sein d'une entreprise. Au risque de ralentir l'enthousiasme, il faut cependant souligner que l'importance des gains rattachés à l'application de ce genre de système est fonction de l'environnement à l'intérieur duquel l'entreprise évolue. Ainsi, plus celui-ci est favorable, (c'est-à-dire que l'entreprise fabrique des produits standardisés à l'aide d'un processus de fabrication uniforme), plus les avantages du juste à temps se feront sentir rapidement. Par contre, un environnement défavorable a pour effet de diminuer l'importance des gains potentiels réalisables par une implantation juste à temps. De plus, peu importe l'environnement, il est important de bien comprendre que l'on ne termine jamais une implantation juste à temps, car elle constitue en elle-même un processus d'amélioration constant vers des objectifs opérationnels de plus en plus élevés.

1.2 Description du processus d'implantation

L'atteinte des objectifs préconisés par la réalisation d'une implantation juste à temps nécessite deux phases préliminaires.

1.2.1 Réaménagement sous formes de cellules

Le département de fabrication doit être en mesure de fabriquer rapidement n'importe quel plan de production quotidiennement. Afin d'augmenter la flexibilité de la fabrication, on doit donc réaménager le département de fabrication sous forme de cellules. Essentiellement, il s'agit de regrouper les équipements de production par familles de procédé, de manière à spécialiser ceux-ci dans la fabrication de composantes relativement semblables. Idéalement, la fabrication d'une composante doit être réalisée par le passage de la pièce sur chacune des machines constituant la cellule. De plus, la théorie propose comme aménagement cellulaire la disposition des machines en forme de U. Cette disposition a pour principal avantage le rapprochement des machines entre elles, d'où la possibilité d'affecter un travailleur sur plusieurs machines, celui-ci ayant un minimum de distance à parcourir afin d'atteindre les équipements qui sont sous

sa responsabilité. De plus, cet aménagement permet d'éliminer les inventaires en cours entre les machines. En effet, selon le fonctionnement de la cellule, les stocks de matières situés à l'entrée de la cellule sont fabriqués par des employés qui déplacent les pièces de machine en machine jusqu'à leur sortie de la cellule, pour y être entreposées.

Une fois le département réaménagé sous forme de cellules, une réduction des temps de mise en course des équipements de production doit être réalisée afin d'augmenter la flexibilité de la fabrication. Cet augmentation de flexibilité se traduit donc par une réduction des lots de fabrication jusqu'à ce que, selon la règle du lot économique, les grosseurs de lots soient équivalents à la somme des unités demandées par les consommateurs pour une certaine période de temps (lot de fabrication = demande).

1.2.2 Conception du système de planification

Par la suite, afin d'exploiter au maximum le nouvel aménagement, il s'agit de concevoir un système de planification qui sache tirer partie de l'augmentation de la flexibilité de la fabrication.

Ainsi, la théorie veut qu'à partir des prévisions des ventes mensuelles, on planifie la fabrication d'un certain nombre d'unités d'une famille de produits à chaque jour, pendant un mois, sans se préoccuper de l'effet de mélange qui peut en résulter. La planification se fait donc en terme de capacité plutôt qu'en terme de produits spécifiques. Ce fonctionnement requiert cependant que chaque produit appartenant à une même famille soit fabriqué à l'aide des mêmes machines et prennent approximativement le même temps de fabrication sur les dites machines. Par ce fonctionnement, si les prévisions de ventes s'avèrent exactes, l'entreprise est en mesure de livrer rapidement ces produits, contrairement au système de fabrication par lots, ou le planificateur doit, ou bien attendre d'avoir assez de commandes pour lancer son lot de fabrication, ou bien choisir de supporter des inventaires de stock de produits non encore vendus pour lancer des lots économiques.

Sur le plan opérationnel, le planificateur devra prévoir mensuellement, pour chaque cellule, la fabrication d'un certain nombre de pièces appartenant à une même famille. Pour ce faire, celui-ci établit son plan directeur de production (PDP) de la manière suivante.

Si les prévisions de ventes mensuelles des produits de la famille P se répartissent comme suit:

PRODUIT P1 : 200
PRODUIT P2 : 100
PRODUIT P3 : 100

TOTAL : 400

le plan directeur de production quotidien aura la forme suivante (pour 20 jours ouvrables):

	1	2	3	4	...	17	18	19	20
FAMILLE P	20	20	20	20	20	20	20	20	20

A partir du PDP, le planificateur doit prévoir fabriquer en terme de capacité 20 produits P par jour, sans se préoccuper de la répartition du nombre de produits P1, P2 et P3 manufacturés [1]. Au fur et à mesure que les commandes entreront dans le mois, il n'aura qu'à identifier la sorte de produit P à fabriquer. Dans le cas où il y a un nombre insuffisant de commandes, le planificateur compense par les produits les plus vendus, de manière à respecter le plan de production mensuelle.

---

1 Tel que mentionné précédemment, cette méthodologie est applicable dû au fait qu'il existe une certaine standardisation des procédés entre les différents produits P.

Par la suite, il doit calculer le nombre d'employés requis à l'intérieur de la cellule devant fabriquer les produits P. Pour ce faire, connaissant le temps moyen de fabrication des produits P et le temps de travail disponible par jour, il s'agit de calculer un temps de cycle et de déterminer le nombre d'employés.

EXEMPLE:

Nombre de minutes disponibles par jour: 480 minutes
Nombre d'unités à fabriquer par jour: 20 unités

Temps de cycle: $\frac{480 \text{ minutes}}{20 \text{ unités}} = 24 \text{ minutes / unité}$

Si le temps de fabrication moyen est de 48 minutes par unité, le nombre d'employés requis est donc de:

Nombre d'employés: $\frac{48 \text{ minutes / unité}}{24 \text{ minutes / unité}} = 2 \text{ employés}$

La planification devra donc attribuer 24 minutes de travail à chaque employé travaillant au sein de la cellule. Les deux employés devront atteindre quotidiennement, pendant un mois, les objectifs de production, c'est-à-dire 20 produits P par jour. Sachant, par l'entremise de la planification que théoriquement les deux employés peuvent fabriquer le nombre d'unités du PDP, il n'est plus nécessaire de vérifier la productivité de

ceux-ci, le débit journalier en faisant preuve.

Il est important de noter ici que le haut degré de planification permet une meilleure allocation des ressources, d'où une augmentation de la capacité à fabriquer des produits P.

1.3 Description du fonctionnement à long terme

Le lecteur est donc à même de constater les bienfaits d'une telle philosophie. Cependant, ce concept ne présente pas que des avantages. La faible quantité de produits en inventaire (finis ou en cours) peut mettre l'entreprise dans l'impossibilité de livrer ses produits dans les délais prévus advenant la fabrication de produits de qualité inacceptable, ou une panne de machinerie. Par contre, cet état peut obliger l'usine à s'améliorer. En effet, compte tenu du nouvel aménagement en forme de cellules, un problème de production est immédiatement décelé, entraînant l'arrêt de la fabrication et permettant aux gens concernés de le régler immédiatement à la source de manière à éviter qu'il ne se répète.

Cette philosophie permet aussi de mettre sur pied une

politique de maintenance préventive. En effet, l'aménagement et les nouvelles règles de fonctionnement forcent les employés à s'occuper eux-mêmes de leur machinerie afin d'éviter les pannes qui ont pour effet de stopper la production. De plus, le groupe de travail associé à la cellule de fabrication peut être constitué en cercle de qualité de manière à permettre de résoudre des problèmes de fabrication vécus par les membres de la cellule.

CHAPITRE II

DESCRIPTION DE LA FABRICATION ACTUELLE DES PRODUITS

Comme on le mentionnait dans l'introduction, l'entreprise servant de cadre pratique à l'application de la philosophie juste à temps fabrique de l'ameublement de salle à dîner. Cet ameublement, qui se présente sous forme de collection, est composé de tables, de chaises, de buffets et d'étagères.

2.1 Description des produits

Puisque l'entreprise fabrique des meubles haut de gamme, la mise en marché se fait par la vente de produits spécifiques appartenant à une ou plusieurs collections plutôt que par la vente d'une collection au complet. Il est ainsi possible pour un acheteur d'acquérir un ensemble provenant de quatre collections différentes. Cette politique a donc pour conséquence d'organiser la planification de manière à ce que les prévisions des ventes soient indépendantes pour chaque type de produit.

De plus, afin de rester compétitive, la compagnie doit fabriquer des meubles ayant des caractéristiques

spécifiques qui lui permettent de se distinguer des autres fabricants de meubles qui oeuvrent dans le même secteur. Ces caractéristiques se traduisent par la conception de meubles "design" vendus en petite série. La durée de vie des modèles est aussi très courte ne dépassant jamais quatre ans.

Deux grandes familles de produits sont fabriqués afin de répondre aux exigences particulières du marché. La distinction qui permet de constituer les familles se fait au niveau du type de fini qui recouvre ces produits. Le choix de cette caractéristique physique comme critère de distinction est principalement dû au type de matière première et aux procédés de fabrication associés à ces matières premières. Ainsi, dépendamment de la finition, les matières premières et le traitement de ces matières seront quelque peu différents.

La première famille, appelée conventionnelle est constituée de meubles présentant une apparence de bois naturel. Ces meubles sont fabriqués à partir de panneaux de particules plaqués selon différentes essences de bois (chêne, frêne, etc.). De plus, des moulures fabriquées à partir de bois solide sont collées ou vissées sur les champs (épaisseurs) des tables, des buffets et des

étagères, de manière à en améliorer l'apparence. Bien entendu, les chaises et les pattes de table appartenant à cette famille sont fabriquées à partir de bois solide.

La deuxième famille, appelée laquée, est constituée de meubles revêtus d'une peinture à base de polyuréthane qui leur donne une apparence plastifiée. Ces meubles sont fabriqués à partir de panneaux de fibres dont les champs sont directement formés sur la matière. La pose de moulures fabriquées à partir de bois solide n'est donc pas nécessaire sur aucun des modèles laqués. Les chaises mises à part, cette famille de meuble est donc presqu'exclusivement fabriquée à partir de panneaux de fibres. Généralement, même les pattes de tables sont remplacées par une base fabriquée à partir de panneaux de fibres.

On constate donc que dépendamment de la famille fabriquée, le nombre de pièces et les opérations de fabrication de ces pièces sont différentes. Ainsi, la mise en production des produits appartenant à la famille conventionnelle entraîne, par exemple, le placage des champs (ex: porte de buffet), en plus d'obliger la mise en production de moulures, et de pattes dans le cas de tables. Par contre, la mise en production du modèle

appartenant à la famille laquée entraîne presqu'exclusivement la mise en production de pièces fabriquées à partir de panneaux de fibre, ces pièces étant formées à l'aide de différents types de profileur. De plus, on constate que le temps de fabrication des modèles appartenant à la famille laquée est moins long que celui des modèles appartenant à la famille conventionnelle.

2.2 Description du système de production

Actuellement, la production des modèles passe par différents départements. La matière subit d'abord une transformation au département de débitage. A partir de la matière première brute, les composantes sont coupées à des dimensions semi-finies. Deuxièmement, au département coupage-perçage, les pièces sont transformées à leur forme finale. Les opérations essentiellement effectuées dans ce département sont celles de coupage, de formage et de perçage. Troisièmement, les composantes sont ensuite acheminées au département de sablage afin de préparer les surfaces des pièces à recevoir un revêtement. Finalement, une vérification est entreprise sur certaines pièces afin de corriger manuellement, certains défauts n'ayant pu être décelés lors de la fabrication. Dans le cas de la fabrication d'un meuble laqué, une opération

supplémentaire est nécessaire. Etant donnée que les composantes sont formées à partir de panneaux de fibres, il est important de remplir les champs (épaisseurs) qui résultent de la fabrication. En effet, la fibre étant obtenue à partir de poussières de bois compressé, la matière est très poreuse d'où l'importance de remplir les champs afin d'obtenir des épaisseurs uniformes et de belles apparences. Pour ce faire, un sablage des champs doit être réalisé avant de permettre l'application de polyester de manière à ce que la substance adhère bien à la matière. Après l'application du polyester, les champs sont ensuite sablés manuellement afin d'obtenir des épaisseurs lisses et libres de toute imperfection.

Comme le temps de fabrication moyen de toutes les composantes constituant un modèle est d'environ cinq semaines, le système de planification fonctionne selon le principe de l'assemblage sur commande. Ainsi, le planificateur prévoit cinq semaines à l'avance quel modèle devrait être vendu. Par la suite, lorsqu'un nombre suffisant d'un certain modèle a été vendu, le planificateur prévoit l'assemblage de ce type de modèle. L'horaire d'assemblage est donc organisé en fonction du carnet de commandes en attente.

Une fois l'assemblage terminé, les différents produits sont ensuite acheminés vers deux départements de finition. La salle de finition no 2 sert pour les meubles de la famille laquée alors que la salle de finition no 1 accueille les produits de la famille conventionnelle. Cependant, on ne peut dédier la salle de finition no 1 exclusivement à la réalisation des produits de la famille conventionnelle. Comme les temps de finition des produits laqués sont beaucoup plus longs que les produits conventionnels, la salle no 1 comble le manque de capacité de la salle no 2. Lorsque la finition est terminée, les meubles sont ensuite emballés et entreposés, prêts pour l'expédition. En moyenne, le temps de passage à travers ces trois départements est d'environ une semaine et demie.

Etant donné le système de planification et de fabrication actuel, le délai de livraison moyen du système est d'environ deux mois et demi. Dépendamment des quantités de modèles en commande et de leur disponibilité (en tablette ou en fabrication), le carnet des commandes en attente sera plus ou moins long, déterminant ainsi le délai de livraison total.

2.3 Limites de l'étude

Suite à la description du fonctionnement de l'entreprise, le mandat de ce travail de recherche se limite à l'étude des départements de débitage, coupage-perçage, sablage, vérification, sablage et remplissage des champs ainsi que de l'assemblage. Toutes les propositions soumises dans ce document sont donc faites sous l'hypothèse que les départements en aval des départements spécifiés dans le mandat, possèdent les ressources nécessaires pour s'adapter aux modifications proposées.

De plus, les recommandations qui seront soumises, étant le fruit d'une réflexion à partir des données que possède l'entreprise, ne seront valables que pour ces données. La précision des solutions apportées est donc directement liée à la précision des données et du système d'information les véhiculant. Cependant, il est important de souligner ici que les solutions proposées sont valables, étant donné que l'on veut dans le cadre de ce travail illustrer la méthodologie utilisée afin de transformer un système de fabrication par lots en système juste à temps.

CHAPITRE III

ETUDE DU DEPARTEMENT D'ASSEMBLAGE

En accord avec la philosophie des systèmes de production juste à temps, le nouveau département devra permettre d'assembler en petites quantités différents produits. A l'aide des composantes constituant les classes de produits, l'assemblage actuel est donc étudié dans l'optique d'augmenter la flexibilité du département. Deux moyens sont identifiés afin d'atteindre cet objectif: premièrement, la réduction des temps de mise en course de façon à accélérer le changement de production d'un type de produit assemblé à un autre; deuxièmement, la modification de l'aménagement actuel du département afin de permettre une augmentation de capacité des différentes lignes de production et une diminution des manutentions.

3.1 Etude de l'assemblage actuel

Cette section a pour but de décrire globalement les méthodes actuelles d'assemblage de manière à permettre au lecteur de bien cerner les conditions à l'intérieur desquelles celles-ci ont lieu.

3.1.1 Assemblage des buffets

Généralement les différents buffets sont assemblés par un employé à raison d'environ vingt-cinq minutes chacun. A l'examen de la figure 3.1 qui illustre l'agencement des différentes pièces constituant ce produit, on constate que les buffets sont assemblés à l'aide de tasseaux (barres d'assemblage) et de vis. Cette façon de procéder permet de fabriquer des meubles d'une grande solidité. Cependant, cette méthode requiert l'exécution d'opérations de sous-assemblage telles la pose des tasseaux sur l'une des parties devant être reliée à une autre (ex: la pose de tasseaux sur les côtés devant être assemblés au-dessus).

De plus, l'emploi de guides est aussi nécessaire afin de bien positionner une composante par rapport à une autre, ce qui occasionne des opérations de préparation (mise en course) afin de réaliser un assemblage parfaitement bien ajusté.

Il est également constaté que les méthodes d'assemblage diffèrent d'un modèle à l'autre, ce qui a pour conséquence de ralentir la cadence de production lorsque celle-ci change. Ainsi, l'employé doit faire

l'effort mental de bien identifier comment le buffet est assemblé (ex: la base sur laquelle repose le fond est parfois assemblée à l'aide de vis seulement, et parfois à l'aide de tasseaux et de vis).

3.1.2 Assemblage des étagères

D'une façon générale, les étagères sont assemblées par un employé à raison d'environ vingt minutes par étagère. La figure 3.2 illustre l'agencement des différentes pièces constituant le produit.

Présentement, l'assemblage du fond et des côtés est toujours réalisé par des tasseaux et des vis, alors que l'assemblage des côtés et du dessus est réalisé par des vis pour environ 75 % des modèles, et par des tasseaux et des vis pour environ 25 % des modèles. Tout comme dans le cas des buffets, cette différence de méthode occasionne un ralentissement de cadence lorsque la production change de modèle.

De plus, il est constaté que l'emploi de tasseaux oblige la préparation de sous-assemblés (tasseaux et côté) ainsi que l'utilisation de gabarits afin d'assurer un positionnement parfait des composantes.

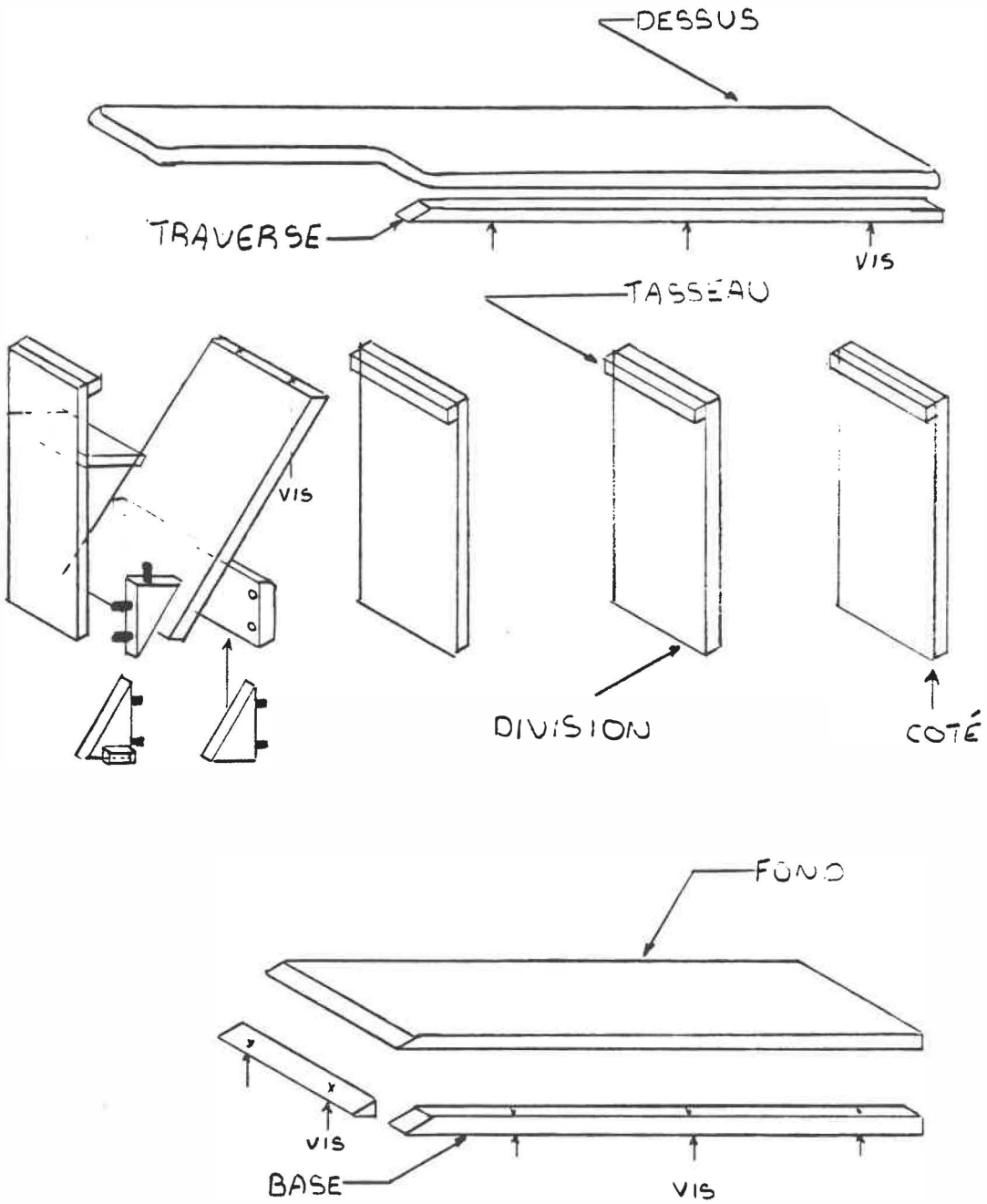


Figure 3.1: Schéma d'assemblage d'un buffet

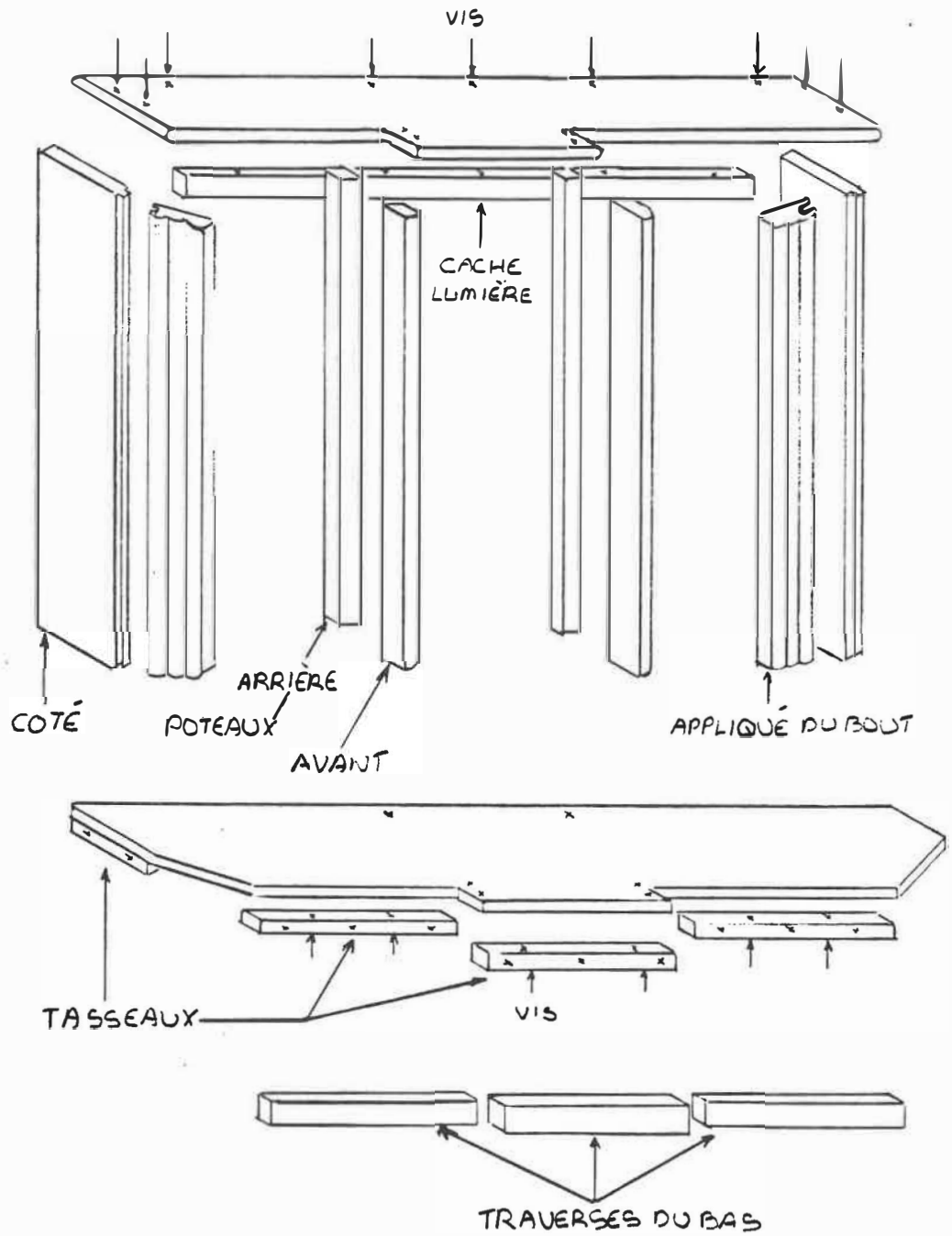


Figure 3.2 : Schéma d'assemblage d'une étagère

3.1.3 Assemblage des tables

D'une façon générale, les différentes tables sont assemblées par une personne dans un temps d'environ douze minutes par table. Ce temps d'assemblage ne comprend pas l'assemblage de la base ou des pattes à la table; celles-ci étant expédiées non-assemblées afin de diminuer le volume des boîtes d'emballage au maximum. Actuellement, l'assemblage de la table consiste d'abord à ajuster les panneaux d'extension à la table, et puis de fixer, à l'aide de tasseaux et de vis, la ceinture de table au-dessus et à ses extensions. A l'examen de la figure 3.3 qui présente la disposition des différentes pièces constituant une table, on constate qu'une certaine similitude existe entre les opérations d'assemblage d'un modèle à l'autre. Ainsi, le changement de production s'effectue assez rapidement sans que l'employé n'ait à faire un effort pour se remémorer la séquence d'opérations du nouveau modèle.

De plus, on constate que l'assemblage des tables s'effectue assez rapidement par rapport à l'assemblage des autres produits fabriqués, et ce, même si l'emploi de guides est nécessaire pour positionner la ceinture sur la table.

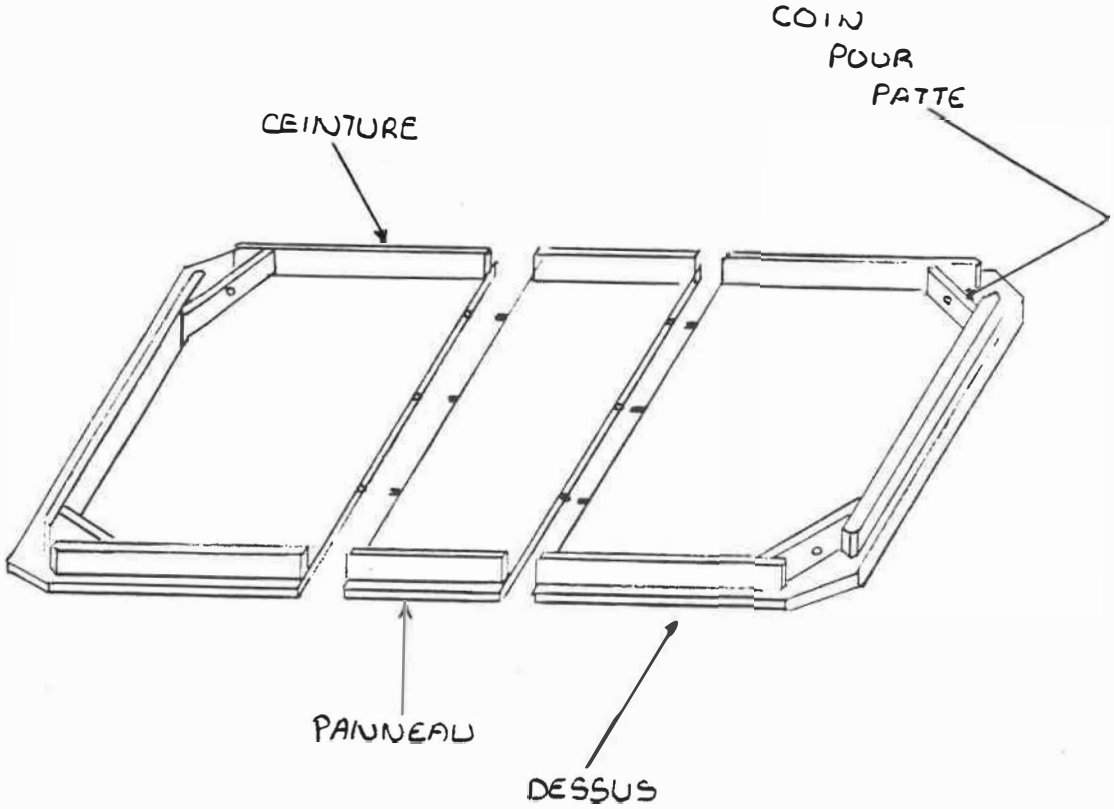


Figure 3.3: Schéma de l'assemblage d'une table

3.1.4 Assemblage des chaises

D'une manière générale, les chaises sont assemblées à raison d'environ six minutes chacune. Ce temps d'assemblage se divise en deux parties principales: le pré-montage du dossier, et l'assemblage de la ceinture de siège au dossier. La figure 3.4 illustre l'agencement des composantes constituant une chaise.

Les différentes composantes sont reliées entre elles à l'aide de goujons et de colle. Lors de l'assemblage, les composantes sont mises à l'intérieur d'une presse afin de permettre aux différentes parties d'atteindre leur position finale. La chaise demeure à l'intérieur de la presse environ deux minutes, soit le temps de préparer un autre assemblage.

Présentement, la méthodologie d'assemblage des différents modèles est sensiblement la même. Cependant, des gabarits différents sont nécessaires à l'intérieur de la presse afin de rendre le serrage le plus efficace possible.

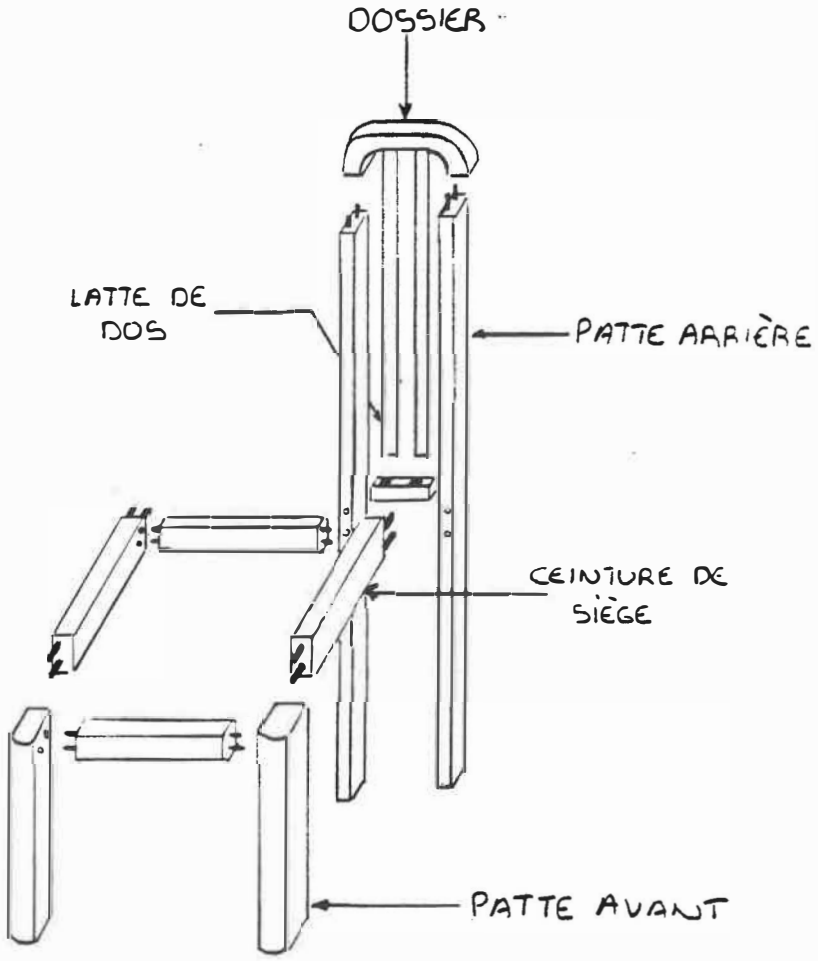


Figure 3.4: Schéma de l'assemblage d'une chaise

3.2 Description de la méthode d'assemblage proposée

Suite à la description des conditions qui prévalent lors de l'assemblage, il est proposé, afin d'augmenter la flexibilité du département, d'utiliser une perceuse à contrôle numérique de type trente-deux millimètres. L'emploi de cette machine-outil permettra de pré-percer les composantes à assembler de façon à éviter l'emploi de guides, d'où un assemblage plus rapide et un temps de préparation réduit; de faciliter l'assemblage en diminuant le risque d'erreur. En effet, le pré-perçage permettra de positionner les composantes les unes par rapport aux autres d'une manière identique d'un modèle à l'autre; d'éliminer complètement les tasseaux (barres d'assemblage). En effet, le pré-perçage permettra l'utilisation d'une quincaillerie spéciale telle: excentrique, excentrique-serre, insertion et goujon, qui en plus d'assurer un positionnement plus facile entre deux composantes, permettra d'éviter l'emploi de serres. De plus, l'emploi de cette quincaillerie permettra aussi de changer rapidement une composante défectueuse en ne désserrant que les excentriques. En effet, l'emploi de ce type d'assemblage facilite le changement de composante étant donné que l'utilisation de tasseaux est prohibée. Quatrièmement, l'emploi de la nouvelle perceuse permettra

d'uniformiser les opérations d'assemblage et des composantes à assembler, d'où un changement de production plus facile.

De plus, d'une manière indirecte à l'assemblage, l'utilisation d'une perceuse à commande numérique permettra aussi de réduire les temps de mise en course des opérations de perçage. En effet, puisque la séquence des opérations de perçage est programmée et mise en mémoire à l'intérieur du contrôleur de la machine, les opérations de mise en course se résumeront à charger le programme du type de pièce à percer, les ajustements s'opérant de façon automatique. De plus, l'utilisation de la perceuse permettra aussi d'accélérer le perçage d'une pièce. Effectivement, une pièce avec plusieurs trous à percer ne sera positionnée sur la machine qu'en une seule étape alors qu'avec une perceuse traditionnelle, des opérations d'ajustement intermédiaire, ou l'emploi de plusieurs perceuses en série, sont nécessaires afin d'accomplir le même travail. Finalement, la nouvelle machine permettra de diminuer les erreurs de perçage. L'emploi de la commande numérique éliminera complètement les risques de mauvais positionnement des forets par rapport à la pièce à fabriquer (à condition que la pièce soit bien positionnée sur la machine).

3.2.1 Concepts généraux

Cette sous-section a pour but de démontrer les principes de base utilisés afin de convertir un produit assemblé de façon traditionnelle en un produit assemblé à l'aide de la quincaillerie (excentriques, goujons, etc.) mentionnée précédemment.

En plus d'augmenter la flexibilité du département d'assemblage, le but de l'utilisation de ce système est de réduire le temps d'assemblage. Les moyens préconisés et la raison de l'utilisation de ces moyens sont énumérés ici. Premièrement, l'utilisation d'excentriques combinée à celle de goujons permettra d'éviter l'emploi de tasseaux (barres d'assemblage) et de serres. Ainsi, les pièces n'auront plus à être positionnées à l'intérieur de presses. De plus, l'emploi des goujons permettra aussi d'éviter l'emploi de guides d'où un positionnement plus facile et plus rapide entre deux composantes. Deuxièmement, l'utilisation des vis devra être le plus fréquent possible. Effectivement, partout où il sera possible de les utiliser, c'est-à-dire aux endroits qui ne sont pas sollicités par de grands efforts (ex: les divisions de buffets), elles permettront de réduire davantage les temps de fabrication et d'assemblage

comparativement à l'emploi d'excentriques.

Lors de la fabrication et de l'assemblage d'un meuble à l'aide de la méthode proposée, les composantes devront être:

1- Reliées par deux excentriques disposés à quatre-vingt millimètres des deux extrémités d'un panneau
2- Reliées par trois goujons (enligneurs) dont deux seront disposés à quarante millimètres des deux extrémités alors que le troisième sera disposé au centre de la face percée
3- Pressées ensemble par des excentriques-serres dissimulés aux endroits les moins visibles possible
4- Assemblées à l'aide d'insertions positionnées dans la matière de facon à permettre aux excentriques d'être vissés à l'intérieur des panneaux de particules ou de fibres

Les sous-sections qui suivent illustrent, à l'aide d'exemples, les concepts mentionnés précédemment.

3.2.2 Assemblage proposé des buffets

A l'aide du schéma de la figure 3.5, on est à même de

constater de quelle manière les différentes composantes seront assemblées. Ainsi, l'utilisation de tasseaux est complètement éliminée. De plus, on constate que l'emploi de vis est le plus fréquent possible partout où les efforts ne sont pas trop grands. L'emploi de goujons sur les côtés et les divisions permet aussi d'éviter l'emploi de guides, les goujons permettant de positionner directement les composantes entre elles.

Grâce à la méthode d'assemblage proposée, les coûts d'assemblage pourront être réduits d'environ 30 %, soit de 11 914 $. L'annexe A, le tableau A.1, résume les estimations d'économie d'assemblage des buffets. Cependant, la nouvelle méthode exigera du département de machinage le perçage de la plupart des composantes afin de pouvoir utiliser la quincaillerie.

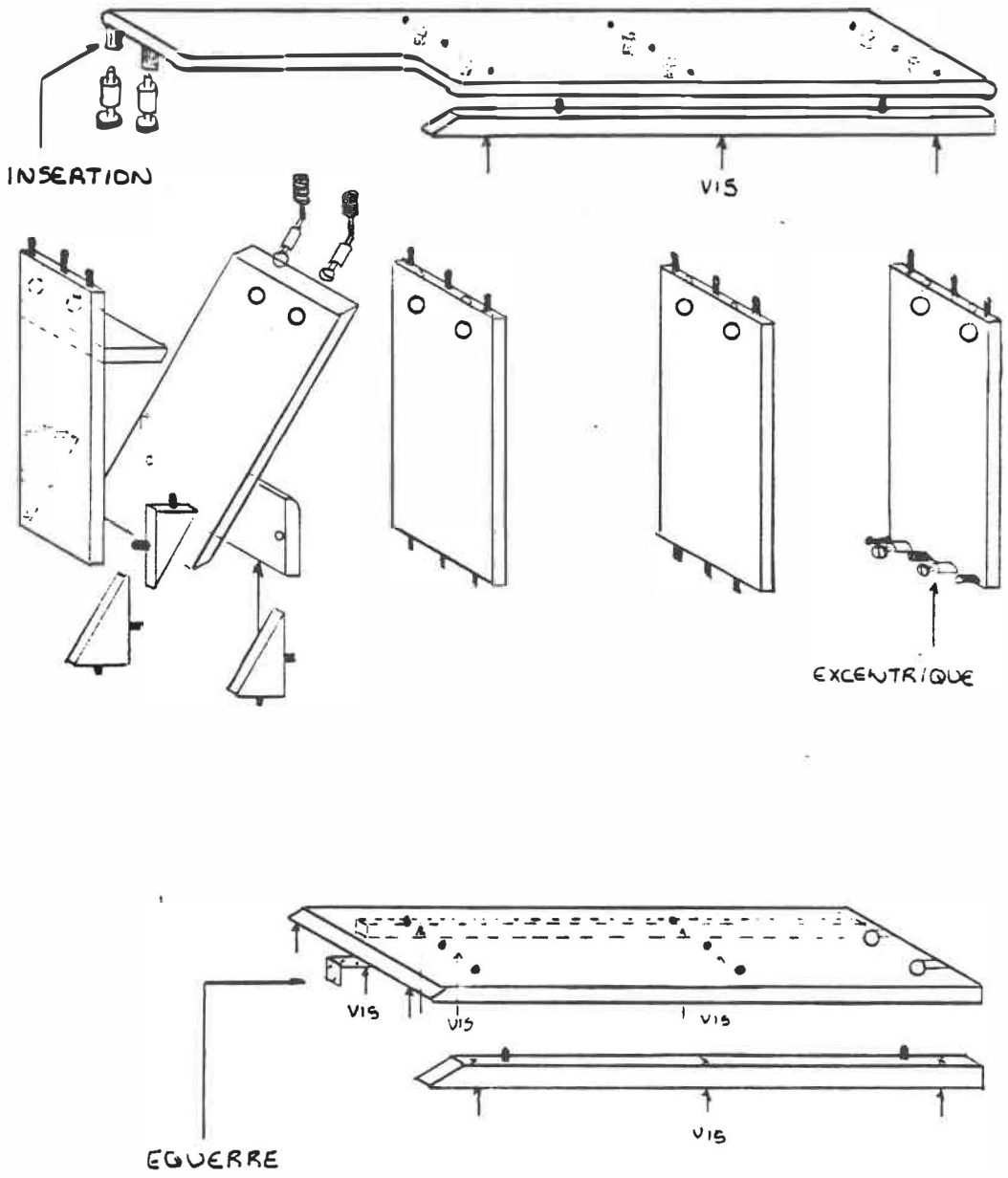


Figure 3.5: Schéma de l'assemblage proposé d'un buffet

3.2.3 Assemblage proposé des étagères

A l'aide de la figure 3.6, on constate que tout comme dans le cas de l'assemblage des buffets, l'assemblage des étagères sera réalisé à l'aide d'un maximum de vis, partout où les efforts ne sont pas trop grands. De plus, l'emploi de goujons permettra de positionner rapidement les poteaux avants et arrières ainsi que les côtés au fond et au-dessus sans employer de guides. Il est aussi important de mentionner que les tasseaux ne pourront être complètement éliminés. En effet, une contrainte de "design" oblige l'emploi de ceux-ci afin de fixer les traverses du bas au fond.

Les constatations mentionnées au sujet du changement des méthodes d'assemblage des buffets s'appliquent aussi de la même manière dans le présent cas. En effet, bien que les coûts d'assemblage soient réduits d'environ 30% ou de 5 485 $ (voir l'annexe A, tableau A.2 résumant les estimations d'économie d'assemblage des étagères), la nouvelle méthode exigera du département de machinage le perçage de la plupart des composantes d'une étagère.

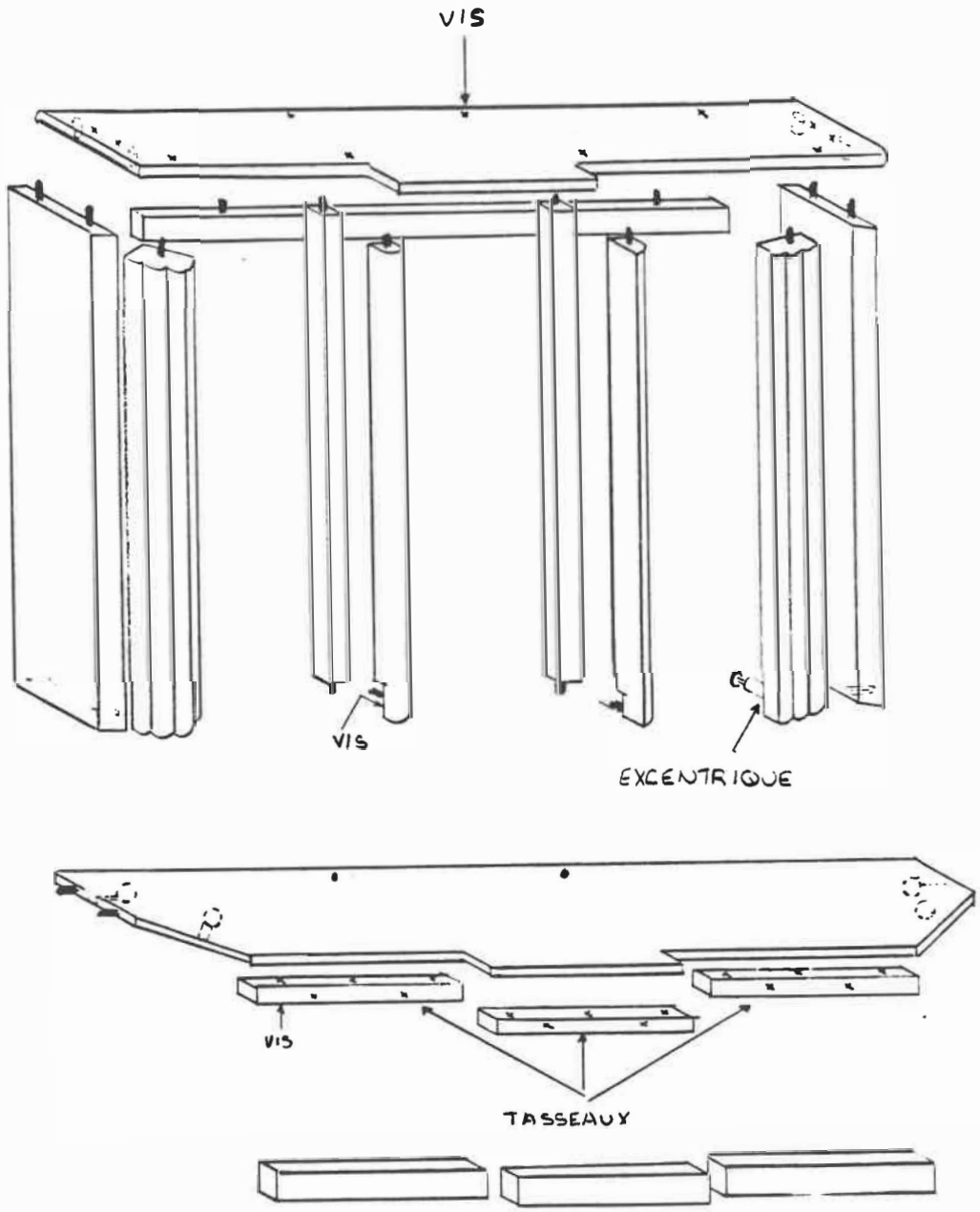


Figure 3.6: Schéma de l'assemblage proposé d'une étagère

3.2.4 Assemblage proposé des tables

Etant donné les constatations de la section 3.1.3 Assemblage des tables, il est proposé de ne pas modifier la séquence d'assemblage actuelle. En effet, par la similitude et la simplicité des opérations d'assemblage d'un modèle à l'autre, l'assemblage à l'aide de quincaillerie ne constitue pas une source considérable de gains.

Pour cette raison, il est jugé préférable de ne pas développer davantage la méthode actuelle de facon à mettre l'emphase sur les autres types de produits constituant une source de gains plus substantiels.

3.2.5 Assemblage proposé des chaises

Il est proposé de garder la séquence d'assemblage actuelle avec l'emploi de goujons et de colle afin d'unir les composantes entre elles. De plus, il est aussi proposé de perçer les différents trous destinés à accueillir les goujons à l'aide de la perceuse à commande numérique trente-deux millimètres. Ainsi, une économie substantielle pourra être réalisée grâce à la grande rapidité de la perceuse.

3.3 Méthode à appliquer afin d'augmenter la flexibilité de l'assemblage

Compte tenu de la modification des méthodes d'assemblage, le but de cette section est de donner les grandes lignes de pensée sur la manière d'établir les séquences d'assemblage des différents produits. La création de ces séquences permettra de diminuer les temps improductifs en facilitant le changement de produit à assembler sur les lignes.

Lorsqu'il est fait mention de temps de mise en course, le lecteur devra interpréter ces temps comme la mise en place et la fixation de gabarits sur une machine quelconque. De plus, le positionnement de guides n'a pas été considéré dans l'établissement des séquences d'assemblage, étant donné que ceux-ci sont positionnés à chaque assemblage.

3.3.1 Assemblage des buffets et étagères

Etant donné l'assemblage proposé à l'aide de la quincaillerie trente-deux millimètres, aucune machine

n'est nécessaire. Les temps de mise en course sont donc considérés comme inexistants. Ceci permet d'obtenir un changement de production indépendant d'un produit à l'autre.

3.3.2 Assemblage des tables

Etant donné qu'aucune machine n'est requise, il n'est pas nécessaire d'établir une séquence d'assemblage. Cependant, vu la différence des opérations entre les tables assemblées (tables conventionnelles avec ceinture et supports pour pattes versus tables laquées avec ou sans ceinture et avec supports pour bases), il est proposé de procéder par catégorie lors de l'assemblage. Ainsi, l'effort fourni par l'opérateur pour changer le type de production sera moindre que si aucune catégorie n'avait été définie.

3.3.3 Assemblage des bases et des caisses

Comme l'assemblage ne requiert aucune presse, il est proposé de procéder de la même manière que pour l'assemblage des tables, c'est-à-dire par catégorie selon le type de guide employé.

3.3.4 Pré-assemblage des bases et des caisses

Comme un seul type de base et un seul type de caisse requièrent une phase de pré-montage, la séquence d'assemblage n'a aucun effet sur la réduction des temps de mise en course lors de l'unique changement de production.

3.3.5 Assemblage des chaises

L'emploi de presses demande l'utilisation de gabarits sur la machine. Une séquence d'assemblage doit donc être établie afin de diminuer le changement de gabarits lors de l'assemblage d'un type de produit à un autre. Ainsi, le changement de production pourra être institué en fonction de l'utilisation des gabarits nécessaires (l'annexe B présente la description d'une séquence pouvant être établie pour les chaises).

3.3.6 Assemblage des dossiers de chaises

D'une façon similaire à l'assemblage des chaises, l'emploi de presses et de gabarits est requis. Une séquence d'assemblage doit donc être créée afin de diminuer les temps improductifs. Cependant, puisque l'assemblage des chaises ne peut se faire sans

l'assemblage des dossiers, c'est la séquence d'assemblage des chaises qui dictera la séquence d'assemblage des dossiers.

3.4 Description des nouvelles opérations de fabrication

Suite à la proposition d'assembler les différents produits à l'aide d'une quincaillerie spéciale, de nouvelles opérations de perçage sont requises.

3.4.1 Etude du perçage des composantes d'un buffet

Tel que mentionné précédemment, l'assemblage des buffets à l'aide de la quincaillerie trente-deux millimètres justifie l'emploi d'une perceuse à contrôle numérique sur la plupart des composantes. Ainsi, l'emploi de cette perceuse permet de réduire considérablement les temps d'ajustement et de perçage.

Cependant, étant donné que l'emploi de goujons positionneurs et d'excentriques sont requis pour obtenir un assemblage plus rapide, un plus grand nombre de trous sont nécessaires sur les composantes. Ceci a pour conséquence d'élever les coûts de perçage sur les buffets.

Ainsi, on a évalué que les coûts de perçage augmenteront de 4 375 $. L'annexe A, tableau A.3 résume les coûts supplémentaires engendrés.

3.4.2 Etude du perçage des composantes d'une étagère

L'assemblage à l'aide de la quincaillerie trente-deux millimètres a pour conséquence, tout comme dans le cas des buffets, d'augmenter le nombre de trous percés sur les différentes composantes.

Par contre, contrairement aux buffets, les coûts de perçage des composantes diminueront de 1 500 $ (voir l'annexe A, tableau A.4 pour le résumé des économies de perçage). Cette diminution est explicable de la manière suivante: Présentement, la plupart des composantes constituant une étagère sont percées de la même manière que seront percées ces mêmes composantes avec la nouvelle méthode d'assemblage. Contrairement aux buffets sur lesquels les composantes sont percées de façon différente (beaucoup plus de trous), la nouvelle machine permettra de diminuer les coûts de perçage.

3.4.3 Etude du perçage des composantes d'une table

Etant donné la proposition de la section 3.2.4 Assemblage proposé des tables de ne pas modifier la séquence d'assemblage des tables et le faible nombre de composantes percées constituant une table, il est proposé de continuer à percer les tables tel que cela est pratiqué actuellement jusqu'à ce que la nouvelle machine soit complètement opérationnelle pour le perçage des composantes constituant les autres types de produits. Par la suite, si le besoin se faisait sentir (augmentation de la capacité à produire des tables), il sera toujours possible d'adapter le faible nombre de composantes percées sur la nouvelle perceuse.

3.4.4 Etude du perçage des composantes d'une chaise

Même si aucune modification de la séquence d'assemblage n'est proposée, l'utilisation de la perceuse à contrôle numérique est avantageuse. En effet, la machine permettra de percer le même nombre de trous en un temps beaucoup plus court que les perceuses conventionnelles qui requièrent des positionnements et des ajustements de gabarits ainsi que des ajustements de positionnement de forets.

Par contre, l'emploi d'une perceuse à contrôle numérique ne permettra pas d'éliminer complètement les gabarits sur la perceuse. En effet, vue la complexité de certaines pièces (pattes avant, pattes arrière, etc.), des gabarits seront nécessaires afin d'immobiliser complètement les pièces à percer. Cependant le temps d'installation de ces gabarits sur la perceuse sera grandement réduit dû à la grande flexibilité de celle-ci à changer de production rapidement. Ainsi, on a évalué que les économies de perçage étaient de l'ordre de 5 400 $. L'annexe A, tableau A.5 résume les économies obtenues.

3.4.5 Estimation des coûts de développement

Afin d'être en mesure de rendre la perceuse trente-deux millimètres opérationnelle, des coûts de développement doivent être estimés. Ces coûts comprennent, premièrement les opérations de programmation du contrôleur de la perceuse pour chacun des produits fabriqués à l'aide de la machine, et deuxièmement, la réalisation du modèle à l'aide de la nouvelle méthode.

Les coûts de développement ont donc été évalués à environ une journée de travail / homme / modèle. Le tableau suivant exprime les coûts de développement requis.

TABLEAU 3.1 Coûts de développement

PRODUITS	NOMBRE DE MODELES	COUT DE DEVELOPPEMENT PAR MODELE [2] ($)
- Buffets - Etagères - Chaises	17 14 21	2 203 1 814 2 722
TOTAL		6 739 $

3.5 Description de l'aménagement proposé

Tel que mentionné dans l'introduction de ce chapitre, le réaménagement du département d'assemblage a pour but d'augmenter la capacité des différentes lignes de produits et de diminuer les manutentions entre les postes d'assemblage. L'objectif de cette section est donc de proposer un aménagement à l'intérieur duquel un flot continu est établi entre les différents postes d'une même ligne de produit. Pour ce faire, une évaluation des différents paramètres nécessaire à la modification de l'aménagement actuel est réalisée et est décrite dans les pages qui suivent.

---

2 Les coûts de développement sont évalués en considérant qu'une minute de travail coûte 0.27 $.

3.5.1 Evaluation des temps d'assemblage

Afin d'être en mesure d'évaluer le nombre de postes d'assemblage requis, une estimation des temps d'assemblage doit être réalisé. Le tableau 3.2 résume les résultats obtenus.

TABLEAU 3.2 Temps d'assemblage et production des produits.

PRODUITS	TEMPS D'ASSEMBLAGE		PRODUCTION PREVUE	
PRE-ASSEMBLAGE	par année (minutes)	unitaires moyens (minutes)	par année (unités)	par jour [3] (unités)
- de bases	4 758	5.48	868	4
- de dossiers	81 614	2.47	33 049	132
ASSEMBLAGE				
- de dessus	123 794	20.29	6 100	24
- de bases	36 611	9.71	3 769	15
- de caisses	14 136	19.99	707	3
- de chaises	246 026	6.44	38 162	153
- de buffets	63 355	16.28	3 893	16
- de tiroirs	6 876	1.76	3 893	16
- d'étagères	32 299	16.69	1 935	8

3.5.2 Evaluation des temps de vérification

De plus, une vérification, qui consiste à inspecter, réparer et sabler légèrement les produits, doit être faite

---

3 A noter que 250 jours ouvrables par année sont considérés.

avant que ne commence l'étape de finition. Le tableau 3.3 résume les temps de vérification estimés.

TABLEAU 3.3 Temps de vérification et production des produits:

PRODUITS	TEMPS DE VERIFICATION		PRODUCTION PREVUE	
VERIFICATION	par année (minutes)	unitaires moyens	par année (unités)	par jour (unités)
- de dessus	102 458	16.79	6 100	24
- de bases et de caisses	36 602	6.00	6 100	24
- de chaises	136 160	3.56	38 162	153
- de buffets	21 701	5.57	3 893	16
- d'étagères	11 557	5.97	1 935	8

Les temps d'assemblage et de vérification constituent des temps moyens calculés à partir des estimations de production de l'année 1989.

3.5.3 Evaluation du nombre de postes nécessaires

Afin d'être en mesure de réaliser la production prévue pour l'année 1989, une évaluation du nombre de postes requis doit être effectuée.

La méthode utilisée consiste à diviser le nombre de minutes nécessaires pour réaliser les prévisions de ventes annuelles des produits par le nombre de minutes disponibles dans une année de 250 jours. Le tableau 3.4 résume l'évaluation du nombre de postes d'assemblage et de

vérification requis afin d'avoir la capacité suffisante pour assembler les produits prévus.

TABLEAU 3.4 Nombre de postes requis par opération

OPERATIONS	NOMBRE DE POSTES NECESSAIRES
PRE-ASSEMBLAGE	
- de bases de table	0.04
- de dossiers de chaise	0.68
ASSEMBLAGE	
- de dessus de table	1.03
- de bases de table	0.31
- de caisses de table	0.12
- de chaises et fauteuil	2.05
- de buffets	0.53
- de tiroirs	0.06
- d'étagères	0.27
VERIFICATION	
- de dessus de table	0.85
- de bases, caisses et de pattes	0.31
- de chaises et fauteuils	1.13
- de buffets	0.18
- d'étagères	0.10

Le tableau 3.4 permet maintenant de regrouper sous forme de poste les différentes opérations d'assemblage et de vérification nécessaires afin d'obtenir la production prévue. Ainsi, le tableau 3.5 représente le regroupement des opérations par poste de travail.

TABLEAU 3.5 Postes de travail proposé

NOMBRE DE POSTES	OPERATIONS	TAUX D'OCCUPATION
1	Pré-assemblage de bases, de caisses et de dossiers de chaise	72 %
2	Assemblage de chaises et de fauteuils	100 %
1	Assemblage de tables	100 %
1	Assemblage de bases et de caisses	43 %
1	Assemblage de buffets, d'étagères et de tiroirs 4	86 %
1	Vérification de bases,pattes caisses,buffets et étagères	59 %
2	Vérification de chaises	57 %
1	Vérification de tables	85 %

On constate donc que huit types de postes sont requis afin de donner la capacité au département d'assembler en moyenne chaque jour:

- 24 tables
- 2 pré-montages de bases et de caisses
- 132 dossiers de chaise
- 153 chaises
- 15 bases de table
- 3 caisses de table
- 16 buffets
- 8 étagères

4 Il est important de noter que le changement des méthodes d'assemblage des buffets et étagères a permis de réduire le nombre de postes de deux à un.

3.5.4 Evaluation des débits entre les postes

Etant donné qu'il est proposé d'établir un flot continu entre les différents postes d'assemblage et de vérification, la sous-section suivante a pour but d'évaluer le temps d'assemblage moyen des différents produits de façon à permettre de visualiser la vitesse des flots. Pour ce faire, le temps d'assemblage moyen est établi en divisant le temps total d'assemblage annuel de chaque type de produit (ex: table) par le nombre d'unités de ce type de produit à fabriquer durant l'année. Le tableau 3.6 résume les résultats obtenus.

TABLEAU 3.6 Temps d'assemblage moyen des produits

POSTES	TEMPS D'ASSEMBLAGE MOYEN (heure par produit)
PRE-ASSEMBLAGE	
- de bases et de caisses	0.09
- de dossiers	0.04
ASSEMBLAGE	
- de dessus de table	0.34
- de chaises et de fauteuils	0.11
- de bases et de caisses	0.50
- de buffets et tiroirs	0.30
- d'étagères	0.28
VERIFICATION	
- de chaises	0.06
- de tables	0.28
- de bases, de caisses et de pattes	0.10
- de buffets	0.09
- d'étagères	0.10

A l'aide du regroupement des opérations par poste de travail de la section précédente et des temps d'assemblage moyen des différents type de produits, le tableau 3.7 nous permet de simuler le déroulement d'une journée moyenne.

TABLEAU 3.7 Temps journalier moyen d'assemblage

	TEMPS D'ASSEMBLAGE (heure/unité)	QUANTITE JOURNALIERE (unités)	TEMPS TOTAL (heure)
PRE-ASSEMBLAGE			
bases et caisses	0.09	4	0.36
dossiers	0.04	132	5.28
total			5.64
ASSEMBLAGE			
chaises	0.11	153	16.83
tables	0.34	24	8.16
bases	0.16	15	2.40
caisses	0.33	3	0.99
total			3.39
buffets	0.27	16	4.32
tiroirs	0.03	16	0.48
étagères	0.28	8	2.24
total			7.04
VERIFICATION			
chaises	0.06	153	9.18
tables	0.28	24	6.72
buffets	0.09	16	1.44
étagères	0.10	8	0.80
bases et caisses	0.10	18	1.8
total			4.04

Une journée moyenne du département d'assemblage se déroulera donc de la façon suivante:

Les opérations de pré-assemblage des dossiers débuteront au début de la journée de manière à alimenter les deux postes d'assemblage des chaises. Par la suite, les opérations de pré-assemblage des bases et des caisses suivront.

Pendant ce temps, les opérations d'assemblage des chaises, des bases et des caisses auront débuté. Dans le cas de l'assemblage des bases, étant donné que seulement 10 % des bases assemblées requièrent un pré-montage, il ne sera pas nécessaire d'attendre l'arrivée des sous-assemblés, l'assemblage pouvant commencer avec 90 % des autres bases à assembler.

De la même façon que les chaises, les bases et les caisses, les opérations d'assemblage des tables, des buffets et des étagères auront débuté en début de journée.

A chaque fois que deux chaises seront terminées, c'est-à-dire à tous les 0.11 heure, deux employés des postes de vérification contrôleront les deux chaises en 0.06 heure chacun. Pendant ce temps, un troisième employé vérifiera les tables à raison de 0.28 heure alors que le temps de fabrication des tables est de 0.34 heure.

Le troisième poste de vérification fonctionnera de manière similaire aux premiers. L'employé attendra l'arrivée des différents buffets, étagères, caisses et bases, les vérifiera, puis ira les disposer dans la zone d'entreposage prévue à cet effet.

3.5.5 Schématisation des flots

La figure 3.7 se veut un résumé des sections précédentes et a pour but d'illustrer le flot de matériel à l'intérieur du département d'assemblage.

3.5.6 Présentation de l'aménagement proposé

Voir le chapitre VI pour une description détaillée du département d'assemblage.

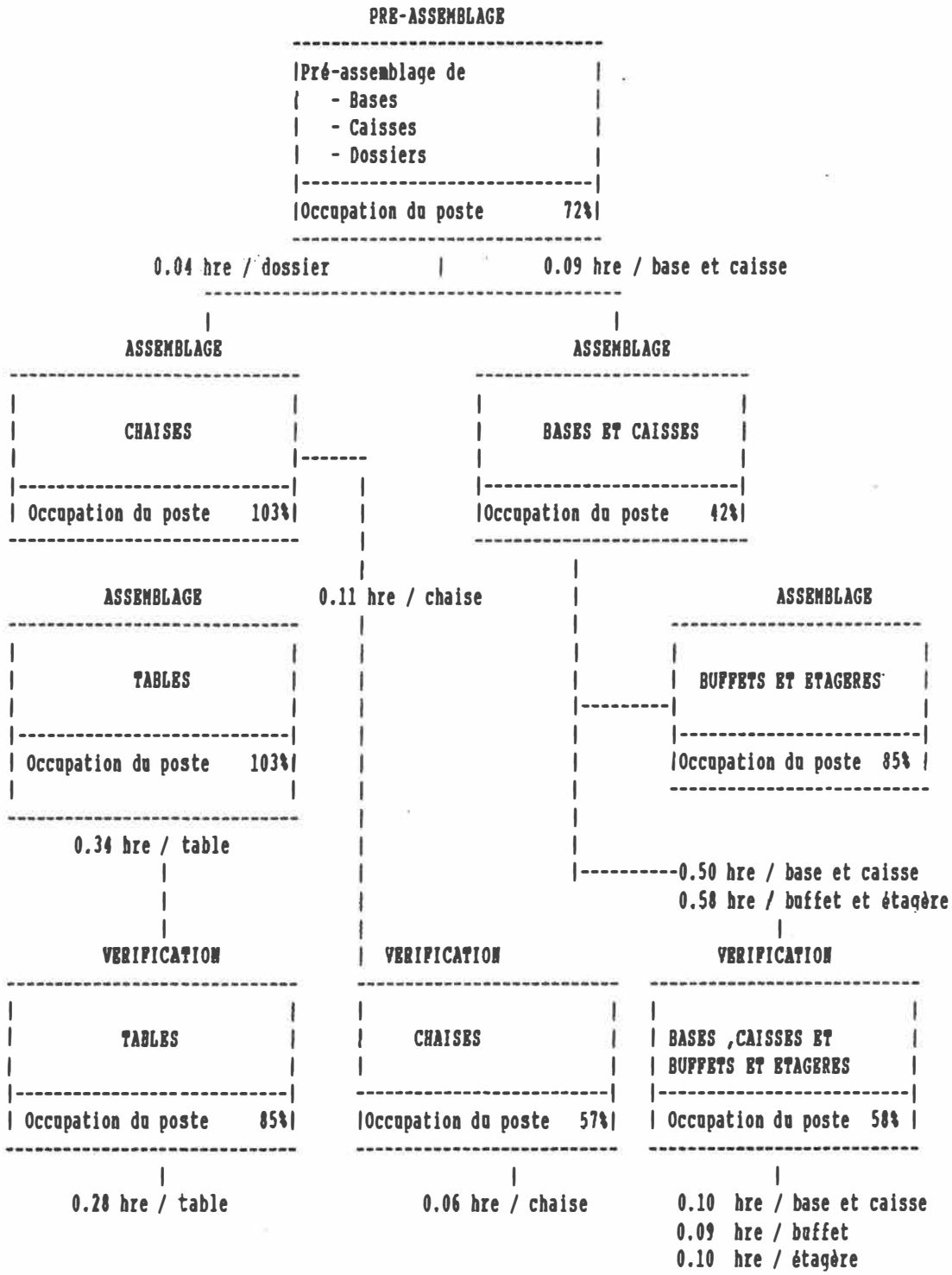


Figure 3.7: Schéma des flots de produits

CHAPITRE IV

ETUDE DU DEPARTEMENT DE FABRICATION

D'une manière similaire au département d'assemblage, le but de ce chapitre est de proposer un nouvel aménagement du département de fabrication offrant la possibilité de produire quotidiennement plusieurs produits différents. Les objectifs à atteindre se formulent donc de la manière suivante: Premièrement, proposer un nouvel aménagement du département de fabrication de façon à obtenir un flot de pièces unidirectionnel (de machine en machine), permettant ainsi d'éviter les retours en arrière et de raccourcir les délais de fabrication. Deuxièmement, étudier les opérations de mise en course de certaines machines afin de réduire ou d'éliminer complètement les temps d'arrêt, réduisant ainsi les lots de fabrication et augmentant la flexibilité des machines.

4.1 Processus de création de cellules de fabrication

Cette section a pour but de proposer un aménagement regroupant les machines par famille de procédés à l'aide de la technologie de groupe (3). On nomme cellule le groupe de machines à l'intérieur duquel les pièces sont travaillées.

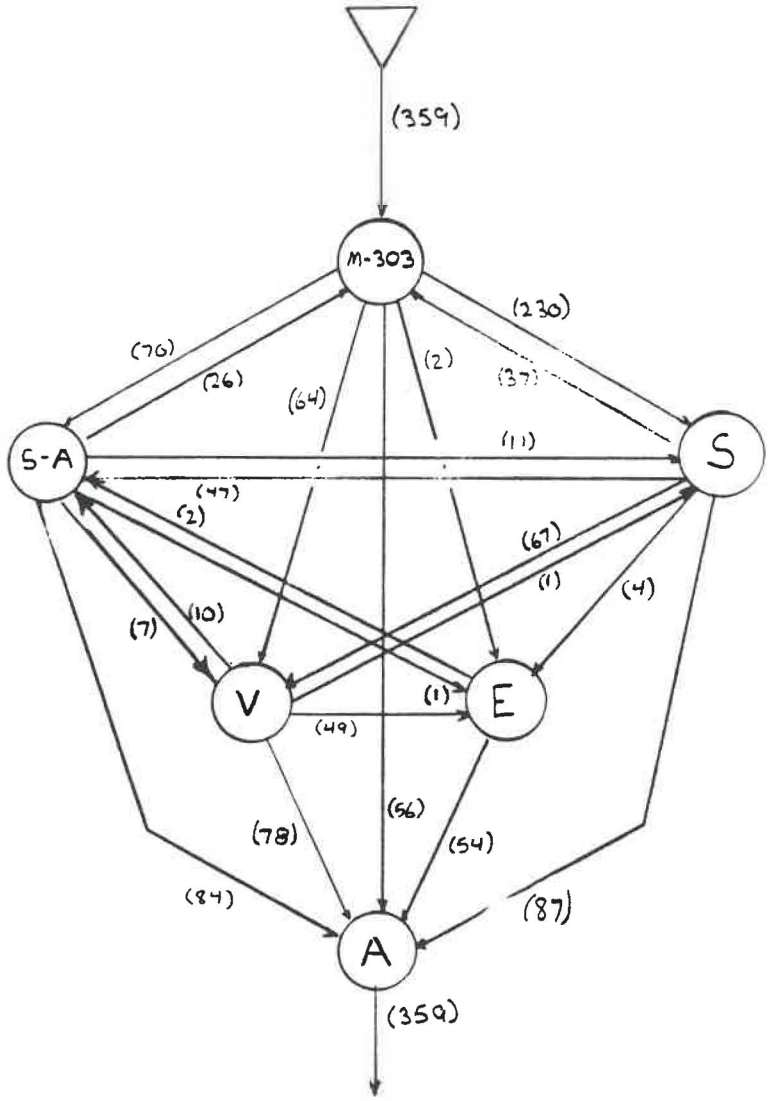
Principalement, la formation de cellules permettra de simplifier et d'améliorer la planification de la production, celle-ci évaluant la capacité de chaque cellule plutôt que la capacité de chaque machine. Elle permettra aussi de réduire les déplacements et de réorienter les flots de pièces vers une direction commune. Ainsi, une pièce fabriquée parcourra un minimum de distance en allant d'une cellule à l'autre (sans retour en arrière), vers la cellule d'assemblage (Chapitre III).

Pour ce faire, un regroupement de pièces selon les gammes de fabrication a été établi. Ainsi, de 988 pièces au départ, 359 groupes ont été constitués, permettant de simplifier l'analyse des flots de pièces.

4.1.1 Schématisation des flots entre les départements

Afin de simplifier l'analyse des flots, un diagramme de cheminement des pièces entre les différents départements est créé. Ce diagramme a pour but d'identifier les pièces effectuant des retours en arrière ou des boucles entre les départements.

La figure 4.1 illustre le diagramme de cheminement actuel avec 100 % des routes et des groupes de pièces.



M-303: département de machinage (debitage-coupage-percage)
S-A : opérations de sous-assemblage
S : département de sablage
V : opérations de vérification
E : opérations de remplissage et sablage des champs
A : département d'assemblage
( ) : nombre de groupes de pièces utilisant la route spécifiée

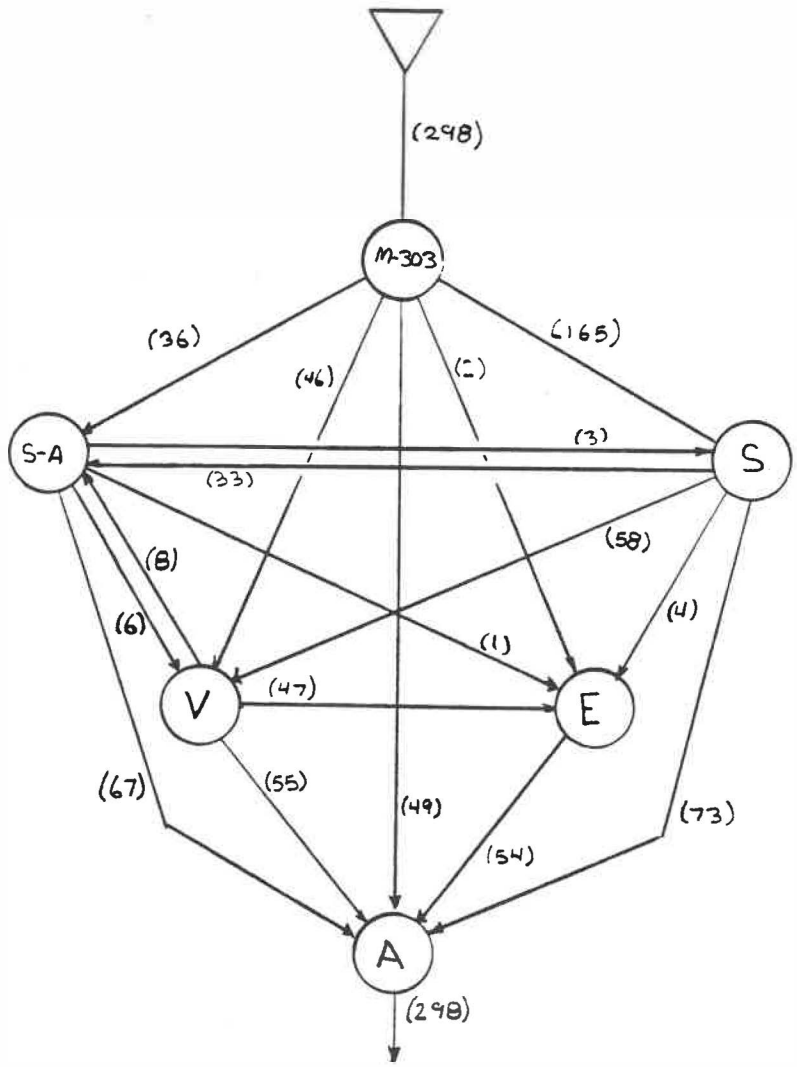
Figure 4.1: Diagramme de cheminement

Suite à l'examen de la figure 4.1, on constate que la sableuse 303 a été incorporée à l'intérieur du groupe majeur "machinage". En effet, étant donné la fréquente sollicitation de cette machine durant l'exécution des opérations de machinage, l'intégration de la sableuse a permis de simplifier les flots entre les départements de machinage et de sablage.

De plus, en opposition avec l'objectif de linéarisation des flots vers une direction commune, on constate aussi des retours en arrière fréquents entre les groupes machinage-sablage, machinage-sous-assemblage et sous-assemblage-remplissage et sablage des champs. Certaines pièces possèdent aussi un parcours en forme de boucle entre les départements de machinage, sablage et sous-assemblage.

Compte tenu des constatations ci-haut, il est proposé d'éliminer les pièces empruntant les routes interdites de manière à développer un flot unidirectionnel représentant la majorité des pièces. Par la suite, ces exceptions pourront être réévaluées à la lumière du nouvel aménagement proposé.

Le nouveau diagramme représenté à la figure 4.2 permet maintenant d'accomoder 90 % des pièces avec 36 % des routes, le cheminement des pièces résultantes n'effectuant aucun retour en arrière ou de boucle entre les départements. C'est donc avec ces pièces que l'analyse des groupes majeurs M-303 et S sera développée afin de créer des cellules de fabrication. (Voir l'annexe C pour la description des machines appartenant à chaque groupe).



M-303: département de machinage (debitage-coupage-percage)
S-A : opérations de sous-assemblage
S : département de sablage
V : opérations de vérification
E : opérations de remplissage et sablage des champs
A : département d'assemblage
( ) : nombre de groupes de pièces utilisant la route spécifiée

Figure 4.2: Diagramme de cheminement modifié

4.1.2 Conception des cellules de fabrication

Cette sous-section a pour objectif de démontrer la méthodologie utilisée pour la création des cellules de fabrication.

L'objectif visé par cette création de cellule est d'obtenir deux flots parallèles agencés sous forme de cellules de bois solides et de panneaux. Pour un rendement optimum du nouvel agencement, les flots parallèles devront être unidirectionnels de manière à éviter les retours en arrière. Ainsi, dépendamment du type de matière première utilisée, les composantes emprunteront le chemin approprié pour se diriger vers le sablage (s'il y a lieu) en n'utilisant que les groupes de machines nécessaires à la réalisation de ces pièces. Le lecteur doit bien comprendre la linéarité ainsi créée entre les cellules et les machines qui permettra de raccourcir le temps de passage des pièces à l'intérieur du département de machinage et de sablage, réduisant du même coup les délais de fabrication des composantes requises à l'assemblage.

a) Usinage

A l'aide de la description des routes à travers le département de machinage (voir l'annexe D), une matrice constituée des groupes de pièces en fonction des machines appartenant au département de machinage a été développée, (voir l'annexe E, matrice initiale) de manière à illustrer les séquences de fabrication de chaque groupe.

Compte tenu du grand nombre de pièces et de machines à traiter, un examen des méthodes existantes de création de cellules s'imposait. Une étude de certaines méthodes proposées dans la littérature (réf:4 et 5) a donc été entreprise et n'a pas permis de trouver un algorithme qui permettait de résoudre le problème. En effet, la plupart des cas traités dans la littérature ne sont valables que pour un nombre limité de machines et de pièces.

La création de cellules de fabrication a donc été réalisée manuellement. Une étude des matières premières utilisées sur les machines a permis de constituer une ébauche de solution. Ainsi, on constate, à l'annexe E, matrice initiale modifiée, que deux groupes de machines ont été identifiés à partir du type de bois (panneaux et bois solides) utilisé sur celles-ci. Cependant, un

troisième groupe constitué de machines qui utilisent les deux types de matière première ne peut être incorporé à aucun des deux groupes formés précédemment. Compte tenu du fait que les machines appartenant au troisième groupe ne peuvent être dédoublées dû à des contraintes monétaires, on doit donc étudier dans quelle mesure dans la séquence de fabrication, il est possible économiquement de créer deux lignes parallèles.

Pour ce faire, la séquence de sollicitation des machines a été réintroduite à l'intérieur de la matrice no 2. Par la suite, un ordonnancement des machines selon leur ordre de sollicitation a permis d'identifier les machines devant être dédoublées. Les machines suivantes (identifiées par un astérisque à l'annexe E, matrice finale) sont donc nécessaires à la constitution des différents groupes:

- 2 scies à angles (machines 203)
- 3 bancs de scie (machines 201 et 202)
- 1 déligneuse (machine 154)
- 1 sableuse à plat pour le bois solide (machine S)
- 2 toupies pour le profilage (machine 206)

Le dédoublement des machines énumérées permet maintenant de constituer les groupes suivants:

Groupe 1: machines 100-101-200-201-203-206-204-202-207-206-217

Groupe 2: machines (154-155)-(152-153)-151-205-156-(157-158)-154-203-S-218

Groupe 3: machines 206-203-202-201-208-209-207-206-210

Groupe 4: machines 213-201-214-215-212-206-303

Il est important de noter qu'afin d'éviter le dédoublement de la défonceuse (machine 207), cette machine sera utilisée simultanément par le groupe de machines nos 1 et 3. En effet, étant donné la faible fréquence d'utilisation de la machine par les pièces manufacturées à l'intérieur du groupe 3, l'achat d'une défonceuse n'est pas nécessaire. Cette décision a donc pour conséquence de contraindre l'aménagement de la cellule no 1 à proximité de la cellule no 3.

b) <u>Sablage</u>

Dans l'optique d'une linéarité entre les machines, la formation de la cellule de sablage consiste en un réaménagement des machines énumérées à l'annexe C. En effet, étant donné le faible nombre de machines

sollicitées, la création de la cellule consiste à ordonner le groupe de machines de sablage selon la séquence de sollicitation de celles-ci (Voir l'annexe F). Le groupe de sablage est donc constitué des machines suivante:
machines 304-301-302-300-307-306-309-305.

4.1.3 Analyse des flots de composantes

L'objectif final de cette démarche de création est maintenant de représenter l'ordre des machines à l'intérieur de chaque cellule ainsi que la disposition des cellules entre-elles. Pour ce faire, une analyse des flots, qui consiste à étudier le passage de toutes les pièces à l'intérieur du système de fabrication suggéré, doit être réalisé.

Avant de présenter l'agencement intra et inter cellulaire projeté, les constatations suivantes ont été faites suite à l'analyse des routes. Premièrement, environ 52 % des pièces existantes pourront être directement fabriquées par le système de fabrication proposé. Deuxièmement, l'achat proposé des machines énumérées précédemment permettra d'incorporer à la séquence de fabrication 38 % (supplémentaire) de toutes les pièces manufacturées par l'entreprise. Le tableau 4.1 illustre le

nombre de pièces en fonction des machines pouvant être incorporées à la séquence de fabrication proposée:

TABLEAU 4.1 Nombre de pièces incorporées à la séquence

Machines	Groupe 1	Groupe 2	groupe 3	groupe 4
203 202	14 21			
154 S		64 107		
203 206 201			35 30 31	
201 206				21 49

Troisièmement, les gammes de fabrication de 14 % des pièces devront être modifiées afin de permettre que celles-ci soient fabriquées sans aucun retour en arrière. Quatrièmement, seulement 10 % des pièces ne pourront être accomodées par l'aménagement proposé.

Suite aux constatations formulées précédemment, les pages suivantes illustrent de quelle façon les différentes cellules doivent être aménagées. D'une manière générale, afin de bénéficier des avantages énumérés au chapitre I, l'aménagement des machines à l'intérieur de chaque cellule devra être en forme de U. Cependant, étant donné la théorie qui veut qu'une pièce soit fabriquée complètement à l'aide de toutes les machines constituant une cellule,

il n'est pas possible d'atteindre cet objectif. En effet la grande variété de pièces et la non-standardisation des méthodes de fabrication oblige les pièces à faire des sauts de machines à l'intérieur d'une même cellule.

a) Cellule no 1

Spécialisée dans le panneaux, la cellule no 1 (décrite à la figure 4.3) possède un agencement en forme de U. Ainsi, les pièces fabriquées pourront être déplacées selon l'une des routes décrite à l'intérieur de la cellule. Une fois la fabrication des composantes terminée, elles devront être déplacé vers la cellule no 4. Tel qu'indiqué au tableau 4.1, il est à noter que l'achat de deux machines est nécessaire afin de réaliser cet aménagement.

b) Cellule no 2

Spécialisée dans le bois solide, l'agencement de la cellule no 2 (décrite à la figure 4.4) a une forme similaire à celle d'un U. En tenant compte du grand nombre de routes et de flots parallèles, cet agencement permettra de bénéficier des avantages d'une telle disposition. Une fois les pièces fabriquées, celles-ci devront être

déplacées vers les cellules nos 3, 4 ou 5. Il est à noter que l'achat d'une sableuse à plat spécialisée dans le bois solide et d'une déligneuse est pré-requis à la réalisation de cet aménagement.

c) Cellule no 3

Prolongement de la cellule no 2, l'agencement de la cellule no 3 (décrite à la figure 4.5) est aussi disposée en forme de U. L'achat de trois machines est essentiel afin de permettre la création de cette cellule, soit: la scie à angles (machine 203), le profileur (machine 206) et le banc de scie (machine 201). Une fois la fabrication terminée, les pièces seront acheminées vers la cellule 4 ou 5.

d) Cellule no 4

Point de convergence des flots de panneaux et de bois solide, la cellule no 4 se veut une cellule polyvalente ayant pour principal tâche le perçage et le sablage des composantes (voir la figure 4.6). Etant donné la nécessité de se munir d'une perceuse à contrôle numérique telle qu'expliquée au chapitre III, les perceuses ne seront pas

dédoublées et les deux lignes de composantes convergeront vers cette cellule.

De plus, comme la sableuse à plat (machine 303) est utilisée pour le sablage des deux types de produits (panneaux et bois solide), et est requise à la fois en aval et en amont des perceuses, cette machine sera donc positionnée au centre de la cellule de manière a être le plus près possible des machines en aval ou en amont dans la séquence de fabrication des produits.

En plus de sabler les composantes à l'aide de la sableuse à plat, la cellule permettra la réalisation de sous-assemblages requis avant le machinage. [Ex: les moulures de dessus de table ou de buffet peuvent être collées (poste ASS) avant d'être formées sur le profileur (machine 206)]. Afin de permettre la réalisation de ces opérations, l'achat de deux machines est nécessaire. Ainsi, la mise en place d'un banc de scie (machine 201) et d'un profileur (machine 206) permettra la création de la cellule. Une fois la production terminée, les composantes de bois solide seront acheminées vers la cellule no 5 ou vers l'étape de vérification. Les composantes de panneaux seront acheminées vers le remplissage des champs (s'il y a lieu), ou vers l'entreposage.

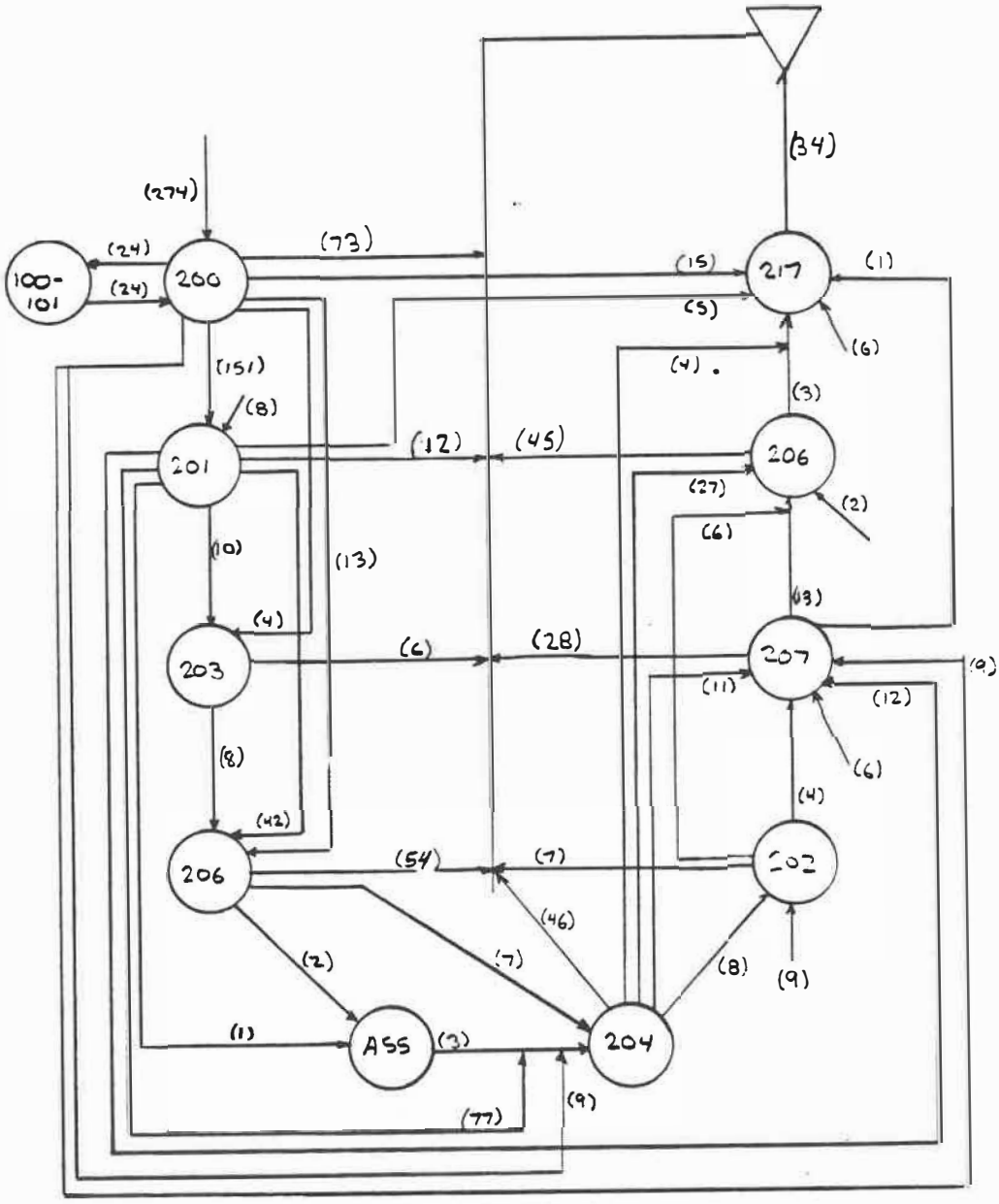


Figure 4.3: Aménagement de la cellule no 1

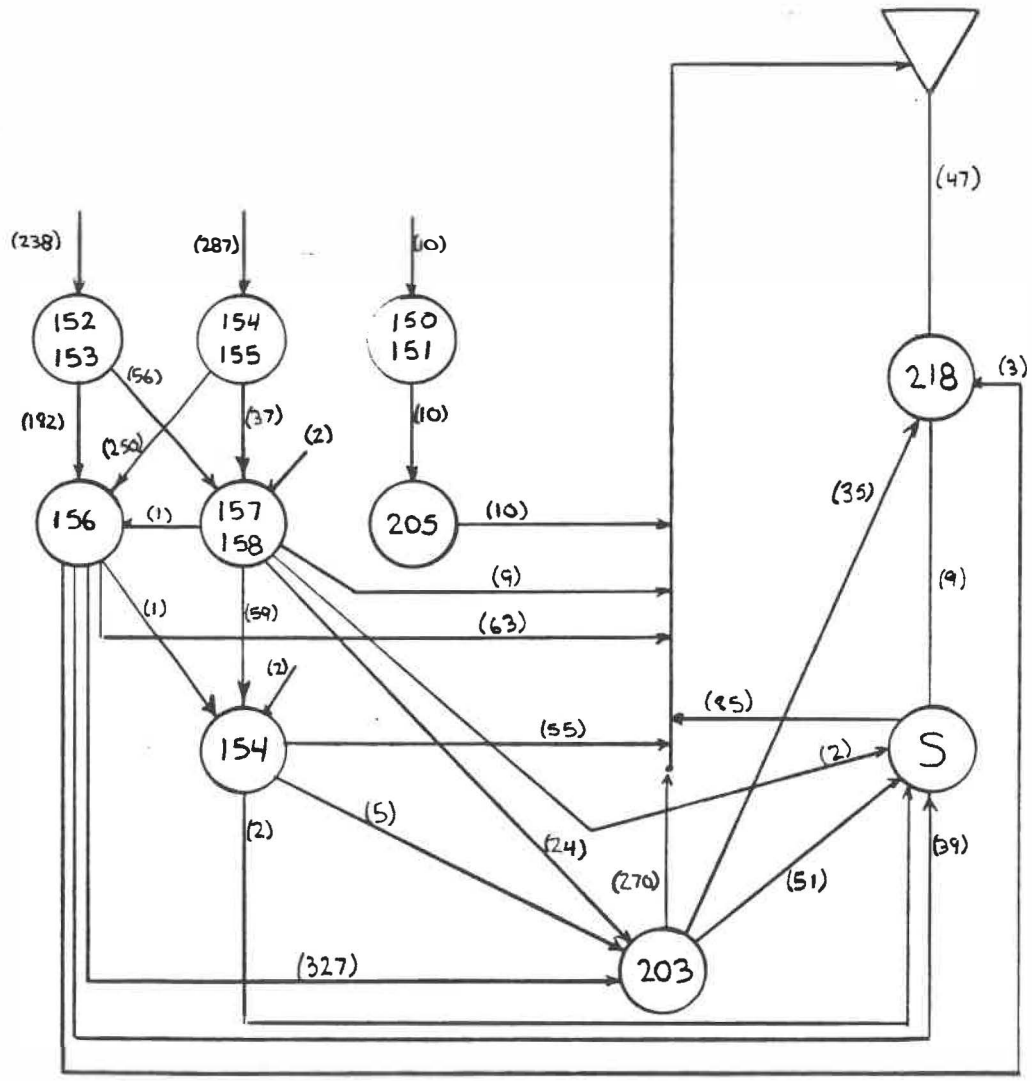


Figure 4.4: Aménagement de la cellule no 2

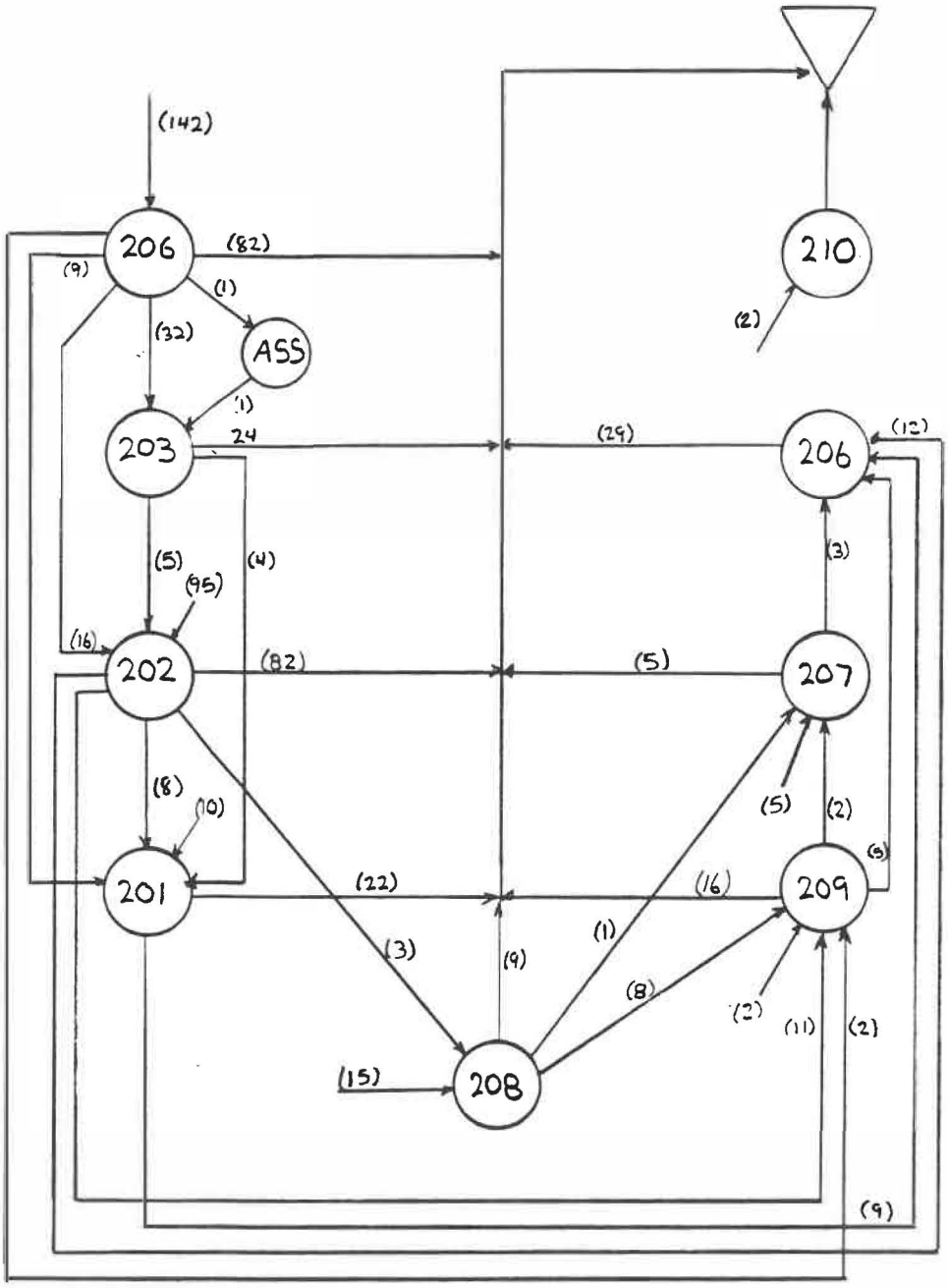


Figure 4.5: Aménagement de la cellule no 3

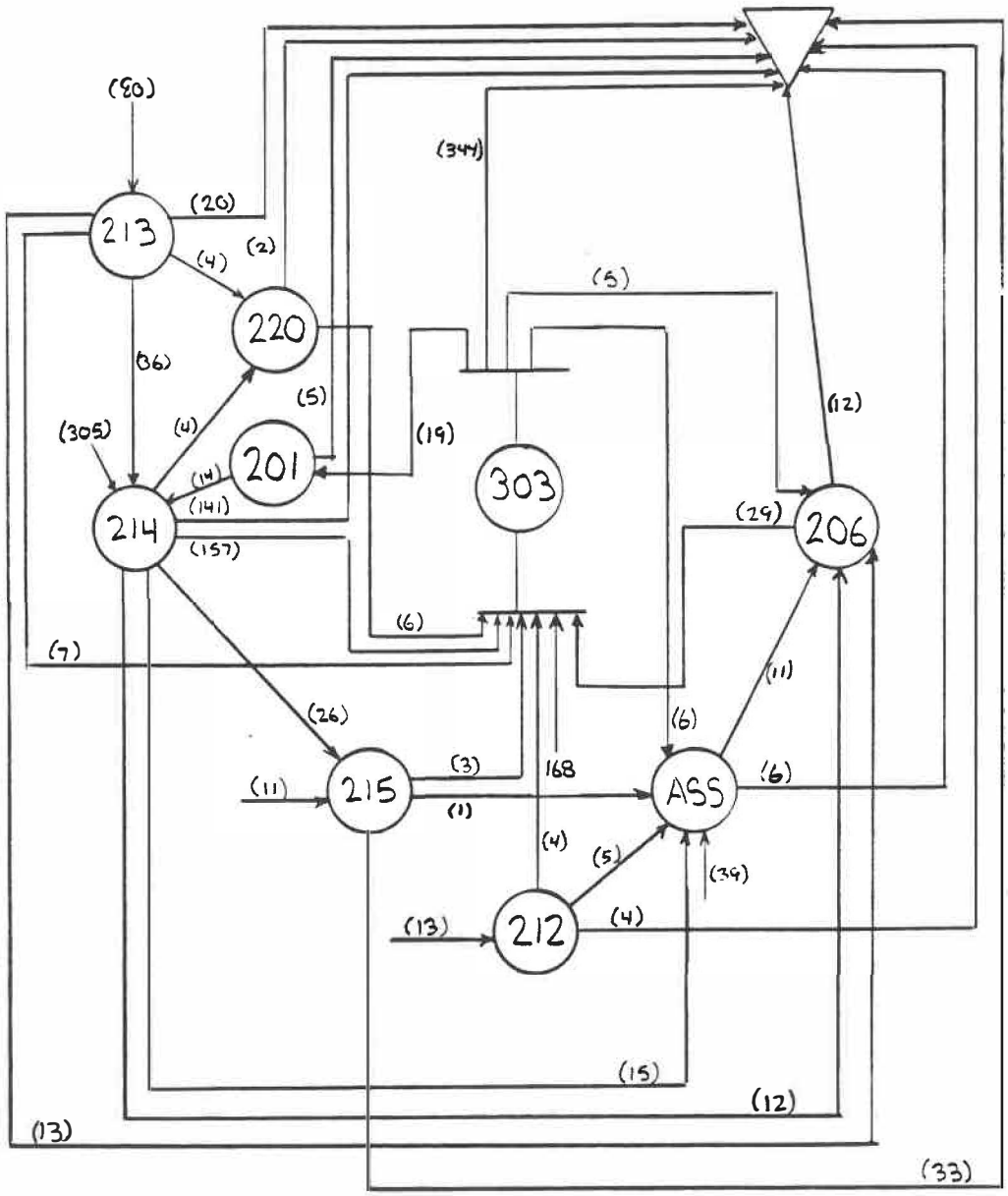


Figure 4.6: Aménagement de la cellule no 4

e) Cellule no 5

En aval de la cellule no 4, la cellule de sablage spécialisée dans le bois solide a la forme d'un U (voir la figure 4.7). D'une façon générale, les composantes seront sablées sur une ou deux machines seulement pour être ensuite acheminées vers la vérification ou l'entreposage.

f) Aménagement général

Suite à l'analyse des flots intra-cellulaires, il est maintenant possible de représenter les flots inter-cellulaires (voir la figure 4.8). Le lecteur est donc à même de constater de façon schématique que la disposition des différents équipements de production permettra d'accommoder sans retour sur les machines précédentes environ 90 % des pièces fabriquées par le système. Il est important de souligner que la réalisation de cette implantation permettra également avec le temps d'accommoder 100 % des pièces. En effet, considérant la courte durée de vie des modèles (maximum 4 ans), la création des nouveaux modèles pourra être réalisée de manière à ce que ceux-ci soient intégrés à 100 % dans la séquence de fabrication proposée, c'est-à-dire en tenant

compte des contraintes de l'aménagement (élimination des pièces incompatibles).

4.1.4 Intégration de la perceuse à contrôle numérique

Suite à l'étude réalisée au chapitre III qui proposait l'achat d'une perceuse à contrôle numérique dans la but de remplacer certaines opérations de perçage, il est suggéré d'intégrer la nouvelle machine immédiatement en aval de la machine 214 (perceuse verticale).

Pour permettre un positionnement parfait entre les pièces à assembler, la séquence des nouvelles opérations de perçage devra s'effectuer seulement lorsque les pièces à percer seront complètement formées, d'où cet agencement.

Il est cependant important de souligner que ces opérations doivent être réalisées (lorsque c'est le cas) avant la pose en sous-assemblage des moulures (de dessus, de côté, etc.) afin d'éviter qu'une erreur de positionnement des moulures n'entraîne une erreur de positionnement des forets lors du perçage.

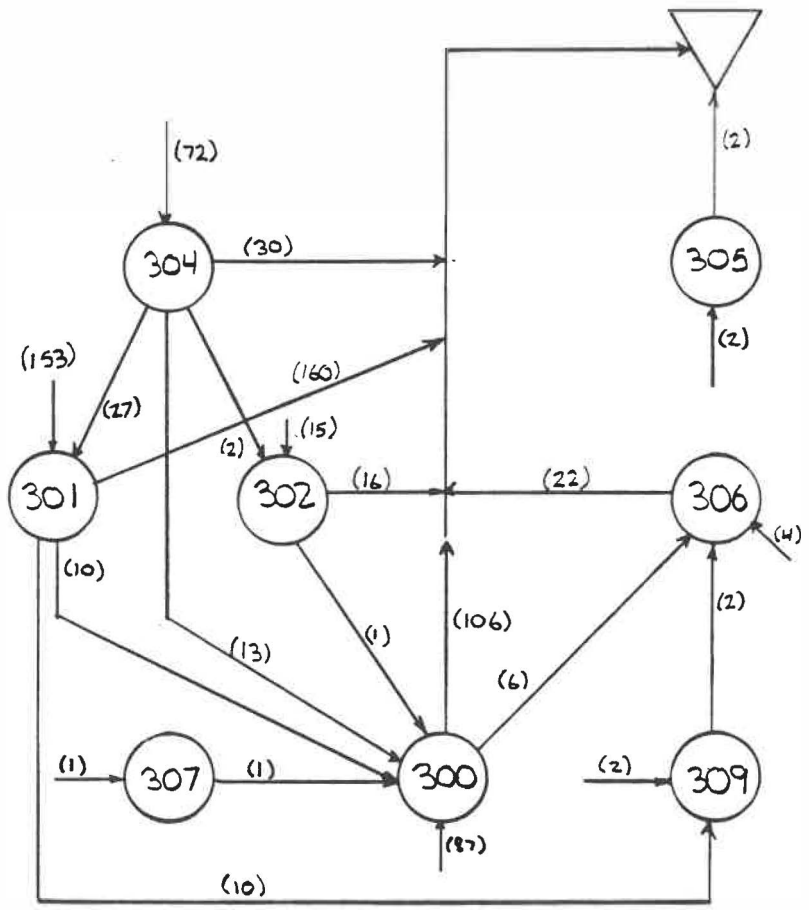


Figure 4.7: Aménagement de la cellule no 5

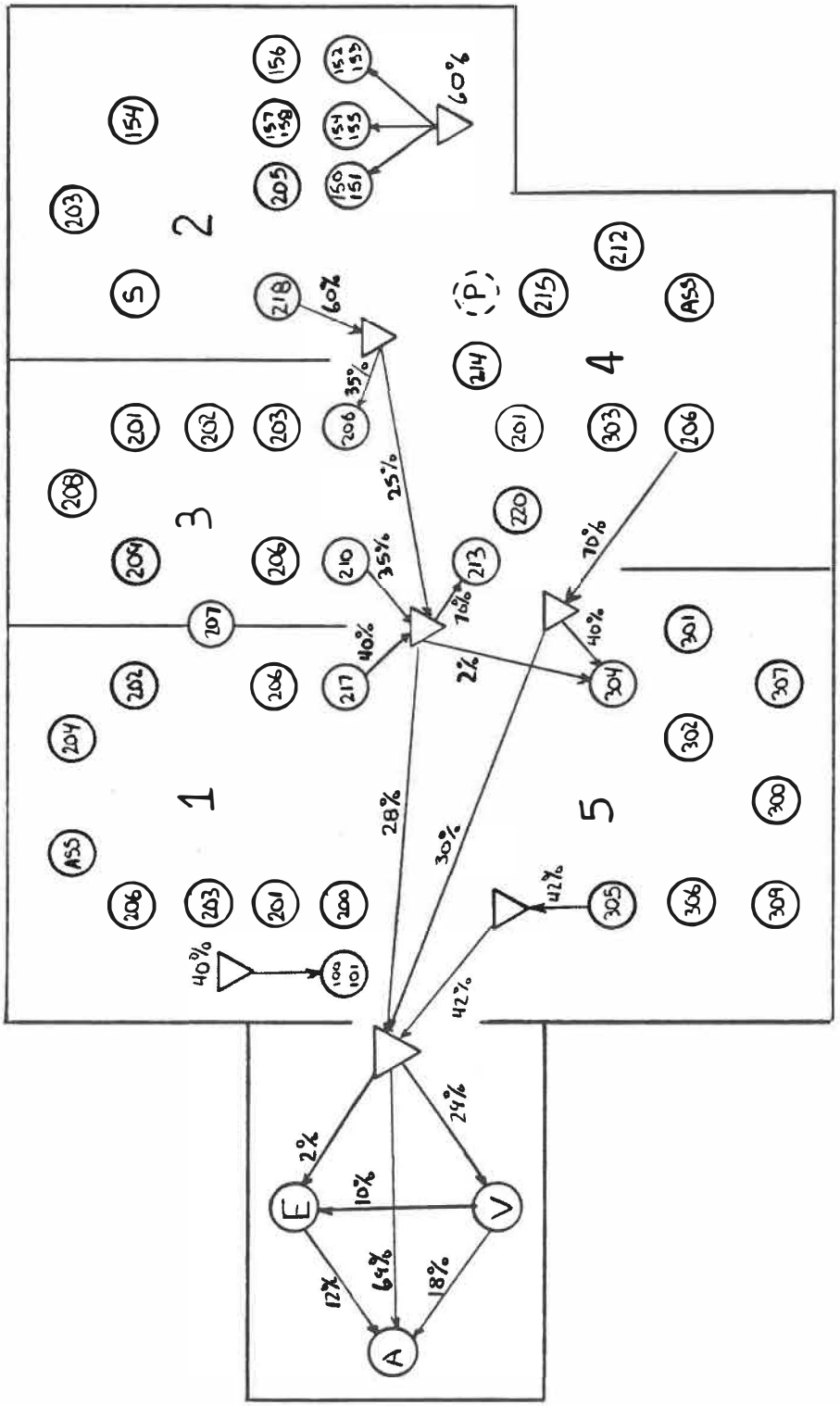


Figure 4.8: Aménagement inter-cellulaire

4.2 Réduction des temps de mise en course

A l'aide de la méthode SMED (6) proposée dans la littérature, cette section a pour but de démontrer la méthodologie à appliquer afin de réduire les temps de mise en course [5]. D'une manière indirecte, son application permettra de donner de la flexibilité au département de fabrication. En effet, comme l'objectif du SMED est de rendre moins significatif les temps de "setup" à la pièce, la réduction de celui-ci permettra d'augmenter la fréquence des temps de mise en course, et en accord avec la loi du lot économique, de diminuer la grosseur des lots fabriqués.

Afin de visualiser la méthodologie employée, deux machines représentatives des principales catégories du parc-machines, dont les temps de mise en train sont relativement longs et la production très variée, ont été choisies. Ce sont la perceuse verticale à têtes multiples (machine 214) sur laquelle une variété de pièces y sont travaillées et le profileur (machine 206) sur lequel les temps d'ajustement sont très longs.

---

5 On définit le temps de mise en course par la période de temps délimitée entre l'arrêt de la machine jusqu'au moment où une pièce d'un autre type de production est jugée acceptable.

De plus, considérant la forte sollicitation des scies dans la fabrication de la plupart des composantes appartenant au système de fabrication, une étude des différentes opérations de mise en course sur ces machines est aussi réalisée dans cette section. Le nom et la fonction de chacune se décrit comme suit: premièrement, il y a la scie générale (machine 200), qui est utilisée afin de couper de longueur les différents panneaux. Deuxièmement, il y a la scie Wadkin (machine 201), utilisée afin de couper de largeur les différents panneaux déjà coupés sur la machine 200. Troisièmement, il y a la scie à angle (machine 203), qui est utilisée afin de couper à angle les différentes pièces.

4.2.1 Réduction des temps de mise en course de la perceuse

Les opérations de mise en course de la perceuse (machine 214) se divisent en deux parties. Il y a d'abord les opérations de base qui sont des opérations communes à toutes les mises en course quel que soit le nombre de têtes utilisées. Et puis, les opérations spécifiques à l'installation et la mise en utilisation d'un foret, qui ne sont pas des opérations communes.

Après le perçage de la dernière pièce appartenant au lot précédent, les opérations de mise en course à exécuter sont représentées au tableau 4.2.

TABLEAU 4.2 Opération de mise en course de la perceuse

Opérations de base	internes (minute)	externes (minute)
0- Transporter le lot fabriqué		3.00
1- Débloquer les cylindres et enlever les forêts.	1.00	
2- Ranger les forets		0.50
3- Préparer le materiel nécessaire		0.50
5- Elever la table pour ajuster la hau - teur des forets.	0.25	
8- Ajuster la hauteur de la table pour le perçage.	0.50	
9- Installer les courroies sur les cylin.	0.25	
SOUS-TOTAL	2.00	4.00
Opérations par foret installé		
4- Installer le nouveau foret.	0.25	
6- Egaliser la hauteur du foret à l'aide de la table de manière à ce que le travail de celui-ci soit coordonné avec le travail des autres forets.	0.25	
7- Ajuster la position du foret.		
a-identifier sur la pièce par traçage à quel position le perçage doit être effectué	1.00	
b-positionner et fixer à l'aide de clous la pièce sur la machine	0.50	
c-ajuster le foret sur la position identifiée à l'étape 5a et percer la pièce.	3.50	
d-vérifier l'ajustement	0.50	
SOUS-TOTAL	6.00	
TOTAL	8.00	4.00

Suite à l'examen des opérations de mise en course, on constate que les opérations 0, 2 et 3 peuvent être réalisés lorsque la machine est en fonction. De plus, les opérations 7a, 7b, et 7c représentent 63 % du temps total de mise en train interne, ce qui constitue une portion importante du temps total de mise en course. Finalement, on constate aussi que le positionnement des forets est réalisé à l'aide de la première pièce à percer; ce qui a pour conséquence d'introduire une erreur systématique fonction de la qualité de la pièce.

Afin de réduire et d'améliorer les opérations de mise en course, il est proposé de diminuer le temps d'ajustement de position des forets. De plus, il est aussi proposé de positionner les forets en fonction de la machine plutôt que de la pièce de manière à éliminer la source d'erreur. Il est à souligner que la réalisation des opérations 0, 2 et 3 par un autre opérateur, lorsque la machine est en opération, permettra aussi de réduire le temps d'arrêt de la machine entre la production de deux lots différents.

Etant donné les objectifs énumérés précédemment, les modifications suivantes sont proposées afin de diminuer les temps de mise en train interne. Ainsi, on suggère

l'installation sur la table de travail de deux axes gradués ayant pour fonction de positionner le foret correctement sans utiliser de pièce sur laquelle la position du trou a préalablement été tracé. De plus, on suggère l'installation sur la table de travail d'une butée ayant pour fonction, en plus d'identifier l'origine de l'axe vertical, de positionner verticalement la pièce à travailler. Il est à noter que l'origine de l'axe horizontal est identifié par la graduation amovible qui se positionne (lorsque l'ajustement de foret est terminé) à l'extrémité supérieure de la table de manière à servir de butée.

A l'aide de la figure 4.9 illustrant la table de perçage modifiée, on peut visualiser de quelle manière les modifications proposées ci-haut peuvent être mises en application.

Lors de la période d'ajustement de la position du foret, l'opérateur n'aura qu'à fixer la graduation horizontale selon la valeur de l'axe vertical désiré et à positionner le foret selon la valeur de l'axe horizontal en faisant glisser celui-ci le long de la graduation. Une fois l'ajustement terminé, l'opérateur déplacera la graduation horizontale jusqu'à l'extrémité

supérieure de la table afin que celle-ci serve de butée horizontale à la pièce à fabriquer.

La réalisation des opérations 0, 2 et 3 par un autre opérateur, pendant que la machine fonctionne, permettra de réduire le temps des opérations de base de quatre minutes.

De plus, selon les estimations, le positionnement du foret prendra environ 2.25 minutes au lieu de 5.5, soit une réduction de 59 % du temps d'ajustement actuel. Ce changement aura pour conséquence de modifier le temps de "setup" de la manière suivante:

TABLEAU 4.3 Description des nouvelles opérations de mise en course de la perceuse

0- OPERATION EXTERNE	
1- Débloquer les cylindres et enlever les forets	1.00 minutes
2- OPERATION EXTERNE	
3- OPERATION EXTERNE	
5- Elever la table pour ajuster la hauteur des forets.	0.25
8- ajuster la hauteur de la table pour le perçage.	0.50
9- Installer les courroies sur les cylin.	0.25
SOUS-TOTAL	2.00 minutes
Opérations par foret installé	
4- Installer le nouveau foret.	0.25 minute
6- Egaliser la hauteur du foret à l'aide de la table de manière à ce que la travail de celui-ci soit coordonné avec le travail des autres forets.	0.25
7- Ajuster la position du foret.	
a- ajuster le foret sur la machine.	1.50
b- positionner la pièce sur la machine et percer.	0.25
c- vérifier l'ajustement	0.50
SOUS-TOTAL	2.75 minutes

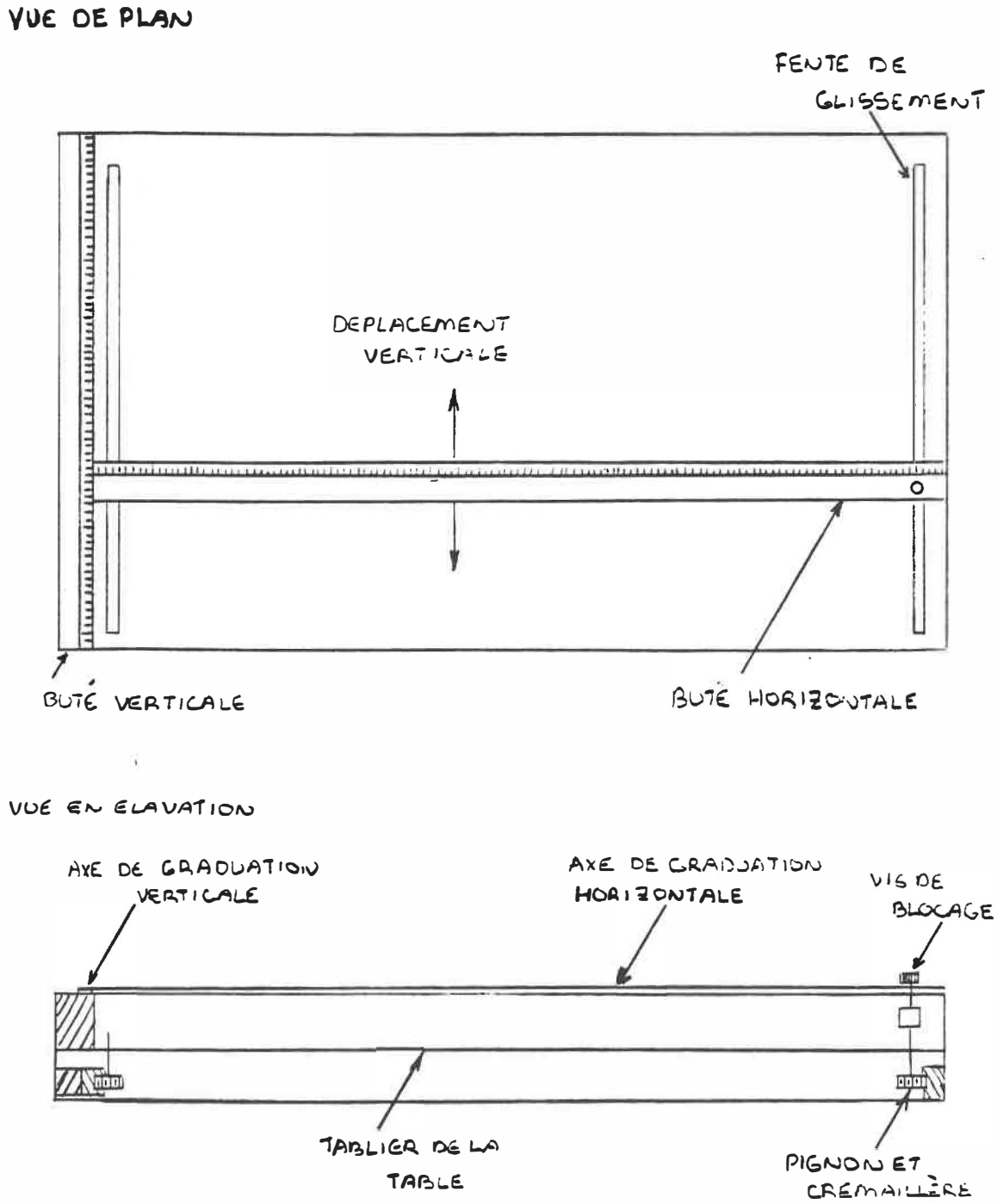


Figure 4.9: Schéma de modification de la perçeuse

Etant donné que les opérations d'ajustement comportent en moyenne le positionnement de trois (3) forets, le temps d'ajustement estimé sera donc:

TEMPS DE BASE + 3 * TEMPS D'AJUSTEMENT / FORET =

(2.0 MIN) + 3 * (2.75 MIN) = 10.25 MINUTES

comparativement au temps actuel

(6.0 MIN) + 3 * (6.0 MIN) = 24.0 MINUTES

On constate donc une réduction moyenne de 12.75 minutes ou de 58 % du temps de mise en train. Cette réduction est satisfaisante étant donné que la majeure partie de la production de cette machine sera réalisée par la nouvelle perceuse à contrôle numérique.

4.2.2 Réduction des temps de mise en course du profileur

il existe deux types de catégorie d'opérations de mise en course sur le profileur. Premièrement, il y a les opérations de mise en train qui permettent d'utiliser le profileur avec une planche-guide (catégorie 1) afin de former des pièces dont le contour est une droite (ex: moulure d'extension de table). De plus, il est à noter que cette catégorie se divise à son tour en trois sous-

catégories, dépendamment du type de tête coupante utilisée.

A- Mise en train avec une seule tête coupante

B- Mise en train avec deux têtes coupantes superposées

C- Mise en train avec deux lames assemblées pour former une tête coupante

Deuxièmement il y a les opérations de mise en course qui permettent l'utilisation du profileur à l'aide d'un guide circulaire et de gabarits (catégorie 2) afin de former des pièces dont le contour est une ligne courbe (ex: arrondi de dossier de chaise).

L'étude de la réduction des opérations de mise en course se divisent donc en deux parties et est développée aux pages suivantes.

a) <u>Réduction des temps de mise en course de la catégorie 1</u>

Le tableau 4.4 est un résumé des opérations devant être effectuées lors d'un "set up" typique sur le profileur.

TABLEAU 4.4 Description des opération de mise en course de la catégorie 1

Opérations communes aux trois sous-catégories:

	internes (minute)	externes (minute)
0- Transporter le lot fabriqué		3.00
1- Défaire le montage		
a- enlever l'entraîneur	0.25	
b- enlever la planche-guide	2.00	
c- enlever la tête coupante	1.00	
d- ranger le matériel		0.50
2- Préparer le matériel nécessaire		0.50
3- Aller chercher une nouvelle planche-guide correspondant au couteau à utiliser		1.00
4- Poser la nouvelle planche-guide	2.00	
5- Ajuster la planche guide	3.00	
6- Installer l'entraîneur	1.00	
7- Ajuster le montage par essai et erreur sur des pièces fabriquées	6.50	
SOUS-TOTAL	5.75	5.00

TOTAL 20.75 minutes
(Voir le schéma de montage à la figure 4.10)

Opération spécifiques à chaque sous-catégorie

Sous-catégorie A:

3.1 Poser le couteau sur l'axe de rotation de la machine et ajuster la hauteur de la tête 1.00 minute

Sous-catégorie B:

3.1 Installer les têtes coupantes séparées par un espaceur ajustable sur l'axe de rotation de la machine et ajuster la hauteur de la tête 1.00 minute
3.2 Ajuster la hauteur des têtes coupantes entre elles 6.50 minutes

Sous-catégorie C:

3.1 Installer le support de lame et deux lames sur l'axe de rotation de la machine 2.00 minutes
3.2 Ajuster le rayon des lames .3.00 minutes
3.3 Ajuster la hauteur du couteau assemblé 0.50 minute

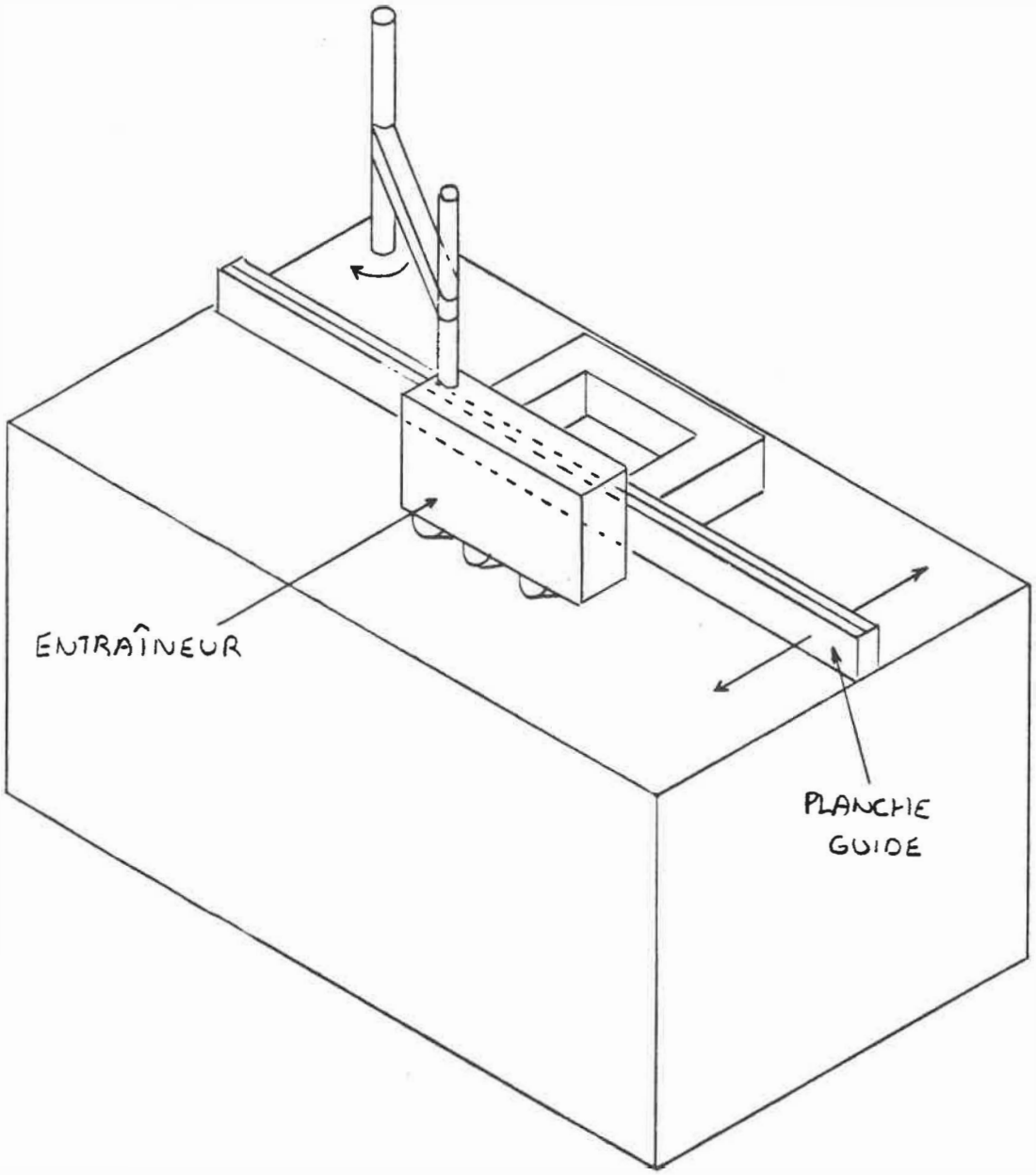


Figure 4.10: Schéma de montage du profileur catégorie 1

Suite à un examen des opérations de mise en train énumérées au tableau de la page précédente, on constate premièrement que les opérations avec les temps externes peuvent être exécutées pendant que la machine fonctionne. Deuxièmement, on constate que les opérations no 1 et 4 sont réalisées à l'aide de vis, ce qui a pour conséquence d'allonger le temps de mise en course interne. Troisièmement, tout comme pour la perceuse, les opérations d'ajustement (no 5 et 7) sont réalisées sans aucune mesure graduée sur la machine. Quatrièmement, les opérations de la sous-catégorie B constituent 6.5 minutes supplémentaires par rapport à la sous-catégorie A. De manière similaire, les opérations de la sous-catégorie C constituent 4.5 minutes supplémentaires par rapport à la sous-catégorie A. Il est à noter que les ajustements supplémentaires de la sous-catégorie B sont nécessaires afin de fabriquer des tenons de trois épaisseurs différentes d'où l'utilisation d'un espaceur ajustable.

Afin de diminuer et d'améliorer les opérations de mise en train, il est proposé de diminuer le temps de fixation et d'ajustement de la planche-guide. De plus, il faudrait diminuer les temps de mise en train des sous-catégories B et C de manière à uniformiser les opérations de mise en train de la catégorie no 1. Finalement, la

réalisation des opération no 0, 1d, 2 et 3 par un autre opérateur, lorsque la machine est en opération permettra, de diminuer les temps d'arrêt de la machine.

Afin d'atteindre les premiers objectifs qui sont de diminuer le temps de fixation et d'ajustement de la planche-guide, il est proposé de la fixer à l'aide de serres plutôt que de vis. Ainsi, cette façon de procéder permettra de réaliser l'opération en quinze secondes au lieu de deux minutes. De plus, l'introduction d'une graduation sur la machine permettra de faciliter l'ajustement de la planche-guide (à noter que toutes les planches-guides devront avoir la même épaisseur). Afin d'accélérer davantage l'opération d'ajustement, le classement des outils par rayon de coupe permettra à l'opérateur d'ajuster la planche-guide en fonction du rayon de coupe de l'outil (voir le schéma de modification de la machine à la figure 4.11) sans que celui-ci n'ait à vérifier si son outil a bien le bon rayon. On estime que cette modification permettra de réduire à une minute au lieu de trois, l'ajustement de la planche-guide. De plus, cette modification permettra aussi de réduire le temps d'ajustement du montage par essai et erreur d'environ quatre minutes, le temps estimé étant de 2.5 minutes.

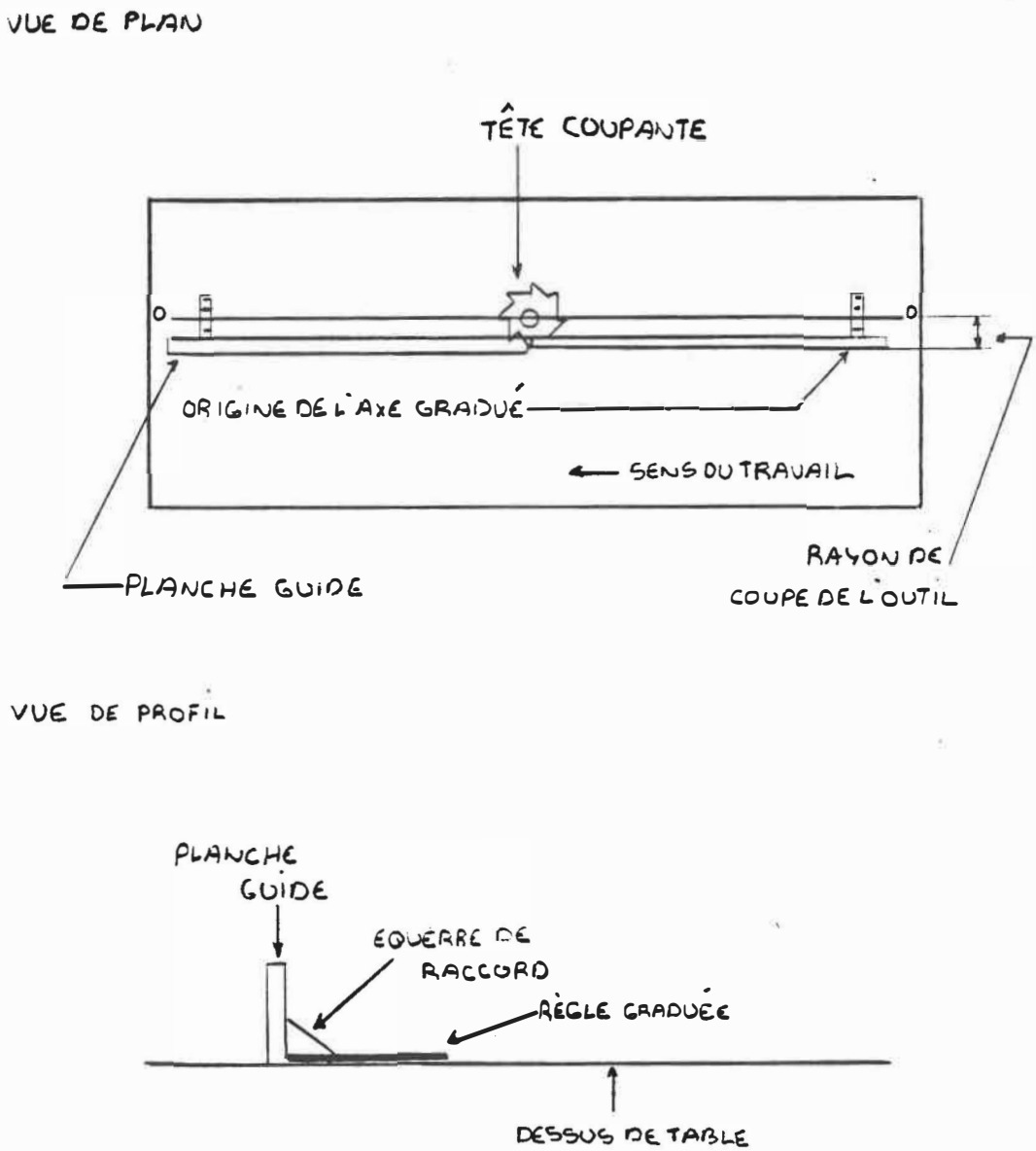


Figure 4.11: Schéma de modification du profileur cat. 1

Ces modifications permettent donc de réduire de 80 % les temps de mise en train des opérations communes à la catégorie no 1. Ces changements se détaillent de la façon suivante:

TABLEAU 4.5 Description des nouvelles opérations de mise en course du profileur catégorie 1

0- OPERATION EXTERNE	
1- Défaire le montage	
a- enlever l'entraîneur	0.25 minute
b- enlever la planche-guide	0.25
c- enlever la tête coupante	1.00
d- OPERATION EXTERNE	
2- OPERATION EXTERNE	
3- OPERATION EXTERNE	
4- Poser la nouvelle planche-guide	0.25
5- Ajuster la planche-guide	1.00
6- Installer l'entraîneur	1.00
7- Ajuster le montage par essai et erreur sur la pièce fabriqué	0.50
TOTAL	4.25 minutes

Pour atteindre l'objectif no 2 qui est d'uniformiser les opérations de mise en train des sous-catégories B et C par rapport à la sous-catégorie A, il est proposé de standardiser les épaisseurs des tenons de manière à permettre l'utilisation d'un espaceur non-ajustable. Ceci permettra d'éviter l'ajustement de la hauteur des têtes coupantes entre elles, d'où une économie de temps de 6.5 minutes pour la sous-catégorie B. Il est aussi proposé d'utiliser deux supports de lames avec un ensemble de lames en carbone. Pendant que l'un des supports sera

en fonction sur la machine, un deuxième pourra être pré-monté, de manière à ce que l'opérateur de la machine n'ait qu'à fixer la tête coupante de façon similaire à la sous-catégorie A. Cette façon de procéder permettra d'éliminer 4.5 minutes d'ajustement.

Ces modifications permettront de réduire sensiblement le temps de mise en train des sous-catégories B et C, et d'uniformiser ces temps avec le temps de mise en train de la sous-catégorie A. Ainsi le temps de mise en train estimé de la sous-catégorie B sera d'une minute, soit une réduction de 86 % du temps actuel, et le temps de mise en train estimé de la sous-catégorie C sera d'une minute, soit une réduction de 81 %. Ces changements se détaillent de la manière suivante:

TABLEAU 4.6 Nouvelles opérations de mise en train du profileur catégorie 1

Sous-catégorie B

3.1 Installer les deux têtes coupantes séparées d'un espaceur non-ajustable et ajuster la hauteur.

Sous-catégorie C

3.1 Installer la tête coupante sur l'axe de rotation de la machine et ajuster sa hauteur.

b) Réduction des temps de mise en course de la catégorie 2

Le tableau suivant résume les opérations de mise en course exécutées lors d'un changement de production.

TABLEAU 4.7 Description des opérations de mise en course de la catégorie 2

	internes (minute)	externes (minute)
0- Transporter le lot fabriqué		3.00
1- Défaire le montage		
a- cadre de sécurité	0.50	
b- collet circulaire	0.75	
c- outil de coupe	1.00	
d- ranger le matériel		0.50
2- Préparer le matériel nécessaire		0.50
3- Aller chercher le gabarit		1.00
4- Changer les poignées de gabarit		2.20
5- Ajuster poignées (fonction de la pièce)		1.50
6- Installer outil et ajuster hauteur	1.00	
7- Sortir vis pour installer guide circul.		0.30
8- Installer collet circulaire	1.00	
9- Ajuster la hauteur du collet circu.	0.80	
10- Essayer la pièce et vérifier ajust.	1.00	
11- Installer le cadre de sécurité	0.50	
12- Ajuster la longueur et la hauteur du cadre de sécurité (fonction de la pièce)	1.00	
SOUS-TOTAL	7.55	9.00
TOTAL	16.55 minutes	

(voir la figure 4.12 pour visualiser le schéma de montage)

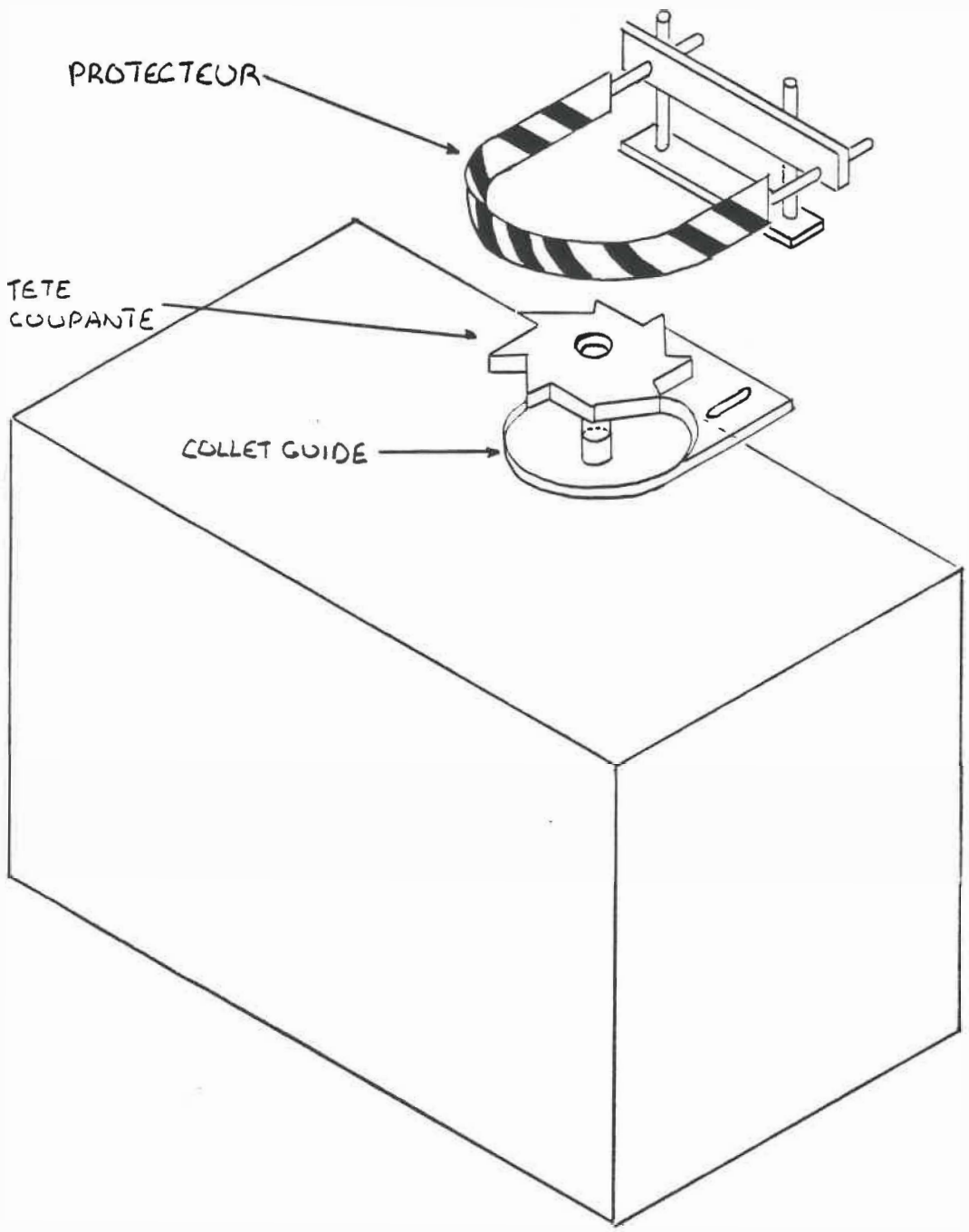


Figure 4.12: Schéma de montage du profileur catégorie 2

Suite à un examen des opérations de mise en train, on constate que les opérations avec les temps externes peuvent être exécutés pendant que la machine fonctionne. De plus, les opérations 4 et 5 peuvent être éliminées par l'achat de poignées pour chaque gabarit. On constate aussi que l'emploi du collet circulaire oblige la réalisation des opérations 7, 8, et 9, ce qui représente un temps d'exécution de 2.10 minutes.

Afin de diminuer et d'améliorer les opérations de mise en train, il est suggéré d'abord de réaliser les opérations avec des temps externes par un autre opérateur que celui du profileur de manière à ce que ces opérations soient accomplies pendant que la machine est en marche. Ensuite, il est proposé d'éliminer les opérations 4 et 5 par l'achat de poignées pour chaque gabarit. Finalement, il est aussi suggéré de diminuer les temps de mise en course interne, c'est-à-dire diminuer le temps de pose du collet (op. nos 8 et 9), éliminer complètement le temps d'ajustement du collet (op. no 10), diminuer le temps de pose du cadre de sécurité (op. no 11) et diminuer le temps d'ajustement de la hauteur et de la longueur du cadre de sécurité (op. no 12).

Afin d'atteindre ces objectifs, on devra acheter des poignées pour chaque gabarit. Il faudra aussi remplacer les collets-guides par des anneaux-guides de différents rayons insérés dans un encastrement de la table du profileur (le profileur possède déjà ces encastrements circulaires destinés à recevoir ces anneaux). De plus, il faudra modifier les gabarits utilisant les collets-guides de manière à ce que ceux-ci puissent utiliser les anneaux-guides. Il est aussi suggéré de modifier le système de fixation du cadre de sécurité sur la machine de manière à ce que l'opérateur n'ait qu'à désserer les tarauds pour glisser le cadre hors des trous destinés au passage des boulons. Afin d'ajuster rapidement les différentes parties du cadre de sécurité, la suggestion s'applique également quant au remplacement des boulons "Allen" par des boulons munis d'une tige soudée (bras de levier) de manière à permettre l'ajustement sans l'emploi d'un outil.

Ces réductions permettent donc de réduire de 74 % les temps de mise en course de la catégorie no 2. Les résultats des changements proposés sont détaillés au tableau 4.8

TABLEAU 4.8 Description des nouvelles opérations de mise en course du profileur catégorie 2

0-	OPERATION EXTERNE	
1-	Défaire le montage	
	a- enlever le cadre de sécurité	0.25 minute
	b- enlever l'anneau circulaire	0.10
	c- enlever la tête coupante	1.00
d-	OPERATION EXTERNE	
2-	OPERATION EXTERNE	
3-	OPERATION EXTERNE	
4-	OPERATION ELIMINE	
5-	OPERATION ELIMINE	
6-	Installer outil et ajuster hauteur	1.00
7-	OPERATION ELIMINE	
8-	Installer anneau circulaire	0.25
9-	OPERATION ELIMINE	
10-	Essayer pièce et vérifier ajustement	1.00
11-	Installer le cadre de sécurité	0.25
12-	Ajuster la hauteur et la longueur du cadre de sécurité.	0.50
TOTAL		4.35 minutes

Afin d'évaluer l'économie de temps moyenne réalisée par la réduction des temps de mise en course des catégories no 1 et 2, on estime le nombre de mises en train réalisées dans une journée par catégorie. Ainsi, environ 60 % des "set up" sont réalisés afin de fabriquer des pièces appartenant à la catégorie 1. Compte tenu des sous-catégories, celles-ci se subdivisent comme suit: 50 % pour la sous-catégorie 1A, 20 % pour la sous-catégorie 1B et 30 % pour la catégorie 1C . Les opérations de mise en course de la catégorie no 2 constituent donc 40 % du nombre total de mise en train dans la journée.

Etant donné cette répartition, le temps d'ajustement moyen sera donc:

Catégorie no 1:

(TEMPS COMMUN)+50%(TEMPS 1A)+20%(TEMPS 1B)+30 %(TEMPS 1C)

(4.25) + 50% (1) + 20% (1) + 30% (1) = 5.25 minutes

comparativement à

(20.75) + 50% (1) + 20% (7.5) + 30 % (5.5) = 24.40 minutes

On constate donc une réduction moyenne de 18.75 minutes ou de 80 % sur la mise en train de la catégorie no 1.

catégorie no 2:

(TEMPS DE MISE EN TRAIN PROPOSE) = 4.35 minutes

comparativement à

(TEMPS DE MISE EN TRAIN ACTUEL) = 16.55 minutes

On constate donc une réduction moyenne de 12.2 minutes ou de 74 % sur la mise en train de la catégorie no 2.

L'économie moyenne réalisée est donc de 78 %.

4.2.3 Réduction des temps de mise en train de la scie générale

Le tableau suivant décrit les opérations de mise en course de la scie générale.

TABLEAU 4.9 Description des opérations de mise en train

	internes (minutes)	externes (minutes)
0- Transporter le lot fabriqué		2.00
1- Transporter les matières premières à la machine		5.00
2- Ajuster le guide	0.50	
3- Fixer le guide	0.50	
4- Décider de la coupe		5.00
5- Vérifier l'ajustement	0.50	
SOUS-TOTAL	1.50	12.00
TOTAL	13.50 minutes	

(voir la figure 4.13 pour visualiser les équipements)

Suite à un examen des opérations de mise en train, on constate que les opérations internes ne constituent que 12 % du temps total des opérations de préparation.

Etant donné la constatation faite précédemment, il est proposé de réaliser les opérations externes par un autre opérateur, d'où une réduction de 88 % des temps de mise en train.

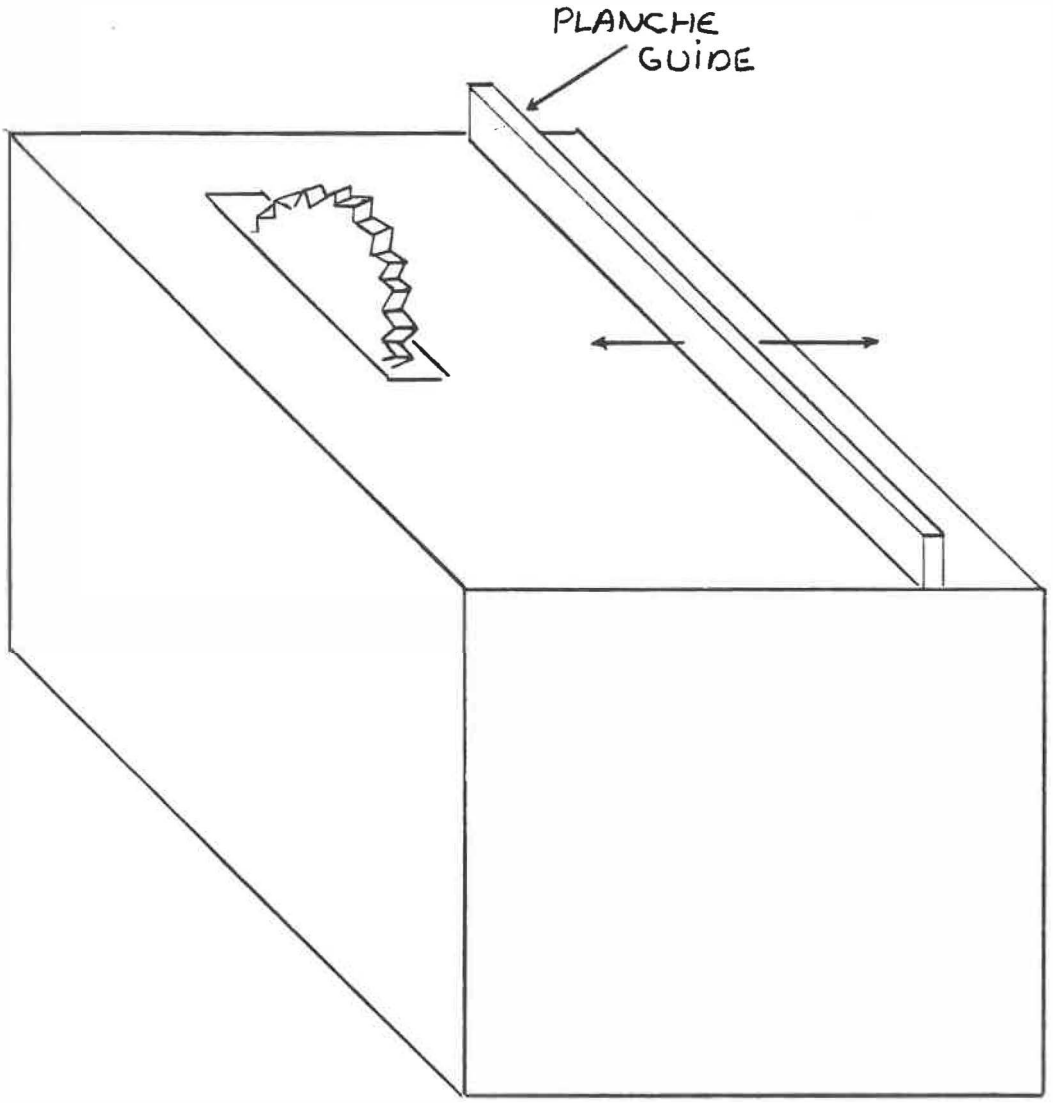


Figure 4.13: Schéma de la scie générale

4.2.4 Réduction des temps de mise en train de la scie Wadkin

Le tableau 4.10 décrit les opérations de mise en course de la scie Wadkin.

TABLEAU 4.10 Description des operations de mise en train de la scie Wadkin

	internes (minutes)	externes (minutes)
0- Transporter le lot fabriqué		3.00
1- Enlever le gabarit	1.00	
2- Transporter le gabarit jusqu'à son espace d'entreposage		1.50
3- Transporter le nouveau gabarit jusqu'à la machine		1.50
4- Installer le gabarit	1.00	
5- Décider de la coupe		0.50
6- Ajuster la butée de position du panneau	0.25	
7- Vérifier l'ajustement	0.50	
SOUS-TOTAL	2.75	6.50
TOTAL	9.25 minutes	

On constate que les opérations avec les temps externes constituent 70 % du temps total de mise en train. De plus, les opérations no 1 et 4 constituent 21 % du temps total de mise en train.

Suite aux constatations faites, il est proposé de réaliser les opérations externes par un autre opérateur.

Il est aussi suggéré de diminuer le temps de fixation du gabarit.

Afin de réduire le temps de fixation du gabarit sur la table de la scie, il est proposé d'ajouter aux boulons actuels une plaque de métal de manière à utiliser le cadre de la table sans avoir à dévisser complètement les deux boulons pour enlever le gabarit (voir la figure 4.14 située à la page suivante). Cette réduction permettra de réduire d'environ 50 % le temps d'installation et de démontage du gabarit sur la machine. Le tableau 4.11 décrit les nouvelles opérations engendrées par la modification.

TABLEAU 4.11 Description des opérations modifiées de mise en train de la scie Wadkin

0- OPERATION EXTERNE	
1- Enlever le gabarit	0.50 minute
2- OPERATION EXTERNE	
3- OPERATION EXTERNE	
4- Installer le gabarit	0.50
5- OPERATION EXTERNE	
6- Ajuster la buté de position du panneau	0.25
7- Vérifier l'ajustement	0.50
TOTAL	1.75 minutes

Donc une réduction de (9.25 - 1.75) / 9.25 = 81 % est possible sur les opérations de mise en train de la machine, et ce, à un coût négligeable.

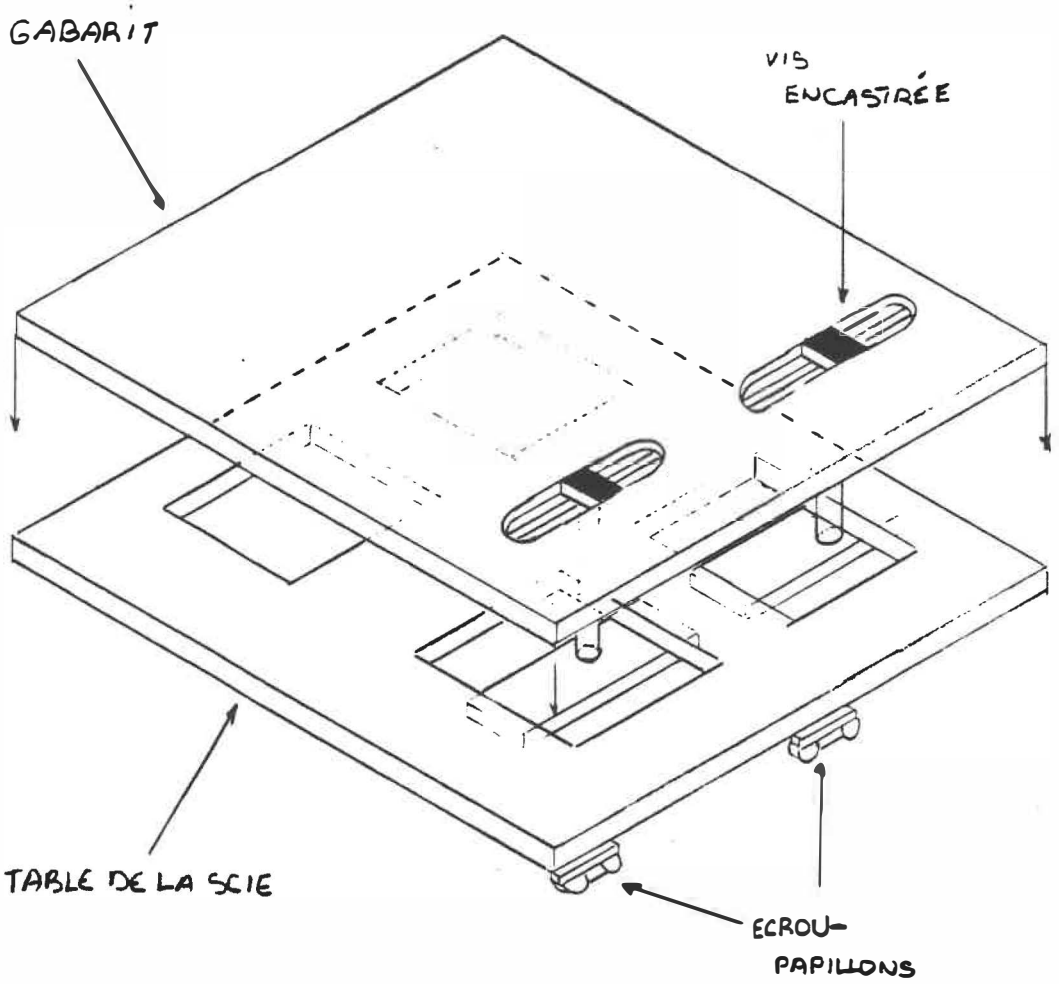


Figure 4.14: Schéma du système d'attachement du gabarit

4.2.5 Réduction des temps de mise en course de la scie à angle

Le tableau 4.12 décrit les opérations de mise en train de la scie à angle.

TABLEAU 4.12 Description des opérations de mise en course de la scie à angle.

	internes	externes
	internes)	(externes)
0- Transporter le lot fabriqué		3.00
1- Changer les plaques supports des deux scies.	2.00	
2- Ajuster l'angle des deux scies	1.00	
3- Ajuster la distance entre les les deux scies.	2.00	
SOUS TOTAL	5.00	3.00
TOTAL	8.00 minutes	

(voir la figure 4.15 pour plus de détail)

Suite à l'examen du tableau, on constate que les opérations externes constituent environ 38 % du temps de mise en train. De plus, l'opération no 3 est accomplie sans l'utilisation de la graduation de la machine parce que celle-ci est métrique contrairement aux côtes des dessins qui sont en mesures impériales. On constate finalement que la plaque-support de scie ne peut être changée sans dévisser complètement la vis qui la maintient sur la machine, ce qui occasionne un délai relativement long lors d'un changement de production.

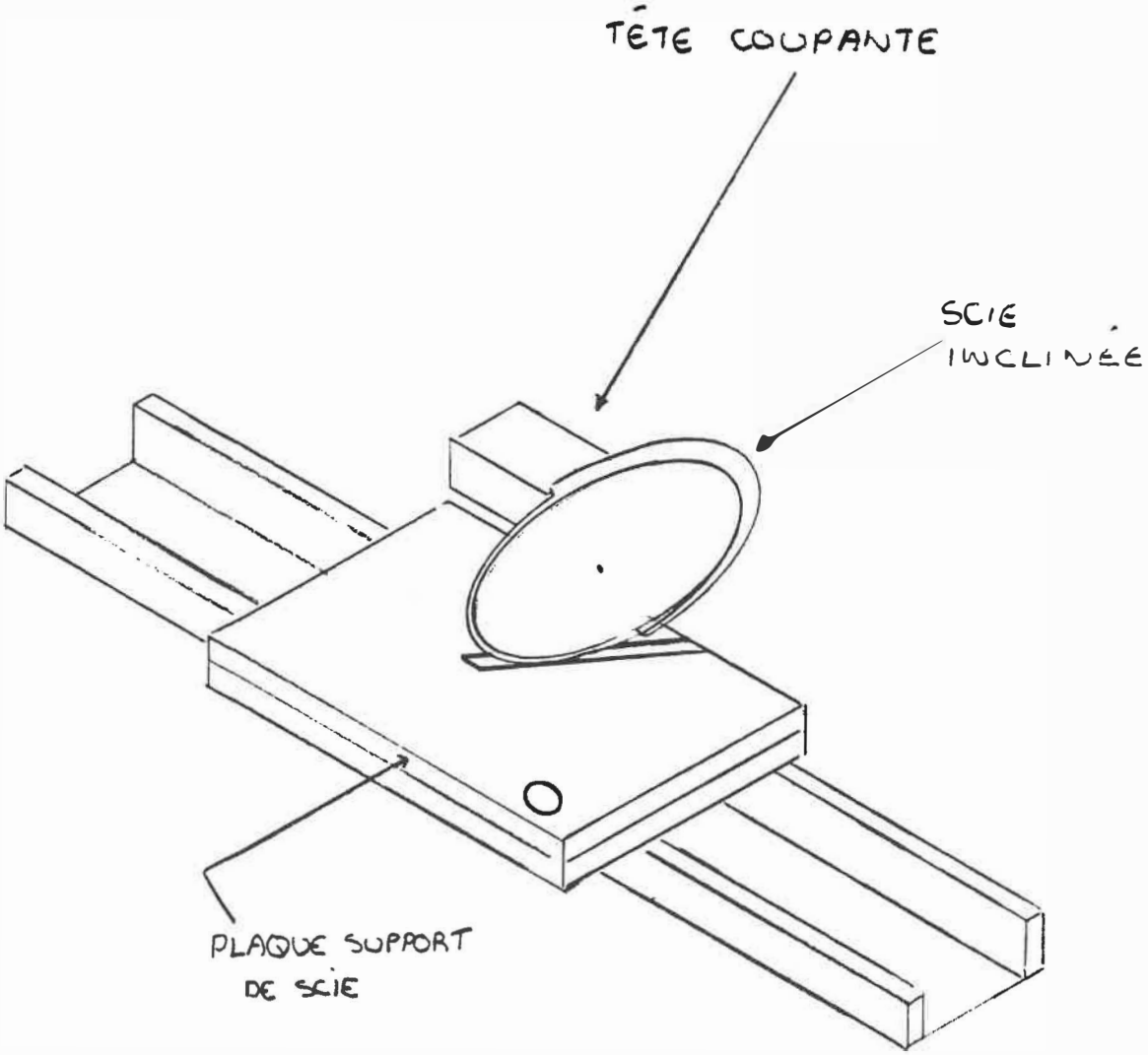


Figure 4.15: Schéma de la scie à angle

Afin de diminuer et d'améliorer les opérations de mise en train de la scie à angle, il est proposé de confier les opérations externes à un autre opérateur, d'utiliser la graduation sur la machine en convertissant les mesures pertinentes selon le système métrique et de diminuer le temps de changement des plaques-supports de scie.

Afin de diminuer le temps de changement des plaques, il serait pertinent de modifier les deux plaques-supports des scies de manière à ce que l'opérateur n'ait pas à dévisser complètement la vis qui retient chaque plaque à la machine. Il s'agit ici de faire un trou de forme semi-ovale délimité par l'extrémité de la plaque et la position finale du boulon sur la plaque. Cette modification permettra de réduire le temps de mise en course de la manière suivante:

TABLEAU 4.13 Description des opérations modifiées de mise en train de la scie à angle

0- OPERATION EXTERNE	
1- Changer les plaques-supports des deux scies	0.50 minute
2- Ajuster l'angle des deux scies	1.00
3- Ajuster la distance entre les deux scies	0.50
TOTAL	2.00 minutes

La modification permet donc une réduction de (8.00-2.00) / 8.00 = 75 % sur les opérations de mise en train de la machine, et ce, à un coût négligeable.

4.2.6 Estimation des coûts requis

Suite à l'étude de la réduction des temps de "setup", on estime à environ 60 000 $ les investissements requis afin de réduire les temps de mise en course d'environ 80 % sur toutes les machines faisant partie du système de fabrication proposé (l'annexe G détaille les coûts requis). Ainsi, ces réductions permettront principalement d'augmenter la flexibilité du système de fabrication en permettant la mise en production de lots plus petits. De plus, cette réduction permettra indirectement d'augmenter la capacité de production du système, les temps de mise en course plus courts ayant pour conséquence d'augmenter le temps de production disponible.

CHAPITRE V

ELABORATION DU SYSTEME DE PLANIFICATION DE LA PRODUCTION

Suite au réaménagement des équipements de fabrication en forme de cellules et à la réduction des temps de mise en train de 80 %, il est maintenant possible de concevoir un système de planification qui sache tirer profit de ces modifications.

Afin d'atteindre cet objectif, ce chapitre se divise en trois parties. La première section décrit le processus de conception qui a permis de donner naissance à un système de planification qui respecte les contraintes imposées par l'environnement à l'intérieur duquel l'entreprise évolue. Par la suite, la deuxième partie traite, dans l'optique du juste à temps, de la méthodologie utilisée afin de vérifier la capacité des équipements et le nombre d'employés requis. Finalement, à la lumière du système de fabrication proposé, la troisième section décrit les modules informatiques nécessaires à l'automatisation du processus.

5.1 Fonctionnement du système de planification proposé

Cette section a pour but de proposer un système de planification qui permette à l'entreprise de produire, avec des délais de fabrication les plus courts possibles, les différentes commandes au fur et à mesure qu'elle sont saisies par le système de gestion des commandes.

Idéalement, le système envisagé devrait être capable de produire dès maintenant, les commandes reçues la veille. Tel que décrite dans le complément théorique (chapitre I), la planification d'un tel système s'établit à partir du plan de production annuel séparé en 12 mois à l'intérieur desquels la planification est réalisé en terme de capacité plutôt qu'en terme de produits spécifiques. Un niveau de production est ainsi fixé à chaque mois pour chaque famille de produits fabriqués par l'entreprise. Au fur et à mesure que les commandes sont saisies, le système déduit de la quantité totale d'unités prévues par famille mensuellement, le nombre d'unités en commande des produits appartenant aux différentes familles.

Etant donnée l'agencement en forme de cellules et la réduction des temps de mise en course, les délais de fabrication sont calculés en accordant à chaque cellule

une journée pour accomplir la partie de la gamme de fabrication dont elle est responsable. Ainsi, une pièce devant passer par deux cellules pour être fabriquée est terminée en deux jours, prête pour l'assemblage. Le calcul du délai total de fabrication des composantes est donc établi à partir de la composante qui possède la gamme de fabrication qui passe par le plus grand nombre de cellules.

Par la suite, une fois toutes les composantes requises fabriquées, les produits sont assemblés à l'intérieur de la cellule d'assemblage en une journée. Le délai total de fabrication des produits s'établit donc en additionnant une journée au temps de fabrication de la composante qui passe par le grand nombre de cellules.

Le fonctionnement d'un système de planification, tel que décrit précédemment, suppose implicitement que les produits appartenant à une même famille soient relativement semblables entre eux, chacun possédant à peu près les mêmes composantes fabriquées de la même manière dans des temps de fabrication relativement semblables.

L'environnement à l'intérieur duquel l'entreprise évolue est tout autre. En effet, la production est

orientée vers de petites séries de meubles exclusifs. Il n'est donc pas possible de procéder par famille de produits. Ceci s'explique par le fait que la raison d'être de l'entreprise est la variété de ses produits. Ainsi, à l'intérieur de chaque classe de produits (table, chaise, buffet et étagère), on constate que considérant le type de matière première utilisée pour faire un modèle, les gammes de fabrication seront différentes. Ainsi, une table laquée est fabriquée sans moulure et à partir de panneaux de fibres alors qu'une table conventionnelle est fabriquée avec moulure et à partir de panneaux de particule et de bois solide. De plus, on constate aussi que le type de pièces constituant un modèle avec un certain fini (laqué ou conventionnel) ne constitue pas nécessairement un autre modèle de fini identique. En effet, la recherche de l'originalité dans chacun des modèles conçus entraîne des variétés au niveau de la forme et du nombre de composantes requises (ex: buffet avec un fond unique versus buffet avec un fond triple).

Dans le même ordre d'idée, on constate aussi un autre type de contrainte. Même si un meuble possède un certain nombre de composantes qui ont la même fonction d'un modèle à l'autre, celles-ci ne peuvent non plus être assemblées de la même manière. La variété des composantes empêche

aussi la standardisation des méthodes d'assemblage. Ainsi par exemple, certains types de moulures de tables ou de buffets sont vissées au dessus alors que d'autres sont fixées à l'aide de tenons et de colle.

Cette variété au niveau des modèles et de leurs composantes a pour conséquence d'accroître considérablement le nombre de mises en course réalisées sur chaque machine. Ainsi, il a été constaté que pour un lot unitaire de 1, chaque minute de travail pour fabriquer un modèle nécessite 8.5 minutes d'ajustement. La réduction de mise en train moyenne de 80 % a cependant permis de diminuer le ratio à 1.7, ceci ayant pour conséquence de diminuer considérablement la grosseur des lots de fabrication de chaque modèle. L'annexe H illustre l'effet de la réduction des temps de mise en course sur la grosseur des lots de fabrication. Essentiellement, on constate que selon l'hypothèse du calcul du lot économique (consommation linéaire en fonction du temps), la durée des lots de fabrication des produits à gros volume de ventes tend à se rapprocher de vingt jours. Cependant, on constate aussi que pour les produits à faible volume de ventes, la réduction de la durée des lots n'est pas suffisante pour dire qu'elle tend vers vingt jours. Il est à noter que dans ce type d'environnement (produits

fabriqués en petite série) le calcul des lots économiques n'est qu'une indication de la grosseur des lots.

Considérant que la raison d'être de l'entreprise est justement la fabrication du meuble "design", il s'agit ici de concevoir un système de planification qui sache tirer avantage au maximum du concept juste à temps tout en respectant les contraintes énumérées précédemment, celles-ci s'opposant aux principes fondamentaux du fonctionnement du juste à temps.

5.1.1 Planification des cellules de machinage et de sablage

On propose comme système de planification l'établissement sur une période d'un mois (20 jours), un cycle de planification permettant de fabriquer les produits les plus vendus. Comme la durée de vie des lots économiques des produits à gros volume de ventes tend vers vingt jours, il apparaît justifié d'entreposer pour cette durée moyenne ces produits entre les cellules de fabrication et la cellule d'assemblage. Ainsi, un cycle de vingt jours s'établira sur ces produits, ceux-ci étant toujours disponibles pour l'assemblage (à condition que les prévisions de ventes soit exactes). Afin que le

lecteur puisse bien saisir le fonctionnement du système proposé, un exemple est décrit.

A partir des lots économiques des produits qui ont une durée de vie proche de vingt jours, les quatre tableaux suivants décrivent la répartition des produits à gros volume de ventes pour une période d'un mois. Ces tableaux permettent d'identifier sur cette période le moment où les différents produits doivent être mis en production. Il s'agit donc de répartir pour chaque classe de produits, le nombre d'heures totales requises pour fabriquer les produits à gros volume à peu près également sur vingt jours. Ainsi, d'une capacité moyenne de vingt et une heures nécessaires quotidiennement pour fabriquer les tables vendues à gros volume, la mise en production des différents produits est répartie sur vingt jours en tentant de respecter le nombre d'heures moyen par jour.

TABLEAU 5.1 Répartition de la fabrication des tables

NO.	QTE A FAB.	TEMPS MENSUEL REQUIS (HEURE)	DUREE DU LOT (JOUR)	MOMENT DU LANCE. (JOUR)	NB. D'HEURES PAR JOUR	QTES LANCEES PAR JOUR	DUREE DU LANCE. (JOUR)
8550	64	20	0.9	0	19.62	64	1
8570	46	71	3.4	1	23.77	15	3
8702	34	43	2.1	4	21.58	17	2
8560	34	20	1.0	6	20.29	34	1
8530	31	61	2.9	7	20.31	10	3
8762	28	71	3.4	10	23.62	9	3
8812	25	45	2.1	13	22.39	12	2
8332	20	26	1.2	15	26.01	20	1
V	82	33	1.6	16	16.57	41	2
M	38	30	1.4	18	14.89	19	2

HEURES MOYENNES
PAR JOUR 21

TABLEAU 5.2 Répartition de la fabrication des chaises

NO.	QTE A FAB.	TEMPS MENSUEL REQUIS (HEURE)	DUREE DU LOT (JOUR)	MOMENT DU LANCE. (JOUR)	NB. D'HEURES PAR JOUR	QTES LANCEES PAR JOUR	DUREE DU LANCE. (JOUR)
8563	596	467	7.8	0	58.39	75	8
8453	390	228	3.8	8	57.05	98	4
8813	192	105	1.8	12	52.74	96	2
8703	180	60	1.0	14	59.84	180	1
8533	146	130	2.2	15	64.99	73	2
8763	123	74	1.2	17	74.01	123	1
8783	119	61	1.0	18	60.69	119	1
8333	104	73	1.2	19	72.66	104	1

HEURES MOYENNES
PAR JOUR 60

TABLEAU 5.3 Répartition de la fabrication des buffets

NO.	QTE A FAB.	TEMPS MENSUEL REQUIS (HEURE)	DUREE DU LOT (JOUR)	MOMENT DU LANCE. (JOUR)	NB. D'HEURES PAR JOUR	QTES LANCEES PAR JOUR	DUREE DU LANCE. (JOUR)
8565	55	78	6.7	0	11.15	8	7
8575	27	34	3.0	7	11.39	9	3
8555	24	26	2.2	10	12.87	12	2
8705	21	21	1.8	12	10.52	11	2
8765	21	45	3.9	14	11.22	5	4
8815	20	28	2.4	18	13.88	10	2

HEURES MOYENNES
PAR JOUR 12

TABLEAU 5.4 Répartition de la fabrication des étagères

NO.	QTE A FAB.	TEMPS MENSUEL REQUIS (HEURE)	DUREE DU LOT (JOUR)	MOMENT DU LANCE. (JOUR)	NB. D'HEURES PAR JOUR	QTES LANCEES PAR JOUR	DUREE DU LANCE. (JOUR)
8566	26	46	5.0	0	9.11	5	5
8766	19	35	3.9	5	8.80	5	4
8556	14	29	3.2	9	9.63	5	3
8536	13	30	3.4	12	10.12	4	3
8706	11	15	1.6	15	7.30	6	2
8816	10	17	1.9	17	8.51	5	2
8726	9	9	1.0	19	8.76	9	1

HEURES MOYENNES
PAR JOUR 9

Il est important de mentionner que dans des cas comme celui de la chaise 8563, le lot de 596 chaises correspondant à une demande de vingt jours est séparé en huit journées de 75 unités fabriquées par jour. Dans un cas semblable, la fabrication des lots est répartie sur plusieurs jours de manière à conserver la flexibilité du système. En effet, il est hors de question de surcharger le système avec la fabrication d'un seul modèle. Comme cet exemple s'étend sur la planification de cinq jours de fabrication, le tableau 5.5 représente, sur une dimension temporelle, les moments de mise en production des lots devant être fabriqués entre les journées 6 à 10 inclusivement.

TABLEAU 5.5 Quantités des produits à haut volume fabriqués

MODELE	TEMPS DE FAB. (MIN)	PERIODE				
		6	7	8	9	10
8560	36.14		34			
8702	75.81	17				
8530	119.03			10	10	10
8453	98.0				98	98
8563-4	75.0	75	75	75		
8575	75.2			9	9	9
8565	85.74	8	8			
8766	111.88	5	5	5	5	
8556	123.85					5
TEMPS REQUIS (HEURES)		99.9	98.6	98.9	97.6	98.4

Une fois la production des produits à gros volume répartie sur vingt jours de manière à ce que la quantité de travail soit à peu près égale chaque jour (environ 100 heures), il s'agit maintenant de prévoir à l'intérieur de chaque jour du cycle mensuel, de la capacité afin de pouvoir fabriquer les produits les moins vendus. Comme on doit respecter le plan de production annuel qui détermine le nombre d'employés requis, une portion de la journée de travail doit être accordée à la fabrication des modèles à faible volume de ventes. Pour ce faire, il est proposé d'accumuler pendant cinq jours un carnet de commande des produits les moins vendus de manière à pouvoir les regrouper et les fabriquer la semaine suivante en même temps que les produits à haut volume planifiés précédemment. Principalement, cette méthode permettra de fabriquer des lots de produits égals à la demande avec des lots de fabrication de produits à gros volume. En effet, comme on ne peut fabriquer tous les produits en quantité égale à la demande, même pour une période de cinq jours, cette méthode permettra d'amoindrir l'effet de grosseur de lot sur le nombre de mises en course dans une journée. Comme on doit respecter le plan de production et maintenir un niveau de main d'oeuvre à peu près constant entre les différentes journées, un nivellement des modèles à faible volume est requis. Le tableau 5.6 illustre la quantité de

modèles devant être fabriqués pendant les journées 6 à 10 pour respecter le même niveau de main d'oeuvre chaque jour. A l'examen de ce tableau, on constate que les modèles en commande accumulés durant les jours 1 à 5 inclusivement ont été répartis sur les journées de production 6 à 10 à peu près également, chaque journée ayant un contenu de travail d'environ 52 heures.

Suite à l'établissement de l'horaire des modèles à faible volume, le tableau 5.7 représente l'horaire de production consolidé des modèles à fabriquer durant la période allant du jour 6 au jour 10. On peut donc constater que le processus décrit précédemment permet de niveler la production des cellules de fabrication (nos 1 à 5) de manière à obtenir un contenu de travail moyen par jour de 151 heures.

TABLEAU 5.6 Horaire de fabrication des modèles à faible volume de vente

MODELE	QTE A FAB.	TEMPS REQUIS (HEURE)	TEMPS CUMUL. (HEURE)
HORAIRE JOUR 6			
5085	1	1.3	1.3
5086	1	1.1	2.3
5705	7	10.0	12.3
5752	4	5.0	17.3
5753	22	19.9	37.2
5772	1	1.2	38.4
5776	1	2.3	40.7
5791	4	6.8	47.5
5812	3	4.2	51.7
8720	2	0.6	52.3
HORAIRE JOUR 7			
5813	16	10.5	10.5
5815	4	6.8	17.4
8463	4	2.8	20.2
8535	2	4.5	24.7
8613	4	2.9	27.6
8725	7	6.5	34.1
8752	1	1.3	35.4
8755	1	1.8	37.3
8776	3	3.4	40.6
8782	5	9.8	50.5
HORAIRE JOUR 8			
8785	5	5.5	5.5
8802	8	12.9	18.4
8803	56	31.0	49.4
8805	2	3.4	52.9
8806	2	3.3	56.1
HORAIRE JOUR 9			
8823	47	26.0	26.0
8832	1	1.2	27.3
8842	15	14.8	42.1
8845	9	8.0	50.1
8842	4	4.4	54.5
HORAIRE JOUR10			
8843	94	52.1	52.1

Tableau 5.7 Horaire de production consolidé des jours 6à10

MODELE	TEMPS DE FAB. (MIN)	PERIODE 6	7	8	9	10
8720	19.3	2				
8560	36.1		34			
8702	75.8	17				
8842	59.2				15	
8782	117.8		5			
5772	71.7	1				
8832	73.2				1	
5752	74.9	4				
8752	79.3		1			
5812	84.9	3				
8802	96.7			8		
5791	101.5	4				
8530	119.0			10	10	10
8803	33.2			56		
8823	33.2				47	
8843	33.2					94
8453	35.1				98	98
5813	39.5		16			
8463	42.6		4			
8613	43.9		4			
8563	47.0	75	75	75		
5753	54.2	22				
8845	53.4				9	
8725	55.6		7			
8785	66.1			5		
8575	75.1			9	9	9
5085	75.7	1				
5705	85.5	7				
8565	85.7	8	8			
5815	102.4		4			
8805	102.4			2		
8755	110.2		1			
8535	134.2		2			
5086	64.1	1				
8846	66.4				4	
8776	67.5		3			
8806	97.8			2		
8766	111.8	5	5	5	5	
8556	123.8					5
5776	136.6	1				
TEMPS REQUIS (HEURES)		152.3	148.9	155.0	152.0	150.5

5.1.2 Planification de la cellule d'assemblage

En considérant un délai de fabrication de cinq jours, les composantes fabriquées au jour 6 sont donc prêtes à être assemblées au début du jour 11. Tout comme pour la fabrication des composantes à l'intérieur des cellules 1 à 5, le nivellement journalier de capacité de la cellule d'assemblage no 6 est requis. Ainsi, il s'agit de niveler par type de produit, le nombre d'heures quotidiennement utilisées de manière à ce que celui-ci soit à peu près identique pour chaque journée et pour chaque classe de produits. Les tableaux 5.8 à 5.11 présentent un exemple d'horaire d'assemblage des journées 11 à 15 inclusivement, constitué à partir des composantes fabriquées durant les journées 6 à 10 pour les produits à faible volume de vente, et maintenus en stock pour les produits à volume de ventes élevé.

TABLEAU 5.8 Horaire d'assemblage des tables

TABLES	TEMPS D'ASS. (MINUTE)	DATE DE DISP.	QUANTITES A ASSEMBLER	TEMPS REQUIS (HEURE)	TEMPS CUMUL. (HEURE)
HORAIRE JOUR 11					
8570	23	STOCKS	14	5.4	5.4
8702	17	STOCKS	5	1.5	6.8
8560	9	STOCKS	2	0.3	7.1
HORAIRE JOUR 12					
8762	11	STOCKS	11	2.0	2.0
8812	26	STOCKS	10	4.3	6.4
8530	17	STOCKS	3	0.9	7.2
HORAIRE JOUR 13					
5752	32	JOUR 11	4	2.1	2.1
5812	25	JOUR 11	3	1.3	3.4
8802	28	JOUR 13	8	3.7	7.1
5772	20	JOUR 11	1	0.3	7.4
8720	11	JOUR 11	2	0.3	7.8
HORAIRE JOUR 14					
8550	8	STOCKS	12	1.6	1.6
8752	23	JOUR 12	1	0.4	2.0
8782	56	JOUR 12	5	4.6	6.6
8832	32	JOUR 14	1	0.5	7.2
HORAIRE JOUR 15					
5791	45	JOUR 11	4	3.0	3.0
8842	18	JOUR 14	15	4.4	7.4

Il est important de souligner que l'horaire est organisé en fonction des dates de disponibilités des lots de fabrication. Ainsi, l'horaire d'assemblage des tables journée 11 et 12 est constitué à partir de modèles en stock alors que l'horaire de la journée 13 est constitué à parti de modèles dont la fabrication est achevée depuis la veille seulement.

TABLEAU 5.9 Horaire d'assemblage des chaises

CHAISES	TEMPS D'ASS. (MINUTE)	DATE DE DISP.	QUANTITES A ASSEMBLER	TEMPS REQUIS (HEURE)	TEMPS CUMUL. (HEURE)
HORAIRE JOUR 11					
8563	7	STOCKS	101	10.9	10.9
8703	5	STOCKS	42	3.0	13.9
HORAIRE JOUR 12					
8453	5	STOCKS	68	4.8	4.8
8813	10	STOCKS	48	7.4	12.2
5753	7	STOCKS	22	2.3	14.5
HORAIRE JOUR 13					
8803	9	JOUR 13	56	8.4	8.4
8463	4	JOUR 12	4	0.3	8.6
8613	8	JOUR 12	4	0.6	9.2
8783	5	STOCKS	34	2.8	12.0
5813	10	JOUR 12	16	2.5	14.5
HORAIRE JOUR 14					
8333	4	STOCKS	23	1.6	1.6
8823	8	JOUR 14	47	6.6	8.2
8763	5	STOCKS	71	5.6	13.8
HORAIRE JOUR 15					
8843	9	JOUR 15	94	13.3	13.3
8533	7	STOCKS	14	1.6	14.9

TABLEAU 5.10 Horaire d'assemblage des buffets

BUFFETS	TEMPS D'ASS. (MINUTE)	DATE DE DISP.	QUANTITES A ASSEMBLER	TEMPS REQUIS (HEURE)	TEMPS CUMUL. (HEURE)
HORAIRE JOUR 11					
8565	17	STOCKS	8	2.3	2.3
8575	18	STOCKS	5	1.5	3.8
5085	14	JOUR 11	1	0.2	4.1
HORAIRE JOUR 12					
8555	18	STOCKS	6	1.8	1.8
8705	16	STOCKS	9	2.4	4.2
8755	21	JOUR 12	1	0.3	4.5
HORAIRE JOUR 13					
8765	21	STOCKS	10	3.5	3.5
8805	14	JOUR 13	2	0.5	4.0
HORAIRE JOUR 14					
8815	17	STOCKS	7	2.0	2.0
5705	11	JOUR 11	7	1.3	3.3
8535	13	JOUR 12	2	0.5	3.8
5815	12	JOUR 12	4	0.8	4.6
HORAIRE JOUR 15					
8725	14	JOUR 12	7	1.7	1.7
8785	15	JOUR 13	5	1.2	2.9
8845	12	JOUR 14	9	1.8	4.7

TABLEAU 5.11 Horaire d'assemblage des étagères

ETAGERE	TEMPS D'ASS. (MINUTE)	DATE DE DISP.	QUANTITES A ASSEMBLER	TEMPS REQUIS (HEURE)	TEMPS CUMUL. (HEURE)
HORAIRE JOUR 11					
8566	28	STOCKS	1	0.5	0.5
8536	14	STOCKS	2	0.5	0.9
8706	11	STOCKS	3	0.5	1.5
5086	12	JOUR 11	1	0.2	1.7
HORAIRE JOUR 12					
8816	12	STOCKS	3	0.6	0.6
8726	10	STOCKS	2	0.4	0.9
8776	13	JOUR 12	3	0.7	1.6
HORAIRE JOUR 13					
8766	23	STOCKS	4	1.5	1.5
HORAIRE JOUR 14					
8766	23	STOCKS	4	1.5	1.5
HORAIRE JOUR 15					
8806	9	JOUR 13	2	0.3	0.3
8846	14	JOUR 14	4	0.9	0.9
5776	12	JOUR 11	1	0.2	1.4

5.1.3 Planification du prochain cycle

A la fin de chaque cycle, le planificateur devra, à partir des prévisions de vente du mois suivant, réévaluer la grosseur des lots à fabriquer, compte tenu des quantités restantes en inventaire. De plus, le planificateur devra aussi réévaluer l'ordre de fabrication des différents produits en stock. En effet, la consommation des produits ne se faisant pas à un rythme homogène, il est nécessaire de réévaluer l'ordre de

fabrication de manière à tenir compte de ces vitesses de consommation.

Pour ce faire, il est proposé de procéder comme suit. Premièrement, à partir des quantités restantes en inventaires prévues, il faut déduire les quantités réelles restantes de manière à évaluer à quelle vitesse les produits ont été consommés. Ainsi, si la différence est positive, c'est que la consommation a été plus lente que prévue, le planificateur doit donc soustraire de la prévision la différence. Si au contraire, la différence est négative, c'est que la consommation a été plus rapide que prévue, pour remédier à la situation le planificateur doit ajouter la différence de façon à prévenir un manque. Cette façon de procéder permet donc d'ajuster continuellement à chaque début de cycle les inventaires de manière à exercer un contrôle sur ceux-ci. Deuxièmement, afin d'éviter une pénurie due à une consommation trop rapide par rapport à l'ordre de la séquence de fabrication de tous les produits, le planificateur devra ordonner l'ordre de planification des produits en fonction du ratio: "quantité en inventaire / prévision de vente". Ainsi, les modèles dont le ratio est le plus petit devront être fabriqués en premier lieu dans le nouveau cycle,

alors que les modèles dont le ratio est le plus grand devront être fabriqués par la suite.

5.1.4 Constatation suite à la proposition du système

Donc, en fabriquant les produits à gros volume en lot égal à vingt jours de consommation et en diluant à l'intérieur du cycle les produits à faible volume de ventes en lots équivalent à la demande de cinq jours, on obtient un délai de livraison qui se détaille de la manière suivante:

1 semaine de commandes sur les produits à faible volume
2 semaines de fabrication et d'assemblage
1 semaine de finition et d'emballage

Environ un mois de délai de livraison

On constate donc un délai de livraison d'environ un mois. De plus, on constate que la solution proposée permet d'obtenir un système de fabrication relativement flexible compte tenu des importantes contraintes limitatives décrites en début de chapitre. En effet, étant donné la très grande variété de modèles et de leur constituants, il est impossible d'élaborer une séquence de fabrication moyenne comme le veut la théorie. De plus, l'importance des temps de mise en train (même réduits de 80 %) ne

permettent pas de fabriquer des lots correspondants à la demande quotidienne.

Pour ces raisons, le système proposé permet d'obtenir un compromis entre le système de fabrication traditionnel et le système de fabrication juste à temps. Il est aussi très important de souligner que la solution suggérée constitue le début d'une démarche d'amélioration à l'intérieur de laquelle l'entreprise devra poursuivre comme but l'atteinte des objectifs théoriques mentionnés au début de ce chapitre. Afin de faciliter l'amorce de cette démarche, les améliorations suivantes ont été formulées. Premièrement, il faudra concevoir les différents modèles de manière à limiter et à standardiser les méthodes de fabrication et d'assemblage de ceux-ci. Deuxièmement, il faudra standardiser les pièces constituant les différents produits selon certains critères pré-établis de façon à limiter la forme variée des composantes ayant les mêmes fonctions. Il ne faut cependant pas oublier que la raison première de l'existence de l'entreprise est la fabrication de meuble "design" avec toutes les implications que cela comporte. Troisièmement, il faudrait réduire davantage tous les temps de mise en train de manière à permettre des lots de fabrication correspondant à la demande d'une journée.

La réalisation de ces améliorations permettra de simplifier le système de planification et de fabrication et d'atteindre les objectifs visés par le J.A.T. , c'est à dire une planification en terme de capacité à fabriquer les types de produits (tables, chaises, etc) plutôt qu'en terme de modèles spécifiques, des lots de fabrication correspondant à la demande, et finalement des stocks de composantes correspondant à une journée d'assemblage.

5.2 Méthodologie de balancement des cellules de fabrication

Le but de cette section est de montrer une méthodologie permettant de vérifier si le système de fabrication possède la capacité suffisante afin de respecter l'horaire de production de cinq journées établi de façon hebdomadaire. A partir du tableau 5.7 qui représente le deuxième horaire de fabrication du cycle de vingt jours, il s'agit de vérifier, premièrement, si les cellules de fabrication possèdent les ressources physiques nécessaires, et deuxièmement, de déterminer la quantité de main-d'oeuvre requise à la réalisation de l'horaire de production. Cette vérification hebdomadaire sera évaluée sur une base quotidienne pour chaque cellule. Ainsi, le

planificateur, vers la fin de chaque semaine, devra vérifier pour les cinq jours à venir si le système de fabrication peut respecter les délais d'une journée imposés à chaque cellule de fabrication.

5.2.1 Méthodologie de balancement des cellules de machinage

Afin de démontrer la méthodologie à appliquer, un exemple de balancement de cellule est réalisé pour les produits devant être fabriqués dans la cellule no 2 le jour 6.

A partir d'une base de données contenant toutes les gammes de fabrication séparées par cellules, les séquences de fabrication des composantes à fabriquer par cellule le jour 6, sont extraites. Comme la variété de pièces est trop grande pour que chaque pièce soit traitée sur chaque machine d'une cellule, les composantes doivent être triées par séquence similaire à l'intérieur d'une même cellule, et ensuite constituées en lots de pièces possédant la même séquence de fabrication, mais n'étant pas nécessairement semblables. Par la suite, pour chaque cellule, les séquences représentatives des différents lots sont regroupées à l'intérieur du tableau 5.12 qui exprime, pour

la cellule no 2, les différents lots à fabriquer en fonction des machines appartenant à la cellule.

TABLEAU 5.12 Horaire de fabrication de la cellule 2 jour 6

MACHINES NOS:

	QTE	150	152 153	154 155	151	156	157 158	154	203	205	S	218
LOT 1	16		167			62			67			
LOT 2	6		7				31	32				
LOT 3	30			143		81			148			
LOT 4	6			13		5			9		2	
LOT 5	1			7		6			10		5	30
LOT 6	3			38		32			32			85
LOT 7	6			18		12					9	
LOT 8	4			29			23	8				
LOT 9	1			2			4	4	5			
LOT 10	2	116			177	51				95		
LOT 11	3			22	86	34					14	
LOT 12	2		6				3		4			
LOT 13	2		1				4	21			9	
LOT 14	1		4			34	7			67		
LOT 15	12		96			38			44		24	
LOT 16	2		54			30			29			91
LOT 17	5		22			7					5	
LOT 18	5		169			39						
LOT 19	1		12			6						29
TEMPS TOTAL (MINUTES) :		116	537	273	262	436	71	65	346	161	67	234
NB. OPERAT:		.24	.56	.57	.55	.91	.15	.14	.72	.34	.14	.49

REPARTITION DE LA MAIN-D'OEUVRE:

1 OPERATEUR MACHINE 156
1 OPERATEUR MACHINE 150 151
2 OPERATEURS MACHINE 152-153 303 218 154(2)
1 OPERATEUR MACHINE 154-155 205
1 OPERATEUR MACHINE 203 157

6 OPERATEURS REQUIS

En plus d'identifier le temps de réalisation des lots sur chaque machine, le tableau identifie la quantité de

composantes différentes comprises dans chaque lot. De plus, le tableau identifie aussi le taux d'occupation de chaque machine. Ainsi, le lecteur remarquera que la machine la plus sollicitée est la machine 156, qui est utilisée par 0.91 opérateur.

L'établissement d'un tableau comme le précédent permet donc d'établir pour chaque cellule la capacité requise des équipements. De plus, il est possible de déterminer le nombre d'employés nécessaires dans la cellule afin de réaliser la production désirée. Ainsi, tel que mentionné au tableau 5.12, six opérateurs sont requis. Cependant, le tableau, sous sa forme actuelle, ne permet pas de déterminer si l'horaire du jour est réalisable. En effet, un mauvais ordonnancement des lots aurait pour conséquence de rendre innoccupées, dépendamment de leur position, les machines critiques et d'empêcher la réalisation de l'horaire de production dans les délais prévus.

Afin d'éviter que ce genre de problèmes ne surviennent, la méthodologie suivante permet de classer les lots de manière à ce que ceux qui requièrent la capacité des machines critiques soient manufacturés en premier. Par la suite, les lots nécessitant une capacité

inférieure sur d'autres machines pourront être réalisés. La méthodologie s'établit comme suit:

1- Regrouper les différents lots selon la machine ayant la capacité la plus critique
2- A l'intérieur du groupe formé, regrouper selon la deuxième machine la plus critique
3- Répéter l'étape 2 jusqu'à ce que tous les lots du groupe formé soient classés par ordre critique
4- Recommencer les étapes 1 à 3 sur les lots restants jusqu'à ce que tous les lots soient ordonnés
5- Vérifier la faisabilité de la séquence proposée en fonction de la disponibilité de chaque machine

Afin que le lecteur puisse bien comprendre la méthodologie, le tableau 5.13 illustre le résultat obtenu.

On constate qu'à l'intérieur du groupe formé par les lots utilisant la machine la plus critique, c'est à dire la machine 156, les lots sont ordonnés en fonction des autres machines critiques appartenant à ce groupe. Ainsi, trois sous-groupes sont identifiés à l'intérieur desquels les différents lots sont ordonnés selon les machines critiques appartenant à ces sous-groupes. Les lots restants non encore classés sont ensuite ordonnés en

fonction des autres machines critiques. Ainsi, on constate que trois groupes sont formés à partir des autres machines critiques.

TABLEAU 5.13 Ordre de fabrication des lots fabriqués

	QTE	150	152 153	154 155	151	156	157 158	154	203	205	303	218
LOT 16	2		27			30			29			91
LOT 15	12		48			38			44		24	
LOT 1	16		84			62			67			
LOT 19	1		6			6						29
LOT 14	1		2			34	7			14		
LOT 17	5		11			7					5	
LOT 18	5		85			39						
LOT 5	1			7		6			10		5	30
LOT 6	3			38		32			32			85
LOT 4	6			13		5			9		2	
LOT 3	30			143		81			148			
LOT 11	3			22	86	34					14	
LOT 7	6			18		12					9	
LOT 10	2	116			177	51				10		
LOT 9	1			2			4	4	5			
LOT 12	2		3				3		4			
LOT 8	4			29			23	8				
LOT 13	2		1				4	21			9	
LOT 2	6		4				31	32				
NB. OPERAT.		.24	.56	.57	.55	.91	.15	.14	.72	.34	.14	.49

Il est aussi important de souligner que les temps d'utilisation des machines (152-153) ont été divisés par deux. Comme deux employés opéreront les machines, il est

donc justifié de diviser les temps par deux de manière à refléter la réalité, en supposant que le temps de fabrication sur chaque machine est à peu près égal.

Une fois que la séquence de fabrication des lots est obtenue, il s'agit maintenant de vérifier la faisabilité de cette séquence (étape 5). Premièrement, dépendamment de la position des machines les plus critiques, on doit s'assurer que celles-ci commencent à travailler le plus tôt possible dans la journée. En effet, si les machines critiques sont positionnées en début de séquence, celles-ci seront opérationnelles dès le début de la journée, peu importe le résultat de la méthodologie d'ordonnancement. Par contre, si les machines critiques sont positionnées au milieu ou à la fin des séquences, celles-ci ne seront pas occupées dès le début de la journée. Ainsi, afin d'éviter que la machine 156 ne soit en attente de 27 minutes de pièces fabriquées par les machines 152 et 153, ou en attente de sept minutes de pièces fabriquées par les machines 154 et 155, il est proposé de réaliser en premier sur les machines 152 et 153 le lot 14, permettant d'occuper la machine 156 seulement quatre minutes après le début de la journée, et ce, pour 34 minutes, de manière à laisser le temps aux lots fabriqués par les autres machines d'arriver jusqu'à la machine 156.

Suite à l'analyse des résultats obtenus par la méthodologie proposée, il s'agit maintenant, à l'aide d'un algorithme paru dans la littérature (7) permettant de calculer le temps total de réalisation des lots planifiés, de valider l'ordre de fabrication proposé des lots. A l'aide de l'horaire de fabrication de la cellule no 2, l'algorithme s'applique de la façon suivante. Premièrement, constituer une matrice vide des lots à fabriquer en fonction des machines. Deuxièmement, à l'aide de la séquence de fabrication de chaque lot, additionner les temps de fabrication en fonction des machines requises pour chaque lot, de manière à déterminer à quel moment la fabrication des lots se termine sur les premières machines. A l'aide du tableau 5.14 constituant la matrice finale, on peut voir que le lot 14, qui requiert 2 minutes de travail, est terminé deux minutes après le début de la journée. De même, le lot 16, qui est le deuxième lot planifié, requiert 27 minutes, d'où sa fabrication qui se termine 29 minutes après le début de la journée. En procédant ainsi, on obtient sur les machines n'ayant aucune contrainte de précédence, le temps de disponibilité des lots après la première opération. Troisièmement, en procédant systèmatiquement par machine requise pour les opérations en aval, il s'agit d'identifier sur les

machines situés en amont de la colonne étudiée, (selon les contraintes de précédence des séquences de fabrication), quel est le premier lot pouvant être travaillé sur la machine. Pour ce faire, un examen des temps de fabrication totaux par lot des machines en amont des séquences permet d'identifier quel lot est disponible le plus rapidement. Ainsi, un examen des colonnes (152-153), (154-155) et 151 permet d'identifier que le lot 14 est celui qui est disponible le plus tôt, d'où sa réalisation en premier sur la machine 156 en un temps de 34 minutes. Donc, 36 minutes après le début de la journée, la machine 156 est disponible pour le travail sur d'autres lots. Ensuite, le choix du lot 5, qui représente le lot disponible depuis le plus de temps après la réalisation du lot 14, est réalisé en six minutes. Ceci permet de déterminer que la machine 156 sera de nouveau disponible 42 minutes après le début de la journée.

En procédant ainsi pour tous les autres lots et les autres machines, on est à même de déterminer si l'ordonnancement des lots de fabrication permet de respecter le délai d'une journée . Ainsi, à l'examen des dernières machines appartenant aux différentes séquences de fabrication, on constate que le lot 11 sera le dernier

lot fabriqué, celui-ci étant complètement terminé 467 minutes après le début de la journée.

TABLEAU 5.14 Matrice des temps totaux de fabrication par machine et par lot

	150	152 153	154 155	151	156	157 158	154	203	205	303	218
LOT 14		2			36	43			57		
LOT 16		29			72			101			192
LOT 15		77			147			191		215	
LOT 1		161			223			290			
LOT 19		167			229						306
LOT 17		178			317					322	
LOT 18		263			356						
LOT 5			7		42			52		57	87
LOT 6			45		104			136			277
LOT 4			58		109			145		147	
LOT 3			201		310						
LOT 11			223	379	453					467	
LOT 7			241		368					377	
LOT 10	116			293	419				429		
LOT 9			243			247	251	295			
LOT 12		266				269		299			
LOT 8			272			325	342				
LOT 13		267				271	292			301	
LOT 2		271				302	334				

La méthodologie précédente permet donc de déterminer la capacité de production requise en plus du nombre d'employés nécessaires à la réalisation des horaires de production de chaque cellule.

5.2.2 Méthodologie de balancement des postes annexes

Afin de déterminer le nombre d'employés requis à la vérification des composantes ainsi qu'au sablage et au remplissage des champs, il est proposé de calculer la capacité requise à l'aide des temps de réalisation de ces opérations. Ainsi, à l'aide d'une base de données contenant tous les temps requis pour réaliser ces opérations de vérification, de sablage et de remplissage des champs, on extrait les temps pertinents. Une addition de ces temps pertinents permet de déterminer le nombre d'employés requis. Le tableau 5.15 exprime les résultats obtenus.

TABLEAU 5.15 Main d'oeuvre requise pour les opérations de vérification et de remplissage et de sablage des champs

	Temps (heure)	nb d'opérateurs
Vérification des composantes	15.86	2 opérateurs
Remplissage des champs	1.32	1 opérateur
Sablage des champs	5.86	

5.2.3 Méthodes de balancement de la cellule d'assemblage

On procède de la même façon que le balancement des postes annexes lors de celui de la cellule d'assemblage. Ainsi, à partir de la base de données de tous les temps

d'assemblage des produits, on extrait les temps d'assemblage de l'horaire du jour. La somme de ces temps permet de déterminer le niveau de main-d'oeuvre requis par type de produits. Les résultats obtenus sont représentés dans le tableau suivant.

TABLEAU 5.16 Niveau de main-d'oeuvre pour assembler les produits prévus au jour 11.

	Temps (heure)	Nb. d'opérateurs
Assemblage de tables	7.05	1 opérateur
Assemblage de chaises	13.92	2 opérateurs
Vérification de chaises	8.34	1 opérateur
Assemblage de buffets	4.30	
Assemblage de tiroirs	0.38	
Assemblage d'étagères	1.66	
Assemblage de bases	0.87	
Pré-assemblage de bases	0.00	
Total	7.20	1 opérateur
Pré-assemblage de dossiers	3.37	
Vérification de tables	3.33	
Total	6.70	1 opérateur
Vérification d'étagères	0.59	
Vérification de bases	1.30	
Vérification de buffets	1.87	
Total	3.75	1 opérateur

Sept opérateurs sont donc requis. Il est à noter que le septième sera utilisé afin de compléter le manque de main-d'oeuvre au poste de vérification. Par la suite,

celui-ci aura pour tâche d'approvisionner en composantes les différents postes d'assemblage.

5.2.4 Comparaison du système proposé au système actuel

Une fois la capacité de production vérifiée, et le nombre d'employés calculé, il est possible de comparer le système actuel au système proposé. Le tableau 5.17 permet donc de comparer les deux systèmes.

TABLEAU 5.17 Situation proposée vs situation actuelle

Situation proposée	Personnel requis
Cellule no 1	4
Cellule no 2	6
Cellule no 3	3
Cellule no 4	5
Cellule no 5	3
Cellule no 6	7
Vérification	2
Remplissage des champs	1
Sablage des champs	
Sous-total	31
Manutention	6
Total	37
Situation actuelle	42

(voir l'annexe I pour le détail du nombre d'opérateurs requis par cellule)

On constate donc que malgré l'ajout d'un homme à l'intérieur de chaque cellule afin de faciliter la

manutention des composantes et la préparation des mises en courses externes, on obtient un gain de cinq personnes.

Essentiellement, ce gain de personnel est justifié d'abord par la mise en production de lots plus petits dûs à la réduction des temps de mise en course de 80 %. Ensuite, le réaménagement sous forme de cellules et le haut degré de planification permettra d'améliorer la répartition et la quantité de main-d'oeuvre requise. Puis, la modification des méthodes d'assemblage permet aussi un gain de personnel.

De plus, la mise en place du nouveau système de fabrication permettra un gain d'opportunité dû à une baisse du niveau d'inventaire d'environ 39 500 $. Ainsi, la réduction des temps de mise en train combinée à la mise en production de lots plus petits permettront de diminuer les inventaires de produits en cours de 12 000 $, et les inventaires de composantes en tablettes de 27 500 $. L'annexe J détaille les calculs justifiant ces gains.

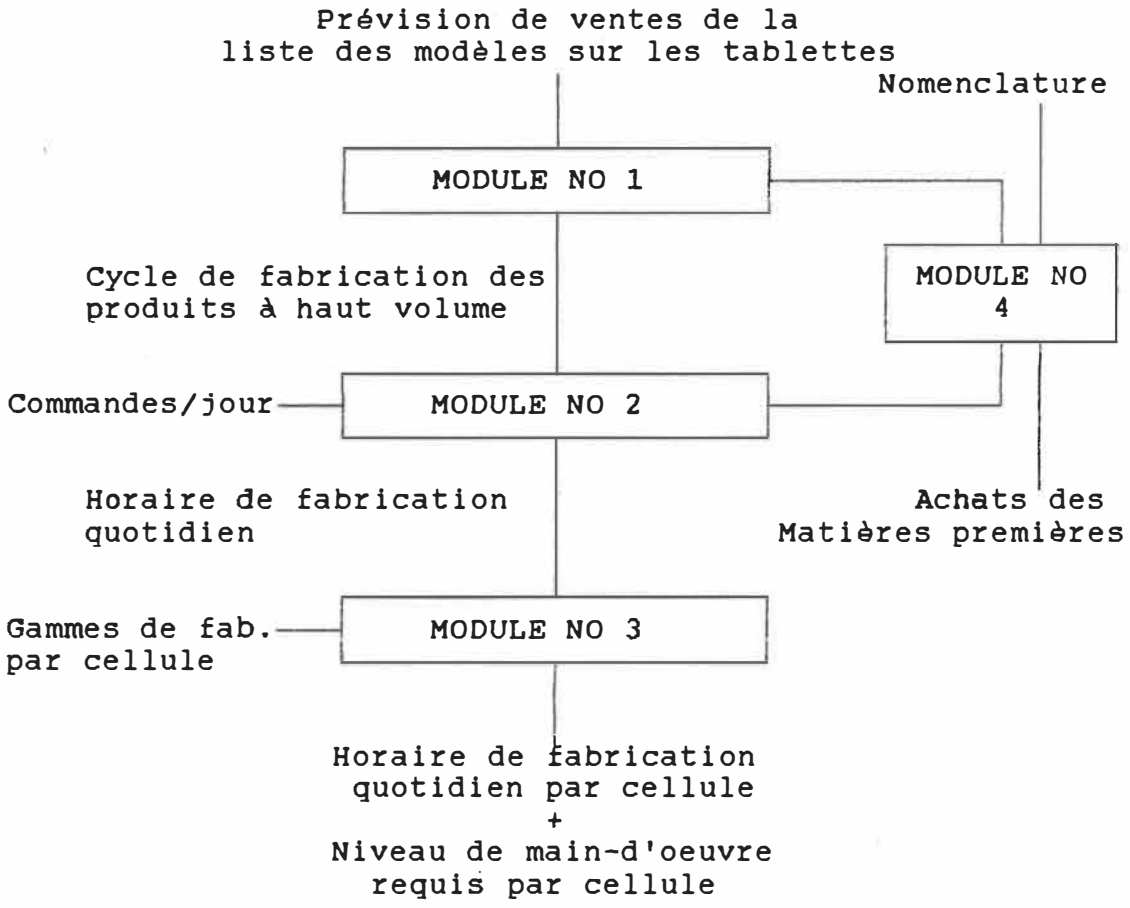
Finalement, le nouveau fonctionnement permettra d'augmenter la capacité de production du système en dollars de vente d'environ 20 %. Ainsi, une comparaison sur une base mensuelle des deux systèmes, en supposant un

mélange de produits fabriqués égal, a permis de constater une augmentation de capacité mesuré en dollars de vente de 20 %. Cependant, cette augmentation de capacité est fonction des mélanges de produits fabriqués durant une même journée. En effet, les produits conventionnels requièrent un temps-machine beaucoup plus long que les produits laqués, d'où une variation de l'augmentation de capacité journalière en fonction du "mix" de produits.

5.3 Description du système informatique requis

Afin de permettre l'application du système de planification proposé, le support d'un système informatique est requis. Ainsi, à partir de la description du fonctionnement du système de planification expliqué dans les sections nos 1 et 2, quatre modules de gestion sont requis. Le schéma suivant décrit les relations existant entre les différents modules.

Schéma des relations inter-modulaires du système informatique proposé:

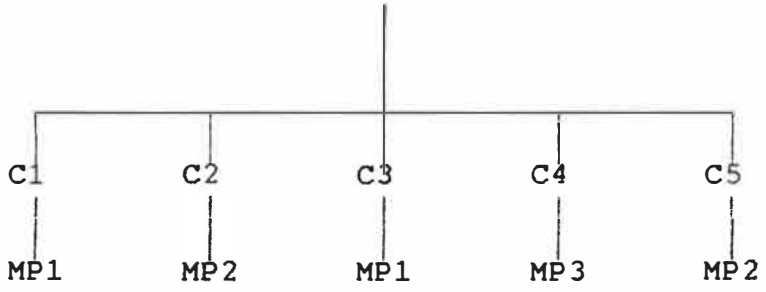


Le premier module établit une fois par vingt jours le cycle de fabrication des produits à haut volume de vente à partir des prévisions de ventes des modèles entreposés sur les tablettes. Par la suite, à l'aide du résultat du premier module, le second module établit, à partir des commandes journalières accumulées durant une période de cinq jours, l'horaire de fabrication consolidé de façon hebdomadaire. A l'aide de celui-ci, le troisième module évalue quotidiennement les horaires de fabrication des différentes cellules à partir des gammes de fabrication des composantes par cellule jusqu'à l'assemblage inclusivement. De plus, ce module calcule le niveau de personnel requis à l'intérieur de chaque cellule.

Afin de faciliter la gestion des achats, un quatrième module (de type MRP) est en interaction avec les deux premiers. Ainsi, une fois le cycle de fabrication des produits à gros volume de ventes planifié, le quatrième module, à l'aide des nomenclatures à double niveau, établira la quantité de matières premières requises ainsi que les quantités de composantes nécessaires à la détermination des nouveaux niveaux de stock de matière première et de composantes. De la même manière, lorsque l'horaire de fabrication consolidé sera terminé, le quatrième module établira, à l'aide des nomenclatures, la

quantité de matière première requise à la fabrication des nouveaux produits planifiés et déterminera ainsi le niveau de stock de ces matières premières. Il est important de noter que la mise en place du nouveau système de fabrication permet de simplifier le niveau de gestion des matières de certains produits. En effet, étant donné le flot continu et unidirectionnel des composantes d'une cellule à l'autre, et un délai de fabrication d'une journée par cellule, les nomenclatures de produits auront la forme suivante.

PRODUIT P (NON PEINT)



Ainsi, les produits à haut volume de ventes possèderont des nomenclatures à deux niveaux de manière à pouvoir gérer à la fois les matières premières et les composantes en tablettes. En effet, étant donné que les composantes ne sont pas fabriquées au fur et à mesure qu'elles sont prévues à la cellule d'assemblage, un

deuxième niveau de gestion est requis. Par contre, même si les nomenclatures des produits à faible volume de ventes possèderont aussi deux niveaux, un seul niveau sera utilisé pour la gestion des matières. En effet, comme les composantes appartenant aux produits à faible volume de ventes sont fabriqués au fur et à mesure qu'elles sont prévues à la cellule d'assemblage, il n'est plus néçessaire de gérer ces composantes en tablettes puisqu'elles ne sont pas fabriquées dans le but d'y séjourner durant le cycle de 20 jours. Le deuxième niveau est donc utilisé seulement afin de générer les composantes à fabriquer dans chaque cellule.

CHAPITRE VI

DESCRIPTION PHYSIQUE DE L'IMPLANTATION

Suite à la proposition de réaménagement des équipements de production en forme de cellules et à la description du système de planification associé à ce réaménagement, ce chapitre décrit, dans une première partie, à l'aide du fonctionnement proposé, la nouvelle disposition physique des lieux. Par la suite, dans la deuxième partie on justifie, calculs à l'appui, la disposition des équipements et des espaces d'entreposages.

6.1 Description de l'implantation générale

Suite à l'examen du plan de l'implantation générale situé à la fin de ce document, dans la pochette no 1, on est à même de constater la disposition des différentes cellules par rapport à l'entrepôt de matières premières et des départements de finition. Ainsi, lorsqu'il est décidé de fabriquer un modèle particulier, les matières premières sont extraites de l'entrepôt et disposées devant la cellule no 1, s'il s'agit de panneaux, et devant la cellule no 2, s'il s'agit de bois solide. A l'aide des feuilles de route dont les opérations ont été séparées par cellule, le manutentionnaire de chaque cellule (nos 1 et

2) décide, selon l'horaire de planification, de l'ordonnancement des lots devant être fabriqués durant la journée. Au fur et à mesure que commence la fabrication des lots, ceux-ci sont déplacés sur des chariots de machine en machine avant d'être entreposés au centre de la cellule lorsque la fabrication est terminée. A la fin de la journée, le manutentionnaire de chaque cellule déplace les lots vers les cellules en aval dans le processus de fabrication de manière à ce que ceux-ci soient disponibles au bon endroit dès le lendemain.

Telles qu'identifiées sur le plan, les composantes fabriquées à partir de panneaux cheminent d'abord par la cellule no 1. Une journée plus tard, selon les opérations à accomplir, les composantes vont, soit à la cellule no 4, soit au sablage et remplissage de champs, ou encore à l'entreposage. Dépendamment du parcours, le délai de fabrication varie donc en fonction du nombre de cellules traversées. De façon similaire, les composantes de bois solide, après avoir cheminées à l'intérieur de la cellule no 2, traversent, s'il y a lieu, la cellule no 3 ou se dirigent directement à la cellule no 4. Par la suite, les composantes sont déplacées à la cellule no 5 pour y être sablées avant d'être vérifiées aux postes de vérification. Afin d'illustrer le cheminement, voici un exemple

représentant le déroulement des opérations de fabrication de deux pièces, l'une fabriquée à partir de panneaux et l'autre fabriquée à partir de bois solide.

Séquence de fabrication d'une pièce faite à partir de panneaux:

8556-05: 200-204-217-213-214-350-450-456

D'après la séquence de fabrication, la pièce est manufacturée par les cellules suivantes:

JOUR 1: Cellule no 1: 200-204-217
JOUR 2: Cellule no 4: 213-214
JOUR 3: Sablage et remplissabe des champs: 350-450-456

Donc la pièce est complètement fabriquée en trois jours.

Séquence de fabrication d'une pièce faite à partir de bois solide:

8706-04: (152-153)-156-203-202-206-214-303-300

D'après la séquence de fabrication, la pièce est manufacturée par les cellules suivantes:

JOUR 1: Cellule no 2: (152-153)-156-203
JOUR 2: Cellule no 3: 202-206
JOUR 3: Cellule no 4: 214-303
JOUR 4: Cellule no 5: 300

Donc la pièce est complètement fabriquée en quatre jours.

Lorsque la fabrication des pièces est terminée, celles-ci sont entreposées. Par la suite, selon l'horaire de fabrication, les différentes composantes constituant les modèles sont retirées pour être assemblées par le département d'assemblage (cellule no 6). Comme on peut le constater sur le plan, les différents équipements

d'assemblage sont disposés à proximité des salles de finition. Ainsi, une fois la vérification après assemblage terminée, les modèles assemblés sont prêts pour être déplacés vers les salles de finition.

6.2 Détails de l'aménagement proposé

Suite à l'explication du fonctionnement de l'implantation proposée, cette section a pour but de justifier la disposition des différents équipements ainsi que des contraintes qui ont forcés cet aménagement.

Il est important de mentionner, dans un premier temps, qu'un mur doit être démoli de façon à exploiter au maximum l'espace disponible. Afin que le lecteur puisse se représenter son emplacement, celui-ci traverse actuellement le futur emplacement des cellules nos 1 et 3. Deuxièmement, compte tenu qu'il a été décidé de ne pas dédoubler la défonceuse (machine 207), l'emplacement de la cellule no 3 doit être juxtaposée à celui de la cellule no 1, de manière à ce que la machine soit intégrée aux deux cellules. Troisièmement, afin de permettre que toutes les matières s'écoulent vers une direction commune, il est vital que les cellules no 1 et 2 soit positionnées à proximitées de l'entrepôt de matières premières. De la

même façon, la cellule d'assemblage doit être positionnée le plus près possible des départements de finition. Il est donc important d'obtenir un flot unidirectionnel des matières du début du processus jusqu'à la fin. Quatrièmement, pour des raisons de nature syndicale, les cellules de machinage devront être isolées des autres cellules. Etant donnée le bruit occasionné par le fonctionnement des machines appartenant aux cellules de machinage, un mur doit donc être construit de façon à ce que le bruit ne dérange pas les employés travaillant dans les cellules nos 5 et 6.

Après avoir décrit brièvement les principales contraintes d'aménagement, voici la méthodologie employée afin de réaliser le calcul des espaces.

6.2.1 Calcul du nombre de chariots

Avant de déterminer l'espace cellulaire comme tel, il est premièrement important de déterminer le nombre quotidien de chariots nécessaires à la manutention des pièces. Deux types de chariots sont proposés afin de réaliser ces manutentions. Le premier type, appelé A, est dédié pour le transport des pièces fabriquées à partir de panneaux. Les pièces utilisant ce chariot sont donc

empilées en hauteur sur une palette munie de roulettes de manière à en faciliter le déplacement. De plus, afin de permettre l'empilement des palettes lorsqu'elles ne sont pas employées, celles-ci seront munies de quatre trous situés aux points cardinaux. Ainsi, au lieu d'utiliser un manche fixé au chariot pour les déplacer, le manutentionnaire, à l'aide d'une tige muni d'un crochet, n'aura qu'à introduire son crochet dans l'ouverture et tirer sur la palette (voir figure 6.1) . Le deuxième type de chariot, appelé B (voir figure 6.2), est dédié pour le transport du bois solide. Le chariot possède trois étages, de manière à permettre son utilisation pour trois sortes de composantes différentes. Tout comme pour le chariot A, le chariot B est muni de roulettes afin d'en faciliter le déplacement.

Le calcul du nombre de chariots requis est établi à partir d'une journée de production très riche en variété de modèles fabriqués, de manière à ce que celui-ci soit représentatif d'une journée où le nombre de composantes dans le système est maximum. Ainsi, la journée choisie correspond au jour 6 de l'exemple du chapitre V où quatorze modèles différents sont fabriqués. De plus, une hypothèse est posée quant à l'utilisation des chariots. On suppose que les produits fabriqués en lot supérieur à cinq

unités ont besoin d'un chariot de type A ou d'un étage de chariot de type B dédié par composante. Pour les produits fabriqués en lot inférieur à cinq unités, un demi-chariot de type A ou étage de type B est requis pour le transport des composantes. Le calcul du nombre de chariots requis pour déplacer les composantes situées à l'annexe K.1 permet d'établir que 41 chariots de type A et 35 chariots de type B sont requis pour le transport durant la journée de production considérée.

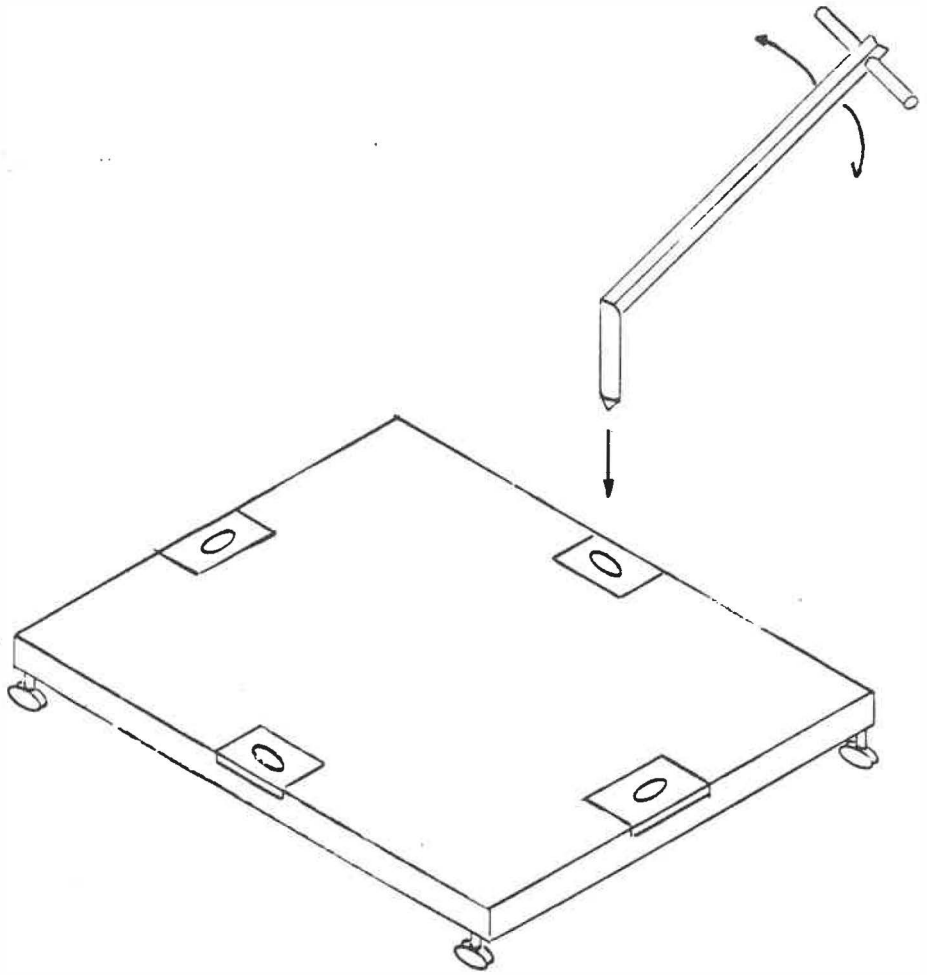


Figure 6.1: Schéma du chariot de type A

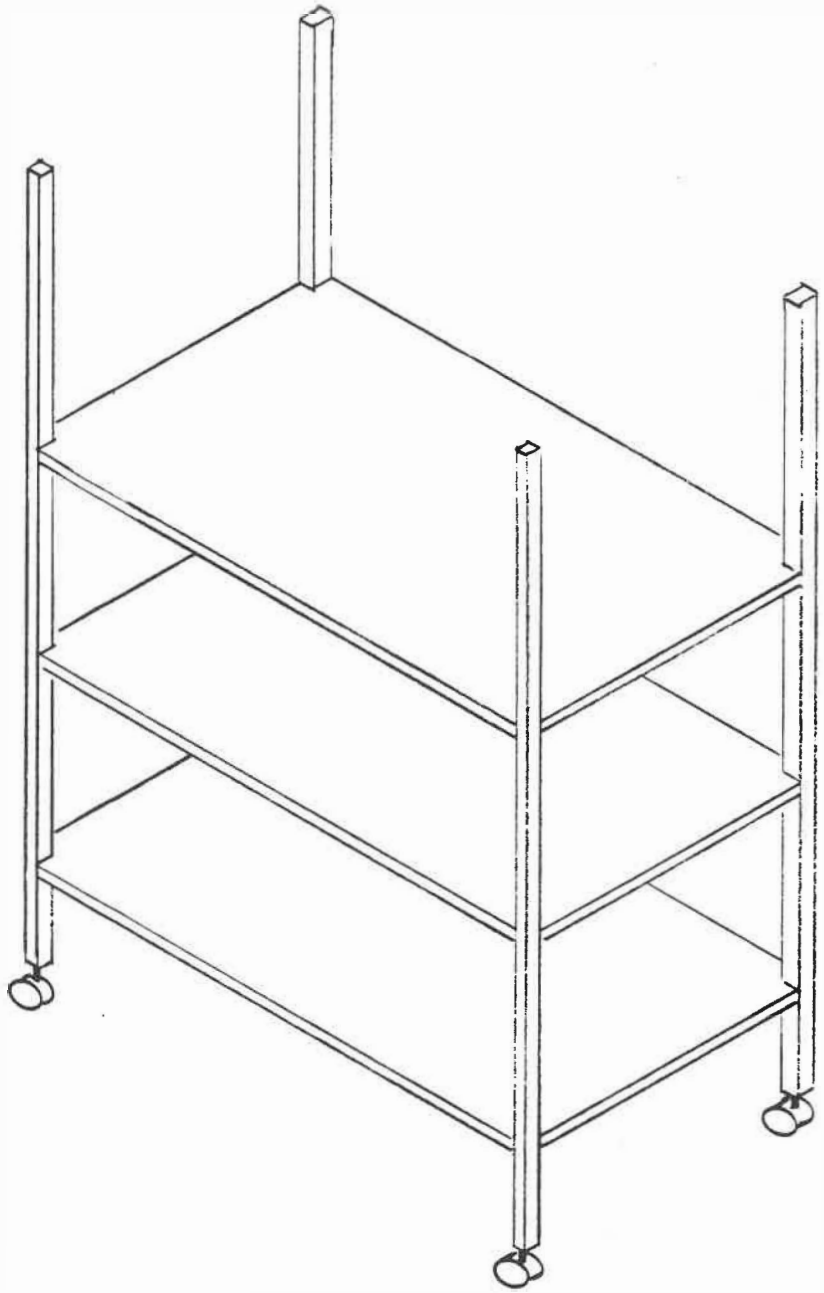


Figure 6.2: Schéma du chariot de type B

Etant donnée que plusieurs journées de production cohabitent en même temps sur le "plancher", il s'agit maintenant d'évaluer le nombre de chariots requis par cellule pour y déplacer les composantes qui sont manufacturées. A l'aide de la figure 4.8 sur laquelle la proportion de la répartition des flots de chaque journée est illustrée, il est possible d'établir le nombre de chariots requis par cellule. De plus, en considérant que chaque machine doit posséder un chariot vide lors de la production, le système requiert approximativement 87 chariots de type A et 142 chariots de type B (voir l'annexe K.2 pour le détail des résultats). Le nombre imposant de chariots requis s'explique par la variété des pièces fabriquées. Le "design" unique des meubles a pour conséquence d'augmenter le nombre de composantes constituant les meubles (celles-ci n'étant pas communes entre elles) et donc d'augmenter le nombre de chariots requis par le système.

6.2.2 Calcul de l'espace nécessaire par cellule

Suite au calcul du nombre de chariots requis au sein de chaque cellule, il est maintenant possible de calculer l'espace devant être occupé par cellule. Toujours à l'aide de la figure 4.8 sur laquelle la répartition des flots

totals par cellule est illustré, il est possible d'établir l'espace nécessaire pour entreposer les chariots (chargés de composantes) au centre de la cellule une fois la production terminée. L'annexe K.3 détaille le calcul donnant les résultats illustrés au tableau 6.1 à la première colonne. La mesure de la dimension de toutes les machines combinées à l'évaluation de l'espace-chariot devant chacune de ces machines permet de déterminer l'espace total par cellule. Le tableau 6.1 (colonnes 2 et 3) résume le résultat obtenu à l'annexe K.4.

TABLEAU 6.1 Espace occupé par cellule

	ESPACE D'ENTREPOSAGE DES CHARIOTS (PI^2)	ESPACE MACHINE (PI^2)	ESPACE TOTAL REQUISE (PI^2)
CELLULE NO 1	615	693	1 490
CELLULE NO 2	280	904	1 184
CELLULE NO 3	100	411	511
CELLULE NO 4	626	600	1 226
CELLULE NO 5	247	340	587
VERIFICATION	259	70	329
SABLAGE [6] DES CHAMPS	74	35	109

6 Il est important de noter que le remplissage des champs est réalisé à partir d'un équipement déjà en place actuellement dans la salle de finition 1.

6.2.3 Calcul de l'espace d'entreposage des matières premières devant les cellules nos 1 et 2

Une fois que l'espace occupé par les cellules est calculé, on doit maintenant déterminer l'espace d'entreposage des matières premières devant les cellules nos 1 et 2. Idéalement, toutes les matières premières utilisées dans la journée devraient pouvoir être stockées près de ces deux cellules. Cependant, étant donné la grande variété de matières premières (différentes essences de bois à différentes dimensions), il n'est pas possible de toutes les entreposer à proximité des cellules nos 1 et 2. Pour cette raison, il est proposé d'utiliser un espace tampon capable de recevoir devant la cellule no 1, huit sortes de panneaux, et de recevoir devant la cellule no 2, six chariots de bois solides. Ainsi, un manutentionnaire apportera dans les zones tampons le matériel au fur et à mesure que celui-ci sera requis. Compte tenu des dimensions brutes d'un panneau (8 pi X 5 pi), et des dimensions d'un chariot à bois solide (4 pi X 12 pi), le tableau 6.2 présente l'espace d'entreposage requis.

TABLEAU 6.2 Espaces d'entreposage requis devant les cellules 1 et 2

Espace tampon devant la cellule no 1:

8 sortes de panneaux @ 40 pi² / panneau	320 pi²

Espace tampon devant la cellule no 2:

6 chariots de bois solide @ 48 pi² / chariot	288 pi²

6.2.4 Calcul de l'espace d'entreposage des composantes

Il s'agit maintenant de calculer l'espace en tablette nécessaire afin d'entreposer les composantes des modèles à haut volume de ventes et les composantes des modèles à faible volume de ventes. Les différents modèles sont entreposés sur des palettes, lesquelles sont disposées sur des étagères de trois étages. Afin d'évaluer le nombre de palettes nécessaires, il a été posé comme hypothèse que les produits à haut volume de ventes occupaient l'espace palettes normal. Par contre, étant donnée que les produits à faible volume de ventes sont fabriqués en petit lots, il a été posé comme hypothèse que les composantes occupaient la moitié de l'espace normal. Suite à l'estimation du nombre de palettes réalisés à l'annexe K.5, il a été déterminé que 225 palettes étaient requises. L'espace requis occupé par les étagères qui peuvent contenir

chacune neuf palettes est donc de 1 280 pi². L'annexe K.6 résume le résultat énoncé précédemment.

6.2.5 Calcul des espaces requis à l'assemblage

Comme la cellule d'assemblage travaille à l'aide d'un horaire quotidien, l'espace d'entreposage des composantes et des produits finis devra correspondre à une journée de travail. Ainsi, à chaque début de journée, le manutentionnaire de la cellule disposera les différentes composantes à assembler à proximité des postes de travail. Une fois l'assemblage et la vérification complétées, le même manutentionnaire déplacera les meubles jusqu'aux zones d'entreposage prévues. Dès le lendemain, les différents meubles seront acheminés vers les salles de finition. Pour que la cellule fonctionne selon cette description, les espaces décrits à l'annexe K.7 et résumés dans le tableau suivant sont requis.

TABLEAU 6.3 Espaces requis à la cellule no 6

POSTES D'ASSEMBLAGE ET DE VERIFICATION DES TABLES	375 pi²
POSTE DE PRE-ASSEMBLAGE DES BASES ET DES CAISSES	100
POSTE DE PRE-ASSEMBLAGE DES DOSSIERS	135
POSTES D'ASSEMBLAGE ET DE VERIFICATION DES CHAISES	431
POSTE D'ASSEMBLAGE DES BASES ET DES CAISSES	180
POSTES D'ASSEMBLAGE ET DE VERIFICATION DES BUFFETS ET ETAGERES	738

6.2.6 Présentation de l'implantation détaillée

Suite à la description du calcul des espaces, on peut maintenant consulter le plan no 2 situé dans la deuxième pochette à la fin du document. A son examen, on est à même de constater la position des différents espaces d'entreposage prévus afin d'accueillir les matières premières ou les chariots de composantes. De plus, on peut visualiser le déplacement de la matière au sein de chaque cellule. On constate aussi que les contraintes d'aménagement énumérées précédemment ont été respectées. Ainsi, les cellules no 1 et 2 sont disposées à proximité de l'entrepôt de matières premières, et la cellule no 3 a été positionnée dos à la cellule no 1, de manière à permettre l'utilisation de la machine 207 par les deux cellules. De plus, les cellules de machinage (cellules nos 1 à 4) ont été complètement isolées de manière à ne pas incommoder les travailleurs des autres cellules par le bruit. Cependant, on constate que les machines 100 et 101 faisant parties de la cellule no 1 ont été disposées à l'intérieur de l'entrepôt de matières premières. Comme la tendance est d'acheter des panneaux déjà plaqués, la fréquence décroissante de l'utilisation de ces machines a motivée ce choix d'emplacement. Des allées de circulation ont été prévues entre les cellules de manière à ce que les

travailleurs puissent circuler en toute sécurité. Le respect des espaces calculés précédemment permet donc de proposer un aménagement qui soit fonctionnel compte tenu du nombre imposant de chariots utilisés pour le transport des composantes.

CHAPITRE VII

ETUDE DE RENTABILITE

Ce chapitre a pour but de présenter la justification économique des changements proposés dans les chapitres précédents. Cette section se divise en deux parties. Premièrement, afin de pouvoir répartir les différents investissements et les gains dans le temps, la première partie décrit brièvement le programme d'implantation proposé. La deuxième partie, sous-section 7.2.1, évalue ensuite la rentabilité totale de tous les changements proposés. Comme l'achat de la perceuse à contrôle numérique constitue un projet en soi, la deuxième partie, sous-section 7.2.2, traite de la rentabilité de cet achat.

7.1 Description du programme d'implantation

Cette section a pour but de proposer un programme d'implantation sommaire qui permette d'évaluer la répartition des investissements et des revenus à travers le temps de réalisation du projet.

Afin de permettre que le système de fabrication et de planification soit effectif dès la deuxième année suivant le début du projet, il est nécessaire que les réductions

des temps de mise en courses de 80 % pour toutes les machines soient complétées la première année. En effet, en accord avec le système de planification proposé, la mise en production de lots plus petits ne peut être réalisée sans que les temps de mise en course n'aient été considérablement réduits. De plus, afin de permettre que l'assemblage soit plus flexible, l'achat de la perceuse à contrôle numérique et la modification des modèles sur lesquels les nouvelles méthodes d'assemblage s'appliqueront doivent aussi être réalisés la première année. Finalement, il est important que le système informatique chargé de supporter les opérations courantes de gestion de la fabrication soit au point lorsque le nouveau système sera effectif, c'est-à-dire au début de la deuxième année d'implantation.

Comme on suppose que les changements de la première année ne modifieront pas le système de production, les changements proposés ne permettent de jouir que d'économies dûes aux changements de méthodes d'assemblage et de perçage des composantes. En effet, comme ces changements doivent être effectifs au commencement de la deuxième année, des gains d'opération pourront donc être réalisables lors de la première année.

Le début de la deuxième année sera caractérisé par le réaménagement complet de l'usine ainsi que la mise en application du nouveau système de production. Afin de réaliser cet objectif, l'achat de certaines machines sera nécessaire. De plus, le déplacement des équipements ainsi que le démantellement et la construction d'un mur permettra de rendre opérationnel le système de production.

C'est au cours de cette année que se feront sentir les premiers gains d'opération dûs à la transformation en juste à temps. Ainsi, le nouveau fonctionnement permettra de diminuer le personnel requis et le niveau d'inventaire des produits en cours. Il est important de souligner que les économies de coûts dûes à la réduction des "intangibles" n'ont pas été incluses dans le calcul de la rentabilité. Ainsi, l'économie dûe à la réduction de la non-qualité ou à la mise en place d'une politique de maintenance préventive n'a pû être inclue parce que trop arbitraire à évaluer compte tenu du fonctionnement de l'entreprise. De plus, le gain possible dû à l'augmentation de la capacité du système de fabrication n'a pas non plus été inclus dans le calcul de rentabilité. En effet, compte tenu de la volatilité de ce genre de secteur, une estimation de l'augmentation de la part de

marché aurait été trop imprécise pour qu'elle ne soit valable.

7.2 Evaluation de la rentabilité obtenue

Cette section se divise en deux parties. La première partie évalue la rentabilté globale de l'investissement total. Par la suite, la deuxième partie évalue la rentabilité de l'achat de la perceuse à contrôle numérique. En effet, comme l'achat de cette perceuse permet de justifier des gains qui peuvent être considérés comme indépendants du projet juste à temps, la rentabilité de cet investissement a donc été considérée.

Avant de procéder, il est important de mentionner les hypothèses qui ont été utilisées. Premièrement, le coût du capital de 20 % a été estimé en fonction de la taille de l'entreprise et du secteur dans lequel elle oeuvre. Deuxièmement, un taux annuel d'imposition de 35 % a été considéré. Troisièmement, les investissements ont été amortis sur deux classes différentes. Ainsi, les coûts d'achat de machinerie, de déplacement d'équipement, de fabrication de chariots et de réduction de mise en course ont été amortis selon la classe fiscale no 39. De plus, les coûts de démantellement et de construction du mur ont

été amortis selon la classe fiscale no 3. Quatrièmement, comme le projet est évalué sur dix ans, un indice annuel d'augmentation des prix de 5 % a été considéré. Cinquièmement, afin de procéder au calcul des investissements, on suppose que les investissements ont lieu en début d'année alors que les gains d'opération ont lieu en fin d'année.

Trois critères ont été retenus afin de bien démontrer la rentabilité du projet. Premièrement, la valeur actuelle nette qui permet de juger de la valeur du projet. Deuxièmement, le taux de rendement interne qui permet de voir à quel taux les "cashflow" financent l'investissement. Troisièmement, le délai de récupération actualisé après le dernier investissement, qui permet de juger du temps requis pour récupérer l'investissement.

7.2.1 Rentabilité du système de fabrication proposé

Le tableau 7.1 illustre la rentabilité de la mise en oeuvre du système de fabrication proposé. On est à même de constater que la réalisation du projet permettra d'augmenter la valeur de l'entreprise (valeur actuelle nette) de 175 000 $. De plus, l'obtention d'un taux de rendement interne de 33 %, comparé au coût du capital de

20 % est plus qu'acceptable. Finalement, on constate un délai de récupération actualisé de 3.2 années.

TABLEAU 7.1 Rentabilité du système de fabrication proposé

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
INVESTISSEMENTS										
PERCEUSE CN	50,000									
INSTALLATION	5,000									
REDUCTION "SETUP"	60,000									
DEPLACEMENT DE L'EQUIPEMENT	16,000									
INVESTISSEMENT NO 1	131,000									
TOUPIES		16,800								
SCIES A ANGLES		8,400								
SCIE		8,400								
SABLEUSE A PLAT		63,000								
DELIGNEUSE		21,000								
PRESSE		6,825								
CHARIOTS		31,500								
DEPLACEMENT DE L'EQUIPEMENT		72,450								
INVESTISSEMENTS NO 2.1		228,375								
DEMANTELLEMENT ET CONSTRUCTION		1,575								
INVESTISSEMENT NO 2.2		1,575								
INVESTISSEMENT TOTAL	131,000	229,950								
GAINS D'OPERATION										
ECONOMIE D'ASSEMBLAGE	17,398									
ECONOMIE DE PERCAGE	2,536									
DIMINUTION DE PERSONNEL		131,250	137,813	144,703	151,938	159,535	167,512	175,888	184,682	193,916
GAINS D'OPPORTUNITE DE L'INVENTAIRE		41,475	43,549	45,726	48,012	50,413	52,934	55,580	58,359	61,277
GAINS TOTAUX	19,934	172,725	181,361	190,429	199,951	209,948	220,446	231,468	243,041	255,193

TABLEAU 7.1 Rentabilité du système de fabrication proposé

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
DEPENSES:										
TRANSFORMATION DES MODELES	6,740									
DEVELOPPEMENT DU SISTEME INFORMATIQUE	20,000									
DEPENSES TOTALES	26,740									
AMORTISSEMENTS										
INVESTISSEMENT ANNEE 1	16,375	28,656	21,492	16,119	12,089	9,067	6,800	5,100	3,825	2,869
INVESTISSEMENT 2.1	28,547	49,957	37,468	28,101	21,076	15,807	11,855	8,891	6,668	5,001
INVESTISSEMENT 2.2	39.375	77	73	69	66	63	59	56	54	51
AMMORTISSEMENTS TOTAUX	44,961	78,690	59,033	44,289	33,231	24,936	18,715	14,048	10,547	7,921
REVENUS IMPOSABLES	(51,767)	94,035	122,328	146,140	166,720	185,012	201,731	217,420	232,494	247,272
IMPOT SUR LE REVENU	(18,119)	32,912	42,815	51,149	58,352	64,754	70,606	76,097	81,373	86,545
REVENUS APRES IMPOT	(33,649)	61,123	79,513	94,991	108,368	120,258	131,125	141,323	151,121	160,727
AMORTISSEMENT TOTAL	44,961	78,690	59,033	44,289	33,231	24,936	18,715	14,048	10,547	7,921
CASH FLOW	11,313	139,813	138,546	139,280	141,599	145,194	149,840	155,371	161,668	168,648
CASH FLOW ACTUALISES AU DEBUT DE L'ANNEE 1	9,427	97,092	80,177	67,168	56,905	48,625	41,818	36,134	31,322	27,238
VALEUR ACTUELLE NETTE										173,292
TAUX DE RENDEMENT INTERNE										33.1%
DELAI DE RECUPERATION ACTUALISE APRES LE DERNIER INVESTISSEMENT (ANNEE)										3.2

(Voir l'annexe L pour le détail)

Suite aux résultats obtenus, on est à même de constater que le projet satisfait aux trois critères de rentabilité retenus.

7.2.1 Rentabilité de la méthode d'assemblage proposée

Le tableau 7.2 illustre la rentabilité générée par la modification des méthodes d'assemblage actuelles. On constate premièrement que la réalisation du projet a une valeur actuelle nette de 15 000 $. De plus, on constate un taux de rendement interne de 27 %, ce qui est fort acceptable compte tenu du coût du capital de l'entreprise de 20 %. Par contre, le délai de récupération actualisé de 6.3 annnées est relativement long étant donnée la grosseur de l'entreprise. On peut cependant juger comme acceptable ces résultats dû principalement au fait que la réalisation de ce projet est un pré-requis à un autre projet beaucoup plus rentable. De plus, il est important de souligner que l'évaluation des gains générés par le projet a été réalisée sous des hypothèses les plus pessimistes. La réalisation de ce projet va aussi permettre d'inverser les étapes d'assemblage et de finition. Ainsi, les composantes pourront être peinturées pour ensuite être assemblées. L'avantage de ce changement de méthode se situera donc au niveau du remplacement des composantes défectueuses, et du

traitement de celles-ci, ce traitement s'effectuant sur les composantes seulement au lieu de s'effectuer sur le meuble assemblé. Cette façon de procéder qui permet des économies de temps au niveau du traitement de pièces défectueuses n'a cependant pas été évaluée dans ce document, le mandat limitant l'étude jusqu'au département d'assemblage.

TABLEAU 7.2 Rentabilité due à l'achat de la perceuse à contrôle numerique

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
INVESTISSEMENTS										
PERCEUSE CN	50,000									
INSTALLATION	5,000									
INVESTISSEMENT	55,000									
GAINS D'OPERATION										
ECONOMIE D'ASSEMBLAGE	17,398	18,268	19,181	20,140	21,147	22,205	23,315	24,481	25,705	26,990
ECONOMIE DE PERCAGE	2,536	2,663	2,796	2,936	3,083	3,237	3,398	3,568	3,747	3,934
GAINS TOTAUX	19,934	20,931	21,977	23,076	24,230	25,441	26,713	28,049	29,452	30,924
DEPENSES:										
TRANSFORMATION DES MODELES	6,740									
DEPENSES TOTALES	6,740									
AMORTISSEMENTS										
INVESTISSEMENT ANNEE 1	6,875	12,031	9,023	6,768	5,076	3,807	2,855	2,141	1,606	1,204
REVENUS IMPOSABLES	6,319	8,899	12,954	16,309	19,154	21,635	23,858	25,908	27,846	29,720
IMPOT SUR LE REVENU	2,212	3,115	4,534	5,708	6,704	7,572	8,350	9,068	9,746	10,402
REVENUS APRES IMPOT	4,107	5,785	8,420	10,601	12,450	14,063	15,508	16,840	18,100	19,318
AMORTISSEMENT TOTAL	6,875	12,031	9,023	6,768	5,076	3,807	2,855	2,141	1,606	1,204
CASH FLOW	10,982	17,816	17,443	17,368	17,526	17,869	18,363	18,981	19,706	20,522
CASH FLOW ACTUALISES AU DEBUT DE L'ANNEE 1	9,152	12,372	10,095	8,376	7,043	5,984	5,125	4,414	3,819	3,314
VALEUR ACTUELLE NETTE POUR UNE DUREE DE 10 ANS										14,695
TAUX DE RENDEMENT INTERNE										27.0%
DELAI DE RECUPERATION ACTUALISE APRES LE DERNIER INVESTISSEMENT (ANNEE)										6.3

(Voir l'annexe L pour le détail

CONCLUSION

Cette étude avait pour but de proposer une méthodologie permettant de transformer une usine fonctionnant par lot en une usine fonctionnant selon la philosophie des systèmes de production juste à temps. Le projet a donc été réalisé dans un cadre pratique afin que la mise en application du contexte théorique permette de développer de nouvelles méthodes d'implantation spécifiques au secteur choisi: le meuble.

Premièrement, une étude des départements d'assemblage et de fabrication a été entreprise afin de linéariser vers une direction commune les flots de matériel. L'étude a permis de proposer une implantation agencée sous forme de cellules de fabrication, chacune étant spécialisée dans la réalisation de certaines opérations. Parallèlement à la création de cellules, une étude de réduction de temps de mise en course a aussi été réalisée afin de diminuer les temps d'ajustement de chaque machine et d'augmenter la flexibilité du département de fabrication. Ainsi, une réduction moyenne de 80 % a été obtenue sur les machines étudiées.

Deuxièmement, suite à la proposition de réaménagement physique des départements de fabrication, la conception du

système de planification a été réalisée de manière à permettre à l'entreprise de bénéficier au maximum du nouvel aménagement. Compte tenu de la grande variété de pièces et du niveau de réduction des temps de mise en course, un système de planification hybride entre la fabrication par lots et la fabrication juste à temps a été développé. Ainsi, il a été proposé de fabriquer et d'entreposer les composantes des produits à gros volume de ventes sur un cycle de vingt jours alors que les produits à faible volume de vente seront fabriqués en quantité égale à la demande de cinq jours. Ce fonctionnement permettra à l'entreprise de réduire ses inventaires de produits en cours et de produits finis, sans toutefois les réduire jusqu'à l'équivalence d'une journée de travail. De plus, ce fonctionnement permettra d'augmenter l'efficacité de la planification des besoins en main-d'oeuvre grâce au réaménagement sous forme de cellules.

Troisièmement, un réaménagement "sur papier" des différents équipements a permis de visualiser le nouveau fonctionnement des cellules de fabrication. Ainsi, en fixant un délai de fabrication d'une journée par cellule, la planification du délai de fabrication total de chaque composante sera établie en fonction du nombre de cellules traversées.

Quatrièmement, l'étude économique des changements proposés a permis d'évaluer la rentabiité de tous les changements proposés. Ainsi, la réalisation du projet permettra à l'entreprise de jouir d'économies qui ne sont pas négligeables, telles un taux de rendement interne de 33 % et un délai de récupération actualisé de 3.2 années.

Le lecteur a donc pu, tout au long de la lecture de ce mémoire, visualiser la méthodologie utilisée afin de transformer un système de fabrication par lots en système de fabrication juste à temps. De plus, il a pu remarquer les particularités proposées à une implantation de ce genre dans ce type d'environnement. On constate donc qu'un fonctionnement relativement semblable au juste à temps est possible dans ce genre d'environnement qu'est le meuble exclusif fabriqué en petite série. De plus, avec le temps, si le désir de l'entreprise est de s'améliorer, la poursuite et l'atteinte des objectifs du juste à temps sont aussi réalisables à long terme.

BIBLIOGRAPHIE

1. SUZAKI, K., "The New Manufacturing Challenge". The Free Press, New York (1987).

2. MONDEN, Y., "Toyota Production System". Industriel Engineering and Management Press, Norcross (1983).

3. BURBIDGE, J. L., "The Introduction of Group Technology". William Heinemann Ltd, London (1975).

4. KING, J. R., "Machine Component Grouping in Production Flow Analysis: An Approach Using a Rank Order Clustering Algorithm". Internationnal Journal of Production Research, 18(2), pp. 213-232 (1980).

5. MCAULEY, J., "Machine Grouping for Efficient Production". Production Engineer, pp. 53-57 (February 1972).

6. SHINGO, S., "A Révolution in Manufacturing: The SMED System". Productivity Press, Stamford (1985).

7. LOMNICKI, Z. A., "A Branch-And-Bunch Algorithm for the Exact Solution of The Three-machine Scheduling Problem". Operationnal Research, Vol 16 no 1, p. 92 (1965).

ANNEXES

ANNEXE A ESTIMATION DES ECONOMIES REALISEES A L'ASSEMBLAGE

TABLEAU A.1 Economies d'assemblage des buffets

MODELE	% DE REDUCTION DE COUTS D'ASSEMBLAGE	MONTANT REALISE ($/UNITE)	PRODUCTION PREVUE (UNITES)	ECONOMIE PAR MODELE ($)
8765	43.2%	8.21	310	2,548
8815	26.0%	3.16	290	918
8535	23.7%	2.46	244	601
8805	38.2%	4.58	191	876
5705	31.4%	3.09	157	484
5815	25.7%	2.65	146	388
8845	30.3%	2.51	94	237
5775	37.9%	4.26	83	352
8755	24.1%	3.71	77	285
8635	31.2%	4.36	61	268
8565	22.0%	2.47	688	1,696
8575	24.0%	1.96	402	788
8555	24.0%	1.96	352	689
8705	22.4%	2.22	313	694
8725	15.4%	1.62	204	330
8785	27.3%	3.02	192	580
5085	23.4%	2.05	87	179
TOTAL	27.7%			11,914 $

TABLEAU A.2 Economies d'assemlage des étagères

8766	38.6%	6.23	278	1,732
8536	29.4%	2.36	188	443
8816	40.8%	3.53	151	533
8806	25.5%	1.98	85	168
5776	47.8%	5.19	53	275
8636	25.8%	2.47	47	116
8756	18.0%	1.15	33	38
8566	18.3%	2.54	384	975
8556	10.4%	0.55	207	113
8706	36.5%	2.34	169	396
8726	34.8%	1.91	127	242
8776	24.1%	1.72	110	190
8846	39.3%	3.00	71	213
5086	25.0%	1.49	33	49
TOTAL	29.6%			5,483 $

TABLEAU A.3 Coûts de perçage des buffets

MODELE	% DE REDUCTION DE COUTS DE PERCAGE	MONTANT REALISE ($/UNITE)	PRODUCTION PREVUE (UNITES)	ECONOMIE PAR MODELE ($)
8765	57.5%	1.48	310	(459)
8815	27.0%	1.05	290	(305)
8535	27.0%	1.05	244	(256)
8805	34.9%	0.81	191	(155)
5705	34.9%	0.81	157	(127)
5815	34.9%	0.81	146	(119)
8845	34.9%	0.81	94	(76)
5775	27.0%	1.05	83	(87)
8755	27.0%	1.05	77	(81)
8635	27.0%	1.05	61	(64)
8565	57.5%	1.48	688	(1,018)
8575	27.0%	1.05	402	(422)
8555	27.0%	1.05	352	(369)
8705	27.0%	1.05	313	(328)
8725	27.0%	1.05	204	(214)
8785	27.0%	1.05	192	(202)
5085	27.0%	1.05	87	(92)
TOTAL	32.4%			(4,375)$

TABLEAU A.4 Economies de perçage des étagères

8766	11.2%	0.32	278	89
8536	23.9%	0.99	188	186
8816	23.9%	0.99	151	149
8806	25.4%	1.10	85	94
5776	23.9%	0.99	53	52
8636	23.9%	0.99	47	47
8756	23.9%	0.99	33	33
8566	11.2%	0.32	384	123
8556	23.9%	0.99	207	205
8706	23.9%	0.99	169	167
8726	23.9%	0.99	127	126
8776	23.9%	0.99	110	109
8846	25.4%	1.10	71	78
5086	23.9%	0.99	33	33
TOTAL	22.3%			1,490 $

TABLEAU A.5 Economies de perçage des chaises

MODELE	% DE REDUCTION DE COUTS D'ASSEMBLAGE	MONTANT REALISE ($/UNITE)	PRODUCTION PREVUE (UNITES)	ECONOMIE PAR MODELE ($)
8803-4	17.3%	0.17	1,020	173
8843-4	17.3%	0.17	708	120
8823-4	17.3%	0.17	1,251	213
8813-4	17.3%	0.17	2,832	481
8633-4	17.3%	0.17	697	118
8613	17.3%	0.17	890	151
8533-4	17.3%	0.17	2,157	367
8563-4	17.3%	0.17	8,796	1,495
5793	17.3%	0.17	971	165
5773	17.3%	0.17	697	118
8453	17.3%	0.17	5,753	978
8333	17.3%	0.17	1,728	294
5813	17.3%	0.17	999	170
5093	17.3%	0.17	971	165
5753	17.3%	0.17	786	134
8463	17.3%	0.17	654	111
8753-4	17.3%	0.17	387	66
8783-4	6.8%	0.02	1,753	35
8773-4	6.8%	0.02	653	13
8763-4	6.8%	0.02	1,812	36
8703-4	6.8%	0.02	2,648	53
TOTAL	15.3%			5,458 $

ANNEXE B EXEMPLE DE SEQUENCE D'ASSEMBLAGE DE CHAISES

Le tableau suivant décrit une séquence d'assemblage type évalué en fonction des gabarits utilisés. Ainsi, le changement de production pourra être grandement facilité, celui-ci s'effectuant avec un minimum de changements de gabarits.

TABLEAU B.1 Séquence d'assemblage des chaises

MODELE NO	GABARITS UTILISES
8773-4	1-A
8763-4	1-B
8783-4	1-B
8703-4	1-C
8563-4	2-A
8533-4	2-A
5093	2-B
5813	2-B
8333	2-C
8453	2-C
8823-4	2-D
8803-4	2-D
8813-4	2-E
5793	2-E
8613	2-E
5753	2-F
8843-4	2-F
5773	2-I
8633-4	2-J
8463	2-J
8753-4	2-K

ANNEXE C LISTES DES MACHINES APPARTENANTS AUX DIFFERENTS GROUPES

Liste des machines appartenant au groupe M-303:

MACHINES	OPERATIONS MANUELLES
100: Préparation du plaquage	150: Traçage
101: Encolleuse	220: Poser les goujons
151: Scie à ruban	102: Collage à serres
152: Déligneuse Danckaert	
153: Ebouteuse industriel	
154: Déligneuse Heian	
155: Ebouteuse Dewalt	
156: Planeur 4 faces Guillet	
157: Corroyeur 2 faces 16 "	
158: Planeur 24 "	
200: Scie générale	
201: scie Wadkin	
202: Scie Rockwell	
203: Scie à angles	
204: Colleuse à champs Halzher	
205: Profileur Wigo	
206: Toupie SCM et Johnsered (2)	
207: Défonceuse Wadkin	
208: Détonneuse	
209: Mortaiseuse	
210: Tour Zukerman	
212: Perceuse horizontale (dédiée pour les table)	
213: Perceuse horizontale	
214: Perceuse verticale	
215: Perceuse à colonne	
217: "Rotor" 2-10	
218: Poseuse de goujons	
303: Sableuse à courroie double	

Liste des machines appartenant au groupe majeure sablage:

MACHINES

300: Sableuse pneumatique
301: Sableuse horizontale
302: Sableuse à moulure Rodgers
304: Sableuse à champs
305: Sableuse verticale 4 "
306: Sableuse à brosse
307: Sableuse à profil
309: Sableuse à pattes

ANNEXE D DESCRIPTION DES ROUTES A TRAVERS LE DEPT. DE MACHINAGE

GROUPE NO:	QTE	SEQUENCE DE FABRICATION
GROUPE 3:	4	100-101-200-201-204-202-206(1)-214-303
GROUPE 4:	4	100-101-200-201-204-202-207-214-303
GROUPE 8:	4	150-151-156-205-206(1)-201-206(2)-214
GROUPE 9:	2	150-151-156-205-206(1)-213-214-206(2)
GROUPE 10:	1	150-151-156-205-208-207-213-303-206(1)
GROUPE 17:	1	151-156-203-218-208-303
GROUPE 18:	1	152-156-154-204
GROUPE 19:	1	152-156-157-102-158-154-201-206(1)-207
GROUPE 20:	2	152-156-200-303-151-214
GROUPE 21:	2	152-156-201-218-214-303
GROUPE 23:	1	152-156-202-206(1)-214-303
GROUPE 25:	1	152-156-202-213-220-215-214-206(1)
GROUPE 27:	3	152-156-202-214
GROUPE 28:	5	152-156-202-214-215
GROUPE A		
GROUPE 31:	2	152-156-203-202-206(1)-214-303
GROUPE 32:	11	152-156-203-202-206(1)-214-303
GROUPE 33:	1	152-156-203-204-213-303
GROUPE 35:	1	152-156-203-206(1)-154-209-303
GROUPE 36:	3	152-156-203-206(1)-202-303
GROUPE B		
GROUPE 37:	1	152-156-203-206(1)-213-214-303
GROUPE 40:	25	152-156-203-206(1)-213-214-303
GROUPE 38:	2	152-156-203-206(1)-209-207-303
GROUPE 42:	1	152-156-203-207-213-303-202-206(1)
GROUPE 43:	1	152-156-203-207-213-303-154-206(1)
GROUPE 44:	1	152-156-203-209-206(1)-303
GROUPE 45:	3	152-156-203-213-303-206(1)
GROUPE 46:	2	152-156-203-213-220-303-206(1)
GROUPE 47:	26	152-156-203-214-303
GROUPE 48:	1	152-156-203-214-202
GROUPE 49:	2	152-156-203-214-206(1)-303
GROUPE 50:	2	152-156-203-214-303-206(1)
GROUPE 51:	2	152-156-203-215-214
GROUPE 52:	6	152-156-203-218-214-215-207-303
GROUPE 53:	1	152-156-203-303-151-158-214
GROUPE 54:	3	152-156-203-303-202-206(1)-209-214

GROUPE NO:	QTE	SEQUENCE DE FABRICATION
GROUPE54.1:	1	152-156-203-303-202-206(1)-209-214
GROUPE 55:	1	152-156-203-303-206(1)
GROUPE 56:	1	152-156-203-303-206(1)-213
GROUPE 57:	1	152-156-203-303-218-202
GROUPE 58:	1	152-156-203-303-218-207
GROUPE 59:	1	152-156-203-303-218-206(1)
GROUPE C		
GROUPE 60:	7	152-156-203-303
GROUPE 61:	1	152-156-203-303
GROUPE 62:	1	152-156-205-218-214-215-207-303
GROUPE 63:	1	152-156-206(1)-202-214
GROUPE 64:	1	152-156-206(1)-214-303
GROUPE 69:	1	152-156-218-303
GROUPE 70:	2	152-156-303-102-203-210-213
GROUPE 71:	1	152-156-303-201
GROUPE 72:	5	152-156-303-202-208-206(1)
GROUPE 73:	2	152-156-303-202-214
GROUPE 74:	2	152-156-303-203-206(1)-202
GROUPE 75:	1	152-156-303-203-208-202-206(1)
GROUPE 76:	1	152-156-303-204
GROUPE 77:	2	152-156-303-206-201-214
GROUPE 78:	1	152-156-303-206-202-214
GROUPE 79:	3	152-156-303-206(1)-206(2)-202-201
GROUPE 80:	1	152-156-303-218
GROUPE 83:	3	152-157-151-205-208-303
GROUPE 85:	18	152-157-154-303-204
GROUPE 86:	3	152-157-155-204
GROUPE 88:	1	152-157-203-206(1)-303
GROUPE 90:	1	152-157-303-101-150-151-205-206(1)-202-209-213
GROUPE 94:	1	152-157-303-201-102-151-206(1)-202-206-208-214
GROUPE 95:	1	152-158-156-203-214
GROUPE 96:	2	152-210-213
GROUPE 97:	4	153-156-202-215-214-303
GROUPE 98:	1	153-156-203-201-214-303
GROUPE 100:	1	153-156-203-206-214
GROUPE 101:	1	153-156-203-206-303
GROUPE 102:	3	153-156-203-213-303-206

GROUPE NO:	QTE	SEQUENCE DE FABRICATION
GROUPE D		
GROUPE 103:	10	153-156-203-214-303
GROUPE 105:	1	153-156-203-214-303
GROUPE 104:	1	153-156-203-214-213-303-220
GROUPE 106:	3	153-156-203-218-206(1)-303
GROUPE 108:	2	153-156-206-203-214-303
GROUPE 109:	2	153-156-303-203-206(1)
GROUPE 110:	5	153-156-303-206(1)-203
GROUPE 111:	1	153-156-303-206(1)-203-202-214
GROUPE 112:	3	153-157-151-205-208-303
GROUPE 113:	2	153-157-154-203-214-303
GROUPE 114:	16	153-157-154-303-204
GROUPE 115:	1	154-152-203-202-206-214-303
GROUPE 116:	1	154-203-207-206-303
GROUPE 117:	2	154-156-151-202
GROUPE 118:	1	154-156-157-202
GROUPE 119:	1	154-156-201-203-206(1)-213-303
GROUPE 120:	6	154-156-201-151-214-303
GROUPE 121:	2	154-156-202-208-209-303
GROUPE 122:	1	154-156-202-208-214-303
GROUPE 123:	1	154-156-202-213
GROUPE 124:	20	154-156-202-215-214
GROUPE 125:	3	154-156-202-303-208-206(1)
GROUPE 126:	1	154-156-202-303-218-209-215
GROUPE 127:	1	154-156-202-303-206(1)-206(2)-213
GROUPE 128:	4	154-156-203-200-303
GROUPE E		
GROUPE 129:	1	154-156-203-202-206(1)-214-303
GROUPE 131:	2	154-156-203-202-206(1)-214-303
GROUPE 133:	6	154-156-203-202-214-303
GROUPE 134:	1	154-156-203-202-303
GROUPE 135:	18	154-156-203-206(1)-202-214-303
GROUPE 136:	2	154-156-203-206(1)-214-303-200
GROUPE 137:	7	154-156-203-206(1)-202-209-303
GROUPE 138:	1	154-156-203-206(1)-213-303
GROUPE 139:	1	154-156-203-206(1)-303-202-206(2)
GROUPE 140:	1	154-156-203-206(1)-303
GROUPE 141:	2	154-156-203-206-303

GROUPE NO:	QTE	SEQUENCE DE FABRICATION
GROUPE 142:	1	154-156-203-206(1)-303-206(2)-201-214
GROUPE 143:	1	154-156-203-207-206(1)-215-303
GROUPE 144:	1	154-156-203-207-206(1)-214-303
GROUPE 145:	6	154-156-203-208-209-303
GROUPE 146:	1	154-156-203-209-303-206(1)-201-206(2)
GROUPE 147:	3	154-156-203-213-209-303-206(1)
GROUPE F		
GROUPE 148:	4	154-156-203-213-214-220-303
GROUPE 149:	1	154-156-203-213-214-220-303
GROUPE 150:	5	154-156-203-213-303-206
GROUPE 151:	2	154-156-203-213-303
GROUPE 152:	12	154-156-203-214-206(1)-303
GROUPE 153:	19	154-156-203-214-303
GROUPE 154:	4	154-156-203-214-215-303
GROUPE 155:	3	154-156-203-214-303
GROUPE 156:	1	154-156-203-215-303
GROUPE 157:	3	154-156-203-214-303-206
GROUPE 158:	1	154-156-203-218-151-303
GROUPE 159:	1	154-156-203-218-202-303
GROUPE 160:	24	154-156-203-218-206(1)-303
GROUPE 161:	3	154-156-203-218-303
GROUPE 165:	1	154-156-203-303-214-220
GROUPE 166:	1	154-156-203-303-206(1)-206(2)-214
GROUPE 167:	3	154-156-203-303-218
GROUPE G		
GROUPE 168:	11	154-156-203-303
GROUPE 169:	1	154-156-203-303
GROUPE 170:	1	154-156-203-303-218-202
GROUPE 171:	2	154-156-204
GROUPE 172:	1	154-156-206-203-201
GROUPE 173:	2	154-156-206(1)-203-303
GROUPE 174:	6	154-156-206(1)-201-206(2)-214-303
GROUPE 176:	2	154-156-213-214
GROUPE 177:	1	154-156-218-214-303
GROUPE 178:	1	154-156-218-202-214-303
GROUPE 179:	1	154-156-218-303
GROUPE 180:	1	154-156-303-201-213-220

GROUPE NO:	QTE	SEQUENCE DE FABRICATION
GROUPE 181:	1	154-156-303-201-206(1)
GROUPE 182:	5	154-156-303-202-218-209-215
GROUPE 183:	1	154-156-303-203-206-202
GROUPE 184:	7	154-156-303-203-206-201
GROUPE 185:	1	154-156-303-203-206(1)-202
GROUPE 186:	1	154-156-203-303-218-202
GROUPE 187:	2	154-156-303-204
GROUPE 188:	3	154-156-303-206(1)-203-201
GROUPE 189:	9	154-156-303-206(1)-203-202
GROUPE 190:	2	154-156-303-206(1)-203
GROUPE 191:	10	154-156-303-206(1)-206(2)-201-214
GROUPE 192:	2	154-156-303-206(1)-206(2)-201
GROUPE 193:	1	154-156-303-206(1)-206(2)-201
GROUPE 194:	1	154-156-303-206(1)-206(2)-207-203
GROUPE 195:	1	154-156-303-208-202-206(1)-214
GROUPE 196:	1	154-157-151-303-208
GROUPE 197:	1	154-157-203-206(1)-303
GROUPE 198:	22	154-157-204
GROUPE 199:	2	154-157-206(1)202-203-206(2)-214-303
GROUPE 200:	3	154-157-155-204
GROUPE 201:	1	154-157-201-202-214
GROUPE 202:	2	154-157-206-202
GROUPE 203:	1	154-203-303-206(1)-206(2)-201-214
GROUPE 204:	2	155-156-202-213
GROUPE 205:	1	155-157-151-205-208-303
GROUPE 206:	1	157-200-201-202-214-206(1)
GROUPE 207:	1	158-156-202
GROUPE 210:	1	200-100-101-201-204-202-206(1)-213-303
GROUPE 212:	2	200-100-101-201-204-214-303
GROUPE 214:	2	200-100-101-201-207-214-303
GROUPE 215:	1	200-100-101-201-204-212-303
GROUPE 216:	1	200-100-101-201-203
GROUPE 218:	2	200-100-101-201-204-202-214-303
GROUPE 219:	1	200-100-101-201-204-207-214-303
GROUPE 220:	12	200-100-101-201-204-202-206-214-303
GROUPE 224:	2	200-100-101-201-214-206(1)-213-303
GROUPE 225:	1	200-100-101-206(1)-201-204-202-214-303
GROUPE 227:	1	200-101-100-201-206-303
GROUPE 228:	1	200-101-156-202-206-201
GROUPE 229:	3	200-217-214
GROUPE 230:	1	200-151-303-101
GROUPE 231:	1	200-157-201-202-206(1)-213
GROUPE 232:	11	200-100-101-201-204-206-207-213-214-303

GROUPE NO:	QTE	SEQUENCE DE FABRICATION
GROUPE 233:	2	200-303-101-217-212
GROUPE H		
GROUPE 234:	8	200-214
GROUPE 235:	2	200-214
GROUPE 266:	1	200-214
GROUPE 267:	7	200-214
GROUPE 236:		200-201-101-212-206(1)
GROUPE 238:	1	200-201-206(1)-204-212-303
GROUPE 239:	1	200-201-204-214
GROUPE 241:	3	200-201-202-204-206(1)-217-214-213
GROUPE 242:	1	200-201-204-207-217-214
GROUPE 243:	1	200-201-204-213
GROUPE 245:	1	200-201-206(1)
GROUPE 246:	1	200-201-206-204-212-303
GROUPE 247:	1	200-201-206(1)-204-214
GROUPE 248:	3	200-201-206-214-303
GROUPE 249:	1	200-201-206(1)-212
GROUPE 250:	4	200-201-206(1)-214
GROUPE 252:	1	200-201-207-206(1)-214
GROUPE 253:	2	200-201-213-214-303
GROUPE 254:	3	200-201-214-303
GROUPE 255:	2	200-201-217
GROUPE 256:	6	200-203-206(1)-214-303
GROUPE 257:	1	200-203-206-303
GROUPE 258:	1	200-203-206-214
GROUPE 259:	1	200-203-215
GROUPE 260:	3	200-204-217-207-213-214
GROUPE 261:	1	200-204-303-214
GROUPE 262:	1	200-206(1)-206(2)-303
GROUPE 263:	3	200-206(1)-207-214-303
GROUPE 264:	1	200-206-207-214
GROUPE 265:	1	200-206-212
GROUPE 268:	4	200-217-207-214
GROUPE 269:	9	200-217-212
GROUPE 270:	5	200-214-303
GROUPE 271:	2	200-303-101-201-217
GROUPE 272:	2	200-303-101-201-206
GROUPE 273:	1	200-303-101-201-206(1)-207-213-214
GROUPE 275:	1	200-201-204-303
GROUPE 277:	6	200-201-206(1)

GROUPE NO:	QTE	SEQUENCE DE FABRICATION
GROUPE 279:	1	200-201-204-206(1)-213
GROUPE 280:	3	200-201-204-206(1)-207-214
GROUPE 281:	1	200-201-204-206(1)
GROUPE 282:	1	200-201-204-202-206-214-303
GROUPE 283:	4	200-201-204-206-213-214
GROUPE 284:	1	200-201-206
GROUPE 286:	1	200-201-202-206(1)-214
GROUPE 287:	1	200-201-202-207-206-213-214
GROUPE 288:	1	200-201-204-213-214
GROUPE 289:	1	200-201-204-214-303
GROUPE 290:	2	200-201-204-202-214-303
GROUPE 291:	1	200-201-204-202-206(1)-214-303
GROUPE 292:	1	200-201-204-202-213-214
GROUPE 293:	2	200-201-204-206(1)-214-303
GROUPE 294:	15	200-201-204-206(1)-213-214-303
GROUPE 295:	5	200-201-204-207-213-214-303
GROUPE 296:	1	200-201-204-207-206(1)-214
GROUPE 297:	4	200-201-204-213-214
GROUPE 298:	1	200-201-204-213-214-303
GROUPE 299:	1	200-201-204-217-213-214
GROUPE 300:	6	200-201-204-303
GROUPE 301:	1	200-201-204-303-214
GROUPE 302:	4	200-201-204
GROUPE 303:	1	200-201-206-214-207-303
GROUPE 304:	1	200-201-206(1)-213
GROUPE 305:	1	200-201-206-303
GROUPE 306:	1	200-201-206(1)-214
GROUPE 307:	1	200-201-206(1)-214-303
GROUPE 308:	1	200-201-206(1)-214-303
GROUPE 309:	1	200-201-206(1)-207-206(2)-214
GROUPE 310:	4	200-201-206-214-303
GROUPE 311:	1	200-201-206-217-214
GROUPE 312:	5	200-201-207-206-217-214-303
GROUPE 313:	3	200-201-214-204-206
GROUPE 314:	1	200-201-217-303
GROUPE 315:	1	200-201-217
GROUPE 316:	1	200-201-218
GROUPE 318:	1	200-202-201-214-303
GROUPE 319:	4	200-203-206-214-303
GROUPE 320:	1	200-204-214-303
GROUPE 321:	1	200-204-206(1)-213
GROUPE 322:	2	200-204-207-206-213
GROUPE 323:	1	200-205

GROUPE NO:	QTE	SEQUENCE DE FABRICATION
GROUPE 324:	4	200-206(1)-206(2)-303
GROUPE 325:	1	200-206(2)-206(2)
GROUPE 326:	1	200-206-202-214
GROUPE 327:	1	200-206(1)
GROUPE 328:	1	200-206(1)-214
GROUPE 330:	1	200-206-213
GROUPE 332:	7	200-207-214
GROUPE 333:	1	200-207-213-214
GROUPE 334:	3	200-207-214-303
GROUPE 335:	1	200-213-204
GROUPE 336:	1	200-217
GROUPE 337:	2	200-217-212
GROUPE I		
GROUPE 338:	1	200
GROUPE 341:	1	200
GROUPE 208:	36	200
GROUPE 339:	6	200-303-101-201-206(1)
GROUPE 340:	1	200-303-214-206(1)
GROUPE 343:	2	201-206(1)-303
GROUPE 344:	1	201-217-212
GROUPE 345:	1	201-202-206(1)
GROUPE 347:	1	201-204-200-213-303
GROUPE 348:	1	201-207
GROUPE 349:	1	202-100-101-201-204-303
GROUPE 350:	8	202-201-206(1)-214
GROUPE 351:	4	202-206-207
GROUPE 352:	3	202-206(1)214-303
GROUPE 353:	6	207
GROUPE 354:	2	213-157
GROUPE 355:	1	214-157
GROUPE 356:	6	217
GROUPE 357:	1	218-157

MATRICE INITIALE

GROUPE	100		152	154		157																			
	101	151	153	155	156	158	200	201	202	203	204	205	206	206	207	208	209	210	212	213	214	215	217	218	303
3	1						1	1	1		1		1								1				1
4	1						1	1	1		1				1						1				1
8		1			1			1				1	1	1							1				1
9		1			1							1	1	1						1	1				
10		1			1							1	1		1	1				1					1
17		1			1					1						1								1	1
18			1	1	1						1														
19			1	1	1	1		1					1		1										1
20		1	1		1		1														1				1
21			1		1			1													1			1	1
23			1		1				1				1								1				1
25			1		1				1				1							1	1	1			
27			1		1				1												1				
28			1		1				1												1	1			
A			1		1				1	1			1								1				1
33			1		1					1	1									1					1
35			1	1	1					1			1				1								1
36			1		1				1	1			1												1
B			1		1					1			1							1	1				1
38			1		1					1			1		1		1								1
42			1		1				1	1			1		1					1					1
43			1	1	1					1			1		1					1					1
44			1		1					1			1				1								1
45			1		1					1			1							1					1
46			1		1					1			1							1					1
47			1		1					1											1				1
48			1		1				1	1											1				
49			1		1					1			1								1				1
50			1		1					1			1								1				1
51			1		1					1											1	1			
52			1		1					1					1						1	1		1	1
53		1	1		1	1				1											1				1
54			1		1				1	1			1				1				1				1
54.1			1		1				1	1			1				1				1				1
55			1		1					1			1												1
56			1		1					1			1							1					1
57			1		1				1	1														1	1
58			1		1					1					1									1	1
59			1		1					1			1											1	1
C			1		1					1															1
62			1		1							1			1						1	1		1	1
63			1		1				1				1								1				
64			1		1								1								1				1

MATRICE INITIALE

GROUPE	100		152	154		157																			
	101	151	153	155	156	158	200	201	202	203	204	205	206	206	207	208	209	210	212	213	214	215	217	218	303
69			1		1																			1	1
70			1		1					1								1		1					1
71			1		1			1																	1
72			1		1				1				1			1									1
73			1		1				1												1				1
74			1		1				1	1			1												1
75			1		1				1	1			1			1									1
76			1		1						1														1
77			1		1			1					1								1				1
78			1		1				1				1								1				1
79			1		1			1	1				1	1											1
80			1		1																			1	1
83		1	1			1						1				1									1
85			1	1		1					1														1
86			1	1		1					1														
88			1			1				1			1												1
90	1	1	1			1			1			1	1				1			1					1
94		1	1			1		1	1				1	1		1					1				1
95			1		1	1				1											1				
96			1															1		1					
97			1		1				1												1	1			1
98			1		1			1		1											1				1
100			1		1					1			1								1				
101			1		1					1			1												1
102			1		1					1			1							1					1
D			1		1					1											1				1
104			1		1															1	1				1
106			1		1					1			1											1	1
108			1		1					1			1								1				1
109			1		1					1			1												1
110			1		1					1			1												1
111			1		1				1	1			1								1				1
112		1	1			1						1				1									1
113			1	1		1				1											1				1
114			1	1		1					1														1
115			1	1					1	1			1								1				1
116				1						1			1		1										1
117		1		1	1				1																
118				1	1	1			1																
119				1	1			1		1			1							1					1
120		1		1	1			1													1				1
121				1	1				1							1	1								1
122				1	1				1							1					1				1

MATRICE INITIALE

GROUPE	100		152	154		157																			
	101	151	153	155	156	158	200	201	202	203	204	205	206	206	207	208	209	210	212	213	214	215	217	218	303
123				1	1				1											1					
124				1	1				1												1	1			
125				1	1				1				1			1									1
126				1	1				1								1					1		1	1
127				1	1				1				1	1						1					1
128				1	1		1			1															1
E				1	1				1	1			1								1				1
133				1	1				1	1											1				1
134				1	1				1	1															1
135				1	1				1	1			1								1				1
136				1	1		1			1			1								1				1
137				1	1				1	1			1				1								1
138				1	1					1			1							1					1
139				1	1				1	1			1	1											1
140				1	1					1			1												1
141				1	1					1			1												1
142				1	1			1		1			1	1							1				1
143				1	1					1			1		1							1			1
144				1	1					1			1		1						1				1
145				1	1					1						1	1								1
146				1	1			1		1			1	1			1								1
147				1	1					1			1				1			1					1
F				1	1					1										1	1				1
150				1	1					1			1							1					1
151				1	1					1										1					1
152				1	1					1			1								1				1
153				1	1					1											1				1
154				1	1					1											1	1			1
155				1	1					1											1				1
156				1	1					1												1			1
157				1	1					1			1								1				1
158		1		1	1					1														1	1
159				1	1				1	1														1	1
160				1	1					1			1											1	1
161				1	1					1														1	1
165				1	1					1											1				1
166				1	1					1			1	1							1				1
167				1	1					1														1	1
G				1	1					1															1
170				1	1				1	1														1	1
171				1	1						1														
172				1	1			1		1			1												
173				1	1					1			1												1

MATRICE INITIALE

GROUPE	100	101	151	152	153	154	155	156	157	158	200	201	202	203	204	205	206	206	207	208	209	210	212	213	214	215	217	218	303
174							1	1				1					1	1							1				1
176							1	1																1	1				
177							1	1																	1			1	1
178							1	1					1												1			1	1
179							1	1																				1	1
180							1	1				1												1					1
181							1	1				1					1												1
182							1	1					1								1					1		1	1
183							1	1					1	1			1												1
184							1	1				1		1			1												1
185							1	1					1	1			1												1
186							1	1					1	1														1	1
187							1	1							1														1
188							1	1				1		1			1												1
189							1	1					1	1			1												1
190							1	1						1			1												1
191							1	1				1					1	1							1				1
192							1	1				1					1	1											1
193							1	1				1					1	1											1
194							1	1						1			1	1	1										1
195							1	1					1				1			1					1				1
196			1				1			1										1									1
197							1			1				1			1												1
198							1			1					1														
199							1			1			1	1			1	1							1				1
200							1			1					1														
201							1			1		1	1												1				
202							1			1			1				1												
203							1					1		1			1	1							1				1
204							1	1					1											1					
205			1				1			1						1				1									1
206										1	1	1	1				1								1				
207									1	1			1																
210	1										1	1	1		1		1							1					1
212	1										1	1			1										1				1
214	1										1	1							1						1				1
215	1										1	1			1								1						1
216	1										1	1		1															
218	1										1	1	1		1										1				1
219	1										1	1			1				1						1				1
220	1										1	1	1		1		1								1				1
224	1										1	1					1							1	1				1
225	1										1	1	1		1		1								1				1

MATRICE INITIALE

GROUPE	100			152	154		157																			
	101	151		153	155	156	158	200	201	202	203	204	205	206	206	207	208	209	210	212	213	214	215	217	218	303
227	1							1	1					1												1
228	1					1		1	1	1				1												
229								1														1		1		
230	1	1						1																		1
231							1	1	1	1				1							1					
232	1							1	1			1		1		1					1	1				1
233	1							1												1				1		1
H								1														1				
236	1							1	1					1						1						
238								1	1			1		1						1						1
239								1	1			1										1				
241								1	1	1		1		1							1	1		1		
242								1	1			1				1						1		1		
243								1	1			1									1					
245								1	1					1												
246								1	1			1		1						1						1
247								1	1			1		1								1				
248								1	1					1								1				1
249								1	1					1						1						
250								1	1					1								1				
252								1	1					1		1						1				
253								1	1												1	1				1
254								1	1													1				1
255								1	1															1		
256								1			1			1								1				1
257								1			1			1												1
258								1			1			1								1				
259								1			1												1			
260								1				1				1					1	1		1		
261								1				1										1				1
262								1						1	1											1
263								1						1		1						1				1
264								1						1		1						1				
265								1						1						1						
268								1								1						1		1		
269								1												1				1		
270								1														1				1
271	1							1	1															1		1
272	1							1	1					1												1
273	1							1	1					1		1					1	1				1
275								1	1			1														1
277								1	1					1												
279								1	1			1		1							1					

MATRICE INITIALE

GROUPE	100		152	154		157																			
	101	151	153	155	156	158	200	201	202	203	204	205	206	206	207	208	209	210	212	213	214	215	217	218	303
280							1	1			1		1		1						1				
281							1	1			1		1												
282							1	1	1		1		1								1				1
283							1	1			1		1							1	1				
284							1	1					1												
286							1	1	1				1								1				
287							1	1	1				1		1					1	1				
288							1	1			1									1	1				
289							1	1			1										1				1
290							1	1	1		1										1				1
291							1	1	1		1		1								1				1
292							1	1	1		1									1	1				
293							1	1			1		1								1				1
294							1	1			1		1							1	1				1
295							1	1			1				1					1	1				1
296							1	1			1		1		1						1				
297							1	1			1									1	1				
298							1	1			1									1	1				1
299							1	1			1									1	1		1		
300							1	1			1														1
301							1	1			1										1				1
302							1	1			1														
303							1	1					1		1						1				1
304							1	1					1							1					
305							1	1					1												1
306							1	1					1								1				
307							1	1					1								1				1
308							1	1					1								1				1
309							1	1					1	1	1						1				
310							1	1					1								1				1
311							1	1					1								1		1		
312							1	1					1		1						1		1		1
313							1	1			1		1								1				
314							1	1															1		1
315							1	1															1		
316							1	1																1	
318							1	1	1												1				1
319							1			1			1								1				1
320							1				1										1				1
321							1				1		1							1					
322							1				1		1		1					1					
323							1					1													
324							1						1	1											1

MATRICE INITIALE

GROUPE	100			152	154		157																		
	101	151	153	155	156	158	200	201	202	203	204	205	206	206	207	208	209	210	212	213	214	215	217	218	303
325							1						1	1											
326							1		1				1								1				
327							1						1												
328							1						1								1				
330							1						1							1					
332							1								1						1				
333							1								1					1	1				
334							1								1						1				1
335							1				1									1					
336							1																1		
337							1												1				1		
I							1																		
339	1						1	1					1												1
340							1						1								1				1
343							1						1												1
344								1											1				1		
345								1	1				1												
347							1	1			1									1					1
348								1							1										
349	1							1	1		1														1
350								1	1				1								1				
351									1				1		1										
352									1				1								1				1
353															1										
354						1														1					
355						1															1				
356																							1		
357						1																		1	

MATRICE INITIALE MODIFIEE

GROUPE		PANNEAUX					BOIS SOLIDE											MACHINES NON DEDIEES								
	QTE	100					154			152	157															
		101	200	201	204	217	155	156	203	153	158	151	205	208	209	210	218	202	206	214	213	212	207	206	215	303
229	3		1			1														1						
238	1		1	1	1														1			1				1
239	1		1	1	1															1						
241	3		1	1	1	1												1	1	1	1					
242	1		1	1	1	1														1			1			
243	1		1	1	1																1					
245	1		1	1															1							
246	1		1	1	1														1			1				1
247	1		1	1	1														1	1						
248	3		1	1															1	1						1
249	1		1	1															1			1				
250	4		1	1															1	1						
252	1		1	1															1	1			1			
253	2		1	1																1	1					1
254	3		1	1																1						1
255	2		1	1		1																				
260	3		1		1	1														1	1		1			
261	1		1		1															1						1
263	3		1																1	1			1			1
264	1		1																1	1			1			
265	1		1																1			1				
268	4		1			1														1			1			
269	9		1			1																1				
275	1		1	1	1																					1
277	6		1	1															1							
279	1		1	1	1														1		1					
280	3		1	1	1														1	1			1			
281	1		1	1	1														1							
282	1		1	1	1													1	1	1						1
283	4		1	1	1														1	1	1					
284	1		1	1															1							
286	1		1	1															1	1						1
287	1		1	1														1	1	1	1		1			
288	1		1	1	1															1	1					
289	1		1	1	1															1						1
290	2		1	1	1													1		1						1
291	1		1	1	1													1	1	1						1
292	1		1	1	1													1		1	1					
293	2		1	1	1														1	1						1
294	15		1	1	1														1	1	1					1
295	5		1	1	1															1	1		1			1
296	1		1	1	1														1	1			1			

MATRICE INITIALE MODIFIEE

GROUPE		PANNEAUX					BOIS SOLIDE											MACHINES NON DEDIEES								
	QTE	100					154			152	157															
		101	200	201	204	217	155	156	203	153	158	151	205	208	209	210	218	202	206	214	213	212	207	206	215	303
297	4		1	1	1															1	1					
298	1		1	1	1															1	1					1
299	1		1	1	1	1														1	1					
300	6		1	1	1																					1
301	1		1	1	1															1						1
302	4		1	1	1																					
303	1		1	1															1	1			1			1
304	1		1	1															1		1					
305	1		1	1															1							1
306	1		1	1															1	1						
307	1		1	1															1	1						1
308	1		1	1															1	1						1
310	4		1	1															1	1						1
311	1		1	1		1													1	1						
312	5		1	1		1													1	1			1			1
313	3		1	1	1														1	1						
314	1		1	1		1																				1
315	1		1	1		1																				
318	1		1	1														1		1						1
320	1		1		1															1						1
321	1		1		1														1		1					
322	2		1		1														1		1		1			
326	1		1															1	1	1						
327	1		1																1							
328	1		1																1	1						
330	1		1																1		1					
332	7		1																	1			1			
333	1		1																	1	1		1			
334	3		1																	1			1			1
335	1		1		1																1					
336	1		1			1																				
337	2		1			1																1				
340	1		1																1	1						1
343	2			1															1							1
344	1			1		1																1				
345	1			1															1							1
347	1		1	1	1																1					1
348	1			1																			1			
H	18		1																	1						
I	38		1																							
3	4	1	1	1	1													1	1	1						1
4	4	1	1	1	1													1		1			1			1

MATRICE INITIALE MODIFIEE

GROUPE		PANNEAUX					BOIS SOLIDE											MACHINES NON DEDIEES								
	QTE	100					154			152	157															
		101	200	201	204	217	155	156	203	153	158	151	205	208	209	210	218	202	206	214	213	212	207	206	215	303
210	1	1	1	1	1													1	1		1					1
212	2	1	1	1	1															1						1
214	2	1	1	1																1			1			1
215	1	1	1	1	1																	1				1
216	1	1	1	1																						
218	2	1	1	1	1													1		1						1
219	1	1	1	1	1															1			1			1
220	12	1	1	1	1													1	1	1						1
224	2	1	1	1															1	1	1					1
225	1	1	1	1	1													1	1	1						1
227	1	1	1	1															1							1
230	1	1	1									1														1
232	11	1	1	1	1														1	1	1		1			1
233	2	1	1			1																1				1
236	1	1	1	1															1			1				
271	2	1	1	1		1																				1
272	2	1	1	1															1							1
273	1	1	1	1															1	1	1		1			1
339	6	1	1	1															1							1
323	1		1										1													
231	1		1	1							1							1	1		1					
256	6		1						1										1	1						1
257	1		1						1										1							1
258	1		1						1										1	1						
319	4		1						1										1	1						1
18	1				1		1	1		1																
23	1							1		1								1	1	1						1
27	3							1		1								1		1						
33	1				1			1	1	1											1					1
35	1						1	1	1	1					1				1							1
36	3							1	1	1								1	1							1
38	2							1	1	1					1				1				1			1
42	1							1	1	1								1	1		1		1			1
43	1						1	1	1	1									1		1		1			1
44	1							1	1	1					1				1							1
45	3							1	1	1									1		1					1
47	26							1	1	1										1						1
48	1							1	1	1								1		1						
49	2							1	1	1									1	1						1
50	2							1	1	1									1	1						1
54	3							1	1	1					1			1	1	1						1
54.1	1							1	1	1					1			1	1	1						1

MATRICE INITIALE MODIFIEE

GROUPE		PANNEAUX					BOIS SOLIDE										MACHINES NON DEDIEES								
	QTE	100					154			152	157														
		101	200	201	204	217	155	156	203	153	158	151	205	208	209	210	218	202	206	214	213	212	207	206	215	303
55	1							1	1	1									1							1
56	1							1	1	1									1		1					1
63	1							1		1								1	1	1						
64	1							1		1									1	1						1
73	2							1		1								1		1						1
74	2							1	1	1								1	1							1
76	1				1			1		1																1
78	1							1		1								1	1	1						1
85	18				1		1			1	1															1
86	3				1		1			1	1															
88	1								1	1	1								1							1
100	1							1	1	1									1	1						
101	1							1	1	1									1							1
102	3							1	1	1									1		1					1
108	2							1	1	1									1	1						1
109	2							1	1	1									1							1
110	5							1	1	1									1							1
111	1							1	1	1								1	1	1						1
113	2						1		1	1	1												1			
153	19						1	1	1											1						1
155	3						1	1	1											1						1
157	3						1	1	1										1	1						1
171	2				1		1	1																		
173	2						1	1	1										1							1
176	2						1	1												1	1					
183	1						1	1	1									1	1							1
185	1						1	1	1									1	1							1
187	2				1		1	1																		1

MATRICE INITIALE MODIFIEE

GROUPE		PANNEAUX					BOIS SOLIDE											MACHINES NON DEDIEES								
	QTE	100					154			152	157															
		101	200	201	204	217	155	156	203	153	158	151	205	208	209	210	218	202	206	214	213	212	207	206	215	303
189	9						1	1	1									1	1							1
190	2						1	1	1										1							1
197	1						1		1		1								1							1
198	22				1		1				1															
200	3				1		1				1															
202	2						1				1							1	1							
351	4																	1	1				1			
353	6																						1			
354	2										1										1					
355	1										1									1						
356	6					1																				
A	13							1	1	1								1	1	1						1
B	26							1	1	1									1	1	1					1
C	8							1	1	1																1
D	11							1	1	1										1						1
E	3						1	1	1									1	1	1						1
G	12						1	1	1																	1
20	2		1					1		1		1								1						1
71	1			1				1		1																1
77	2			1				1		1									1	1						1
90	1	1								1	1	1	1		1			1	1		1					1
98	1			1				1	1	1										1						1
119	1			1			1	1	1										1		1					1
120	6			1			1	1				1								1						1
128	4		1				1	1	1																	1
136	2		1				1	1	1										1	1						1
172	1			1			1	1	1										1							
181	1			1			1	1											1							1
184	7			1			1	1	1										1							1
188	3			1			1	1	1										1							1
201	1			1			1				1							1		1						
204	2						1	1										1			1					
206	1		1	1							1							1	1	1						
228	1	1	1	1				1										1	1							
349	1	1		1	1													1								1
350	8			1														1	1	1						
352	3																	1	1	1						1
259	1		1																						1	1
262	1		1																1					1		1
309	1		1	1															1	1			1	1		
316	1		1	1													1									
324	4		1																1					1		1

MATRICE INITIALE MODIFIEE

GROUPE		PANNEAUX					BOIS SOLIDE											MACHINES NON DEDIEES								
	QTE	100					154			152	157															
		101	200	201	204	217	155	156	203	153	150	151	205	208	209	210	218	202	206	214	213	212	207	206	215	303
325	1		1																1					1		
25	1							1		1								1	1	1	1				1	
28	5							1		1								1		1					1	
46	2							1	1	1									1		1					1
51	2							1	1	1										1					1	
52	6							1	1	1							1			1			1		1	1
59	1							1	1	1							1		1							1
69	1							1		1							1									1
70	2							1	1	1						1					1					1
72	5									1				1				1	1	1						1
75	1							1	1	1				1				1	1							1
80	1							1		1							1									1
95	1							1	1	1	1									1						
96	2									1						1					1					
97	4							1		1								1		1					1	1
104	1							1	1	1										1	1					1
106	3							1	1	1							1		1							1
122	1						1	1						1				1		1						1
124	20						1	1										1		1					1	
125	3						1	1						1				1	1							1
127	1						1	1										1	1		1			1		1
139	1						1	1	1									1	1					1		1
143	1						1	1	1										1				1		1	1
154	4						1	1	1											1					1	1
156	1						1	1	1																1	1
159	1						1	1	1								1	1								1
160	24						1	1	1								1		1							1
165	1						1	1	1											1						1
166	1						1	1	1										1	1				1		1
167	3						1	1	1								1									1
177	1						1	1									1			1						1
179	1						1	1									1									1
194	1						1	1	1										1				1	1		1
195	1						1	1						1				1	1	1						1
199	2						1		1		1							1	1	1						1
207	1							1			1							1	1							
357	1										1						1									
F	5						1	1	1											1	1					1
19	1			1			1	1		1	1								1				1			1
21	2			1				1		1							1			1						1
79	3			1				1		1								1	1					1		1
142	1			1			1	1	1										1	1				1		1

MATRICE INITIALE MODIFIEE

GROUPE		PANNEAUX					BOIS SOLIDE											MACHINES NON DEDIEES								
	QTE	100					154			152	157															
		101	200	201	204	217	155	156	203	153	158	151	205	208	209	210	218	202	206	214	213	212	207	206	215	303
174	6			1			1	1											1	1				1		1
180	1			1			1	1													1					1
191	10			1			1	1											1	1				1		1
192	2			1			1	1											1					1		1
193	1			1			1	1											1					1		1
203	1			1			1		1										1	1				1		1
8	4			1				1				1	1						1	1				1		1
9	2							1				1	1						1	1	1			1		
10	1							1				1	1	1					1		1		1			1
17	1							1	1			1		1			1									1
53	1							1	1	1	1	1								1						1
62	1							1		1			1				1			1			1		1	1
83	3									1	1	1	1	1												1
94	1			1						1	1	1		1				1	1	1				1		1
112	3									1	1	1	1	1												1
121	2						1	1						1	1			1								1
126	1						1	1							1		1	1							1	1
145	6						1	1	1					1	1											1
146	1			1			1	1	1						1				1					1		1
158	1						1	1	1			1					1									1
182	5						1	1							1		1	4							1	1
196	1						1				1	1		1												1
205	1						1				1	1	1	1												1

MATRICE FINALE

GROUPE	QTE	PANNEAUX										MACHINES NON-DEDIEES						
		100			*			*					*				*	
		101	280	201	283	206	204	202	287	206	217	213	201	214	215	212	206	303
284	1		1	2		3												
327	1		1			2												
302	4		1	2			3											
348	1			1					2									
336	1		1								2							
255	2		1	2							3							
315	1		1	2							3							
245	1		1	2		3												
277	6		1	2		3												
281	1		1	2			3			4								
216	1	2	1	3														
325	1		1			2				3								
356	6										1							
I	38		1															
238	1		1	2		3	4									5		6
246	1		1	2		3	4									5		6
247	1		1	2		3	4							5				
326	1		1			2		3						4				
263	3		1			2			3					4				5
264	1		1			2			3					4				
311	1		1	2		3					4			5				
330	1		1			2						3						
249	1		1	2		3										4		
265	1		1			2										3		
248	3		1	2		3								4				5
250	4		1	2		3								4				
286	1		1	2		4								5				3
306	1		1	2		3								4				
307	1		1	2		3								4				5
310	4		1	2		3								4				5
328	1		1			2								3				
305	1		1	2		3												4
343	2			1		2												3
345	1			1		3												2
272	2	3	1	4		5												2
4	4	1	2	3			4	5	6					7				8
210	1	2	1	3			4	5		6		7						8
3	4	1	2	3			4	5		6				7				8
282	1		1	2			3	4		5				6				7
292	1		1	2			3	4				5		6				
290	2		1	2			3	4						5				6
322	2		1				2		3	4		5						

MATRICE FINALE

GROUPE	QTE	PANNEAUX										MACHINES NON-DEDIEES						
		100			*			*					*				*	
		101	200	201	203	206	204	202	207	206	217	213	201	214	215	212	206	303
296	1		1	2			3		4	5				6				
242	1		1	2			3		4		5			6				
295	5		1	2			3		4			5		6				7
283	4		1	2			3			4		5		6				
297	4		1	2			3					4		5				
298	1		1	2			3					4		5				6
243	1		1	2			3					4						
239	1		1	2			3							4				
289	1		1	2			3							4				5
301	1		1	2			3							5				4
261	1		1				2							4				3
300	6		1	2			3											4
312	5		1	2					3	4	5			6				7
252	1		1	2					3	4				5				
333	1		1						2			3		4				
332	7		1						2					3				
334	3		1						2					3				4
269	9		1								2					3		
337	2		1								2					3		
344	1			1							2					3		
233	2	3	1								4					5		2
229	3		1								2			3				
271	2	3	1	4							5							2
314	1		1	2							3							4
253	2		1	2								3		4				5
254	3		1	2										3				4
H	18		1											2				
270	5		1											2				3
256	6		1		2	3								4				5
258	1		1		2	3								4				
319	4		1		2	3								4				5
257	1		1		2	3												4
303	1		1	2		3			4					5				6
236	1	2	1	3		5										4		
340	1		1			3								4				2
241	3		1	2			3	4		5	6	7		8				
347	1			1			2	3				4						5
280	3		1	2			3		4	5				6				
313	3		1	2			3			4				5				
260	3		1				2				3	4		5				
335	1		1				2					3						
318	1		1					2					3	4				5

MATRICE FINALE

GROUPE		PANNEAUX										MACHINES NON-DEDIEES						
	QTE		100		*			*					*				*	
		101	200	201	203	206	204	202	207	206	217	213	201	214	215	212	206	303
225	1	2	1	4		3	5	6						7				8
273	1	3	1	4		5			6			7		8				2
224	2	2	1	3		5						6		4				7
304	1		1	2		3						4						
308	1		1	2		3								4				5
339	6	3	1	4		5												2
227	1	2	1	3		4												5
291	1		1	2			3	4		5				6				7
220	12	2	1	3			4	5		6				7				8
218	2	2	1	3			4	5						6				7
232	11	2	1	3			4		6	5		7		8				9
219	1	2	1	3			4		5					6				7
279	1		1	2			3			4		5						
288	1		1	2			3					4		5				
215	1	2	1	3			4									5		6
212	2	2	1	3			4							5				6
320	1		1				2							3				4
275	1		1	2			3											4
349	1	1	2	3			4											5
287	1		1	2				3	4	5		6		7				
268	4		1						3		2			4				
214	2	2	1	3					4					5				6
309	1		1	2		3			4	5				6				
259	1		1												3			2
262	1		1			2				3								4
324	4		1			2				3								4
294	15		1	2			3			4		5		6				7
321	1		1				2			3		4						
293	2		1	2			3			4				5				6
299	1		1	2			3				4	5		6				

MATRICE FINALE

GROUPE	QTE	BOIS SOLIDE										BOIS SOLIDE									MACHINES NON-DEDIEES						
		154	152				157	*		*			*		*					*		*				*	
		155	153	151	205	156	158	154	203	8	218	206	203	202	201	208	209	207	206	210	213	201	214	215	212	206	303
58	1		1			2			3	4	5							6									
117	2	1		3		2								4													
196	1	1		3			2			4						5											
139	1	1				2			3	5		4		6					7								
207	1													1													
194	1	1				2			7	3		4						6	5								
125	3	1				2				4				3		5			6								
72	5		1			2				3				4		5			6								
75	1		1			2			4	3				6		5			7								
80	1		1			2				3	4																
35	1		1			2			3			4		5			6										7
137	7	1				2			3			4		5			6										7
78	1		1			2				3		4		5									6				
63	1		1			2						3		4									5				
135	10	1				2			3			4		5									6				7
36	3		1			2			3			4		5													6
38	2		1			2			3			4					5	6									7
B	26		1			2			3			4									5		6				7
56	1		1			2			3	4		5									6						
138	1	1				2			3			4									5						6
64	1		1			2						3											4				5
100	1		1			2			3			4											5				
101	1		1			2			3			4															5
140	1	1				2			3			4															5
141	2	1				2			3			4															5
352	3													1					2				3				4
A	13		1			2			3					4					5				6				7
23	1		1			2								3					4				5				6
E	3	1				2			3					4					5				6				7
123	1	1				2								3							4						
27	3		1			2								3									4				
73	2		1			2				3				4									5				
133	6	1				2			3					4									5				6
134	1	1				2			3					4													5
44	1		1			2			3								4		5								6
144	1	1				2			3									4	5				6				7
116	1	1							2									3	4								5
119	1	1				2			3			4									5						6
136	2	1				2			3			4											5				6
88	1		1			2			3			4															5
350	8													1					2				3				

MATRICE FINALE

GROUPE	QTE	BOIS SOLIDE										BOIS SOLIDE									MACHINES NON-OUDIERES						
		154	152				157	*		*			*		*				*			*				*	
		155	153	151	205	156	158	154	203	5	210	206	203	202	201	208	209	207	206	210	213	201	214	215	212	206	303
204	2		1			2								3							4						
98	1		1			2			3					4									5				6
128	4	1				2			3					4													5
354	2																				1						
355	1																						1				
111	1		1			2			5	3		4		6									7				
108	2		1			2						3	4										5				6
151	2	1				2			3												4						5
176	2	1				2															3		4				
47	26		1			2			3														4				5
D	11		1			2			3														4				5
153	19	1				2			3														4				5
155	3	1				2			3														4				5
G	12	1				2			3																		4
C	8		1			2			3																		4
45	3		1			2			3												4					6	5
102	3		1			2			3												4					6	5
150	5	1				2			3												4					6	5
49	2		1			2			3														4			5	6
50	2		1			2			3														4			6	5
152	12	1				2			3														4			5	6
157	3	1				2			3														4			6	5
113	2	3	1				2		4														5				6
158	1	1		5		2			3	6	4																
177	1	1				2					3												4				5
69	1		1			2					3																4
161	3	1				2			3		4																4
167	3	1				2			3	4	5																
179	1	1				2					3																4
53	1		1	5		2	6		3	4													7				
F	5	1				2			3												4		5				6
165	1	1				2			3	4													5				
154	4	1				2			3														4	5			6
156	1	1				2			3															4			5
20	2		1	5		2			3	4													6				
104	1		1			2			3												4		5				6
357	1																				1						
51	2		1			2			3														4	5			
95	1		1			2			3														4				
74	2		1			2			4	3		5		6													
105	1	1				2			4	3		5		6													
202	2	1					2					3		4													

MATRICE FINALE

GROUPE	QTE	BOIS SOLIDE										BOIS SOLIDE									MACHINES NON-DEDIEES						
		154	152				157	*		*			*		*				*			*			*	
		155	153	151	205	156	158	154	203	5	210	206	203	202	201	208	209	207	206	210	213	201	214	215	212	206	303
55	1		1			2			3	4		5														
118	1	1				2	3							4												
353	6																	1								
181	1	1				2			3	4		5														
351	4													1				2	3							
71	1		1			2				3				4												
183	1	1				2			4	3		5		6												
189	9	1				2				3		4	5	6												
190	2	1				2				3		4	5													
109	2		1			2			4	3		5														
110	5		1			2				3		4	5													
57	1		1			2			3	4	5	6														
59	1		1			2			3	4	5	6														
170	1	1				2			3	4	5			6												
106	1	1				2			3	4	5			6												
173	2	1				2						3	4													5
197	1	1					2		3			4														5
54	3		1			2			3	4				5			7		6				8			
54.1	1		1			2			3	4				5			7		6				8			
42	1		1			2			3					7				4	8		5					6
115	1	1	2						3					4					5				6			7
48	1		1			2			3					5									4			
201	1	1					2		3					4									5			
147	3	1				2			3								5		7		4					6
43	1	7	1			2			3									4	8		5					6
106	3		1			2			3		4	5														6
160	24	1				2			3		4	5														6
159	1	1				2			3		4			5												6
170	1	1				2					3			4									5			6
83	3		1	3	4		2									5										6
112	3		1	3	4		2									5										6
166	1	1				2			3	4		5							6				7			
121	2	1				2								3		4	5									6
122	1	1				2								3		4							5			6
20	5		1			2								3									4	5		
145	6	1				2			3							4	5									6
143	1	1				2			3									4	5					6		7
96	2		1																	2	3					
17	1		1			2			3		4					5										6
52	6		1			2			3		4							5					6	7		8
62	1		1			2			3		4							5					6	7		8

MATRICE FINALE

GROUPE	QTE	BOIS SOLIDE										BOIS SOLIDE									MACHINES NON-DEDIEES						
		154	152				157	*		*			*		*				*			*				*	
		155	153	151	205	156	158	154	203	S	218	206	203	202	201	208	209	207	206	210	213	201	214	215	212	206	303
205	1		1	3	4		2									5											6
174	6	1				2			3			4							5				6				7
97	4		1			2								3									4	5			6
124	28	1				2								3									4	5			
180	1	1				2				3				4							5						
146	1	1				2			3								4		6								5
78	2		1			2			4	3										5	6						
126	1	1				2				4	5			3			6							7			
182	5	1				2				3	5			4			6							7			
9	2			1	3	2						4									5		6			7	
18	1			1	3	2										4		5	8		6						7
127	1	1				2				4		5		3					6		7						
199	2	1					2		5			3		4					6				7				8
46	2		1			2			3												4					6	5
195	1	1				2				3				5		4			6				7				
25	1		1			2								3							4		5	6		7	

MATRICE FINALE

GROUPE	QTE	PANNEAUX										BOIS SOLIDE										BOIS SOLIDE									MACHINES NON-DEDIEES						
		100			*			*				154	152				157	*		*			*		*				*			*				*	
		101	200	201	203	206	204	202	207	206	217	155	153	151	205	156	158	154	203	S	210	206	203	202	201	208	209	207	206	210	213	201	214	215	212	206	303
86	3						4					3	1				2																				
171	2						3					1				2																					
107	2						4					1				2				3																	
200	3						4					1	3				2																				
198	22						3					1					2																				
18	1						4					3	1			2																					
85	18						5					3	1				2			4																	
114	16						5					3	1				2			4																	
316	1		1	2																	3																
323	1		1												2																						
172	1						6					1				2			3	4		5															
104	7						6					1				2			4	3		5															
100	3						6					1				2			5	3		4															
79	3												1			2				3		4		6					5			7					
192	2											1				2				3		4							5			6					
193	1											1				2				3		4							5			6					
220	1	2	1													3								4					5			6					
231	1		1	3				4		5							2							4					5		6						
230	1		1											2						3																	
33	1						4						1			2			3												5						6
76	1						4						1			2				3																	
21	2												1			2					4				3								5				6
120	6											1		4		2									3								5				6
77	2												1			2				3		4										5	6				
206	1		2	3													1							4					6				5				
94	1												1	5			2			3		6		7	4	9			8				10				
19	1											4	1			2	3					6			5			7									8
90	1	4											1	5	6		2			3		7		8			9				10						
8	4													1	3	2						4			5				6				7				8
142	1											1				2			3	5		4							6			7	8				
191	10											1				2				3		4							5			6	7				
203	1											1							2	3		4							5			6	7				

ANNEXE F DESCRIPTION DES ROUTES A TRAVERS LE DEPART.DE SABLAGE

GROUPE NO:	QTE	SEQUENCE DE FABRICATION	GROUPE NO:	QTE	SEQUENCE DE FAB.
GROUPE 8:	4	300	GROUPE 60:	7	301
GROUPE 44:	1	300	GROUPE 62:	1	301
GROUPE 55:	1	300	GROUPE 72:	5	301
GROUPE 73:	2	300	GROUPE 75:	1	301
GROUPE 112:	3	300	GROUPE 80:	1	301
GROUPE 115:	1	300	GROUPE 97:	4	301
GROUPE 116:	1	300	GROUPE 98:	1	301
GROUPE 128:	4	300	GROUPE 102:	3	301
GROUPE 129:	1	300	GROUPE 103:	10	301
GROUPE 133:	6	300	GROUPE 106:	3	301
GROUPE 139:	1	300	GROUPE 113:	2	301
GROUPE 140:	1	300	GROUPE 120:	6	301
GROUPE 143:	1	300	GROUPE 121:	2	301
GROUPE 144:	1	300	GROUPE 122:	1	301
GROUPE 146:	1	300	GROUPE 126:	1	301
GROUPE 151:	2	300	GROUPE 127:	1	301
GROUPE 205:	1	300	GROUPE 134:	1	301
GROUPE 207:	1	300	GROUPE 138:	1	301
GROUPE 229:	3	300	GROUPE 141:	2	301
GROUPE 235:	2	300	GROUPE 145:	6	301
GROUPE 253:	2	300	GROUPE 147:	3	301
GROUPE 318:	1	300	GROUPE 150:	5	301
GROUPE 338:	1	300	GROUPE 154:	4	301
GROUPE 340:	1	300	GROUPE 156:	1	301
			GROUPE 157:	3	301
GROUPE 174:	6	300-306	GROUPE 158:	1	301
			GROUPE 159:	1	301
GROUPE 3:	4	301	GROUPE 160:	24	301
GROUPE 17:	1	301	GROUPE 161:	3	301
GROUPE 21:	2	301	GROUPE 167:	3	301
GROUPE 38:	2	301	GROUPE 170:	1	301
GROUPE 42:	1	301	GROUPE 173:	2	301
GROUPE 43:	1	301	GROUPE 177:	1	301
GROUPE 45:	3	301	GROUPE 178:	1	301
GROUPE 49:	2	301	GROUPE 179:	1	301
GROUPE 50:	2	301	GROUPE 180:	1	301
GROUPE 52:	6	301	GROUPE 182:	5	301
GROUPE 56:	1	301	GROUPE 186:	1	301
GROUPE 57:	1	301	GROUPE 197:	1	301
GROUPE 58:	1	301	GROUPE 212:	2	301
GROUPE 59:	1	301	GROUPE 214:	2	301

GROUPE NO:	QTE	SEQUENCE DE FABRICATION	GROUPE NO:	QTE	SEQUENCE DE FAB.
GROUPE 215:	1	301	GROUPE 325:	1	304
GROUPE 220:	12	301	GROUPE 337:	2	304
GROUPE 224:	2	301	GROUPE 344:	1	304
GROUPE 227:	1	301			
GROUPE 238:	1	301	GROUPE 23:	1	304-300
GROUPE 246:	1	301	GROUPE 33:	1	304-300
GROUPE 248:	3	301	GROUPE 61:	1	304-300
GROUPE 254:	3	301	GROUPE 88:	1	304-300
GROUPE 256:	6	301	GROUPE 94:	1	304-300
GROUPE 262:	1	301	GROUPE 152:	12	304-300
GROUPE 270:	5	301	GROUPE 153:	19	304-300
GROUPE 272:	2	301	GROUPE 169:	1	304-300
GROUPE 310:	4	301			
GROUPE 312:	5	301	GROUPE 4:	4	304-301
GROUPE 319:	4	301	GROUPE 100:	1	304-301
GROUPE 324:	4	301	GROUPE 293:	2	304-301
GROUPE 327:	1	301	GROUPE 352:	3	304-301
GROUPE 37:	1	301-300	GROUPE 70:	2	304-306
GROUPE 64:	1	301-300			
GROUPE 90:	1	301-300	GROUPE 196:	1	304-300
GROUPE 119:	1	301-300			-306
GROUPE 148:	4	301-300	GROUPE 19:	1	304-301
GROUPE 46:	2	301-302	GROUPE 35:	1	304-301
GROUPE 131:	2	301-306	GROUPE 36:	3	304-301
GROUPE 286:	1	301-306	GROUPE 135:	18	304-301
			GROUPE 137:	7	304-301
GROUPE 83:	3	302			-300
GROUPE 108:	2	302	GROUPE 350:	8	304-301
GROUPE 155:	3	302	GROUPE 40:	25	304-301
GROUPE 273:	1	302			-302-300
			GROUPE 20:	2	305
GROUPE 10:	1	302-300	GROUPE 48:	1	305
GROUPE 168:	11	302-300			
			GROUPE 192:	2	306
GROUPE 25:	1	304	GROUPE 193:	1	306
GROUPE 27:	3	304	GROUPE 194:	1	306
GROUPE 28:	5	304	GROUPE 206:	1	306
GROUPE 105:	1	304	GROUPE 231:	1	306
GROUPE 149:	1	304			
GROUPE 176:	2	304	GROUPE 31:	2	307-300
GROUPE 233:	2	304	GROUPE 9:	2	309-306
GROUPE 236:	1	304			
GROUPE 249:	1	304			
GROUPE 252:	1	304			

GROUPE NO:	QTE	SEQUENCE DE FABRICATION	GROUPE NO:	QTE	SEQUENCE DE FAB.
GROUPE 255:	2	304	GROUPE 32:	11	300-301
GROUPE 258:	1	304	GROUPE 47:	26	300-301
GROUPE 265:	1	304			
GROUPE 268:	4	304	SEQUENCE PROPOSEE:		
GROUPE 269:	9	304			
GROUPE 287:	1	304	304-301-302-307-300-309-306-		
GROUPE 294:	15	304	305		

ANNEXE G COUTS REQUIS POUR REDUIRE LES MISES EN COURSES

Voici l'estimation des différents investissements requis afin de réduire en moyenne de 80 % les temps de mise en course des machines étudiées.

PERCEUSE VERTICALE A TETE MULTIPLE

Afin d'appliquer la solution proposée, les investissements suivants sont requis:

- Règles graduées	50 $
- Butée verticale	10
- Support de règle horizontale	50
- Pignons, crémaillères et installation	1 500
TOTAL	1 610 $

SCIE GENERALE, SCIE WADKIN, SCIE A ANGLE

Etant donnée que les modifications proposées sont mineures, les investissements requis sont considérés comme négligeables.

PROFILEUR

Afin d'appliquer les changements proposées sur les opéations de mise en course de la catégorie no 1, les investissements suivants sont requis:

- Règles graduées (4)	50 $
- Espaceur non-ajustable	10
- Support de lames	1 300
- Ensemble de lames (2)	840
- Installation	1 500
TOTAL	3 700 $

De manière similaire, les investissements suivants sont requis afin d'appliquer les changements proposés sur les opérations de mise en course de la catégorie no 2:

Modifier environ 75 gabarits:

bois: 4 pi² * 0.88 $ / pi² * 75	300 $	
poignées: 2 poignées * 10 $/poig. * 75	1 500	
temps: 120 min. * 0.27 $ /min. * 75	2 500	
SOUS-TOTAL		4 300 $

Modifier le cadre de sécurité

Boulons et barres	25 $	
Couts de soudure	75	
Machinage de la barre de fixation du cadre sur la machine	100	
SOUS-TOTAL		200 $
TOTAL		4 500 $

Mis à part les perceuses (machines 213 et 214) pour lesquelles la majeure partie de la production sera remplacée par la nouvelle perceuse à contrôle numérique, la réduction moyenne des autres machines est d'environ 80 % (voir le tableau G.1).

TABLEAU G.1 Réductions de temps de mise en train des machines étudiées.

MACHINES	REDUCTIONS	COUTS
214	58 %	2 000 $
206	77 %	4 000(nb de machine) + 4 000
200	88 %	négligeable
201	81 %	négligeable
203	75 %	négligeable

Afin d'estimer les coûts requis pour diminuer tous les "setup" de 80 %, un regroupement en fonctions de ces machines est réalisé.

GROUPE 1

Machines 214, 213 et 218

GROUPE 2

Machines 151, 200, 201, 202, 203, 156, 215, 208 et 209

GROUPE 3

Machines 206, 205 et 217

GROUPE 4

Machines 204, 207 et 210

Suite à ce regroupement, on évalue à environ 60 000 $ les coûts requis afin de réduire le temps des opérations de mise en train de 80 % (voir le tableau G.2). Il est important de souligner que ce montant correspond à une estimation des coûts requis calculé à partir des machines les plus sollicitées.

TABLEAU G.2 Coûts requis pour réduire les mises en train

GROUPE 1	
3 machines @ 2 000 $	6 000 $
GROUPE 2	
9 machines @ négligeable	0
GROUPE 3	
(5 machines @ 4 000 $) + 4000	24 000
2 machines @ 8 000 $	16 000
GROUPE 4	
3 machines @ 4000 $	12 000
TOTAL	58 000 $

ANNEXE H LOTS ECONOMIQUES DES PRODUITS A FABRIQUER

COUT DU CAPITAL 20.0%
REDUCTION DES
TEMPS DE MISE EN COURSE 80.0%

TABLEAU H.1 Lots économiques des tables et des bases

MODELE	DEMANDE ANNUELLE		LOTS ECONOMIQUES AVANT REDUCTION	DUREE DU LOT (JOURS)	LOTS ECONOMIQUES APRES REDUCTION	DUREE DU LOT (JOURS)	ECONOMIE DE CYCLE (JOURS)
8550	801		80	25	36	11	14
8570	580		95	41	43	18	23
8702	427		79	46	35	21	25
8560	421		56	33	25	15	18
8530	384		76	49	34	22	27
8762	352		59	42	26	19	23
8812	310		67	54	30	24	30
8332	289		61	52	27	23	29
TOTAL	3564	68.5%					
5812	184		56	76	25	34	42
8832	180		46	64	21	29	35
5791	169		30	44	13	20	25
8782	166		42	63	19	28	35
8822	161		50	78	22	35	43
8802	161		56	87	25	39	48
8720	123		20	58	13	26	32
5772	105		34	80	15	36	44
5752	104		33	78	15	35	43
8842	100		40	100	18	45	55
8632	81		29	89	13	40	49
8752	59		18	78	8	35	43
5082	44		21	118	9	53	65
TOTAL	1637	31.5%					
BASE V	1028		97	24	43	11	13
BASE M	476		80	42	36	19	23
TOTAL	1504	78.1%					
CAISSE M	369		70	48	32	21	26
CAISSE V	52		24	116	11	52	64
TOTAL	421	21.9%					

TABLEAU H.2 Lots économiques des chaises

MODELE	DEMANDE ANNUELLE		LOTS ECONOMIQUES AVANT REDUCTION	DUREE DU LOT (JOURS)	LOTS ECONOMIQUES APRES REDUCTION	DUREE DU LOT (JOURS)	ECONOMIE DE CYCLE (JOURS)
8563	7454		793	27	355	12	15
8453	4875		599	31	268	14	17
8813	2400		436	45	195	20	25
8703	2244		396	44	177	20	24
8533	1828		299	41	134	18	23
8763	1536		196	32	88	14	18
8783	1486		212	36	95	16	20
8333	1464		254	43	114	19	24
TOTAL	23287	72.0%					
8823	1060		385	91	172	41	50
8803	864		295	85	132	38	47
5813	847		261	77	117	34	43
5793	823		193	59	86	26	32
5093	823		293	89	131	40	49
8613	754		192	64	86	28	35
5753	666		183	69	82	31	38
8843	600		205	85	92	38	47
5773	591		156	66	70	30	37
8633	591		170	72	76	32	40
8463	554		211	95	95	43	53
8773	553		154	69	69	31	38
8753	328		101	77	45	35	43
TOTAL	9054	28.0%					

TABLEAU H.3 Lots économiques des buffets

MODELE	DEMANDE ANNUELLE	LOTS ECONOMIQUES AVANT REDUCTION	DUREE DU LOT (JOURS)	LOTS ECONOMIQUES APRES REDUCTION	DUREE DU LOT (JOURS)	ECONOMIE DE CYCLE (JOURS)
8565	683	108	40	49	18	22
8575	341	108	79	48	35	44
8555	298	90	76	40	34	42
8705	265	84	79	37	35	44
8765	263	70	66	31	30	37
8815	246	73	75	33	33	41
TOTAL	2096	61.7%				
8535	207	72	87	32	39	48
8725	173	72	104	32	47	58
8785	163	86	132	38	59	73
8805	162	57	88	26	40	49
5705	133	46	87	21	39	48
5815	124	60	122	27	54	67
8845	80	37	115	16	51	63
5085	74	38	128	17	57	71
5775	70	32	114	14	51	63
8755	65	37	143	17	64	79
8635	52	37	176	16	79	97
TOTAL	1303	38.3%				

TABLEAU H.4 Lots économiques des étagères

MODELE	DEMANDE ANNUELLE		LOTS ECONOMIQUES AVANT REDUCTION	DUREE DU LOT (JOURS)	LOTS ECONOMIQUES APRES REDUCTION	DUREE DU LOT (JOURS)	ECONOMIE DE CYCLE (JOURS)
8566	325		89	68	40	31	38
8766	236		59	62	26	28	34
8556	175		68	97	30	44	54
8536	159		72	114	32	51	63
8706	143		61	107	27	48	59
8816	128		67	131	30	58	72
8726	108		50	117	23	52	64
TOTAL	1274	77.7%					
8776	93		52	141	23	63	78
8806	72		51	177	23	79	98
8846	60		46	193	21	86	107
5776	45		31	170	14	76	94
8636	40		32	200	14	89	110
8756	28		26	236	12	106	131
5086	28		27	243	12	108	134
TOTAL	366	22.3%					

ANNEXE I CALCUL DU NOMBRE D'EMPLOYES REQUIS PAR CELLULE

TABLEAU I.1 Nombre d'employés requis dans la cellule 1

	QTE	200	100	101	201	203	206	ASS	204	202	207	206	217
LOT 4	2	13	3	10	6		14	76	10			8	
LOT 19	2	8			6		18		9				
LOT 5	1	5	1	2			9		5				
LOT 27	1	5			6		7				5		
LOT 28	1	5			6		7					2	
LOT 15	1	9	10		3		7						
LOT 26	4	17			23		57						
LOT 3	2	6					11				7		
LOT 9	1	7				6	6						
LOT 17	2	19					32						
LOT 23	1	10							4				11
LOT 22	1	9			6								18
LOT 24	1	9									9		12
LOT 18	5	105											118
LOT 6	1	10			5			11	11		6	7	
LOT 7	1	6	2	14	7				5	4		7	
LOT 29	2	3			4				8			11	
LOT 2	1	2	1	2	2				2	2			
LOT 20	9	51			6				35				
LOT 12	1	7							5		7		
LOT 1	1	2	13	2					2				
LOT 8	1	2							4				
LOT 10	1	3	1	2	1						3	5	
LOT 16	1	8			4						12	8	
LOT 11	1	3			3					3			
LOT 21	1	15			9								
LOT 13	2	9									25		
LOT 25	2	26				6							
LOT 14	18	86											
TEMPS		457	28	33	95	12	168	86	101	8	73	49	158
NB. OP.		0.95	0.06	0.07	0.20	0.03	0.35	0.18	0.21	0.02	0.15	0.10	0.33

2 OPERATEURS MACHINE 200
1 OPERATEUR MACHINE 100 101 203 206 204 202 207 + SETUP EXTERNE
1 OPERATEUR MACHINE 201 ASS 206 217 + SETUP EXTERNE

4 OPERATEURS REQUIS

TABLEAU I.2 Nombre d'employés requis dans la cellule 3

	QTE	206	203	202	201	208	209	207	206	210	
LOT 18	2	33	12	37					22		
LOT 17	11	221							232		
LOT 3	3			10			24		74		
LOT 6	1			1		6			11		
LOT 2	4			13					26		
LOT 10	1							28	109		
LOT 12	2	13	10	3							
LOT 16	6	48		23							
LOT 11	1	6	2								
LOT 14	2	15			2						
LOT 19	9	109									
LOT 4	1			12			48				
LOT 5	1					12	14				
LOT 8	2						40				
LOT 1	3			6							
LOT 7	3					80					
LOT 9	2							30			
LOT 15	1									32	
LOT 13	1				6						
TEMPS		445	24	106	8	99	126	57	474	32	1371
NB. OP.		0.93	0.05	0.22	0.02	0.21	0.26	0.12	0.99	0.07	2.86

1 OPERATEUR MACHINE 206 + SETUP EXTERNE
1 OPERATEUR MACHINE 206
1 OPERATEUR MACHINE 203 202 201 208 209 207 210 + SETUP EXTERNE

---

3 OPERATEURS REQUIS

TABLEAU I.3 Nombre d'employés requis dans la cellule 4

	QTE	213	220	201	214	215	212	303	ASS	206	
LOT 2	1			5			5	2	48	35	
LOT 1	2						5	4	32	22	
LOT 11	1				0			8	225	35	
LOT 13	1							1	4	6	
LOT 21	1	0		3				1		6	
LOT 7	2	0			0			5		17	
LOT 12	3				0			11		1	
LOT 10	2	0						31		47	
LOT 26	1	0	19							103	
LOT 24	2	0			0					68	
LOT 25	1	0								9	
LOT 8	1									87	
LOT 17	1				0			2	26		
LOT 15	1				0				5		
LOT 18	1				0	35		15			
LOT 3	1						2	1			
LOT 23	2	0	3		0			13			
LOT 9	3			15	0			2			
LOT 16	26				0			39			
LOT 20	2	0						6			
LOT 14	27							62			
LOT 6	2				0	42					
LOT 5	1					7					
LOT 4	4						37				
LOT 19	19				0						
LOT 22	4	0			0						
LOT 27	7	0									
TEMPS		0	22	23	0	84	49	202	340	435	1154
NB. OP.		0.00	0.05	0.04	0.00	0.17	0.10	0.42	0.70	0.90	2.40

Etant donnée la proposition d'achat d'une perceuse à contrôle numerique, voir I.1 a la page suivante,2 operateurs seront requis sur les machines 213, 214 et lamachine P. Comme ces machines ne sont pas critiques, elles ne sont pas considérées dans l'ordonnancement des lots.

2 OPERATEURS MACHINE 213 214 P
1 OPERATEUR MACHINE 206
1 OPERATEUR MACHINE 220 201 ASS
1 OPERATEUR MACHINE 215 212 303 + SETUP EXTERNE

---

5 OPERATEURS REQUIS

I.1 REPARTITION DE LA TACHE SUR LES PERCEUSES

Temps requis afin de modifier les modèles actuels (sans modification)

	MACHINAGE	SETUP
MACHINE 213	201	86
MACHINE 214	348	264
TOTAL	549	350

Temps d'opération supplémentaires requis afin de permettre l'assemblage à l'aide de la nouvelle methode proposée

MACHINE 213	201	86
MACHINE 214	348	264
MACHINE P *1	36	0
TOTAL	585	350

Etant donnée la polyvalence de la machine P (perceuse à contrôle numerique), il est proposé d'affecter à la perceuse une partie du travail devant être executée sur les machines 213 et 214. Etant donnée que certaines pieces ne peuvent êtres perçées sur la machine P, 1 operateur sera affecté sur les machines 213 et 214 alors qu'un deuxième operateur sera affecté sur la machine P.

*1 16 buffets @ 4 minutes / buffet	64 minutes
7 etageres @ -4 minutes / etagere	28
Total	36 minutes

TABLEAU I.4 Nombre d'employés requis dans la cellule 5

	QTE	304	301	302	307	300	309	306	305	
LOT 4	2		41			48				
LOT 8	1	128				210		23		
LOT 5	7	7				9				
LOT 11	1			26		40				
LOT 1	27					144				
LOT 13	1	3	3	3						
LOT 6	4	16	24							
LOT 12	1		12	8						
LOT 3	27		208							
LOT 7	1	4						5		
LOT 9	1	12							6	
LOT 10	7	53								
LOT 15	1			5			15	62		
LOT 2	1						124			
LOT 17	1							20		
LOT 14	2			5						
LOT 16	1								2	
TEMPS		222	289	47	0	450	139	109	8	1263
NB. OP.		0.46	0.60	0.10	0.00	0.94	0.29	0.23	0.02	2.63

1 OPERATEUR MACHINE 300
1 OPERATEUR MACHINE 304 309 306
1 OPERATEUR MACHINE 301 302 305

---

3 OPERATEURS REQUIS

ANNEXE J CALCUL DES GAINS D'INVENTAIRES

J.1 Gains d'inventaires de produits en tablettes

Afin d'estimer le coût d'inventaires des composantes en tablettes, une quantité moyenne a été établie à partir de deux prises d'inventaire. Par la suite, la quantité moyenne a permis à l'aide des coûts unitaires de main- d'oeuvre et de matière première de calculer le montant total des composantes en inventaires par produits et par classe de produits.

Par la suite, d'une manière similaire, le coût de l'inventaire moyen proposé a été calculé en faisant une distinction entre les produits fabriqués et entreposés sur une base mensuelle et sur une base hebdomadaire.

Le calcul des coûts d'inventaire actuel et proposé permet maintenant d'estimer l'économie d'inventaire, en supposant un coût du capital de 20 %, à environ 27 500 $. Le tableau suivant J.1 les résultats obtenus.

TABLEAU J.1 Niveaux d'inventaires moyens actuels et proposés

PRODUITS	INVENTAIRES ACTUELS	INVENTAIRES PROPOSES	ECONOMIE D'INVENTAIRE
TABLES:	53,103 $	17,571 $	35,532 $
CHAISES:	100,480	28,197	72,282
BUFFETS:	28,840	9,174	19,666
ETAGERES:	15,015	5,148	9,867
TOTAL	197,437 $	60,091 $	137,347 $
GAIN D'OPPORTUNITE A 20 %			27,500 $

J.2 Gains d'inventaires des produits en cours

A l'aide de l'horaire de fabrication des modèles manufacturés en octobre et en décembre, un niveaux moyen d'inventaire en cours a été déterminé. A partir des quantités de produits en cours simultanément dans les trois départements, le coût total d'inventaire a été estimé en multipliant ces quantités par les coûts unitaires moyen de main-d'oeuvre et les coûts unitaires de matière première. Le tableau J.2 résume les résultats obtenus.

L'estimation des coûts d'inventaires en cours avec le système proposé a été évalué en considérant un délai de fabrication moyen de quatre jours. L'inventaire moyen en cours se calcul donc en additionnant la valeur des lots lancés durant quatre jours consécutifs c'est à dire les jours 6 à 9 inclusivement de façon à couvrir le délai moyen de fabrication. Pour ce faire, à l'aide des quantités de modèles fabriqués par jour, les coûts unitaires de matière première et les coûts unitaires moyens de main-d'oeuvre sont multipliés à ces quantités. Le tableau J.3 résume les résultats obtenus.

Le calcul des coûts d'inventaires en cours actuel et proposés permet maintenant d'estimer l'économie d'inventaire, en supposant un coût du capital de 20 %, à environ 12 000 $.

TABLEAU J.2 Niveaux moyens des inventaires actuels

	OCTOBRE 1988	DECEMBRE 1988	MOYEN
DEPARTEMENT 210	25,603 $	37,703 $	31,653 $
DEPARTEMENT 220	26,437	13,244	19,840
DEPARTEMENT 230	20,941	48,508	34,725
TOTAL	72,981 $	99,455 $	86,218 $

TABLEAU J.3 Niveaux moyens des inventaires proposés

	SEPTEMBRE 1988
JOUR 6	6,600 $
JOUR 7	7,138
JOUR 8	6,414
JOUR 9	6,436
TOTAL	26,588 $
ECONOMIE D'INVENTAIRE:	59,630 $
GAIN D'OPPORTUNITE A 20 %	12,000 $

ANNEXE K CALCUL DES ESPACES

K.1 Calcul du nombre de chariots de type A et B

On suppose que les produits fabriqués en lot supérieur à 5 unités ont besoin d'un chariot de type A ou d'un étage de chariot de type B dédié par composante. Pour les produits fabriqués en lot inférieure à 5 unités, un demi-chariot de type A ou étage de type B est requis pour le transport de composantes.

Modèles fabriqués le jour 6		nombre de chariots requis	
Tables:	qté fab.	chariot A	chariot B
8702	17	5	3
8720	2		
5772	1	5	3
5752	4		
5812	3	5	3
5791	4	5	3
Chaises:			
8563	75	0	3
5753	22	0	3
Buffets:			
5085	1	5	3
5705	7	5	3
8565	8	5	3
Etagères:			
5086	1		
5776	1	3	4
8766	5	3	4
Total		41	35

K.1.1 Estimé du nombre de chariots requis par type de produits

Table moyenne:

5 chariots A de panneaux
8 étages des chariots B de bois solides

Chaise moyenne:

8 étages de chariots B de bois solides

Buffet moyen:

3 chariots A de panneaux
9 étages de chariots B de bois solides

Etagère moyenne:

3 chariots A de panneaux
12 étages de chariots B de bois solides

CAPACITE DES EQUIPEMENTS

Chariot A: 35 panneaux empilés / chariot

Chariot B: 3 étages de 50 unités par étage / chariot

ESPACES OCCUPES PAR LES EQUIPEMENTS

Chariot A: 3' X 5' = 15 pi^2

Chariot B: 2' X 4' = 8 pi^2

K.2 Calcul du nombre de chariots requis par le système

Cellule no 1: (41 chariots a 100 % = 41 chariots)

41 Chariots de type A pour le transport des composantes
10 Chariots de type A devant les machines

51 Chariots de type A requis

Cellule no 2: (35 chariots a 100 % = 35 chariots)

35 Chariots de type B pour le transport des composantes
11 Chariots de type B devant les machines

46 Chariots de type B requis

Cellule no 3: (35 chariots a 35 % = 12 chariots)

12 Chariots de type B pour le transport des composantes
8 Chariots de type B devant les machines

20 Chariots de type B requis

Cellule no 4: (41 chariots a 70 % = 29 chariots)

29 Chariots de type A pour le transport des composantes
5 Chariots de type A devant les machines

34 Chariots de type A requis

Cellule no 4: (35 chariots a 70 % = 24 chariots)

24 Chariots de type B pour le transport des composantes
4 Chariots de type B devant les machines

28 Chariots de type B requis

Cellule no 5: (35 chariots a 88 % = 30 chariots)

30 Chariots de type B pour le transport des composantes
8 Chariots de type B devant les machines

38 Chariots de type B requis

Vérification: (41 chariots a 29 % = 12 chariots)
(35 chariots a 29 % = 10 chariots)

12 Chariots de type A pour le transport des composantes
10 Chariots de type B pour le transport des composantes

NOMBRE DE CHARIOT REQUIS:

TYPE A:		TYPE B:	
		Cellule no 2:	46
		Cellule no 3:	20
Cellule no 1:	41	Cellule no 4:	28
Cellule no 4:	34	Cellule no 5:	38
Vérification:	12	Vérification:	10
Total	87 Chariots		142 Chariots

K.3 Calcul de l'espace d'entreposage des chariots par cellule

CELLULE NO 1

Etant donné la fonction de la cellule no 1 qui est spécialisée dans la fabrication des composantes fabriquées à partir de panneaux, en moyenne 41 chariots de type A seront requis afin de permettre le transport des composantes:

41 chariot A @ 15 pi² / chariot A 615 pi²

CELLULE NO 2

Comme la cellule no 2 est spécialisée dans la fabrication de composantes fabriquées à partir de bois solide, en moyenne 35 chariots de type B seront requis afin de permettre le transport des composantes:

35 chariots B @ 8 pi² / chariot B 280 pi²

CELLULE NO 3

La cellule constitue une extension de la cellule no 2. A l'intérieur de celle-ci, 35 % des pièces fabriquées dans la cellule no 2 sont aussi fabriquées à l'intérieur de cette cellule.

35 chariots B X 35 % @ 8 pi² / chariot B 100 pi²

CELLULE NO 4

En moyenne, 70 % des pièces fabriqués à l'intérieur des cellules 1,2,3 sont aussi fabriquées à l'intérieur de la cellule no 4.

41 chariots A X 70 % @ 15 pi² / chariot A	430 pi²
35 chariots B X 70 % @ 8 pi² / chariot B	196
Total	626 pi²

CELLULE NO 5

Tout comme la cellule no 3, la cellule no 5 constitue une extension aux cellules no 2,3, et 4. A l'intérieure de celle-ci sont fabriquées 42 % des pièces total du système, ou 88 % des pièces de bois solide.

35 chariots B X 88 % @ 8 pi² / chariot B 247 pi²

Verification

Selon le diagramme de flots entre les cellules et postes annexes, 29 % des pièces sont vérifiées:

41 chariots A X 29% @ 15 pi² / chariot A	178 pi²
35 chariots B X 29% @ 8 pi² / chariot B	81
Total	259 pi²

Sablage de champs

Selon le diagramme des flots entre les cellules et postes annexes, 12 % des panneaux sont sablées après que les champs aient été remplient au département de finition 1.

41 chariots A X 12 % @ 15 pi² / chariot A 74 pi²

K.4 Calcul de l'espace total par cellule

CELLULE NO 1

MACHINE 100	60 pi²	
Espace pour panneaux 8' X 5'	40	
MACHINE 101	42	
Espace pour panneaux 8' X 5'	40	
sous-total	182 pi²	
MACHINE 200	18 pi²	
Espace pour panneaux 8' X 5'	40	
Espace pour composantes (2 chariots A)	30	
MACHINE 201	24	
Espace pour composantes (3 chariots A)	45	
MACHINE 203	30	
Espace pour composantes (2 chariots A)	30	
MACHINE 206	16	
Espace pour composantes (2 chariots A)	30	
PRESSE + TABLES	48	
Espace pour composantes (3 chariots A)	45	
MACHINE 204	119	
Espace pour composantes (2 chariots A)	30	
MACHINE 202	18	
Espace pour composantes (2 chariots A)	30	
MACHINE 206	16	
Espace pour composantes (2 chariots A)	30	
MACHINE 217	64	
Espace pour composantes (2 chariots A)	30	
Sous-total		693
Espace d'entreposage des chariots requis		615
Total		1490 pi²

CELLULE NO 2

MACHINE 153	54 PI²	
Espace pour composantes (1 chariots B)	8	
MACHINE 154	40	
Espace pour grand chariot 4' X 12'	48	
MACHINE 152	40	
Espace pour grand chariot 4' X 12'	48	
MACHINE 158	16	
Espace pour composantes (1 chariot B)	8	
MACHINE 157	24	
Espace pour table	16	
MACHINE 151	20	
Espace pour grand chariot 4' X 12'	48	
Espace pour composantes (1 chariot B)	8	
MACHINE 205	72	
Espace pour composantes (2 chariots B)	16	
MACHINE 156	96	
Espace pour composantes (2 chariots B)	16	
MACHINE 155	55	
Espace pour composantes (1 chariot B)	8	
MACHINE 154	40	
Espace pour composantes (2 chariots B)	16	
MACHINE 203	30	
Espace pour composantes (2 chariots B)	16	
MACHINE 20	40	
TABLE D'ACCUMULATION	25	
Espace pour composantes (2 chariots B)	16	
MACHINE 218	64	
Espace pour composantes (2 chariots B)	16	
Sous-total		904
Espace d'entreposage des chariots requis		280
Total		1184 pi²

CELLULE NO 3

MACHINE 206	16 pi²	
Espace pour composantes (2 chariots B)	16	
TABLE D'ASSEMBLAGE	16	
Espace pour composantes (2 chariots B)	16	
MACHINE 203	30	
Espace pour composantes (2 chariots B)	16	
MACHINE 202	18	
Espace pour composantes (2 chariots B)	16	
MACHINE 201	24	
Espace pour composantes (2 chariots B)	16	
MACHINE 208	26	
Espace pour composantes (2 chariots B)	16	
MACHINE 209	24	
Espace pour composantes (2 chariots B)	16	
MACHINE 207	27	
Espace pour composantes (2 chariots B)	16	
MACHINE 206	16	
Espace pour composantes (2 chariots B)	16	
MACHINE 210	33	
Espace pour composantes (2 chariots B)	16	
Sous-total		411
Espace d'entreposage des chariots requis		100
Total		511 pi²

CELLULE NO 4

MACHINE 213	20	
Espace pour composantes (2 chariots A)	30	
MACHINE 201	24	
Espace pour composantes (2 chariots A)	30	
MACHINE 214	25	
Espace pour composantes (2 chariots A)	30	
MACHINE 215	9	
Espace pour composantes (2 chariots A)	30	
MACHINE 212	12	
Espace pour composantes (2 chariots A)	30	
MACHINE 18	64	
Espace pour composantes (2 chariots A)	30	
MACHINE 303	64	
TABLE D'ACCUMULATION	32	
Espace pour composantes (2 chariots A)	30	
PRESSE + TABLES	48	
Espace pour composantes (2 chariots A)	45	
MACHINE 206	16	
Espace pour composantes (2 chariots A)	30	
Sous-total		600
Espace d'entreposage des chariots requis		626
Total		1 226 pi²

CELLULE N0 5

MACHINE 304	21	
Espace pour composantes (2 chariots B)	16	
MACHINE 301	98	
Espace pour composantes (2 chariots B)	16	
MACHINE 302	24	
Espace pour composantes (2 chariots B)	16	
MACHINE 307	9	
Espace pour composantes	16	
MACHINE 300	15	
Espace pour composantes (2 chariots B)	16	
MACHINE 309	16	
Espace pour composantes (2 chariots B)	16	
MACHINE 306	20	
Espace pour composantes (2 chariots B)	16	
MACHINE 305	9	
Espace pour composantes (2 chariots B)	16	
Sous-total		340
Espace d'entreposage des chariots requis		247
Total		587 pi²

VERIFICATION

Etablis (2)	70 pi²
Espace d'entreposage des chariots requis	259
Total	329 pi²

SABLAGE DES CHAMPS

Etabli	35 pi²
Espace d'entreposage des chariots requis	74
Total	109 pi²

K.5 Calcul nu nombre de palettes requises

Afin d'entreposer les produits à haute fréquence de ventes (par cycle de 20 jours) et les produits à faible fréquence (par cycle de 5 jours), l'espace tablette requis est estimé à partir des données sur les ventes du mois de septembre 1988. Ainsi, les modèles fabriqués en lot supérieur à la demande sont entreposés pour une période moyenne de 20 jours. De plus, les modèles fabriqués en lot égal à la demande sont entreposés pour une période maximal de 5 jours.

MODELES A HAUTE FREQUENCE DE VENTES (septembre 1988)

Tables:

8 modèles @ 3 palettes de 35 unités / modèle 24 palettes

Chaises:

8 modèles @ 4 palettes de 300 unités / modèle 32

Buffets:

6 modèles @ 5 palettes de 50 unités / modèle 30

Etagères:

7 modèles @ 3 palettes de 50 unités / modèle 21

Sous-total 107 palettes

MODELE A FAIBLE FREQUENCE DE VENTE 7 (jour 6 a 10)

Tables:	
17 modèles @ 2 palettes / modèle	34
Chaises:	
15 modèles @ 2 palettes / modèle	30
Buffets:	
15 modèles @ 2 palettes / modele	30
Etagères:	
12 modèles @ 2 palettes / modele	24
Sous-total	118
Total	225 palettes

7 Etant donnee la faible quantite fabriquee par modele, on estime que deux modeles differents peuvent etre entrepose sur chaque palette.

K.6 Espace d'entreposage en tablette requis

Tablettes pour composantes de tables, de chaises et de bases:

ETAGERE NO 1 (92' X 10')	920 (pi²)
ETAGERE NO 2 (24' X 5')	120
Total	1 040 (pi²)

Tablettes pour composantes de buffets et étagères:

2 ETAGERES (36' X 5')	180

Tablettes pour composantes de tiroirs:

2 ETAGERES (12' X 5')	60
Total	1 280 (pi²)

K.7 Calcul des espaces requis à la cellule d'assemblage

Le but de cette section est de décrire les équipements requis aux différents postes d'assemblage. De plus, un calcul des espaces minimums par poste est réalisé de manière à faciliter l'aménagement du département (cellule no 6).

POSTES D'ASSEMBLAGE ET DE VERIFICATION DES TABLES

pour une production moyenne de 24 tables par jour:

1 établi pour l'assemblage	41 (pi²)
2 palettes pour dessus @ 17.5 (pi)2 / palette	35
1 étagère pour ceinture, coulisse, etc...	120
zone tampon destinée à accueillir 1 rack	22.2
zone d'entreposage destinée à accueillir: 6 rack @ 22.2 (pi)2 / rack	133.2
1 établi pour vérification	22.2
Total	375 (pi²)

POSTES DE PRE-ASSEMBLAGE DES BASES ET DES CAISSES

pour une production moyenne de 2 bases et 2 caisses par jour

2 palettes pour les cotés de bases et dessus de caisses @ 17.5 (pi)2 / palette	35 (pi²)
1 palette pour les composantes pré-assemblées	17.5
1 presse pour les bases	31.1
1 table pour les composantes de bases et de caisses	16
Total	100 (pi²)

POSTE DE PRE-ASSEMBLAGE DE DOSSIER

pour une production moyenne de 132 dossiers par jour

1 établi pour l'assemblage	45.5 (pi²)
2 palette pour les composantes de dossiers	35
1 presse pour les dossiers	36.1
1 palettes pour les dossiers assemblés	17.5
Total	135 (pi²)

POSTES D'ASSEMBLAGE ET DE VERIFICATION DES CHAISES

pour une production moyenne de 153 chaises par jour:

2 établis @ 28.5 / établi	57 (pi²)
2 presses @ 14.6 / presse	29.2
1 palette pour les composantes de chaises	17.5
2 étagères pour composantes de chaises (coins pour patte)	48
2 établis pour la vérification @ 22.2 / établi	44.4
zone d'entreposage destinée à accueillir:	
153 chaises @ 3.06 / 2 chaises	234.1
Total	431 (pi²)

POSTE D'ASSEMBLAGE DES BASES ET DES CAISSES

pour une production 15 bases et 3 caisses par jour

2 palettes pour les composantes de bases et de caisses @ 17.5 / palette	35 (pi²)
1 palette pour les côtés pré-assemblés	17.5
zone tampon destinée à accueillir:	
15 bases sur 3 palettes @ 17.5 / palette	52.5
3 caisses sur 3 palettes @ 17.5 / palette	52.5
1 établi	22.2
Total	180 (pi²)

POSTES D'ASSEMBLAGE ET DE VERIFICATION DES BUFFETS ET DES ETAGERES

pour une production moyenne de 16 buffets et 8 étagères par jour:

6 palettes pour les composantes de buffets et étagères @ 17.5 / palette	105 (pi²)
1 établi pour l'assemblage	34.6
zone tampon destinée à accueillir:	
3 buffets @ 12 / buffet	36
3 étagères @ 9 / étagère	27
1 étagère pour les composantes de buffets et étageres (barres d'assemblage, etc...)	144
1 établi pour la vérification	22.2
zone d'entreposage destinée à accueillir:	
16 buffets @ 12 / buffet	192
8 étagères @ 9 / étagère	72
15 bases sur 3 palettes @ 17.5 / palette	52.5
3 caisses sur 3 palettes @ 17.5 / palette	52.5
Total	738 (pi²)

ANNEXE L DETAILS DES INVESTISSEMENTS ET DES GAINS

Il est important de souligner que les montants sont exprimés en dollars de l'année de base c'est à dire le début de l'année 1 pour les investissements et les dépenses, et la fin de l'année 1 pour les gains d'opérations. De plus, une augmentation de 5 % est calculé annuellement sur les différents postes afin de tenir compte de l'augmentation des prix

ANNEE 1:

INVESTISSEMENTS:

Projet: 32 mm

- Perceuse à contrôle numérique	50 000 $
- Installation	5 000

Projet: fabrication et assemblage juste à temps

- Réduction des temps de mise en train (voir annexe G)	60 000 $
- Déplacement de l'équipements destinés à l'assemblage	
10 établis @ 1 000 $ / établi (8)	10 000
4 presses @ 1 500 $ / presse	6 000
INVESTISSEMENTS	131 000 $

Il est à noter que les investissements calculés ci-haut seront amortis sous la classe 39.

---

8 Les frais de déplacement comprennent:

- La main-d'oeuvre pour le déplacement
- Les frais de modification du système d'air comprimé
- Les pertes de production engendrées par le réaménagement
- Les frais de modification du système électrique

DEPENSES:

Projet: 32 mm

Coût de transformation des modèles fabriqués à l'aide de la technologie 32mm.	6 740 $

Projet: fabrication et assemblage juste à temps

Coût de développement du système informatique(9)	20 000
DEPENSES	26 740 $

ANNEE i:

GAINS D'OPERATION:

Gains d'assemblage:

A l'aide du chapitre III, les gains d'assemblage ont été évalués comme suit:

Economie d'assemblage des buffets:	11 914 $	
Economie d'assemblage des étagères:	5 484	
TOTAL		17 398 $

Gains de fabrication:

Coût de percage des buffets:	(4 378 $)	
Economie de percage des étagères:	1 499	
Economie de percage des chaises:	5 415	
TOTAL		2 536 $
GAINS TOTAUX		19 934 $

9 Il est à noter que ce coût ne constitue qu'une estimation

ANNEE 2:

INVESTISSEMENTS:

Projet: Fabrication et assemblage juste à temps

- 2 Toupies (machine 206)	16 000 $
- 2 Bancs de scies (machine 201)	16 000
- 2 Scies à angles (machine 203)	16 000
- 1 Scie à usage multiples (machine 202)	8 000
- 1 Sableuse à plat (machine 20)	60 000
- 1 Déligneuse (machine 154)	20 000
- 1 Presse (machine 17)	6 500
TOTAL	142 500 $
- ACHAT PLANIFIE (10)	24 000
SOUS TOTAL	118 500
Fabrication des chariots (voir L.1)	30 000
Déplacement des 46 machines (11)	
- 46 machines @ 1 500 $ / machine	69 000
INVESTISSEMENTS NO 1	225 500 $

Il est à noter que ces investissement seront amortis sous la classe 39.

---

10 L'entreprise prévoie acheter en 1989 une scie à panneaux capable de remplacer les machines 200, 201 et 203 rendant celles-ci disponibles. Cette disponibilité permet d'éviter l'achat de trois scies d'une valeur total de 24000$

11 Les frais de déplacements comprennent:
- La main-d'oeuvre pour le déplacement
- Les frais de modification du système d'air comprimé
- Les frais de modification du système d'aspiration
- Les pertes de production engendrées par le réaménagement
- Les frais de modification du système électrique

ANNEE 2:

INVESTISSEMENTS (SUITE):

Démolission d'un mur	
- 1 jour @ 2 hommes @ 35 $ / heure / homme	600 $
Construction d'un mur	
- 1 jour @ 2 hommes @ 35 $ / heure / homme	600
Ouverture d'une porte	
- 1 jour @ 1 homme @ 35 $ / heure	300
INVESTISSEMENT NO 2	1 500 $

Il est à noter que ces investissements seront amortis sous la catégorie no 3.

GAINS D'OPERATIONS:

Economie de main d'oeuvre			
- 5 hommes @ 25 000 $ / homme ([12])			125 000 $
Economie d'inventaires des produits en cours			
- Inventaires actuels	86 218 $		
- Inventaires proposés	26 588		
Economie à 0.20 $ / dollars investis		12 000	
Economie d'inventaires des composantes			
- Inventaires actuels	197 437 $		
- inventaires proposés	60 091		
Economie à 0.20 $ / dollars investis		27 500	
Total			39 500
GAINS TOTAUX			164 500 $

12 Il est à noter que l'économie de main-d'oeuvre obtenue par la conversion au système 32 mm est inclu.

L.1 Calcul du coût des chariots

Chariot de type A:

87 Chariots @ 72 $ / 4 roulettes / chariot	6 264 $	
46 manches @ 20 $ / manche	920	
87 Chariots @ 20 $ / 4 attaches / chariot	1 740	
TOTAL		8 924 $

A noter que les chariots de type A sont fabriqués à partir des palettes en utilisation actuellement.

Chariot de type B:

142 Chariots @ 72 $ / 4 roulettes / chariot	10 224 $	
142 Chariots @ 50 $ de bois / chariot	7 100	
TOTAL	17 324 $	
COUT TOTAL		26 248 $

Les coûts de fabrication des chariots sont donc d'environ 30 000 dollars.

ÉCOLE POLYTECHNIQUE DE MONTRÉAL
3 9334 00272350 8